RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

EVALUATION ENVIRONNEMENTALE DE LA CONSIGNE POUR LE REEMPLOI D'EMBALLAGES EN FRANCE

Volet B

RAPPORT FINAL

Octobre 2025

EXPERTISES

Direction de la supervision des filières REP

Responsabilité élargie du producteur

RÉEMPLOI RÉUTILISATION
Observatoire national

REMERCIEMENTS

Comité de pilotage de l'étude :

- Marianne GUIOT (ADEME)
- Elisa JEMET (ADEME)
- Faustine LAURENT (ADEME)
- Sylvain PASQUIER (ADEME)
- Céline ALEXANDRE (RDC Environment)
- Romain JEUNIAUX (RDC Environment)
- Soline PEREIRA (RDC Environment)
- Johan LHOTELLIER (RDC Environment)

Comité de suivi de l'étude et participants aux réunions de suivi :

- Alice ABBAT (Réseau Consigne)
- Mostafa ABOULFARAJ (France Aluminium Recyclage)
- Emmanuel AUBERGER (UZAJE)
- Olivier AYCAGUER (INTERFEL)
- Evangéline BAEYENS (ILEC)
- Yohan BENARD (Uzaje)
- Carole BERRARD (ELIPSO)
- Aurore BESCOND (Unijus)
- Bertrand BOHAIN (Cercle National du Recyclage)
- Laure BOMY (Fédération Nationale des Boissons)
- Jacques BORDAT (FEDEVERRE)
- Christine BOURGE (PERIFEM)
- Naima BOUTROY (SIDEL)
- Denis CANS (MEMN)
- Xavier CAPILLA (Institut du Verre)
- Antoine CARDON (SESEMN)
- Anne-Claire CAZOTTES (Exportateurs de Vins & Spiritueux)
- Solène CHAMBARD (ADEPALE)
- Augustin CHAZAL (FFVA)
- Margaux COLOMBIN (CT-CPA)
- Anaëlle CONTREPOIS (ADCF)
- Emmanuel CORRE (Bout' à Bout')
- Maud CRAPLET (Leko-Organisme)
- Nicolas CREON (Institut du Verre)
- Hélène COURADES (Boissons Rafraichissantes de France)
- Argiris DABANLIS (PETcore EUROPE)
- Lucien DEBEVER (La Boîte Boisson)
- Guillemette DE CHAMMARD (MEMN)
- Armelle DE TURCKHEIM (Leko-Organisme)
- Kareen DESBOUIS (COFEPAC)
- Alice ELFASSI (Zero Waste France)
- Sophie FABRE (CITEO)
- Roch FEUILLADE (Pandobac)
- Carole FONTA (ACN)
- Cécile FORGUE (France Consigne)
- Damien FOULON (GNR)
- Véronique FRAIGNEAU (PLASTICS EUROPE France)
- Nathalie FUSSLER (CGF)
- Axèle GIBERT (FNE)
- Camille GIRARD (La Coopération Agricole)
- Camille GIRARDIN-LANG (GNR)
- Sébastien JACQUES (MEMN)
- Agnès JACQUOT (Sources Alma)
- Michael JOYES (PETAINER)
- Catherine JUNG (INTEREMBALLAGE/ArcelorMittal)
- Alexander KALININ (PETainer)
- Isaline LAGRANGE (ALLIANCE 7)
- Olivier LAROSE (CCEP)
- Stéphanie LUMBERS (Fédération des Entreprises de Beauté)
- Claudie MATHIEU (SNFBM)
- Agathe MAURY (FEDEREC)
- Sylviane OBERLE (AMF)
- Lise OLSINA (SNEFID)
- Thibaud PASCAL (Boissons Rafraichissantes de France)
- Matthew PAVAGEAU (CITEO)
- Lucia PEREIRA (Réseau Vrac)
- Célia RENNESSON (Réseau Vrac)
- Christian ROSE (CGF Grossistes)
- Pauline SABAT
- Aymeric SCHULTZE (ADEPALE)
- Tifène SCIACCALUGA (Brasseurs de France)
- Bruno SIRI (Conseil National de l'Emballage)
- Lucile TALLEU (FFS)
- Philippe THUVIEN
- Thibault TURCHET (ANIA)
- Frank VANDEWAL (Tetrapak)
- Colombe WACHE (UNIJUS)
- ZANNA BELLEGARDE Romain (Terracycle Loop)
- Shu ZHANG (Pandobac)

CITATION DE CE RAPPORT

JEUNIAUX Romain, PEREIRA Soline, ALEXANDRE Céline, LHOTELLIER Johan, LE BIHAN Mathilde, DE CAEVEL Bernard, RDC ENVIRONMENT ; JEMET Elisa, GUIOT Marianne, LAURENT Faustine, PASQUIER Sylvain, ADEME, 2024. **Evaluation environnementale de la consigne pour le réemploi d'emballages– Volet B.** 529 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne https ://librairie.ademe.fr/

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME
ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01
Numéro de contrat : 2022AC000041

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : JEUNIAUX Romain, PEREIRA Soline, ALEXANDRE Céline, LHOTELLIER Johan, LE BIHAN Mathilde, DE CAEVEL Bernard, RDC ENVIRONMENT
Coordination technique - ADEME : JEMET Elisa
Direction/Service : Direction de la Supervision des Filières REP / Observatoire du réemploi et de la réutilisation

RÉSUMÉ

Par sa mise en œuvre, la Loi Climat et Résilience implémentée en 2021 institue un Observatoire du réemploi et de la réutilisation et lui attribue, entre autres, une **mission d'évaluation de dispositifs de consigne pour réemploi d'emballages constitués de différents matériaux**. Dans ce cadre, la présente étude a eu pour but d'évaluer sous un spectre environnemental les perspectives liées à l'utilisation d'emballages primaires réemployables, en substitution à des emballages à usage unique. **Le volet B de l'étude (dont traite ce rapport) est consacré à la comparaison d'emballages primaires en verre et en plastique réemployables et consignés avec leurs alternatives à usage unique constituées de divers matériaux.**

Le périmètre de l'étude correspond à une production européenne des emballages, pour un conditionnement et un remplissage sur sol français et les analyses se concentrent sur le secteur agro-alimentaire à horizon 2025 (sans l'existence d'une consigne pour recyclage). La boucle de réemploi des emballages est à la charge du professionnel, excluant de fait le lavage des emballages par les particuliers.

L'étude ayant pour vocation d'être **la plus générique possible** et d'être assimilée par une **grande diversité d'acteurs sectoriels** (qui pourront ainsi évaluer les opportunités et risques associés au réemploi sur base de leur propre cas spécifique), il n'est pas considéré de focaliser les analyses sur des typologies de produits définies. En vue de répondre à cette exigence, 9 scénarios ont été caractérisés sur base d'échanges avec divers acteurs sectoriels. Ceux-ci correspondent à plusieurs situations industrielles distinctes (englobant par extension un certain nombre de typologies réelles de distribution), et au sein desquelles une comparaison entre une solution à usage unique et son alternative réemployable est effectuée.

Le caractère générique de cette étude est également assuré par **l'utilisation de gammes de valeurs** pour caractériser les emballages et leur logistique. Une collecte de données recouvrant une **large diversité de situations réelles** a ainsi été effectuée, par exemple pour le dimensionnement des emballages ou encore pour les distances de transport. Les données associées au lavage des emballages réemployables ont par ailleurs été collectées auprès d'acteurs spécialisés dans le lavage d'emballages réemployables en verre comme en plastique. Au sein des scénarios, les comparaisons entre options à usage unique et réemployables sont donc réalisées selon l'entièreté des gammes de valeurs associées aux différents paramètres influents, **faisant apparaître des valeurs seuils permettant de conclure quant à l'avantage d'une solution d'emballage.** Ces résultats tiennent notamment compte d'une modélisation fine du transport routier (amendée par des industriels et experts en logistique) et de l'utilisation de données d'inventaire issues des différents secteurs étudiés.

Pour la plupart des scénarios étudiés, les résultats de cette étude suggèrent **un avantage relatif de l'option réemployable à l'égard des principales catégories d'impact considérées pour des masses d'emballages réemployables basses, et/ou passé un nombre seuil d'utilisations**. Ces masses et nombres d'utilisations correspondent à des situations réelles atteignables, pour la plupart déjà observées en France ou à l'étranger. Cet avantage relatif du réemploi est par ailleurs d'autant plus marqué pour **des distances de distribution plus courtes et/ou en comparaison à des emballages à usage unique relativement lourds**. Un **avantage relatif des bouteilles en PET à usage unique par rapport aux bouteilles en verre réemployables** a toutefois été noté, principalement pour des bouteilles en PET légères (typiquement associées au secteur des eaux).

Des analyses complémentaires ont été réalisées pour estimer les **impacts du réemploi sur les risques associés aux fuites de déchets sauvages, et sur la mobilisation d'eau**. Globalement et pour une majorité de situations considérées, ces analyses indiquent une **pertinence des options réemployables par rapport à leurs alternatives à usage unique**.

L'étude a par ailleurs permis de mettre en évidence et de prioriser un certain nombre de **leviers d'écoconception permettant de réduire notablement les impacts des options d'emballage à usage unique** (masses et dimensions d'emballages primaires, choix des emballages de regroupement, taux d'incorporation de matière recyclée…) **ou réemployables** (optimisation des taux de réemploi, masses et dimensions d'emballages, choix des emballages de regroupement adaptés, réduction des distances de transport et optimisation des taux de chargement…).

ABSTRACT

The Climate and Resilience Act, to be implemented in 2021, establishes an Observatory for Reuse and Recycling and demands, among other things, that it **evaluates deposit systems for the reuse of packaging made from different materials**. The aim of this study was to assess the environmental impact of using reusable primary packaging as a substitute for single-use packaging. **Part B of the study (which is the core topic of this report) is devoted to comparing reusable and returnable primary glass and plastic packaging with their single-use alternatives made from various materials.**

The scope of the study implies a European packaging production, for packaging and filling to be taking place in France, and the analyses focus on the agri-food sector in the year 2025 (without considering the existence of a recycling deposit). The packaging reuse logistics are handled the professional, excluding the washing of packaging by private individuals.

As the study is intended to be **as generic as possible** and to be assimilated by a **wide range of sector players** (who will thus be able to assess the opportunities and risks associated with reuse on the basis of their own specific case), the objective of this work is not to focus the analyses on defined product typologies. In order to meet this requirement, 9 scenarios have been characterized on the basis of discussions with various sector players. These correspond to several distinct industrial situations (encompassing by extension a certain number of real distribution typologies), and within which a comparison is made between a single-use solution and its reusable alternative.

The generic nature of this study is also ensured by **the use of ranges of values** to define packaging options and their associated logistics. **Data covering a wide range of real-life situations was collected**, for example regarding packaging dimensions and transport distances. Data relating to the washing of reusable packaging was also collected from actors specialized in the washing of reusable glass and plastic packaging. Within the scenarios, comparisons between single-use and reusable options are therefore made according to the full range of values associated with the various influential parameters, **enabling threshold values to be identified and allowing conclusions to be drawn as to the systematic advantage of a packaging solution compared to the other**. These results notably take into account a detailed modelling of road transport (amended by industrialists and logistics experts) and the use of inventory data from the various sectors studied.

For most of the scenarios studied, the results of this study suggest **a relative advantage of the reusable option with regard to the main impact categories for low weights of reusable packaging, and/or after a threshold number of uses.** These weights and numbers of uses match real or plausible situations, most of which have already been observed in France or abroad. This relative advantage of reuse is all the more marked for **shorter distribution distances and/or in comparison with relatively heavy single-use packaging.** However, a **relative advantage of single-use PET bottles over reusable glass bottles has been noted,** mainly for lightweight PET bottles (typically associated with the water sector).

Additional analyses were carried out in order to estimate the impact of reuse on the **risks associated with the leakage of uncontrolled waste**, and on **the use of water resources**. Overall, and for the majority of situations considered, these analyses indicate that **reusable glass options are more appropriate than single-use alternatives.**

The study also highlighted and prioritized a number of **eco-design levers that could significantly reduce the impact of single-use packaging options** (primary packaging mass and dimensions, choice of grouping packaging, rate of incorporation of recycled material, etc.) **as well as reusable packaging options** (optimization of reuse rates, packaging mass and dimensions, choice of suitable grouping packaging, reduction in transport distances and optimization of loading rates, etc.).

SOMMAIRE

1. PRÉAMBULE 8
2. ENSEIGNEMENTS PRINCIPAUX 10
3. CONTEXTE ET OBJECTIFS 15
3.1. CONTEXTE 15
3.2. OBJECTIFS 15
3.3. DÉFINITIONS 16
3.4. APPLICATIONS ENVISAGÉES ET PUBLIC CIBLE 18
3.5. REVUE CRITIQUE 19
4. DESCRIPTION DE L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE 20
4.1. ANALYSE DU CYCLE DE VIE EN BREF 20
4.2. DESCRIPTION DE LA MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DU CYCLE DE VIE 20
5. CHAMP DE L'ÉTUDE 22
5.1. VOLET B1 - CHOIX DES SCÉNARIOS 6 À 10 22
5.2. VOLET B2 - CHOIX DES SCÉNARIOS 11 À 14 32
5.3. TYPOLOGIES DE PRODUITS CONSIDÉRÉES 39
5.4. UNITÉ FONCTIONNELLE RETENUE 40
5.5. FRONTIÈRES DU SYSTÈME 41
5.6. QUALITÉ DES DONNÉES UTILISÉES 56
5.7. CRITÈRES DE COUPURE RETENU 58
5.8. CATÉGORIES D'IMPACTS POTENTIELS ÉTUDIÉES 60
6. MÉTHODOLOGIE ASSOCIÉE À LA PRODUCTION DES RÉSULTATS 63
6.1. PRÉSENTATION DE RANGELCA 63
6.2. ORGANISATION DES CHAPITRES SUR LES RÉSULTATS 66
7. DONNÉES ET HYPOTHÈSES 71
7.1. INTRODUCTION AUX CHOIX DE VALEURS DE MODÉLISATION 71
7.2. NOMBRE D'UTILISATIONS DES EMBALLAGES RÉEMPLOYABLES 73
7.3. PRODUCTION DES EMBALLAGES 74
7.4. FONTAINES POUR REREMPLISSAGE (SCÉNARIOS 12 ET 13) 89
7.5. DONNÉES LOGISTIQUES 89
7.6. LAVAGE DES EMBALLAGES RÉEMPLOYABLES 108
7.7. FIN DE VIE DES EMBALLAGES 114
7.8. RÉCAPITULATIF DES DONNÉES DE MODÉLISATION 125
8. VOLET B - RÉSULTATS 135
8.1. ANALYSE DES DONNÉES COLLECTÉES 135
8.2. SCÉNARIO 6 137
8.3. SCÉNARIO 7 155
8.4. SCÉNARIO 8 170
8.5. SCÉNARIO 9 185
8.6. SCÉNARIO 10 203
8.7. SCÉNARIO 11 219
8.8. SCÉNARIO 12 231
8.9. SCÉNARIO 13 245
8.10. SCÉNARIO 14 257
8.11. EVALUATION DE L'INCERTITUDE LIÉE AUX MODÈLES ASSOCIÉS AUX MÉTHODES DE CARACTÉRISATION DES IMPACTS 268
8.12. RÉSULTATS LIÉS À L'UTILISATION D'EAU 275
8.13. ANALYSE DES RISQUES DE FUITES DE DÉCHETS D'EMBALLAGES DANS L'ENVIRONNEMENT 280
8.14. ANALYSES DE SENSIBILITÉ COMPLÉMENTAIRES 289
9. LIMITES DE L'ÉTUDE 309

9.1. LIMITES LIÉES AUX CATÉGORIES D'IMPACTS 309
9.2. LIMITES LIÉES À L'APPROCHE DE MODÉLISATION RETENUE 309
9.3. LIMITES LIÉES À LA PRISE EN COMPTE DES INCERTITUDES 310
9.4. LIMITES LIÉES À LA COLLECTE DE DONNÉES 310
9.5. LIMITES LIÉES À LA STANDARDISATION DES EMBALLAGES PRIMAIRES RÉEMPLOYABLES 311
9.6. LIMITES LIÉES À LA LOGISTIQUE MODÉLISÉE 312
9.7. LIMITES LIÉES À LA PRODUCTION ET AU REMPLISSAGE DES EMBALLAGES 313
9.8. LIMITES LIÉES AUX MÉCANISMES DE RÉEMPLOI ÉTUDIÉS 314
9.9. LIMITES LIÉES À LA REPRÉSENTATIVITÉ DE L'ÉTUDE À L'ÉGARD DES DROM-COM 314
9.10. LIMITES ASSOCIÉES AUX SCÉNARIOS MODÉLISÉS 315

10. ENSEIGNEMENTS 318

10.1. TENDANCES GÉNÉRALES LIÉES AUX CATÉGORIES D'IMPACT ÉTUDIÉES 319
10.2. PRINCIPAUX PARAMÈTRES INFLUENTS 320
10.3. ETAPES DU CYCLE DE VIE INFLUENTES 322
10.4. ENSEIGNEMENTS PAR SCÉNARIO 322
10.5. ANALYSES COMPLÉMENTAIRES 335
10.6. PISTES D'ÉCOCONCEPTION 336

11. ANNEXES 340

11.1. ANNEXE 1 : MODÉLISATION DE LA VALORISATION ÉNERGÉTIQUE DE L'INCINÉRATION ET RÉCUPÉRATION DE MÉTHANE EN CENTRE DE STOCKAGE 340
11.2. ANNEXE 2 : RÉSULTATS POUR LES 16 CATÉGORIES D'IMPACTS 342
11.3. ANNEXE 3 : SÉLECTION DES CATÉGORIES D'IMPACTS PERTINENTES 348
11.4. ANNEXE 4 : ANALYSE DE LA COHÉRENCE MÉTHODOLOGIQUE DES DONNÉES D'INVENTAIRE 354
11.5. ANNEXE 5 : CONTRIBUTIONS DES ÉTAPES DE CYCLE DE VIE AUX CATÉGORIES D'IMPACT 356
11.6. ANNEXE 6 : EVALUATION DE LA QUALITÉ DES DONNÉES 398
11.7. ANNEXE 7 : DONNÉES DE BENCHMARKING 410
11.8. ANNEXE 8 : DONNÉES BRUTES COLLECTÉES POUR LES EMBALLAGES MODÉLISÉS 415
11.9. ANNEXE 9 : CONFORMITÉ AVEC LE CADRE DE RÉFÉRENCE ADEME POUR ACV COMPARATIVES DE SOLUTIONS D'EMBALLAGE 431
11.10. ANNEXE 10 : ANALYSE PRÉALABLE AUTOUR DES CRITÈRES DE COUPURE 435
11.11. ANNEXE 11 : HYPOTHÈSES DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ 437
11.12. ANNEXE 12 : RÉSULTATS DU SCÉNARIO 6 BASÉS SUR ECOINVENT 3.9.1 438
11.13. ANNEXE 13 : MODÉLISATION DÉTAILLÉE DE L'ACIER POUR LE SCÉNARIO 14 439
11.14. ANNEXE 14 : RAPPORT DE REVUE CRITIQUE 445

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 508

SIGLES ET ACRONYMES 524

1. Préambule

Les parties «1- Préambule » et « 2- Enseignements principaux » ont été rédigées par l'ADEME et ne sont pas intégrées dans le périmètre de la revue critique.

L'industrie de l'emballage est confrontée à une évolution rapide du cadre réglementaire et des attentes sociétales en matière de durabilité. La problématique des plastiques à usage unique constitue un des enjeux majeurs à relever : largement répandus pour des raisons de coût, de légèreté et de praticité, ils sont aujourd'hui questionnés au regard de leur contribution à la pollution des milieux terrestres et aquatiques, l'émission de microplastiques et les incertitudes liées à leurs effets sur la santé humaine. Dans ce contexte, l'exploration de solutions alternatives, notamment les emballages réemployables, est devenue une priorité stratégique.

La substitution d'emballages à usage unique par des solutions réemployées constitue une des réponses possibles dont la pertinence environnementale dépend notamment des performances et de l'optimisation du dispositif de réemploi. Le réemploi entraîne de nouvelles contraintes logistiques (retour, tri, lavage, reconditionnement, transport) et des consommations de ressources supplémentaires (eau, énergie, détergents). Ces différents facteurs doivent être considérés de manière rigoureuse afin d'éviter les transferts de pollution ou les effets rebond, et de garantir une véritable amélioration des performances environnementales.

L'**Analyse du Cycle de Vie (ACV)**, telle que définie par les normes **ISO 14040 et 14044**, représente un outil méthodologique de référence pour évaluer ces enjeux. Elle permet une approche multicritère et systémique, prenant en compte toutes les étapes du cycle de vie des solutions étudiées : extraction et production des matières premières, transformation, transport, distribution, phase d'usage (incluant les scénarios de réemploi), fin de vie et traitement des déchets. Les indicateurs considérés incluent, entre autres, le potentiel de réchauffement climatique (GWP), l'acidification, l'eutrophisation, les émissions de particules et l'épuisement des ressources abiotiques. Ces méthodologies restent encore incomplètes sur certains impacts environnementaux majeurs, notamment sur la biodiversité aquatique et les milieux marins.

L'objectif de ce rapport est de fournir aux industriels du packaging une **analyse comparative robuste et scientifiquement fondée** entre les emballages à usage unique et leurs équivalents réemployables.

Ce document vise ainsi à **outiller la prise de décision** dans le choix des systèmes d'emballage, en apportant une vision quantitative et multicritère permettant d'orienter l'innovation et les investissements vers des modèles réellement vertueux, compatibles avec les objectifs européens de réduction des déchets et de neutralité carbone.

La démarche adoptée s'appuie sur :

- une **définition claire de l'unité fonctionnelle**,
- la **modélisation des scénarios représentatifs** de mise en œuvre du réemploi (nombre de cycles, distances parcourues, procédés de lavage, taux de pertes, etc.),
- l'application de **données actualisées et de qualité élevée** (sources primaires et bases de données reconnues),
- une **interprétation transparente des résultats** en identifiant les leviers d'amélioration et les éventuelles limites des solutions évaluées.

Cette étude ne traite pas l'ensemble des impacts environnementaux, mais uniquement ceux qui sont dans le champ de la méthodologie ACV. Ainsi les aspects relevant des impacts sur biodiversité et la santé humaine ne sont pas traités dans ce document. Comme dans tout travaux ACV, d'autres limites existes, elles sont détaillées dans la partie 9 de l'étude.

Il existe de nombreuses **études scientifiques** qui se sont penchées sur l'impact du plastique sur la biodiversité et la santé humaine, en particulier ces dernières années, alors que la pollution plastique est devenue un enjeu environnemental et sanitaire mondial. Il convient notamment de mentionner les publications les plus récentes suivantes :

Sur la biodiversité :

- Un numéro spécial de la revue *Environmental Science and Pollution Research* (avril 2025) compile 14 études majeures issues de la Mission Tara Microplastiques, qui a analysé la pollution plastique dans 9 grands fleuves européens. Ces études montrent que tous ces fleuves sont contaminés par les microplastiques, qui représentent une menace directe pour la faune aquatique. Les microplastiques agissent comme des "éponges à polluants", accumulant des substances toxiques (métaux lourds, hydrocarbures, pesticides) et affectant la santé des organismes qui les ingèrent, comme les moules

- L'ouvrage collectif *Pollution plastique, la biodiversité menacée* (Édition Quæ, juin 2025) synthétise les dernières recherches sur l'impact des plastiques à chaque étape de leur cycle de vie, de la production à la dégradation, sur les écosystèmes terrestres, aquatiques et marins. Il détaille les effets sur la physiologie des poissons, la biodiversité des sols, l'ingestion par les tortues marines, etc. Toutes les espèces, du phytoplancton au hérisson européen, sont concernées par cette pollution, en grande partie invisible car composée de micro- et nanoplastiques

Sur la santé humaine :

- Un rapport du Sénat français (2024) fait la synthèse de nombreuses études montrant la toxicité des substances chimiques contenues dans les plastiques pour certains organes (foie, cerveau, testicules, placenta, reins). Les microplastiques peuvent être transportés par le sang et s'accumuler dans divers organes, avec des effets inflammatoires et une persistance dans l'organisme. Les patients atteints de maladies inflammatoires chroniques de l'intestin présentent davantage de microplastiques dans leurs selles que les personnes saines. Les études sur les effets à long terme sont encore limitées, mais les signaux d'alerte se multiplient[a]

https://fondationtaraocean.org/actualite-scientifique/micro-plastiques-face-cachee-pollution-globale/
https://www.senat.fr/fileadmin/Presse/Documents_pdf/20241113_Synthese_Plastique_sante.pdf

2. Enseignements principaux

Les parties « 1-Préambule » et « 2-Enseignements principaux » ont été rédigées par l'ADEME et ne sont pas intégrées dans le périmètre de la revue critique.

L'approche méthodologique retenue permet de déterminer les paramètres pour lesquelles une solution en emballages réemployables est, au regard des indicateurs d'impact environnementaux étudiés, plus intéressante qu'une solution en emballages à usage unique.
L'étude est basée sur la méthode d'analyse du cycle de vie (ACV) pour évaluer l'impact environnemental du réemploi de solutions d'emballages de produits alimentaires consignés pour être réemployés par le professionnel en France hexagonale à horizon 2025, en comparaison à des alternatives homologues à usage unique (verre ou hors verre), au travers de 14 scénarios comparatifs.

Pour évaluer les impacts environnementaux associés aux solutions d'emballage, l'ADEME s'est appuyée sur cette méthode normée d'évaluation :

- **en se rapportant à une approche fonctionnelle,** pour quantifier les impacts environnementaux associés à un système, en les rapportant à la fonction principale du système étudié,
- **multi-étapes,** pour prendre en compte les émissions de polluants et les consommations de ressources qui ont lieu à toutes les étapes du cycle de vie (production des matières premières, transport, fabrication du produit, distribution, utilisation et fin de vie)
- et **multicritères,** pour évaluer les impacts sur les écosystèmes, sur les ressources

Cette évaluation permet, pour les impacts environnementaux étudiés, d'identifier les éventuels transferts de pollution d'une phase du cycle de vie à une autre et/ou d'un enjeu environnemental à un autre lorsque diverses solutions rendant le même service sont comparées.

Il est important de souligner que l'ACV ne modélise pas, en l'état actuel des méthodologies disponibles, l'intégralité des impacts environnementaux, notamment les atteintes à la biodiversité et à la santé humaine. Même si des travaux sont menés par la communauté de l'évaluation environnementale pour, à terme, intégrer cet aspect à la méthode d'analyse du cycle de vie, il n'existe pas à date de méthode mature pour évaluer l'ensemble des impacts des plastiques sur la biodiversité et la santé humaine dans le cadre d'une approche analyse de cycle de vie. Ainsi, seule une approche qualitative des risques associés aux abandons de déchets est aujourd'hui possible, ce qui a été fait dans le cadre de l'étude. En complément il existe de nombreux travaux pouvant être consultés portant sur la dispersion des plastiques dans les différents milieux (eaux douces, océans, sols) et leurs conséquences sur les êtres vivants.

Cette étude repose sur une approche méthodologique nouvelle par rapport aux travaux précédents. L'étude se voulant **générique**, elle **couvre une pluralité de réalités industrielles et ne se restreint pas à des typologies de produits particuliers**.
L'objectif principal est d'identifier des **points de basculement**, c'est à dire les valeurs prises par les paramètres influents (par exemple des nombres d'utilisations, masses d'emballages ou distance de transport) **au-dessus/en-dessous desquelles l'option réemployable est globalement avantageuse ou désavantageuse par rapport à un solution comparable à usage unique au regard des indicateurs d'impacts environnementaux étudiés.**
Pour construire des scénarios réalistes, comme dans toute ACV, une phase importante de collecte des données et de recherche dans la littérature a été menée en lien étroit avec les fédérations professionnelles et les acteurs industriels.
L'étude fait la démonstration de la pertinence environnementale des emballages réemployés déjà existants sur le marché ou en cours de développement.
L'étude précise les situations les plus favorables et les conditions à respecter pour que le réemploi présente un avantage environnemental par rapport à l'usage unique, et constitue ainsi un outil d'aide à la **décision pour les industriels de produits alimentaires préemballés :**

- Pour les bouteilles et pots ***en verre*** à usage unique actuellement utilisés, l'alternative ***en verre*** réemployable a moins d'impacts sur l'environnement : un avantage systématique est observé à partir de la 4ème utilisation des bouteilles et pots en verre réemployables par rapport aux bouteilles et pots en verre à usage unique, et **ce quelle que soit la distance moyenne de transport modélisée** (recouvrant l'essentiel des distances observées en France) et **pour une grande diversité de produits mis en marché**. U**ne transition vers le réemploi est donc**

l'alternative pertinente qui dans ce cas doit être largement déployée dans un horizon court terme.

- Pour les emballages à usage unique en autres matériaux**, l'étude permet d'identifier dans quelles conditions et avec quelles caractéristiques d'emballages le passage au réemploi est pertinent d'un point de vue environnemental**. D'autres travaux menés par des industriels pourront affiner les résultats de cette étude là où cette dernière ne permet pas aujourd'hui de conclure.

Cas des canettes aluminium de boissons et des boites en acier :

L'étude détermine les cas, correspondant à des solutions et des organisations existantes, où l'emballage en verre réemployé est plus avantageux que la canette aluminium ou la boite en acier, au regard des indicateurs d'impact environnementaux étudiés.

Enseignements valables pour toutes les catégories d'impacts étudiées



Canette en aluminium à usage unique

VS



Bouteille en verre réemployable

Fourchette de poids modélisée : 452 g/L à 1170 g/L

Une bouteille en verre pesant **moins de 800 g/L** et réemployée **plus de 9 fois** est plus souvent avantageuse comparée à une canette en aluminium à usage unique pour les bières, sodas et eaux gazeuses. Des bouteilles en verre réemployées pesant moins de 800 g/L existent et sont déjà utilisées par des acteurs de type brasseurs (équivaut à une bouteille en verre de 33 cL pesant moins de 270 g).



Poids >120 g/L équivaut à des contenances < 400 mL



Poids < 120 g/L équivaut à des contenances > 400 mL

VS



Conserve en acier à usage unique

Pot en verre réemployable

Fourchette de poids modélisée 82 g/L à 320 g/L

Un pot en verre est plus avantageux lorsqu'il est réemployé **plus de 5 fois** en comparaison à une conserve en acier à usage unique pesant **plus de 120 g/L,** ou **plus de 12 fois** en comparaison à une conserve acier à usage unique pesant **moins de 120 g/L.**

Cas des barquettes et des pots en plastique :

L'étude détermine les cas, correspondant à des solutions et des organisations existantes, où l'emballage en verre réemployé est plus avantageux que la barquette ou le pot en plastique, au regard des indicateurs d'impact environnementaux étudiés. Concernant les emballages en plastique, les aspects relevant des impacts sur la biodiversité et la santé humaine constituent un enjeu majeur à part entière mais ne sont pas pris en compte dans cette étude. Ces impacts liés à la pollution plastique font l'objet de nombreuses études scientifiques (voir préambule).

***Enseignements valables pour les catégories changement climatique et épuisement des ressources fossiles (représentant plus de 50% des impacts pondérés et normalisés** ;*

Sur les autres indicateurs les enseignements sont plus nuancés[a]



Barquette en polypropylène (PP) à usage unique

VS



Barquette en verre réemployable

Une barquette en verre empilable (permet d'optimiser le stockage et le transport à vide), pour la restauration à emporter, réemployée **plus de 8 fois,** est plus souvent avantageuse comparée à une barquette en polypropylène à usage unique.



Pot en polystyrène (PS) à usage unique

Fourchette de poids modélisée : 32,5 g/L à 104 g/L

VS



Pot en verre réemployable

Un pot pour yaourt en verre réemployé **plus de 5 fois** et distribué à **échelle locale ou départementale** (distance moyenne de distribution inférieure à 100 km) est plus avantageux qu'un pot en polystyrène à usage unique.

Si la masse du pot PS à usage unique est **au-delà de 40 g/L (notamment yaourt de spécialité)**, le pot en verre réemployé est plus souvent avantageux quelque soit son nombre d'utilisations et sa distance de distribution.

Cas des bouteilles de boissons en plastiques :

***Enseignements valables pour les catégories changement climatique et épuisement des ressources fossiles (représentant plus de 50% des impacts pondérés et normalisés** ;*

Sur les autres indicateurs les enseignements sont plus nuancés[b]

[a] Plus d'informations sur les autres catégories d'impacts sont accessibles dans le rapport de l'étude.
[b] Plus d'informations sur les autres catégories d'impacts sont accessibles dans les livrables de l'étude.



Bouteille en polyéthylène téréphtalate (PET) à usage unique

Fourchette de poids modélisée : 12,7 g/L à 96 g/L

VS



Bouteille en polyéthylène téréphtalate (PET) réemployable



Bouteille en verre réemployable



Bouteille en verre réemployable remplie en magasin via une fontaine

Bouteille en verre réemployée remplie en magasin via une fontaine

Deux systèmes prospectifs de distribution en vrac du produit via un système de fontaine en magasin ont été étudiés, correspondant à des organisations dans lesquelles une solution d'emballage réemployable peut être plus intéssante qu'une bouteille en PET à usage unique, au regard des indicateurs d'impact environnementaux étudiés. Concernant les emballages en plastique, les aspects relevant des impacts sur la biodiversité et la santé humaine constituent un enjeu majeur à part entière mais ne sont pas pris en compte dans cette étude. Ces impacts liés à la pollution plastique font l'objet de nombreuses études scientifiques (voir préambule). D'autres solutions existent, qui n'ont pas été étudiées, pour lesquelles une solution d'emballage réemployable pourrait aussi être plus intéssante : transport en vrac du produit pour un remplissage et une distribution régionalisées ou livraison à domicile.

Une bouteille en verre pesant mois de 700 g/L, reremplies plus de 11 fois via un système de fontaine en magasin et lavée à moins de 100 km est plus souvent avantageuse qu'une bouteille en polyéthylène téréphtalate (PET) à usage unique pesant plus de 22 g/L (la majorité des bouteilles de boissons, en dehors de quelques marques d'eau plates, se situe au dessus de 22 g/L, en particulier les jus, sodas et boissons gazeuses qui sont au dessus de 28 g/L).

Bouteille en verre réemployée remplie par le professionnel

Pour une bouteille en verre ramenée en magasin et réemployée par le professionel, l'étude identifie certains cas où cet emballage peut avoir un impact équivalent à celui d'une bouteille de PET à usage unique, au regard des indicateurs d'impact environnementaux étudiés. Concernant les emballages en plastique, les aspects relevant des impacts sur la biodiversité et la santé humaine constituent un enjeu majeur à part entière mais ne sont pas pris en compte dans cette étude. Ces impacts liés à la pollution plastique font l'objet de nombreuses études scientifiques (voir préambule).

L'étude ne montre pas d'avantage d'une solution ou d'une autre entre une bouteille de PET à usage unique pesant plus de 35 g/L, comparée à une bouteille en verre réemployée plus de 15 fois (nombre observé en CHR en particulier) distribuée nationnalement , ou entre 6 et 15 fois pour une distance moyenne de distribution inférieure à 200 km. Les bouteilles de PET à usage unique de plus de 35 g/L représentent en majorité les jus, sodas et boissons gazeuses ainsi que certaines eaux plates en petits fromats.

L'étude ne montre pas d'avantage d'une bouteille en verre réemployée en comparaison à une bouteille en polyéthylène téréphtalate (PET) à usage unique pesant moins de 35 g/L (dans la limite des indicateurs d'impacts environnementaux pris en compte par l'ACV).

Bouteille en polyéthylène téréphtalate (PET) réemployée

Le réemploi des bouteille PET a été aussi étudié : il reste prospectif en France, avec des travaux complémentaires sur les questions sanitaires, et le vieillisement du plastique qui sont en cours par les acteurs.

Une bouteille en polyéthylène téréphtalate (PET) réemployée **plus de 9 fois** (entre 7 et 20 rotations est observé à l'étranger) est plus souvent avantageuse qu'une bouteille en PET à usage unique pesant **plus de 28 g/L pour toutes les distances de transport modélisées** pour les secteurs des eaux plates et gazeuses, sodas et jus. Les

bouteilles de PET à usage unique de plus de 28 g/L représente en majorité les jus, sodas et boissons gazeuses ainsi que certaines eaux plates en petits fromats.

Pour des masses de PET à usage unique légères (en deçà de 28 g/L) et pour une distance moyenne de distribution **inférieure à 150 km,** le PET réemployé **plus de 12 fois** est plus souvent pertinent.

L'étude met en évidence des axes d'éco-conception sur lesquels les industriels peuvent travailler pour améliorer la performance environnementale des emballages réemployables.
L'étude met en évidence des axes sur lesquels l'industriel peut travailler :

- **L'éco-conception** de l'emballage (réduire le poids de l'emballage au maximum tout en conservant son caractère réemployable) ;
- **L'optimisation du dispositif** (assurer un taux de retour élevé de l'emballage avec l'adhésion du consommateur). Aujourd'hui les opérations performantes observées permettent d'atteindre des nombres de rotation >10 ;
- **L'organisation territoriale de la production et de la distribution** (les distances de transport jouant un rôle clé dans l'impact environnemental global d'un dispositif d'emballage réemployable).

Le réemploi, qui n'est pas toujours l'alternative la plus adaptée en fonction des produits et des usages, s'inscrit dans une démarche globale de transition écologique des emballages s'appuyant sur :
Réduction, Réemploi, Recyclage. Ces trois R sont à prendre en considération dans tous les développements d'emballages pour permettre d'aboutir à la solution qui aura le moindre impact environnemental.

3. Contexte et objectifs

3.1. Contexte

Le réemploi des emballages, au cœur d'une logique d'économie circulaire, constitue une des solutions pour répondre aux enjeux actuels de réduction des quantités de déchets produits et de limitation des consommations de ressources, et constitue une alternative à la production d'emballages à usage unique.

Ces enjeux sont rendus concrets au travers des différentes lois promulguées ces dernières années : la France s'est fixé des objectifs ambitieux de réduction et de réemploi d'emballages.

La loi dite « AGEC » relative à la lutte contre le gaspillage et à l' économie circulaire promulguée le 10 février 2021, prévoit à son article 9 que la France se dote *«d'une trajectoire nationale visant à augmenter la part des emballages réemployés mis en marché par rapport aux emballages à usage unique, de manière à atteindre une proportion de 5 % des emballages réemployés mis en marché en France en 2023, exprimés en unité de vente ou équivalent unité de vente, et de 10 % des emballages réemployés mis en marché en France en 2027, exprimés en unité de vente ou équivalent unité de vente»*.

De plus, la loi prévoit la fin de la mise sur le marché des emballages en plastique à usage unique d'ici 2040. Pour y parvenir, des objectifs de réduction, de réutilisation et de réemploi et de recyclage sont fixés par décret. Le premier décret quinquennal pour la période 2021-2025 fixe le premier jalon en matière de réduction et de réemploi : l'objectif est de 20 % de réduction en tonnage des emballages plastiques à usage unique d'ici fin 2025, dont au moins la moitié de cette réduction devra être atteinte grâce au réemploi ou à la réutilisation.

La France se donne également pour objectif de réduire de 50 % d'ici à 2030 le nombre de bouteilles en plastique à usage unique pour boisson mises sur le marché.

Pour répondre à ces objectifs, les industriels doivent mettre en œuvre des solutions, dont l'étude des impacts environnementaux est essentielle au regard des problématiques actuelles. Portant lutte contre le dérèglement climatique et le renforcement de la résilience face à ses effets, la loi dite « Climat et Résilience », du 22 août 2021, institue un Observatoire du réemploi et de la réutilisation en son article 25, piloté par l'ADEME. Une mission spécifique d'évaluation environnementale de dispositifs de consigne pour réemploi d'emballages en verre est attribuée à l'Observatoire : "Des dispositifs de consigne pour réemploi peuvent être mis en œuvre pour les emballages en verre lorsque le bilan environnemental global est positif. Le bilan environnemental de ces dispositifs tient compte de la distance de transport parcourue par les emballages pour être réemployés. Ces dispositifs de consigne pour réemploi du verre sont mis en œuvre sur la base d'une évaluation réalisée avant le 1er janvier 2023, en concertation avec les professions concernées, par l'observatoire du réemploi et de la réutilisation prévu à l'article L. 541-9-10."

C'est dans ce cadre législatif que l'ADEME réalise une étude d'analyse de cycle de vie de plusieurs dispositifs de consigne pour réemploi d'emballages mis sur le marché en France, contribuant ainsi à guider les entreprises à réaliser des choix éclairés dans le cadre de leurs développements emballages.

3.2. Objectifs

L'objectif principal de cette étude est de **dresser un bilan environnemental de plusieurs dispositifs de consigne pour réemploi des emballages par les professionnels en France métropolitaine, en prenant en compte toutes les étapes de leur cycle de vie et différentes catégories d'impacts environnementaux**.

A cette fin, les paramètres influençant les performances environnementales des différents dispositifs sont identifiés, quantifiés et analysés, et ce afin de définir les éventuels points de bascule (ou valeurs seuils) et les cas de figure pour lesquels une solution d'emballage réemployable consignée est généralement plus avantageuse sur le plan environnemental qu'une solution analogue existante à

usage unique, et vice-versa. Par ailleurs, l'étude des différentes solutions d'emballage permettra d'identifier pour celles-ci les pistes d'écoconception les plus pertinentes à explorer par les acteurs industriels et à approfondir.

Ces évaluations comparatives entre options réemployables et à usage unique sont structurées en deux volets d'étude, selon la nature des matériaux à usage unique dont les performances sont évaluées :

- Le **volet A** est focalisé sur des analyses comparatives entre des solutions d'emballages en verre réemployables et consignées et des solutions analogues en verre à usage unique.
- Le **volet B, subdivisé en deux volets, B1 et B2,** est quant à lui, axé sur la comparaison de solutions d'emballages réemployables et consignées en verre ou en PET avec des emballages constitués d'autres matériaux (hors verre), à usage unique. Les volets B1 et B2 ont été réalisés successivement et ont fait l'objet de processus de revue critique spécifiques mais ont été menés de façon homogène (car réalisés par un seul et même panel de revue critique).

Au sein de chaque volet, les comparaisons sont structurées à travers la construction de plusieurs "scénarios" : 5 scénarios pour le volet A et 9 pour le volet B.

Chaque scénario correspond à une **comparaison quantitative** quantitative pour les indicateurs environnementaux étudiés d'une option à usage unique et d'une option alternative en verre réemployable consignée (ou en PET, dans le cas du scénario 11) **permettant d'atteindre la même fonction** d'emballage pour les mêmes catégories de produits.

Bien que des extrapolations qualitatives soient possibles lors de l'interprétation des résultats, les différents scénarios émis n'ont pas pour vocation d'être comparés entre eux.

L'enjeu de la construction des scénarios de chaque volet est de pouvoir **dresser un bilan environnemental** du verre réemployable consigné qui soit **le plus générique possible** et qui puisse **couvrir une grande diversité de cas** réels, tout en tenant compte des tonnages d'emballages mis sur le marché.

Chaque scénario est donc **multiproduits**, et **repose sur plusieurs caractéristiques déterminantes** telles qu'un format d'emballage générique, une typologie logistique, ou un choix de matériau dominant pour l'option à usage unique.

Ce rapport se concentre sur la modélisation, les résultats et analyses associés au volet B de l'étude.

Dans la suite de ce rapport, le terme « emballage réemployable » est utilisé en remplacement de « emballage réemployable consigné » pour simplifier la lecture du document. L'emballage réemployable étudié est toujours considéré comme consigné dans ce rapport.

3.3. Définitions

Emballage

« On entend par emballage tout objet, quelle que soit la nature des matériaux dont il est constitué, destiné à contenir et à protéger des marchandises, à permettre leur manutention et leur acheminement du producteur au consommateur ou à l'utilisateur, et à assurer leur présentation. Tous les articles « à jeter » utilisés aux mêmes fins doivent être considérés comme des emballages ».

« La définition d' « emballage » repose en outre sur les critères suivants :

- 1° Un article est considéré comme un emballage s'il correspond à la définition susmentionnée, sans préjudice d'autres fonctions que l'emballage pourrait également avoir, à moins que l'article ne fasse partie intégrante d'un produit et qu'il ne soit nécessaire pour contenir, soutenir ou conserver ce produit durant tout son cycle de vie et que tous les éléments ne soient destinés à être utilisés, consommés ou éliminés ensemble ;
- 2° Les articles conçus pour être remplis au point de vente et les articles à usage unique vendus, remplis ou conçus pour être remplis au point de vente sont considérés comme des emballages pour autant qu'ils jouent un rôle d'emballage ;

- 3° Les composants d'emballages et les éléments auxiliaires intégrés à l'emballage sont considérés comme des parties de l'emballage auquel ils sont intégrés. Les éléments auxiliaires accrochés directement ou fixés à un produit et qui jouent un rôle d'emballage sont considérés comme des emballages, à moins qu'ils ne fassent partie intégrante d'un produit et que tous les éléments ne soient destinés à être consommés ou éliminés ensemble. »

« L'emballage est uniquement constitué de :

- L'emballage de vente ou **emballage primaire**, c'est-à-dire l'emballage conçu de manière à constituer au point de vente une unité de vente pour l'utilisateur final ou le consommateur ;
- L'emballage groupé/secondaire ou **emballage de regroupement**, c'est-à-dire l'emballage conçu de manière à constituer au point de vente un groupe d'un certain nombre d'unités de vente, qu'il soit vendu tel quel à l'utilisateur final ou au consommateur, ou qu'il serve seulement à garnir les présentoirs au point de vente ; il peut être enlevé du produit sans en modifier les caractéristiques. Par exemple : un film plastique en PEBD, un carton de regroupement, ou une caisse ou un palox en PEHD.
- L'emballage logistique/tertiaire ou **emballage de transport**, c'est-à-dire l'emballage conçu de manière à faciliter la manutention et le transport d'un certain nombre d'unités de vente ou d'emballages groupés en vue d'éviter leur manipulation physique et les dommages liés au transport. Par exemple : une palette, son film de palettisation en PEBD et ses intercalaires en carton. L'emballage de transport ne comprend pas les conteneurs de transport routier, ferroviaire, maritime et aérien. »

(Article R543-43 du Code de l'environnement)

Réemploi

« Toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui ne sont pas des déchets sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus. » (Article L. 541-1-1 du code de l'environnement).

Réutilisation

« Toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau. » (Article L. 541-1-1 du Code de l'environnement).

Dans le cadre de cette étude, le réemploi et la réutilisation sont pris en compte sans distinction entre les deux.

Emballage consigné pour réemploi

Un emballage consigné est un emballage pour lequel le consommateur verse une somme d'argent au moment de l'achat d'un produit, la consigne, qui lui est ensuite rendue lorsqu'il retourne l'emballage vide et intègre à un point de collecte dédié. Cette somme d'argent consignée au titre de l'emballage, c'est-à-dire payée par le consommateur, vient donc s'ajouter au prix de vente du produit. (Article 7 de la Loi n°89-421 du 231989 relative à l'information et à la protection des consommateurs ainsi qu'à diverses pratiques commerciales)

Emballage réemployable

« Emballage qui a été conçu, créé et mis sur le marché pour pouvoir accomplir pendant son cycle de vie plusieurs trajets ou rotations en étant rempli à nouveau ou réutilisé pour un usage identique à celui pour lequel il a été conçu » (Article R543-43 du Code de l'environnement).

Emballage réemployé

« Emballage faisant l'objet d'au moins une deuxième utilisation pour un usage de même nature que celui pour lequel il a été conçu, et dont le réemploi ou la réutilisation est organisé par ou pour le compte du producteur. Un emballage faisant l'objet d'au moins une deuxième utilisation en étant rempli au point de vente dans le cadre de la vente en vrac, ou à domicile s'il s'agit d'un dispositif de recharge organisé par le producteur, est réputé être réemployé » (Article R541-350 du Code de l'environnement).

Emballage à usage unique

Emballage qui n'est pas conçu pour être réemployable.

Réemploi par le professionnel / par le consommateur

Le réemploi de l'emballage peut être assuré par le professionnel ou le consommateur. Dans le premier cas, c'est le professionnel qui gère la boucle du réemploi de l'emballage (collecte, tri, lavage, , reconditionnement et remise en circulation…). Dans le deuxième cas, le consommateur (le particulier) effectue le réemploi, il existe plusieurs cas de figure possible :

- Le consommateur peut utiliser un emballage qu'il a apporté sur le lieu de vente ou utiliser un contenant vide réemployable mis à disposition sur le lieu de vente. S'il apporte son propre emballage, celui-ci transite uniquement entre le domicile du consommateur et le point de vente. Dans ce cas, le consommateur est responsable de l'hygiène et de l'aptitude du contenant. Le réemploi dans le cadre de la vente en vrac est un réemploi par le consommateur.
- Le consommateur peut reremplir (réemployer) un emballage à domicile dans le cadre d'un dispositif de recharge.[a]

Système de reremplissage

Le système de reremplissage est un mode de distribution en quantité prédéfinie (par opposition à la distribution « en vrac ») via lequel un utilisateur remplit un contenant réutilisable d'un certain volume. C'est le volume-même du contenant ou le système électronique du dispositif qui dimensionnent la quantité de denrée servie.

Fontaine

Parmi les systèmes de reremplissage, il existe la « fontaine » qui est équipée d'un système électronique permettant notamment de faire remonter l'eau via une pompe afin que le consommateur puisse se servir.

Armoire

L' « armoire » est également un système de reremplissage qui – par opposition à la fontaine – n'est équipé d'aucune électronique, utilisant la gravité pour faire circuler l'eau jusqu'au contenant du consommateur.

Bag-in-box

Un bag-in-box est un emballage de distribution à usage unique qui contient des sirops ou concentrés de sirop liquides visant à être mélangés à de l'eau filtrée (plate ou carbonatée) au moment de la distribution via un système de pompage afin de fabriquer des sodas et des jus.

3.4. Applications envisagées et public cible

Cette étude est commanditée par l'ADEME, dans le cadre des missions de l'**Observatoire du réemploi et de la réutilisation** (cf. section 3.1).

Elle a vocation à fournir des résultats utiles aux parties prenantes susceptibles d'être affectées par la mise en œuvre d'une consigne pour réemploi du verre en France.

De plus, le rapport et les conclusions de l'étude, utilisés notamment dans des affirmations comparatives des systèmes consignés pour réemploi avec leurs homologues à usage unique, sont destinés à être divulgués au public.

La réalisation d'un mémo de restitution synthétisant l'étude (tel que préconisé dans le Cadre de Référence ADEME pour ACV comparatives de solutions d'emballage) a par ailleurs eu lieu. Dans la conduite de ce projet, l'ADEME est accompagnée par un prestataire, RDC Environment et un comité de suivi.

[a] Issu de l'étude ADEME « Réemploi des emballages et alternatives aux emballages plastiques à usage unique », « Rapport de la Tâche 3 », Janvier 2022

Le comité de suivi est composé d'un panel d'une soixantaine d'acteurs de la chaine de valeur du réemploi d'emballages en verre et des emballages en général (dont la liste est reprise en début de rapport dans les Remerciements de l'étude). Les hypothèses structurantes et certains choix méthodologiques ont été partagés avec le comité, qui s'est réuni à 5 reprises pendant l'étude. Ces réunions ont notamment permis de valider les caractéristiques des scénarios définis (chaînes logistiques, produits couverts…) et leurs données de modélisation (masses et compositions des emballages), ainsi que de tenir les membres du comité informés des résultats intermédiaires de l'étude.

3.5. Revue critique

Cette étude vise la **conformité aux normes ISO 14 040-44**, et se base sur les **préconisations méthodologiques du référentiel ADEME** : "Cadre de référence – ACV comparative entre différentes solutions d'emballages"[10].

Une synthèse des préconisations liées à ce document et de la conformité ou non de cette étude à ces différents points a été reprise en Annexe 9.

La conformité des travaux aux normes ISO 14040-44 et à ce cadre méthodologique a été analysée par le comité de revue critique, et les écarts éventuels subsistant à l'issue du processus de revue critique ont fait l'objet de justifications et de validations auprès du commanditaire et du comité de revue critique. L'avis final de revue critique est présenté en Annexe 14.

Ce rapport a été relu, commenté et modifié en conséquence lors d'un travail de revue critique effectué par :

- Charlotte Hugrel, présidente du comité de revue critique, Bleu Safran ;
- Magali Palluau, coordinatrice de la revue critique, Bleu Safran ;
- Pierre Corre, CPV Associés.

4. Description de l'analyse du cycle de vie

4.1. Analyse du cycle de vie en bref

L'analyse du cycle de vie (ACV) est une **méthode normée** qui permet de mesurer les effets quantifiables de produits ou de services sur l'environnement.

Ses résultats peuvent être utilisés pour des besoins d'écoconception, d'affichage environnemental ou encore d'orientation des politiques publiques. L'objectif de l'ACV est de présenter une vision globale des impacts potentiels générés par les produits (biens, services ou procédés) tout au long de la vie d'un produit, c'est à dire de la production des matières premières jusqu'à sa gestion en fin de vie (on parle alors d'analyse du berceau à la « tombe » ou *cradle-to-grave*).

Un produit est fabriqué à partir de matières premières et d'énergie, il est utilisé, puis géré en fin de vie.

L'ACV établit un bilan quantitatif de tous les flux entrants (eau, énergie, matières premières) et sortants (eau, air, déchets), à chaque étape du cycle de vie d'un produit. Ceci permet d'identifier un grand nombre d'impacts (ou pollutions) sur l'environnement.

C'est une méthode d'évaluation **multi-étapes** (production des matières premières, transport, fabrication du produit, distribution, utilisation et fin de vie) et **multicritères** (impacts sur les écosystèmes, impacts sur les ressources et impacts sur la santé).

Utilisée comme outil d'écoconception, elle permet d'identifier les éventuels transferts de pollution d'une phase de cycle de vie à une autre et/ou d'un indicateur environnemental à un autre lorsque diverses solutions sont envisagées.



4.2. Description de la méthodologie d'analyse du cycle de vie

L'ACV est un processus itératif (chaque étape peut amener à revoir les précédentes) et comprend quatre phases :

- Définition des objectifs et du champ de l'étude
- Inventaire
- Évaluation de l'impact
- Interprétation

La **phase 1** permet de définir quels sont les objectifs de l'ACV, en précisant quelle(s) application(s) il en sera faite(s) : écoconception, comparaison de produits ou services ou déclaration environnementale. La cible de l'étude est précisée à ce stade, ainsi que la manière dont seront divulgués les résultats (pour des affirmations comparatives par exemple). Le champ de l'étude doit par ailleurs préciser les fonctions du produit étudié, l'unité fonctionnelle choisie (voir ci-dessous), les frontières du système étudié (étapes/procédés à prendre en compte, cf. phase 2) et les limites de l'étude (méthodologiques en grande partie). C'est aussi à ce stade que les différentes règles pour les calculs appliqués à l'étude sont arrêtées.

A la **phase 2**, chaque système est décomposé en plusieurs **procédés unitaires**. Chacun de ces procédés correspond à une action précise dans la filière. Ces procédés mis bout à bout conduisent à l'élaboration d'un **arbre de procédés** pour chaque système.

Chaque procédé unitaire est caractérisé par une multitude de flux élémentaires entrants et sortants (CO_2, SO_2, Nox, PO_4, minerais…) généralement issus d'une collecte de données permettant de déterminer les intrants (consommation d'eau, d'énergie, de matières premières…) et les sortants

(émissions dans l'air, dans l'eau, les sols, déchets et produits et co-produits générés par le processus). **On appelle cette démarche « inventaire du cycle de vie »**. L'inventaire est donc une comptabilité analytique des flux.

Une fois les procédés identifiés, leur intégration va permettre de reconstituer l'ensemble de la chaîne. La construction de l'arbre des procédés est progressive et part de **l'Unité Fonctionnelle** (fonction remplie par le système étudié, ex : « emballer 1 litre de marchandises »).

Lors de l'évaluation des impacts (**phase 3**), les différents flux sont regroupés par catégories d'impacts (ex : changement climatique) selon leur contribution à un problème/enjeu environnemental. Pour chaque catégorie d'impacts, des **facteurs de caractérisation** spécifiques sont appliqués à chaque valeur de flux afin de traduire un effet sur l'environnement dans une unité commune (par exemple, pour l'indicateur de contribution au changement climatique, le kg CO2-eq est retenu comme unité commune). Les indicateurs d'impacts sur l'environnement peuvent ainsi être évalués.

Flux	Inventaire	Facteurs de caractérisation	Résultats caractérisés
Unité	*kg / unité fonctionnelle*	*kg CO2-eq/flux*	*en kg CO2-eq*
CO_2	1.2	1	1.2 (1.2 x 1)
CH_4	0.01	29.8	0.298 (0.01 x 29.8)
N_2O	0.0017	273	0.464 (0.0017 x 273)
Total	**-**	**-**	**1.96 (1.2+0.298+0.464)**

Tableau 1 : Exemple simplifié de caractérisation des impacts pour la catégorie d'impacts « changement climatique »

Lors de l'interprétation des résultats (**phase 4**), les phases du cycle de vie et les flux qui contribuent le plus aux indicateurs d'impacts environnementaux sont identifiés.

Des actions peuvent être menées afin de prévenir ou limiter les impacts.

L'approche ACV, multicritères, permet d'identifier les transferts de pollutions (d'une catégorie d'impact vers une autre et d'une phase du cycle de vie vers une autre) et d'en tenir compte lors de la prise de décision.

5. Champ de l'étude

5.1. Volet B1 - Choix des scénarios 6 à 10

Afin d'aboutir à des conclusions génériques qui pourront couvrir un grand nombre de cas logistiques et de produits, une méthodologie en plusieurs étapes a été conceptualisée pour l'identification des scénarios.

Celle-ci a visé :

1. à caractériser des scénarios **sur base de données industrielles concrètes** (telles que les tonnages d'emballages mis sur le marché pour différents produits ou matériaux),
2. pour ensuite **agréger** cette réalité de terrain **en différentes typologies logistiques**, qui se veulent représentatives de canaux de distribution et de consommation identifiés en France ou à l'étranger.

5.1.1. Identification de produits prioritaires

En premier lieu et pour pouvoir préciser le champ de l'étude et les caractéristiques des scénarios à établir, une analyse des quantités d'emballages mises en marché a été réalisée.

Celle-ci a tout d'abord consisté à **évaluer les tonnages d'emballages mis en marché** en France pour différentes catégories (alimentaire, hygiène, etc.) et sous-catégories (boissons alcoolisées, sodas, épices, etc.) de produits.

D'autres critères ont aussi été considérés pour **identifier des catégories de produits dites "prioritaires"**, notamment :

- Les objectifs (réglementaires ou volontaires) en vigueur ;
- Le potentiel de réemploi additionnel par rapport aux taux de réemplois actuels estimés pour ces types d'emballages (par exemple la Directive SUP, ou la Charte de la restauration livrée) ;
- L'existence ou non de systèmes de consigne pour réemploi du verre pour ces produits, en France ou à l'étranger.

Des données fournies par l'ADEME ainsi que collectées dans la littérature récente (> 2009, voir Références Bibliographiques) ont été utilisées, et ont permis d'aboutir à certaines pré-conclusions :

- Les **produits alimentaires** représentent la majorité des masses d'emballages primaires ménagers (non-industriels) mis sur le marché en France[25,28].

  En leur sein, les boissons représentent une large majorité (plus de 80%) des emballages en verre mis en marché[4,25,28] .
- Au-delà de leurs contributions moindres aux tonnages, les **produits cosmétiques, d'hygiène et d'entretien** sont sujets à certaines normes (sanitaires notamment) qui limitent le potentiel de réemploi de leurs emballages.

5.1.2. Identification de typologies logistiques et des caractéristiques des emballages

En parallèle à ces analyses, un benchmarking des initiatives de réemploi en France et à l'étranger (avec une attention particulière accordée aux pays limitrophes) a été réalisé[7,9] en vue :

- **D'identifier des typologies de schémas logistiques de consigne**, contrastées ou non, permettant le réemploi d'emballages ;
- **D'identifier quels paramètres caractérisent ces schémas logistiques**, et conditionnent potentiellement leur efficacité au regard des taux de réemploi observés des emballages.

Certaines de ces typologies logistiques sont présentées en Annexe au paragraphe 11.7.

Au travers de ce travail, les éléments distinguant les schémas de distribution de certaines catégories de produits en France et à l'étranger identifiés sont notamment que :

- Les **emballages de regroupement et de transport** des emballages primaires réemployables **peuvent être réemployables** (notamment sous la forme de caisses en PEhd) ou à usage unique.
- Le **lavage industriel** des emballages primaires réemployables **peut être effectué en centre de lavage dédié**, **ou par le producteur** sur le site de remplissage.
- Le **réemploi des emballages** primaires **en verre peut concerner plusieurs catégories de produits** (notamment les eaux, les sodas et les bières), et **s'appliquer** aussi bien à une **distribution aux particuliers** qu'aux établissements **CHR**.
- Les **trajets aller et retour** des emballages primaires **font** le plus souvent **l'objet d'un intermédiaire** via un centre de distribution (ou un grossiste).

Sur cette base, il a été possible d'identifier un certain nombre de paramètres qui sont ensuite utilisés pour construire et caractériser les différents scénarios. Ces paramètres sont de deux types, selon leur nature :

- Des paramètres dits "**déterminants**", correspondant à des variables discrètes/discontinues, ou qualitatives.

  Ceux-ci sont utilisés afin de caractériser et de différencier les scénarios entre eux. Il s'agit par exemple :

  - Du type de matériau utilisé pour l'option à usage unique
  - Du type d'emballage de regroupement considéré, et du recours ou non à une consigne favorisant son réemploi (par exemple une caisse de transport en PEHD)
  - De la cible visée par la distribution (ménages ou CHR)
  - …

- Des paramètres dits "**influents**", qui correspondent quant à eux à des variables continues et quantitatives.

  Il est donc question de faire varier ces paramètres au sein des scénarios identifiés, pour en étudier l'influence sur les performances des options à usage unique et réemployables (en analyse de sensibilité notamment). Ces paramètres sont par exemple :

  - La masse de l'emballage primaire par litre transporté, pour un matériau donné
  - Les distances de transport aller et retour des emballages
  - Les taux de retour et nombres de réemplois effectifs des emballages.
  - ..



*Il est par ailleurs à noter que **seul le réemploi par le professionnel est considéré** dans les scénarios établis (distributeur ou restaurateur). Ainsi, le réemploi par le consommateur n'est pas évalué ou modélisé, excluant des scénarios de réemploi à domicile ou de vente en vrac avec un contenant amené par le consommateur.*

*L'étude **ne tient pas compte de manière différenciée de la standardisation** ou non des emballages primaires étudiés. La standardisation fait référence à l'utilisation d'un format commun et générique d'emballages réemployables permettant le conditionnement de produits distincts (et donc potentiellement utilisé par plusieurs producteurs, et remplis sur plusieurs sites de remplissage). Bien que certains aspects puissent être évalués de manière qualitative dans les résultats, l'étude n'a pas vocation à comparer de manière chiffrée et exhaustive la part des impacts associée à une standardisation ou non des emballages.*

5.1.3. Scénarios retenus

Sur base des paramètres déterminants identifiés lors du benchmarking, une liste de 16 scénarios (6 pour le volet A, 10 pour le volet B1) a été proposée.

Ces scénarios combinent ainsi une typologie logistique et un format (et dans le cas du volet B, un matériau) d'emballage, dont le choix a découlé des tonnages mis en marché.

Après concertation en Comité de Suivi, **5 scénarios finaux ont été retenus pour le volet B1**, et sont synthétisés dans les sections suivantes (certaines données d'inventaire et hypothèses spécifiques aux différents scénarios sont détaillées dans le chapitre 7) :

- Scénario 6 **: Boissons** – Distribution aux particuliers – **Bouteille en verre réemployée** et consignée avec emballage de regroupement à usage unique en carton vs **bouteille en PET à usage unique** avec emballage de regroupement à usage unique en PEbd.
- Scénario 7 **: Produits laitiers** – Distribution aux particuliers – **Pot en verre réemployé** et consigné avec emballage de regroupement à usage unique en carton vs **pot en polystyrène à usage unique** avec emballage de regroupement à usage unique en carton
- Scénario 8 : **Restauration et vente à emporter** – Distribution aux établissements CHR – **Barquette** de restauration **en verre réemployée et consignée**, lavée par le restaurateur vs barquette de restauration en **polypropylène à usage unique**
- Scénario 9 : **Restauration et vente à emporter** – Distribution aux établissements CHR – **Barquette** de restauration **en verre réemployée et consignée**, lavée en centre de lavage dédié vs **barquette** de restauration en **polypropylène à usage unique**
- Scénario 10 **: Boissons** – Distribution aux particuliers – **Bouteille en verre réemployée** et consignée avec emballage de regroupement à usage unique en carton vs **canette en aluminium à usage unique** avec emballage de regroupement à usage unique en carton ou en PEbd.

Les termes utilisés dans cette étude et dans ce chapitre sont explicités dans la partie 3.3 « Définitions ». En particulier, le terme « emballage réemployable » est une abréviation pour le terme « emballage réemployable consigné ».

Volet B1		Option réemployable*				Option à usage unique			
Scénario	Type d'emballage primaire	Matériau	Emballage de regroupement**	Système de fermeture***	Type de lavage	Type d'emballage primaire	Matériau	Emballage de regroupement**	Système de fermeture***
6	Bouteille réemployable pour boisson	Verre	Carton (usage unique)	Hybride, à usage unique : *Acier* *Aluminium* *PEhd*	Lavage en centre de lavage dédié ou par le conditionneur	**Bouteille** à usage unique pour boisson	**PET**	Film PEbd (usage unique)	PEhd (usage unique)
7	Pot réemployable pour produits frais	Verre	Carton (usage unique)	Acier (usage unique)	Lavage en centre de lavage dédié ou par le conditionneur	**Pot** à usage unique pour produit frais	**Polystyrène**	Carton (usage unique)	PET et aluminium (usage unique)
8	Barquette réemployable pour restauration	Verre	Carton et film en PEbd (usage unique)	PEhd (réemployable)	**Lavage par le restaurateur**	**Barquette** de restauration à usage unique	**Polypropylène**	Carton et film en PEbd (usage unique)	Polypropylène (usage unique)
9	Barquette réemployable pour restauration	Verre	Carton et film en PEbd (usage unique)	PEhd (réemployable)	**Lavage en centre de lavage dédié**	**Barquette** de restauration à usage unique	**Polypropylène**	Carton et film en PEbd (usage unique)	Polypropylène (usage unique)
10	Bouteille réemployable pour boisson	Verre	Carton (usage unique)	Hybride, à usage unique : *Acier* *Aluminium* *Liège* *PEhd*	Lavage en centre de lavage dédié ou par le conditionneur	**Canette** à usage unique pour boisson	**Aluminium**	*Film PEbd **** (usage unique)*	Aluminium (usage unique)

Tableau 2 : Récapitulatif des principales caractéristiques des scénarios du volet B1 de l'étude

** Pour toutes les options réemployables considérées dans les scénarios 6,7 et 10 (qui font l'objet de scénarios de lavages distincts), deux types de lavages ont été étudiés : un lavage en centre de lavage dédié, et un lavage par le producteur sur le site de remplissage (voir Chapitre 7.5).*

*** Un emballage de regroupement est un emballage permettant l'acheminement d'un lot d'emballages primaires du commerce (lieu de vente) jusqu'au consommateur.*

**** Les systèmes de fermeture à usage unique sont envoyés en fin de vie à chaque cycle de réemploi de l'emballage primaire. Les systèmes de fermeture réemployables sont lavés à chaque lavage de l'emballage primaire associé.*

***** Deux types d'emballages de regroupement jugés représentatifs du marché sont considérés pour l'option à usage unique du scénario 10 (canette en aluminium) :*

- *Un film PEbd (considéré dans la modélisation de base)*
- *Une collerette en carton (considérée en analyse de sensibilité)*

Le film PEbd est estimé prédominant aujourd'hui pour ce type d'emballages primaires, mais il est anticipé que les emballages de regroupement en carton soient de plus en plus utilisés pour les canettes, et dominent le marché à l'horizon 2025.

5.1.4. Fiches descriptives des différents scénarios

5.1.4.1. Scénario 6

Boissons – Distribution aux particuliers – **Bouteille en verre** consignée **réemployable** *VS* **bouteille en PET à usage unique**	
Descriptif de la solution réemployable	
Type d'emballage primaire	Bouteille en verre réemployable et consignée
Type d'emballage de regroupement	Caisse en carton à usage unique
Système de fermeture	Système de fermeture hybride, à usage unique : • Capsule en aluminium • Capsule en acier • Bouchon en PEhd (polyéthylène haute densité)
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux plates et gazeuses, sodas et jus
Lavage	Lavage industriel en centre de lavage dédié, ou par le conditionneur sur le site de remplissage
Descriptif de la solution à usage unique	
Type d'emballage primaire	Bouteille en PET (polyéthylène téréphtalate) à usage unique
Type d'emballage de regroupement	Film en PEbd (polyéthylène basse densité)
Système de fermeture	Bouchon en PEhd (PE haute densité) à usage unique
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux plates et gazeuses, sodas et jus
Commentaires additionnels	
Le scénario 6 a pour objectif de permettre une comparaison entre deux bouteilles, l'une en PET à usage unique avec un emballage de regroupement en PEbd, et l'autre en verre réemployable avec un emballage de regroupement en carton, toutes les deux distribuées aux particuliers. Le choix d'un emballage de regroupement à usage unique (et non d'une caisse réemployable en PEhd) pour l'option réemployable découle d'une décision prise en Comité de Suivi par ses membres constitutifs après consultation, tel qu'explicité au sous-chapitre 5.1.3. Il a ainsi été jugé plus conservateur de considérer uniquement des emballages à usage unique dans ces comparaisons. Le système de fermeture hybride modélisé est constitué en proportions égales (1/3) des matériaux constitutifs des systèmes de fermeture prépondérants sur le marché, à savoir des capsules en acier/aluminium et un bouchon en PEhd. Cette approche de première itération a permis d'inclure ces différentes typologies d'emballage dans l'étude, pour éventuellement affiner les contributions des différents matériaux par la suite si la contribution du système hybride était notable.	

Tableau 3 : Fiche descriptive du scénario 6 – volet B1

5.1.4.2. Scénario 7

Produits laitiers – Distribution aux particuliers – **Pot en verre réemployé** et consigné avec emballage de regroupement à usage unique en carton VS **pot en polystyrène à usage unique** avec emballage de regroupement à usage unique en carton	
Descriptif de la solution réemployable	
Type d'emballage primaire	Pot en verre réemployable et consigné
Type d'emballage de regroupement	Carton de regroupement à usage unique
Système de fermeture	Couvercle en acier à usage unique
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Produits frais
Produits concernés	Produits laitiers (crèmes et yaourts)
Lavage	Prélavage par le consommateur Lavage industriel en centre de lavage dédié, ou par le conditionneur sur le site de remplissage
Descriptif de la solution à usage unique	
Type d'emballage primaire	Pot en polystyrène à usage unique
Type d'emballage de regroupement	Carton de regroupement à usage unique
Système de fermeture	Opercule en PEbd et aluminium à usage unique
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Produits frais
Produits concernés	Produits laitiers (crèmes et yaourts)
Commentaires additionnels	
Le scénario 7 a pour objectif de permettre une comparaison entre deux pots, l'un en polystyrène à usage unique et l'autre en verre réemployable, tous les deux distribués aux particuliers, et tous les deux conditionnés avec un emballage de regroupement en carton à usage unique. L'option réemployable de ce scénario implique potentiellement un prélavage par le consommateur avant retour et déconsignation (étant donné le contenu organique et/ou la texture semi-liquide de certains aliments conditionnés en pots).	

Tableau 4 : Fiche descriptive du scénario 7 – volet B1

5.1.4.3. Scénario 8

Restauration et vente à emporter – Distribution aux établissements CHR – **Barquette** de restauration **en verre réemployée et consignée**, lavée par le restaurateur VS barquette de restauration en **polypropylène à usage unique**	
Descriptif de la solution réemployable	
Type d'emballage primaire	Barquette de restauration en verre, réemployable et consignée
Type d'emballage de regroupement	Carton de regroupement et film en PEbd à usage unique
Système de fermeture	Couvercle réemployable en PEhd
Cible de la distribution	Etablissements CHR
Secteur	Restauration
Produits concernés	Non-spécifiés
Lavage	Prélavage par le consommateur Lavage par le restaurateur
Descriptif de la solution à usage unique	
Type d'emballage primaire	Barquette restauration en polypropylène, à usage unique
Type d'emballage de regroupement	Carton de regroupement et film en PEbd à usage unique
Système de fermeture	Couvercle à usage unique en polypropylène
Cible de la distribution	Etablissements CHR
Secteur	Restauration
Produits concernés	Non-spécifiés
Commentaires additionnels	
Le scénario 8 a pour but de comparer deux barquettes de restauration, l'une en verre, réemployable et consignée, et l'autre à usage unique en polypropylène. Ces emballages primaires à usage unique et réemployables sont acheminés vides aux établissements CHR, dans des cartons à usage unique. Les barquettes sont par ailleurs emballées dans du film en PEbd. Les restaurateurs assurent ensuite le remplissage et la vente à emporter, et dans le cas de l'option réemployable, le lavage de l'emballage primaire et de son système de fermeture après chaque utilisation et retour par les consommateurs.	

Tableau 5 : Fiche descriptive du scénario 8 – volet B1

5.1.4.4. Scénario 9

Restauration et vente à emporter – Distribution aux établissements CHR – **Barquette** de restauration **en verre réemployée et consignée**, lavée en centre de lavage dédié VS **barquette** de restauration en **polypropylène à usage unique**	
Descriptif de la solution réemployable	
Type d'emballage primaire	Barquette de restauration en verre, réemployable et consignée
Type d'emballage de regroupement	Carton de regroupement et film en PEbd à usage unique
Système de fermeture	Couvercle réemployable en PEhd
Cible de la distribution	Etablissements CHR
Secteur	Restauration
Produits concernés	Non-spécifiés
Lavage	Prélavage par le consommateur Lavage en centre de lavage dédié
Descriptif de la solution à usage unique	
Type d'emballage primaire	Barquette restauration en polypropylène, à usage unique
Type d'emballage de regroupement	Carton de regroupement et film en PEbd à usage unique
Système de fermeture	Couvercle à usage unique en polypropylène
Cible de la distribution	Etablissements CHR
Secteur	Restauration
Produits concernés	Non-spécifiés
Commentaires additionnels	
Le scénario 9 a pour but de comparer deux barquettes de restauration, l'une en verre, réemployable et consignée, et l'autre à usage unique en polypropylène. Ces emballages primaires sont acheminés vides aux établissements CHR, dans des cartons de regroupement à usage unique, ainsi qu'un film en PEbd à usage unique. Les restaurateurs en assurent ensuite le remplissage et la vente à emporter, et dans le cas de l'option réemployable, les barquettes sont acheminées à un centre de lavage dédié et sont ensuite renvoyées lavées au restaurateur pour un nouveau cycle de réemploi, dans des caisses en PEhd réemployables (pour les deux trajets). Un transport direct des barquettes sales depuis l'établissement CHR vers le centre de lavage, et un transport retour des barquettes après lavage selon le même trajet est considéré dans la modélisation (cas jugé prioritaire dans le cadre de la mise en place d'initiatives de réemploi). Une analyse de sensibilité complémentaire (voir partie 6.8) est réalisée pour étudier un cas logistique jugé plus marginal que le précédent, celui d'un transport des barquettes sales vers le centre de distribution (tirant parti du transport retour du camion ayant effectué l'approvisionnement de l'établissement CHR), puis un transport du centre de distribution vers le centre de lavage dédié, et enfin un transport des barquettes lavées vers le centre de distribution, puis au CHR. Il est considéré que ces deux sous-scénarios permettent de représenter plusieurs réalités logistiques observées pour des acteurs du secteur CHR d'échelles et de ressources variées. La logistique associée à ces deux cas de figure est explicitée au point 7.5.	

Tableau 6 : Fiche descriptive du scénario 9 – volet B1

5.1.4.5. Scénario 10

Boissons – Distribution aux particuliers – **Bouteille en verre réemployée** et consignée avec emballage de regroupement à usage unique en carton VS **canette en aluminium à usage unique** avec emballage de regroupement à usage unique en carton ou en PEbd.	
Descriptif de la solution réemployable	
Type d'emballage primaire	Bouteille en verre réemployable et consignée
Type d'emballage de regroupement	Carton de regroupement à usage unique
Système de fermeture	Système de fermeture hybride : • Bouchon en liège • Capsule en aluminium • Capsule en acier • Bouchon en PEhd (polyéthylène haute densité)
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux gazeuses, bières, sodas
Lavage	Lavage industriel en centre de lavage dédié, ou par le conditionneur sur le site de remplissage
Descriptif de la solution à usage unique	
Type d'emballage primaire	Canette en aluminium à usage unique
Type d'emballage de regroupement	Film en PEbd (polyéthylène basse densité) ou carton de regroupement, à usage unique
Système de fermeture	Bouchon en PEhd (polyéthylène haute densité)
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux gazeuses, bières, sodas
Commentaires additionnels	
Le scénario 10 a pour objectif de permettre une comparaison entre une canette en aluminium à usage unique avec un emballage de regroupement en PEbd ou en carton, et une bouteille en verre réemployable avec un emballage de regroupement en carton et distribuées aux particuliers. Deux types d'emballages de regroupement jugés représentatifs du marché sont considérés pour la canette en aluminium : - Un film en PEbd (considéré dans la modélisation de base) - Une collerette en carton (considérée en analyse de sensibilité) Le film PEbd est estimé prédominant aujourd'hui pour ce type d'emballages primaires, mais il est anticipé que les emballages de regroupement en carton soient de plus en plus utilisés pour les canettes, et dominent le marché à l'horizon 2025.	

Tableau 7 : Fiche descriptive du scénario 10 – volet B1

5.2. Volet B2 - Choix des scénarios 11 à 14

5.2.1. Scénarios retenus

Dans un second temps, une deuxième partie du volet B a été intégrée au rapport afin de compléter les 5 scénarios du volet B1.

Trois des quatre scénarios additionnels permettent d'évaluer les bénéfices liés au réemploi du verre ou du PET pour un certain nombre de réutilisations par rapport au PET à usage unique. **Il s'agit d'options additionnelles à évaluer afin d'identifier des pistes supplémentaires pour atteindre les objectifs fixés par la loi AGEC de réduction des bouteilles en PET à usage unique mises sur le marché et d'augmentation du réemploi.**

Le dernier scénario additionnel permet quant à lui d'évaluer les performances du réemploi relativement à l'utilisation de boîtes de conserve en acier, qui représentent une portion significative des tonnages d'emballages alimentaires mis en marché en France.

Les quatre scénarios retenus pour le volet B2 sont :

- Scénario 11 **: Boissons** – Distribution aux particuliers – **Bouteille en PET** consignée **réemployable** *VS* **bouteille en PET à usage unique** ;
- Scénario 12 : **Boissons** – Distribution aux particuliers – **Système de reremplissage type « fontaine », associé à des bonbonnes PET réemployables, d'une bouteille en verre consignée remplie sur le point de vente*** *VS* **Bouteille en PET à usage unique** ;
- Scénario 13 : **Boissons** – Distribution aux particuliers – **Système de reremplissage type « fontaine », associé à des bag-in-box multimatériaux à usage unique, d'une bouteille en verre consignée remplie sur le point de vente**** *VS* **Bouteille en PET à usage unique** *;*
- Scénario 14 : **Denrées alimentaires** – Distribution aux particuliers – **Pot en verre** consigné **réemployable** *VS* **boîte de conserve en acier à usage unique** ;

** Pour le scénario 12, un système de reremplissage type « fontaine » couplé à une distribution via des bonbonnes a été modélisé pour distribuer de l'eau plate et carbonatée, ainsi que des jus dits "purs jus". La boisson contenue dans la bonbonne est acheminée via un système de pompe jusqu'à la bouteille* ***en verre de reremplissage fournie au consommateur****.*

*** Dans le cas du scénario 13, le produit est acheminé à la fontaine sous forme de sirop ou de concentré de sirop, mélangé au site de reremplissage avec de l'eau de ville filtrée.*

L'eau carbonatée ne pouvant pas être transportée telle quelle pour des enjeux de conservation et de qualité, des capsules de CO2 sont utilisées dans les 2 cas décrits ci-dessus au moment de la distribution.

Les scénarios 11, 12 et 13 concernent le secteur des boissons. Dans le scénario 13, le réemploi se situe au niveau du contenant utilisateur uniquement (les bag-in-box étant à usage unique) contrairement au scénario 12 pour lequel le contenant de distribution (la bonbonne) est également réemployable.

Le scénario 14 est spécifique aux denrées alimentaires.



Les termes utilisés dans cette étude et dans ce chapitre sont explicités dans la partie 3.3 « Définitions ». En particulier, le terme « emballage réemployable » est une abréviation pour le terme « emballage réemployable consigné ».

Volet B2	Option réemployable					Option à usage unique			
Scénario	Type d'emballage primaire	Matériau	Emballage de regroupement*	Système de fermeture**	Type de lavage	Type d'emballage primaire	Matériau	Emballage de regroupement*	Système de fermeture**
11	Bouteille réemployable pour boisson	PET	Caisse PEhd (réemployable et consignée)	PEhd (à usage unique)	Lavage par le conditionneur	Bouteille à usage unique pour boisson	PET	Film PEbd	Bouchon en PEhd (à usage unique)
12	Bonbonne réemployable pour boisson	PET	Aucun	PEhd (à usage unique, non solidaire)	Lavage par le conditionneur	Bouteille à usage unique pour boisson	PET	Film PEbd	Bouchon en PEhd (à usage unique)
	Bouteille réemployable pour boisson	Verre	Aucun	Acier (à usage unique)	Lavage en centre de lavage dédié				
13	Bag-in-box à usage unique pour sirop	Film extérieur multicouches*** Carton entourant la poche	Aucun	PEhd Plastique***	/	Bouteille à usage unique pour boisson	PET	Film PEbd	Bouchon en PEhd (à usage unique)
	Bouteille réemployable pour boisson	Verre	Aucun	PEhd, (à usage unique non solidaire)	Lavage en centre de lavage dédié				
14	Pot réemployable pour épicerie	Verre	Aucun	Acier (à usage unique)	Lavage en centre de lavage dédié ou par le conditionneur	Boîte de conserve à usage unique	Acier + revêtement	Aucun	Opercule en acier + revêtement

Tableau 8 : Récapitulatif des principales caractéristiques des scénarios du volet B2 de l'étude

** Un emballage de regroupement est un emballage permettant l'acheminement d'un lot d'emballages primaires du commerce (lieu de vente) jusqu'au consommateur.*

*** Les systèmes de fermeture à usage unique sont envoyés en fin de vie à chaque cycle de réemploi de l'emballage primaire. Les systèmes de fermeture réemployables sont lavés à chaque lavage de l'emballage primaire associé. Dans le scénario 14, les systèmes de fermeture sont regroupés avec le corps de l'option à usage unique pour la modélisation car ils sont tous deux constitués d'acier et leur masse est fortement corrélée.*

**** Le film extérieur multicouches est modélisé à partir d'un complexe PE-EVOH, et le système de fermeture est modélisé à partir de PEhd.*

5.2.2. Fiches descriptives des différents scénarios

5.2.2.1. Scénario 11

Boissons – Distribution aux particuliers – **Bouteille en PET** consignée **réemployable** *VS* **bouteille en PET à usage unique**	
Descriptif de la solution réemployable	
Type d'emballage primaire	Bouteille en PET réemployable et consignée
Type d'emballage de regroupement	Caisse en PEhd réemployable
Système de fermeture	Bouchon en PEhd à usage unique
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux plates gazeuses, sodas et jus
Lavage	Lavage industriel par le conditionneur sur le site de remplissage
Descriptif de la solution à usage unique	
Type d'emballage primaire	Bouteille en PET à usage unique
Type d'emballage de regroupement	Film en PEbd (polyéthylène basse densité) à usage unique
Système de fermeture	Bouchon en PEhd (polyéthylène haute densité) à usage unique
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux plates gazeuses, sodas et jus
Commentaires additionnels	
Le scénario 11 a pour objectif de comparer deux bouteilles en PET, l'une à usage unique avec un emballage de regroupement en PEbd, et l'autre réemployable avec comme emballage de regroupement une caisse réemployable en PEhd, toutes deux distribuées aux particuliers. Les formats considérés et échantillonnés pour modéliser les bouteilles en PET réemployables correspondent à des volumétries allant de 0.5L à 2L. Le lavage de la bouteille en PET réemployable **est effectué uniquement au site de conditionnement** et non en centre de lavage dédié. Pour cause, les technologies de lavage spécifiques au PET représenteraient un investissement considérable à court-terme (car difficiles à amortir étant donnés les flux d'emballages réemployables en PET) pour les centres de lavage dédiés pour bouteilles, actuellement principalement focalisés sur le lavage du verre. En effet, tel que communiqué par le comité de suivi de l'étude, les installations de lavage d'emballages en PET impliquent des infrastructures spécifiques, et des conditions de lavage (températures, additifs…) distinctes de celles associées au lavage du verre. En outre, certains enjeux spécifiques au réemploi du PET concernent les problématiques associées aux mélanges de flux et à l'utilisation d'une même bouteille pour le conditionnement successif de produits différents. Il est en effet considéré que les emballages sont imprégnés par certains composés de produits antérieurement conditionnés (limonène notamment) et ils pourraient affecter les propriétés organoleptiques de l'emballage lors d'un futur reremplissage avec certains types de produit emballé non compatible. La séparation des flux semble ainsi compliquée dans le cadre d'un lavage en centre dédié. Les bouteilles en PET réemployables ne sont pas soumises à la directive européenne qui oblige de rendre les bouchons solidaires des bouteilles en plastique à usage unique depuis 2024. Leur système de fermeture est donc à usage unique et non solidaire, pour des raisons logistiques au moment du lavage et du réemploi. Le scénario 11 est réalisé **<u>à titre prospectif</u>**, aucun dispositif de réemploi de bouteilles en PET n'étant déployé en France à date.	

Tableau 9 : Fiche descriptive du scénario 11 – volet B2

5.2.2.2. Scénario 12

Boissons – Distribution aux particuliers – **Système de reremplissage type « fontaine », associé à des bonbonnes PET réemployables, d'une bouteille en verre consignée remplie sur le point de vente** *VS* **Bouteille en PET à usage unique**	
Descriptif de la solution réemployable	
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux plates et purs jus
Contenant de distribution	
Type d'emballage primaire	Bonbonne en PET réemployable
Type d'emballage de regroupement	Aucun
Système de fermeture	Bouchon en PEhd
Lavage	Lavage par le conditionneur au site de remplissage
Contenant final de remplissage	
Type d'emballage primaire	Bouteille en verre réemployable
Type d'emballage de regroupement	Aucun
Système de fermeture	Bouchon en acier à usage unique
Lavage	Lavage industriel en centre de lavage dédié
Descriptif de la solution à usage unique	
Type d'emballage primaire	Bouteille en PET à usage unique
Type d'emballage de regroupement	Film PEbd à usage unique
Système de fermeture	Bouchon en PEhd à usage unique
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux plates et pur jus
Commentaires additionnels	
Le scénario 12 a pour objectif de comparer un système de reremplissage d'une bouteille en verre réemployable (contenant de remplissage) via une bonbonne en PET réemployable (contenant de distribution), avec une bouteille en PET à usage unique. La volumétrie considérée pour les bouteilles en verre reremplies s'étend de 0.7 L à 1.5 L. Il est considéré que des formats plus petits ne sont pas adaptés à cette typologie logistique. Les boissons sont embouteillées et scellées à la source dans des bonbonnes, puis transportées telles quelles jusqu'au point de distribution. Les boucles de réemploi associées à la solution réemployable concernent à la fois la bonbonne et la bouteille en verre. Ce scénario, focalisé sur les eaux plates et les purs jus (dont le conditionnement et la distribution sont cadrés par un certain nombre d'enjeux règlementaires, par exemple un embouteillage à la source pour les eaux de source), ne considère pas la distribution de sodas ou de jus à base de concentrés (abordés dans le scénario 13, via une logistique plus proche d'une situation industrielle réelle).	

Le choix du PET comme matériau constitutif de la bonbonne découle de la consultation d'acteurs industriels. Il a été évoqué que le choix du PET est plausible et déjà représentatif d'une portion significative du marché, notamment en raison de son coût. Le scénario 12 est réalisé **<u>à titre prospectif</u>**, en particulier à l'égard des eaux de source et minérales, sous réserve de faisabilité de la mise en place d'une telle logistique (à date la vente en vrac d'eaux de source n'est pas interdite ni autorisée, cf. Décret n°2023-837).

Tableau 10 : Fiche descriptive du scénario 12 – volet B2

5.2.2.3. Scénario 13

Boissons – Distribution aux particuliers – **Système de reremplissage type « fontaine », associé à des poches multimatériaux à usage unique, d'une bouteille en verre consignée remplie sur le point de vente** *VS* **Bouteille en PET à usage unique**	
Descriptif de la solution réemployable	
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Sodas et nectars
Contenant de distribution	
Type d'emballage primaire	Bag-in-box à usage unique : • Film extérieur multicouches • Boîte en carton entourant la poche
Système de fermeture	PEhd Plastique
Contenant final de remplissage	
Type d'emballage primaire	Bouteille en verre réemployable
Type d'emballage de regroupement	Aucun
Système de fermeture	Bouchon en acier
Lavage	Lavage industriel en centre de lavage dédié
Descriptif de la solution à usage unique	
Type d'emballage primaire	Bouteille en PET à usage unique
Type d'emballage de regroupement	Film PEbd à usage unique
Système de fermeture	Bouchon en PEhd à usage unique
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Sodas et nectars
Commentaires additionnels	
Le scénario 13 a pour objectif de comparer un système de reremplissage via une poche multimatériaux à usage unique (contenant de distribution) et une bouteille en verre réemployable (contenant de remplissage), avec une bouteille en PET à usage unique. La volumétrie considérée pour les bouteilles en verre reremplies s'étend de 0.7 L à 1.5 L. Il est considéré que des formats plus petits ne sont pas adaptés à cette typologie logistique. Seul un réemploi de la bouteille en verre est considéré, les poches étant à usage unique. Le dispositif utilise de l'eau filtrée du réseau et des capsules de CO_2 pour les boissons gazeuses (non modélisés, voir section 5.5.4) à laquelle sont ajoutés des sirops contenus dans les poches afin de fabriquer des sodas et nectars. Le scénario 13 est réalisé **à titre prospectif**, spécifiquement à l'égard de la typologie de distribution logistique modélisée (des systèmes de reremplissage via dilution existant déjà sur le marché français, notamment pour les CHR et la vente à emporter).	

Tableau 11 : Fiche descriptive du scénario 13 – volet B2

5.2.2.4. Scénario 14

Denrées alimentaires – Distribution aux particuliers – **Pot en verre** consigné **réemployable** *VS* **boîte de conserve en acier à usage unique**	
Descriptif de la solution réemployable	
Type d'emballage primaire	Pot en verre réemployable et consigné
Type d'emballage de regroupement	Aucun
Système de fermeture	Couvercle en acier à usage unique
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Denrées alimentaires conservées
Produits concernés	Légumes, fruits, viande, plats préparés et aliments « semi-liquides » (y compris sauces tomates)
Lavage	Prélavage par le consommateur Lavage industriel en centre de lavage dédié, ou par le conditionneur sur le site de remplissage.
Descriptif de la solution à usage unique	
Type d'emballage primaire	Boîte de conserve en acier « 3 pièces » à usage unique, avec un revêtement interne
Type d'emballage de regroupement	Aucun
Système de fermeture	Opercule en acier
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Denrées alimentaires conservées
Produits concernés	Légumes, fruits, viande, plates préparés et aliments « semi-liquides » (y compris sauces tomates)
Commentaires additionnels	
Le scénario 14 a pour objectif de permettre une comparaison entre un pot en verre réemployable avec un système de fermeture en acier et une boîte de conserve exclusivement en acier à usage unique, tous deux distribués aux particuliers. Seules les boîtes de conserve « 3 pièces »[ab] sont considérées dans le périmètre de ce scénario étant donné qu'elles représentent la dominante du marché (sur base d'échantillonnages, confirmés par des acteurs sectoriels intégrés au comité de suivi de l'étude), ainsi que la grande majorité des boîtes en acier. Les boîtes en aluminium sont surtout des boîtes « 2 pièces », principalement utilisées pour conditionner du poisson. *L'option réemployable de ce scénario implique un prélavage potentiel par le consommateur avant retour et déconsignation (étant donné le contenu organique et/ou la texture semi-liquide de certains aliments conditionnés en pots).*	

Tableau 12 : Fiche descriptive du scénario 14 – volet B2

[b] La boîte à 3 pièces comprend un corps roulé, un fond et un couvercle alors que la boîte à 2 pièces comprend un corps embouti et un couvercle.

5.3. Typologies de produits considérées

Bien que l'étude réalisée ait pour vocation d'être générique dans sa construction et de ne pas être spécifique à certaines typologies de produits, des considérations liées aux typologies de produits ont été intégrées dans la conceptualisation des scénarios, et dans l'interprétation des résultats.

A cette fin, certaines catégories de produits ont été sélectionnées pour les différents scénarios, notamment au regard du matériau considéré pour l'option à usage unique, afin de collecter des données et modéliser des plages de valeurs des solutions d'emballages. De fait, les valeurs et données utilisées dans la modélisation des options représentent des segments de marché similaires, assurant ainsi leur comparabilité relative (notamment dans le cadre du volet B).

Par exemple et concrètement, étant donné que la bière n'est pas conditionnée en bouteilles en PET ou que le vin n'est pas conditionné en canettes en aluminium (en grande majorité, sauf exceptions), ces produits n'ont pas été échantillonnés pour la modélisation des emballages en verre des scénarios 6 et 10, respectivement.

Par conséquent, le Tableau 13 reprend les catégories de produits majoritaires considérés pour les différents scénarios :

	Scénario considéré	Catégories de produits majoritairement considérées
Volet B1	Scénario 6	Eaux plates et gazeuses, sodas et jus
	Scénario 7	Produits laitiers (crèmes et yaourts)
	Scénario 8	Non définies : produits variés de vente à emporter (traiteurs et restaurants)
	Scénario 9	
	Scénario 10	Eaux gazeuses, bières et sodas
Volet B2	Scénario 11	Eaux plates et gazeuses, sodas et jus
	Scénario 12	Eaux plates et purs jus
	Scénario 13	Sodas et nectars
	Scénario 14	Légumes, fruits, viande, plats préparés et aliments « semi-liquides » (y compris sauces tomates)

Tableau 13 : Catégories de produits majoritairement concernées de chaque scénario – Volet B

5.4. Unité fonctionnelle retenue

L'ACV est une approche relative car les résultats sont toujours exprimés en fonction d'une unité fonctionnelle. L'unité fonctionnelle définit les fonctions du système étudié et la performance quantifiée d'un système de produits destiné à être utilisée comme unité de référence dans une analyse du cycle de vie. Toutes les analyses réalisées au cours de l'étude dépendent donc de celle-ci.

L'unité fonctionnelle définie pour cette étude est la suivante :

Emballer et distribuer 1L de produits alimentaires

L'unité fonctionnelle est issue du questionnement suivant :

Fonction(s) assurée(s) / service(s) rendu(s) : « quoi »	**Emballer :** Emballer comprend une fonction de conservation, de protection lors du transport et de communication. Les emballages sont conçus de façon telle que les emballages à usage unique et les emballages réemployables assurent de façon égale ces fonctions. **Distribuer :** Distribuer implique l'acheminement du produit dans son conditionnement final ou dans un conditionnement temporaire (par exemple les emballages de distribution des scénarios 12 et 13), tout en conservant ses propriétés organoleptiques et son volume rempli.
Ampleur de la fonction ou du service : « combien »	Un volume de vente au consommateur de **1 litre** (correspondant à 1 ou plusieurs emballages en fonction de leur taille/volume)
Niveau de qualité souhaité : « comment »	Concerne les **produits alimentaires.**
Durée d'usage du produit : « combien de temps »	La fonction de l'emballage ne diffère pas entre les systèmes étudiés. La comparaison se fait à **iso-qualité** et **iso-conservation.** Il est donc considéré que l'emballage réemployable modélisé bénéficie des mêmes propriétés recherchées par le producteur que l'emballage à usage unique (par exemple au regard des DLC ou DLUO). L'étude ne permet donc pas d'analyser les situations qui ne correspondent pas à ce cas de figure.

Tableau 14 : Questionnement menant à la définition de l'unité fonctionnelle

5.5. Frontières du système

5.5.1. Limites géographiques considérées

Les emballages considérés dans cette étude sont produits en Europe, et utilisés en France métropolitaine pour le conditionnement et la distribution de produits alimentaires. La fin de vie de ces emballages prend place en France métropolitaine également. L'étude ne s'applique donc pas à une situation de consommation d'emballages en DROM-COM.

Trois précisions concernant ces considérations géographiques sont à prendre en compte :

- Il est considéré une partie de la production de PET est réalisée hors Europe et cela afin de refléter la réalité du marché français (issus des retours d'industriels et de membres du comité de suivi de l'étude).
- Certains emballages (bouteilles en PET à usage unique et pots en polystyrène) sont partiellement transformés à l'échelle européenne, mais leur production/transformation est finalisée sur le territoire français, à l'échelle du site de remplissage.
- Le choix d'une production européenne des emballages est liée à la disponibilité des données d'inventaire, pour la grande majorité d'entre elles relatives à une production à l'échelle européenne.

  Par ailleurs, les données d'inventaire issues de la FEVE (produites à l'échelle européenne) utilisées pour cette étude sont jugées comme étant les plus représentatives de l'industrie en date. Des études ayant démontré que la part d'électricité liée à la production du verre est un point différenciant de ses impacts, il est estimé que ce choix méthodologique peut influencer les résultats de l'ACV. Le recours à un périmètre européen pourrait faire moduler les impacts spécifiquement liés aux postes énergétiques de la production de verre à une hauteur estimée à environ 15%. La combustion du gaz naturel et du fioul est quant à elle peu sensible au périmètre géographique considéré[68].

5.5.2. Limites temporelles considérées

L'horizon temporel considéré pour les systèmes étudiés est fixé en **2025**, et la modélisation tient compte des objectifs des **lois françaises et européennes**, notamment au regard des taux de recyclage des matériaux en fin de vie.

A cet égard, les différents procédés technologiques contributeurs (tels que les processus de lavage ou de production) sont modélisés autant que possible à travers des technologies de performances optimales en vue de représenter :

- une situation de marché optimisée à date de l'étude,
- et/ou une vision jugée réaliste de la situation moyenne à l'horizon 2025.

5.5.3. Etapes du cycle de vie incluses

5.5.3.1. Etapes communes aux options réemployables et à usage unique

Les étapes du cycle de vie communes aux options réemployables et à usage unique pour chaque scénario sont décrites ci-dessous.

5.5.3.1.1. Production des emballages et des systèmes de fermeture

Cette étape inclut les procédés suivants :

- L'extraction, l'acheminement et la transformation des matières premières nécessaires à la production des emballages primaires, et de leurs systèmes de fermeture. Pour les systèmes de fermeture à usage unique, chaque unité de fermeture (opercule, bouchon, couvercle, etc.) n'est utilisée qu'une fois avant d'atteindre sa fin de vie. La production d'une nouvelle unité de système de fermeture est donc considérée à chaque cycle d'utilisation.
- L'extraction, l'acheminement et la transformation des matières premières nécessaires à la production des emballages de transport et de regroupement utilisés lors du conditionnement et du transport des emballages primaires, avant et après leur remplissage.
- Le transport des emballages primaires, de regroupement et de transport vides vers le site d'embouteillage ou de remplissage, en amont de leur première utilisation.
- La production et l'entretien des véhicules et infrastructures utilisés pour le transport et le stockage des emballages primaires, avant et après leur remplissage.
- La casse des emballages en verre ayant lieu durant la phase de production (notamment à travers les inventaires FEVE utilisés).

5.5.3.1.2. Distribution

Cette étape inclut :

- Le transport des emballages primaires remplis et conditionnés et de leurs emballages de regroupement et de transport, depuis leur site de remplissage vers les commerces ou établissements CHR, en passant ou non par un centre de distribution[a].
- La production et l'entretien des infrastructures nécessaires au transport (camions, routes...).
- La casse des emballages pendant la phase de distribution. Celle-ci est cependant jugée négligeable au regard de l'UF.

5.5.3.1.3. Fin de vie des emballages et systèmes de fermeture

Cette étape inclut les procédés suivants :

- Le transport des emballages (y compris de regroupement et de transport) et des systèmes de fermeture en fin de vie vers le centre de traitement.
- Le recyclage des emballages (y compris de regroupement et de transport) et des systèmes de fermeture en fin de vie, et la substitution de matière première vierge du fait de la production de matière secondaire issue du recyclage. Le recyclage considéré et modélisé dans cette étude est exclusivement mécanique.
- L'incinération des emballages (y compris de regroupement et de transport) et des systèmes de fermeture en fin de vie, et leur valorisation énergétique par ce biais.
- L'enfouissement des emballages (y compris de regroupement et de transport) et des systèmes de fermeture en fin de vie.

[a] En pratique, les schémas logistiques impliquent souvent un passage des produits par plusieurs centres de distribution différents, en particulier dans le contexte de la distribution aux CHR (intégrant des systèmes de grossistes, par exemple). Il est estimé que les durées de stockage et distances de transport modélisées dans cette étude ne sont pas significativement influencées par ces considérations.

5.5.3.2. Etapes spécifiques aux options réemployables

Les étapes du cycle de vie spécifiques aux options réemployables de tous les scénarios du volet B sont décrites ci-dessous.

5.5.3.2.1. Déconsignation des emballages

Cette étape inclut :

- Les procédés liés à la déconsignation des emballages réemployables, notamment la consommation électrique associée au fonctionnement des RVM (“reverse vending machines”) utilisées en cas de déconsignation automatique. Aucune consommation électrique n’est considérée dans le cas de la déconsignation manuelle (qui est le seul canal de déconsignation considéré dans les scénarios 8, 9, 12 et 13).
- La production des infrastructures de déconsignation RVM.

5.5.3.2.2. Transport retour des emballages

Cette étape inclut le transport des emballages primaires vides (après consommation) et de leurs emballages de regroupement et de transport, depuis le point de collecte (considéré comme étant le commerce ou établissement CHR) vers l’usine de remplissage, en passant ou non par un centre de distribution et/ou par un centre de lavage dédié (supposant le cas échéant un reconditionnement et la production de nouveaux emballages de regroupement, inclus en *3.3.2.1.1.)* des emballages primaires.

5.5.3.2.3. Lavage des emballages

Cette étape inclut :

- L’éventuel prélavage de l’emballage primaire en amont de sa déconsignation et de son transport retour, par le consommateur (spécifique au scénario 7). Un prélavage à la main ainsi qu’un prélavage en machine sont considérés, avec une probabilité d’occurrence de 50% chacun.
- Le lavage industriel des emballages primaires. Ce lavage peut correspondre à un lavage par le conditionneur sur le site de remplissage, ou en centre de lavage dédié. La modélisation de ce lavage tient compte des processus suivants :
    - La consommation d’eau directe liée au lavage
    - La consommation d’électricité liée au lavage, notamment mobilisée pour chauffer l’eau de lavage
    - La consommation de détergents (de rinçage et de lavage)
    - La consommation de soude liée au lavage
    - La consommation d’antitartre liée au lavage
- La production, la maintenance, et la fin de vie des infrastructures de lavage (via la modélisation d’une machine dont la fonction primaire est d’assurer le lavage de emballages primaires à l’échelle industrielle).

5.5.3.3. Etapes spécifiques aux systèmes de reremplissage (scénarios 12 et 13)

5.5.3.3.1. Production

Cette étape inclut :

- La production des fontaines placées en magasins pour permettre le remplissage des bouteilles réemployables.
- La production des emballages de distribution (bonbonnes pour le scénario 12, poches pour le scénario 13) et de leur système de fermeture.
- La production des emballages primaires réemployables (bouteilles en verre) et de leur système de fermeture.

5.5.3.3.2. Distribution et transport retour des emballages

Cette étape inclut :

- Le transport des infrastructures de reremplissage (fontaines) vers les magasins.
- Le transport des emballages de distribution (bonbonnes et bag-in-box) vers les magasins, y compris une étape logistique intermédiaire en centre de distribution.
- Le transport des emballages primaires réemployables (bouteilles en verre) vers les magasins, y compris une étape logistique intermédiaire en centre de distribution.
- Le transport retour des emballages de distribution réemployables (bonbonnes du scénario 12) vers le conditionneur, pour reremplissage.
- Le transport des bouteilles en verre pour reremplissage depuis le magasin (où elles sont déconsignées manuellement) vers un centre de lavage dédié, puis leur transport depuis le centre de lavage vers le magasin pour être reremplies à nouveau.

5.5.3.3.3. Lavage

Cette étape inclut (selon les modalités détaillées au point 5.5.3.2.3)

- Le lavage des bonbonnes réemployables en PET du scénario 12, sur leur site de conditionnement.
- Le lavage des bouteilles réemployables en verre des scénarios 12 et 13, en centre de lavage dédié.

5.5.3.3.4. Fin de vie

Cette étape inclut (selon les modalités détaillées au point 5.5.3.1.3)

- Les procédés associés à la fin de vie des emballages de distribution (bonbonnes et bag-in-box) et de leur système de fermeture.
- Les procédés associés à la fin de vie des systèmes de reremplissage (fontaines).
- Les procédés associés à la fin de vie des emballages primaires réemployables (bouteilles en verre) et de leur système de fermeture.

5.5.4. Etapes exclues du champ de l'étude ou non modélisées

Les étapes et procédés suivants ont été exclus du champ de l'étude et n'ont pas été repris dans les calculs liés à l'analyse du cycle de vie considérée :

- Le diesel est le seul carburant considéré dans la modélisation

  Les scénarios prédictifs basés sur l'utilisation d'autres carburants (y compris le biodiesel[a]) à l'horizon 2025 n'ont pas été étudiés. Ainsi, la motorisation alternative au diesel (GNV, Bio-GNV, électrique…) n'a pas été étudiée étant donné le nombre de scénarios étudiés et de variables déjà considérés.

  Le changement de carburant pourrait toutefois conduire à une réduction ou une augmentation des contributions à une catégorie d'impacts donnée mais également un transfert d'impacts entre catégorie d'impacts (ex : réduction de sur le changement climatique et augmentation de l'usage des sols).

- Seul un réemploi par le professionnel est pris en compte dans cette étude.

  Ceci suppose un réemploi des emballages primaires par le producteur ou l'embouteilleur, ainsi que par le restaurateur. Le réemploi par les consommateurs n'est pas considéré dans l'analyse, excluant de fait un réemploi à domicile sans transport retour.

- Les systèmes du commerce en ligne et de livraison à domicile (par les distributeurs ou par les restaurateurs, par exemple via cyclo-logistique) sont exclus du champ de l'étude.

  La logistique est jugée analogue et structurellement identique à un cas de distribution vers les CHR (transport vers le point de consommation, et collecte de l'emballage primaire vide).

- La standardisation n'est pas considérée de manière différenciée dans la modélisation et les résultats.

  La prise en compte de différentes typologies de trajets retour pour les emballages réemployables permettra d'évaluer les impacts de distances de transport plus élevées ou plus faibles dans le cadre du réemploi (des situations typiques de emballages primaires non-standardisés ou standardisés, respectivement). L'étude n'a cependant pas vocation à comparer de manière chiffrée et exhaustive la part des impacts associée à une standardisation ou non des emballages.

- La production, la masse, et l'éventuelle fin de vie du produit embouteillé ou conditionné n'ont pas été pris en compte.

  Ces éléments sont jugés identiques pour les options réemployables et à usage unique et la présente étude se focalise sur l'analyse du cycle de vie de l'emballage primaire et non de son contenu.

- Le stockage des différents emballages (y compris vides, le cas échéant) modélisés aux différentes étapes logistiques (site de remplissage, centre de distribution, centre de lavage...) n'a pas été modélisé.

  En l'absence de données robustes de terrain sur ces questions, leur dimensionnement a été jugé difficilement appréciable.

  Il est par ailleurs supposé qu'à l'échelle de l'unité fonctionnelle et des impacts calculés (liés à la production, au transport et au lavage notamment), l'impact associé au stockage n'est pas significatif dans les comparaisons strictement environnementales entre les options réemployables et à usage unique.

  Un calcul réalisé sur base des données mises à disposition dans le document « PEFCR Packed water » permet de confirmer la faible contribution de ces étapes de stockage intermédiaire dans la chaine de distribution (située entre 0% et 4% suivant les enjeux environnementaux considérés et les systèmes étudiés). Bien entendu, plus le nombre d'étapes de stockage intermédiaire ou la durée de stockage augmente, plus la contribution du stockage aux impacts peut augmenter.

- De même, la production et l'entretien des infrastructures permettant le stockage (centre de distribution notamment) ont été exclus.

[a] Le biodiesel représente près de 7% des carburants en France en 2021[57]

- Les matériaux secondaires entrant dans la fabrication des emballages primaires étudiés (tels que les additifs impliqués dans la production des bouteilles en PET pour leur conférer leurs propriétés barrière au CO_2 ou à l'oxygène) n'ont pas été modélisés de manière spécifique.
- Le chauffage de l'eau pour le lavage est uniquement considéré à travers une consommation électrique.

  Sur base des données collectées en vue de modéliser l'étape de lavage industriel (voir section 7.6.3), il a été décidé de ne pas inclure de consommation de gaz naturel ou de fioul spécifique à cette étape dans la modélisation de base (le chauffage de l'eau étant effectué à travers une consommation d'électricité, pour les acteurs sollicités).

  Une analyse de sensibilité visant à évaluer l'influence d'une consommation de gaz naturel sur les résultats observés a néanmoins été réalisée, et reprise en section 8.6.3.4.

Les étapes et procédés suivants sont **jugés équivalents entre options à usage unique et réemployables**, ou les différences d'impacts associés à ces étapes entre les solutions comparées sont jugées non-significatives. Ceux-ci n'ont donc pas été modélisés :

- La production des étiquettes et le processus d'étiquetage des emballages primaires remplis sur site industriel pour les raisons suivantes :
  - La masse relative aux emballages primaires des étiquettes est généralement beaucoup plus faible que celle des systèmes de fermeture (qui sont inclus dans le périmètre de l'étude).
  - Il est par ailleurs considéré que l'étiquetage n'est pas contraignant pour le lavage et le réemploi des emballages primaires.

  Toutefois, les analyses de sensibilité sur les consommations de lavage permettent de tenir compte indirectement de ces éléments et de les discuter de manière qualitative.

Les contributions des étapes et procédés suivants ont été **jugées comme étant en-dessous du seuil de coupure de l'étude** (voir section 5.7) et n'ont donc pas été modélisées :

- L'éventuelle consommation de papier associée à la déconsignation manuelle ou automatique (par exemple lors de l'impression de traces financières)
- La production et la fin de vie de supports en carton pour le transport et la mise en rayon des emballages pour aliments conservés, dans le cas du scénario 14 (qui compare les boîtes de conserve en acier à usage unique aux pots en verre réemployables). Une collecte de données concernant ces emballages additionnels n'a pas révélé de différences significatives entre systèmes comparés.
- La production des étiquettes et le processus d'étiquetage des emballages primaires remplis au point de vente (scénarios 12 et 13).
- Le trajet du consommateur :
  - depuis le point de vente à son domicile/lieu de consommation,
  - ainsi que son trajet retour vers le point de collecte (potentiellement identique au point de vente)

  car il est considéré que ces trajets ne sont pas consacrés au transport de l'emballage primaire spécifiquement et sont indépendants de sa distribution et de son unité fonctionnelle.

  Il est donc considéré que les impacts de ce transport associés à l'emballage étudié et à l'unité fonctionnelle établie sont négligeables.

  Un calcul réalisé sur base des données mises à disposition dans le document « PEFCR Packed water » montre que ces étapes de déplacement du consommateur peuvent présenter une contribution située entre 0% et 6% suivant les enjeux environnementaux considérés et le fait que le déplacement soit dédié ou non à l'achat/retour du produit.

5.5.5. Représentation schématique des frontières des scénarios

5.5.5.1. Volet B1

Scénario 6 : *Boissons – Distribution aux particuliers – Bouteille en verre consignée réemployable avec emballage de regroupement en carton à usage unique vs bouteille à usage unique en PET avec emballage de regroupement en PEbd à usage unique*

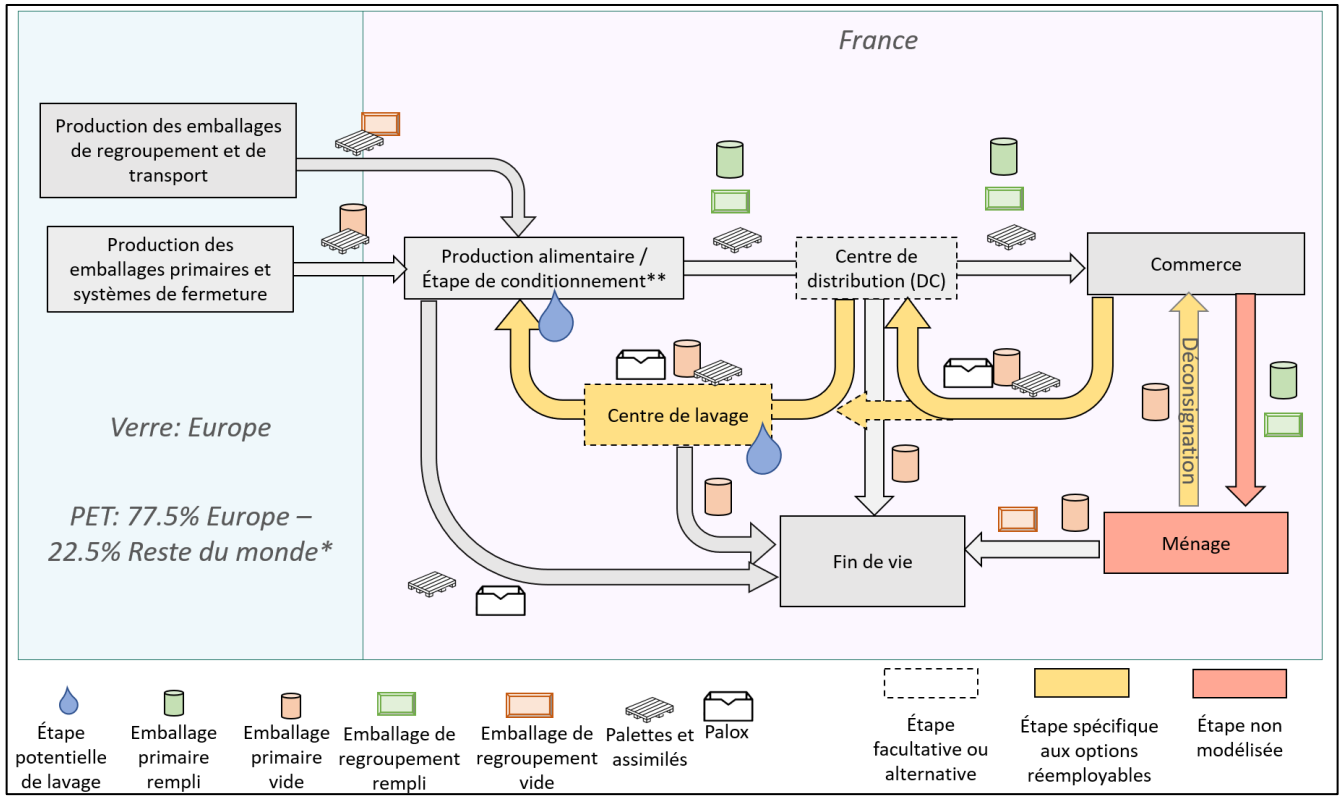


Figure 1 : Volet B1 - Scénario 6 - Frontières du système

** Il est considéré qu'une portion significative du PET utilisé pour la production française de bouteilles est produite hors Europe. Les proportions indiquées sont fixées sur base de données de 2020 reprises dans le rapport Eunomia sur le marché européen du PET[39].*
*** Il est considéré une production des préformes (non-soufflées) des bouteilles à l'échelle européenne, mais une transformation finale (par soufflage) des bouteilles sur le site de conditionnement. En amont de ces étapes de soufflage et de conditionnement, les emballages primaires à usage unique en PET sont donc transportés sous forme de préformes.*

***Scénario 7** : Produits laitiers – Distribution aux particuliers - Pot en verre consigné réemployable avec emballage de regroupement en carton à usage unique vs pot à usage unique en polystyrène avec emballage de regroupement en carton à usage unique*

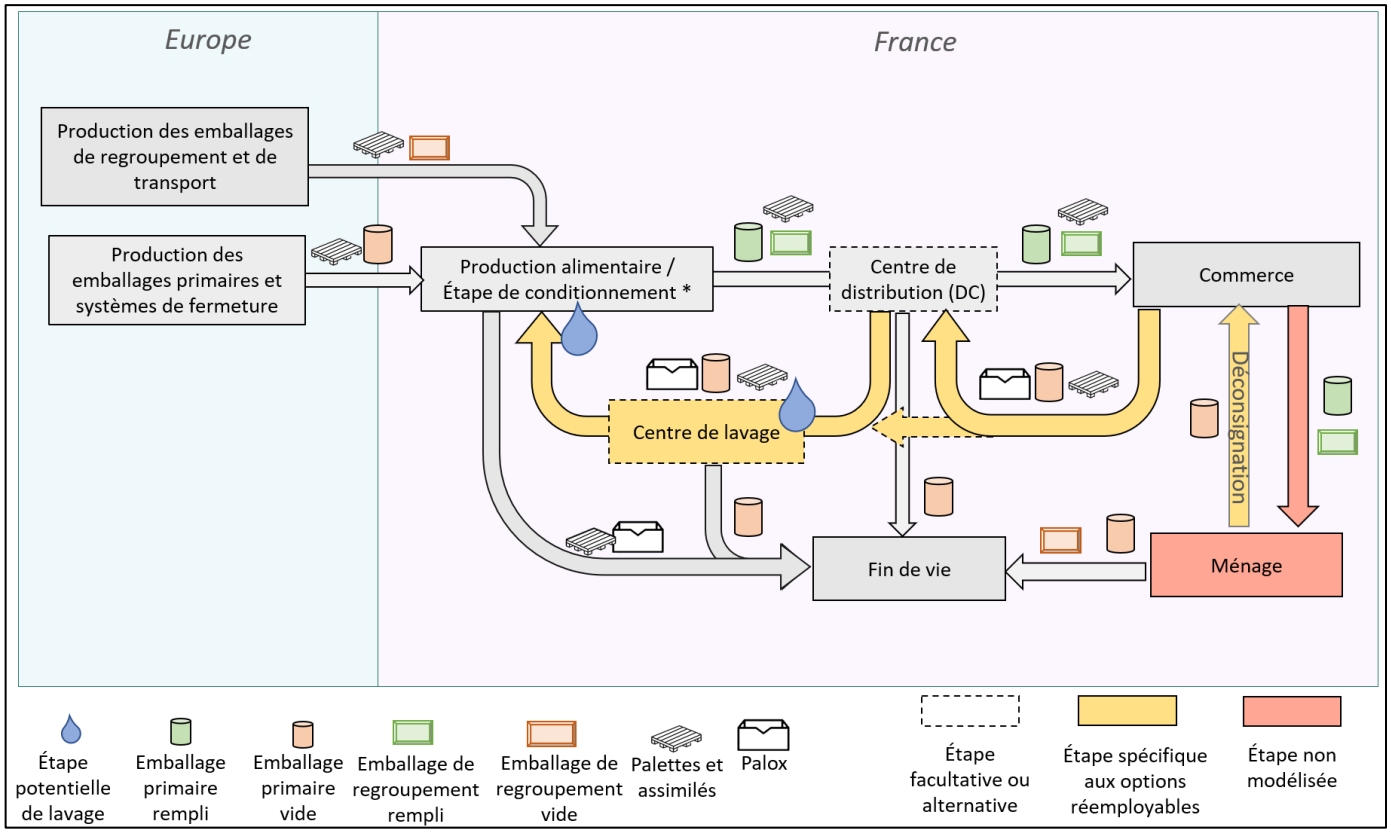


Figure 2 : Volet B1 - Scénario 7 – Frontières du système

**Pour l'option à usage unique, il est considéré une production des feuilles de PS à l'échelle européenne, mais une transformation finale (par thermoformage) des pots sur le site de conditionnement. En amont de cette étape, les emballages primaires à usage unique en PS sont donc transportés sous forme de feuilles.*

Scénario 8 : *Restauration – Distribution aux établissements CHR - Barquette de restauration en verre consignée pour réemploi et lavée par le restaurateur vs barquette de restauration à usage unique en polypropylène*

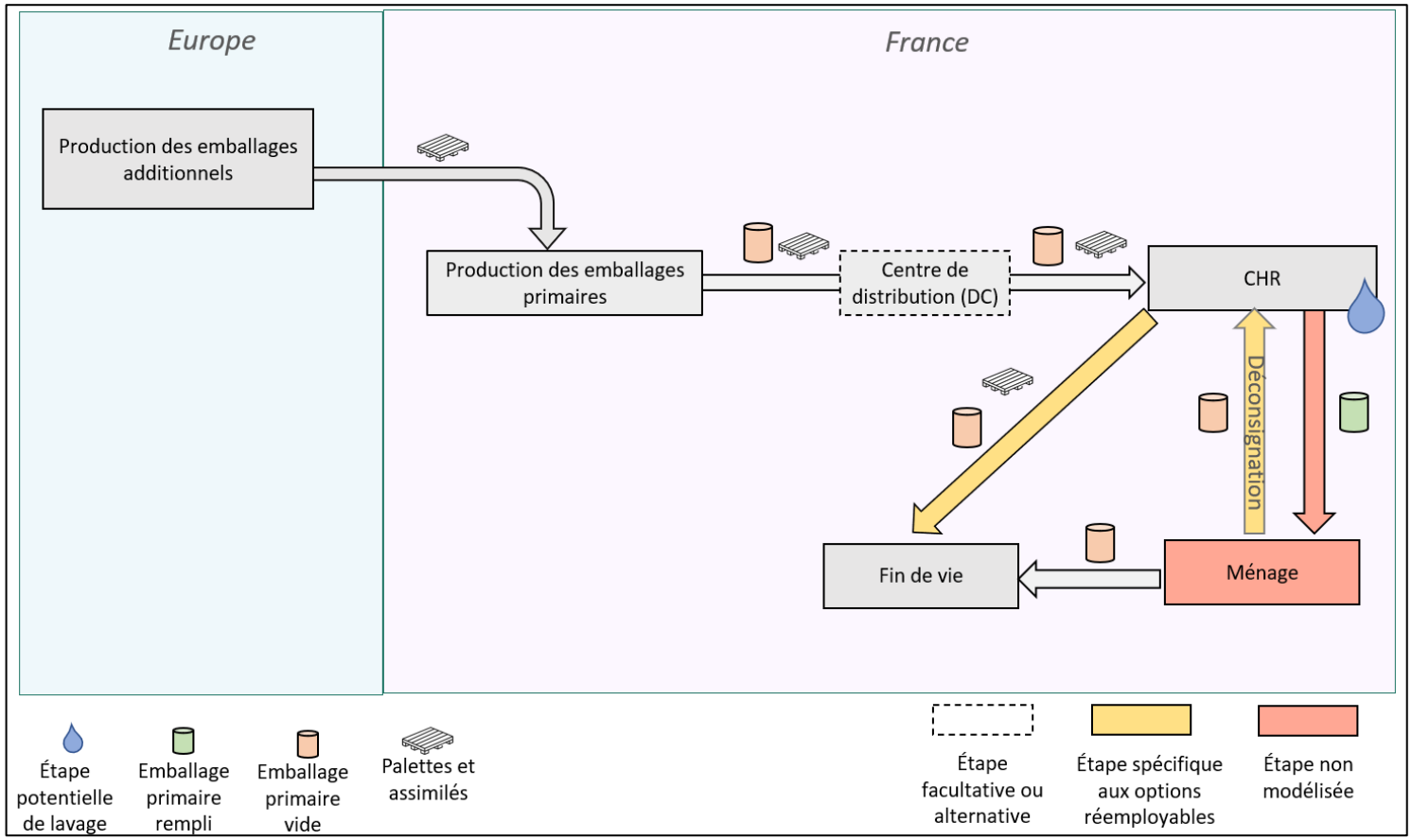


Figure 3 : Volet B1 - Scénario 8 – Frontières du système

Scénario 9 : *Restauration – Distribution aux établissements CHR - Barquette de restauration en verre consignée pour réemploi et lavée en centre de lavage vs barquette de restauration à usage unique en polypropylène*

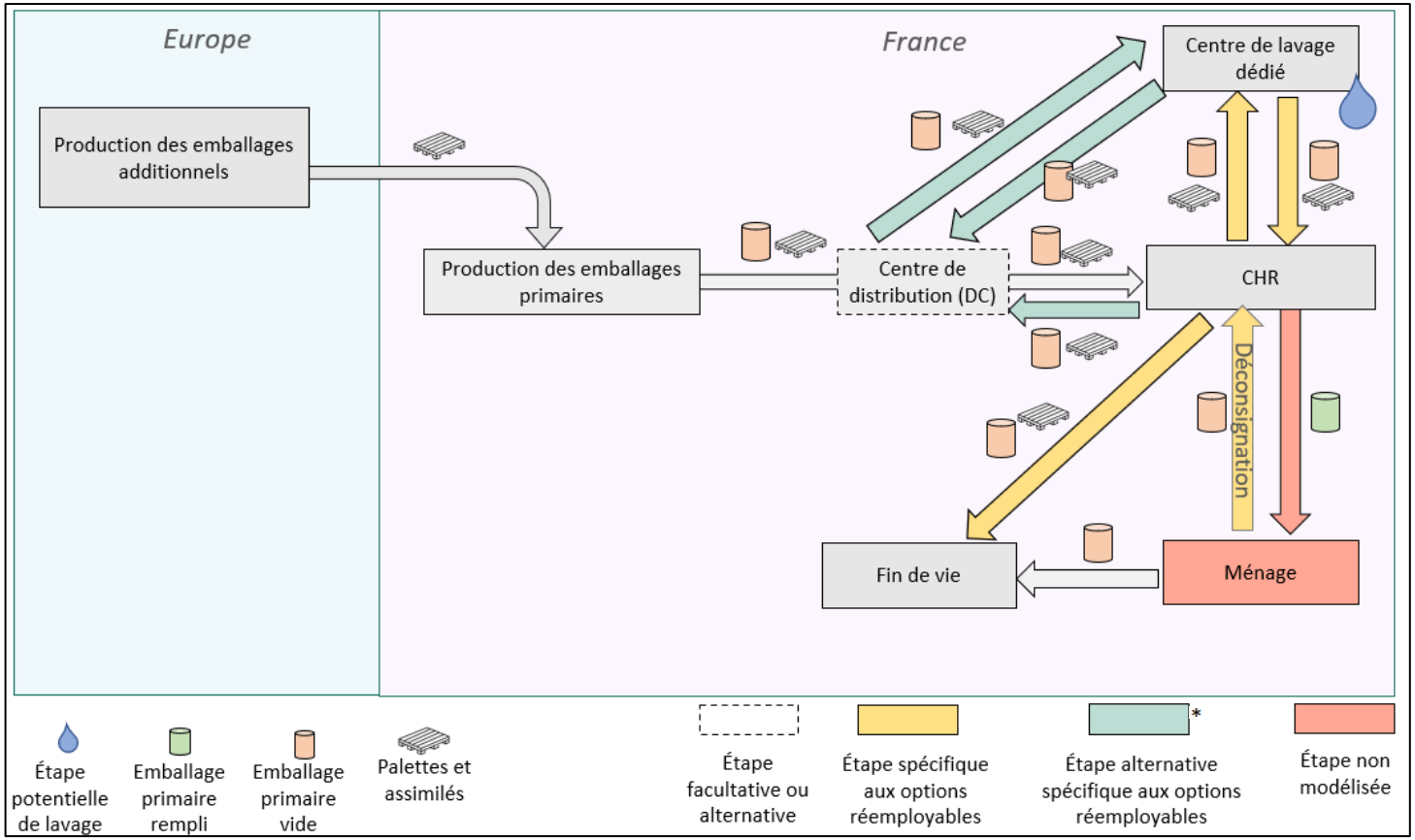


Figure 4 : Volet B1 - Scénario 9 - Frontières du système

** L'étape alternative représentée en vert n'est pas étudiée en modélisation de base, mais reprise dans les analyses de sensibilité transversales de l'étude (voir section 8.14).*

Scénario 10 : *Boissons – Distribution aux particuliers – Bouteille en verre consignée pour réemploi avec emballage de regroupement en carton à usage unique vs canette à usage unique en aluminium avec emballage de regroupement en PEbd ou en carton à usage unique*

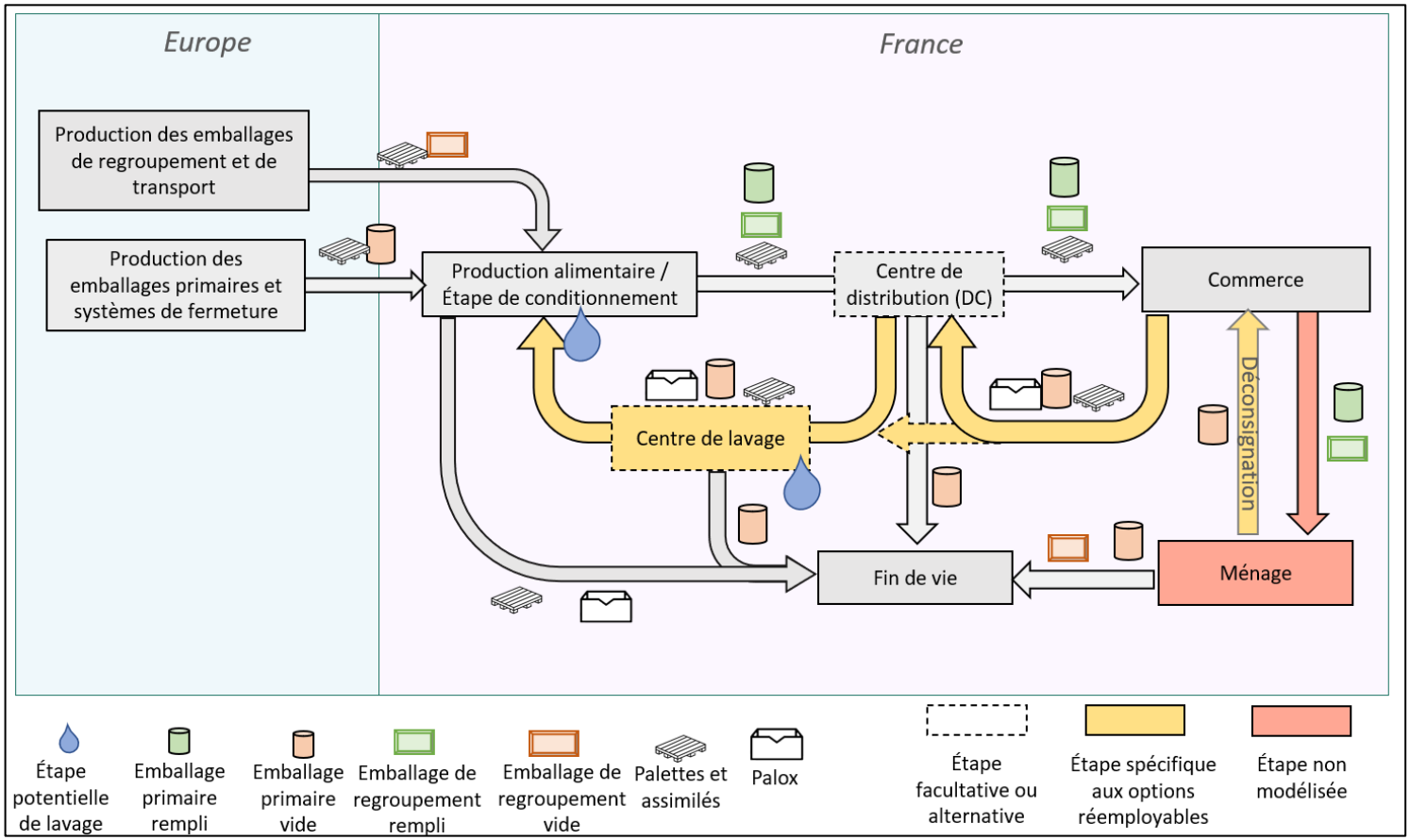


Figure 5 : Volet B 1 - Scénario 10 – Frontières du système

5.5.5.2. Volet B2

Scénario 11 : *Boissons – Distribution aux particuliers – Bouteille en PET réemployable vs bouteille en PET à usage unique*

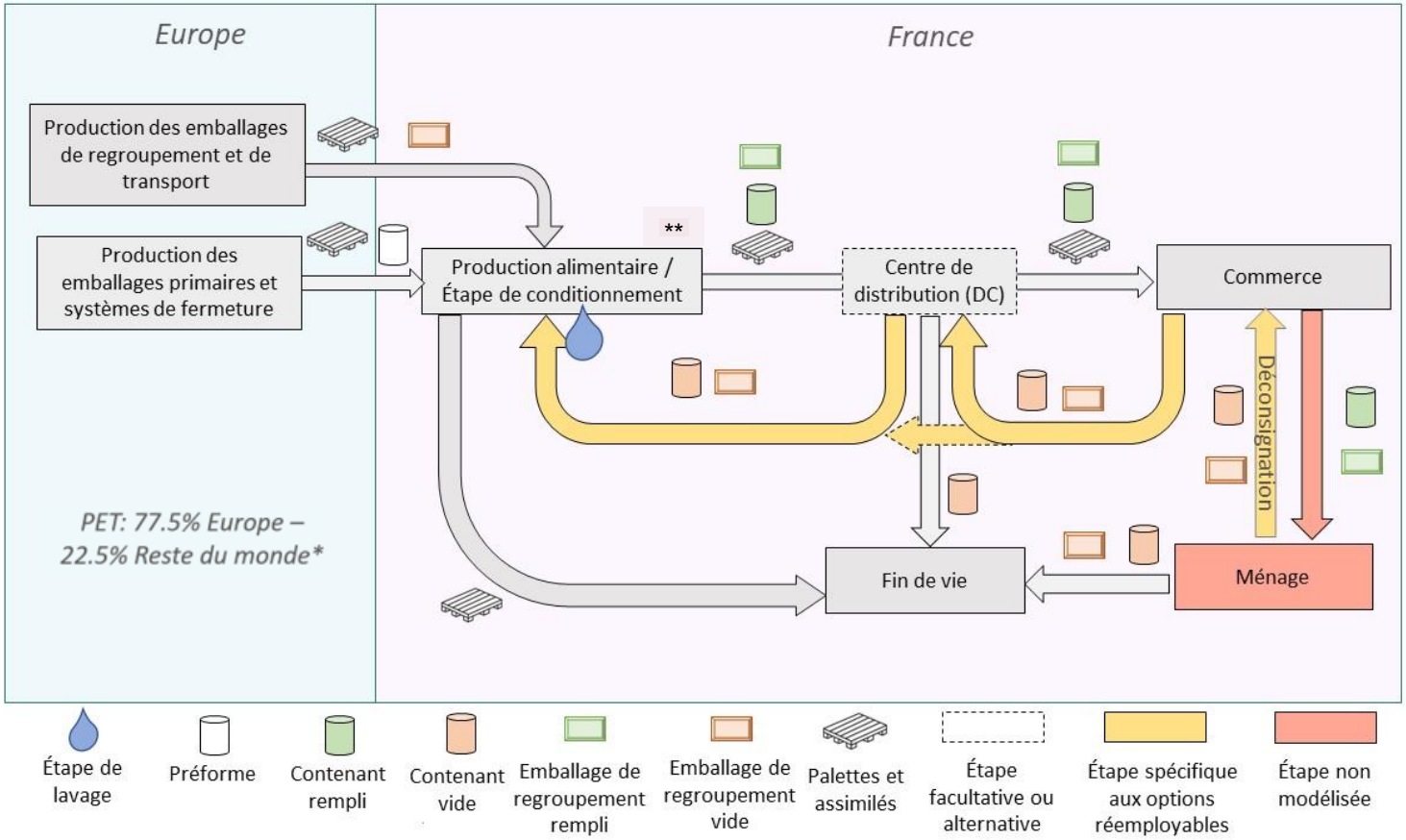


Figure 6 : Volet B2 - Scénario 11 - Frontières du système

** Il est considéré qu'une portion significative du PET utilisé pour la production française de bouteilles est produite hors Europe. Les proportions indiquées sont fixées sur base de données de 2020 reprises dans le rapport Eunomia sur le marché européen du PET[39].*
*** Pour les bouteilles à usage unique, il est considéré une production des préformes (non-soufflées) des bouteilles à l'échelle européenne, mais une transformation finale (par soufflage) des bouteilles sur le site de conditionnement, en France. En amont de ces étapes de soufflage et de conditionnement, les emballages primaires à usage unique en PET sont donc transportés sous forme de préformes. Les bouteilles réemployables sont quant à elles soufflées sur leur site de production (à l'échelle européenne), et transportées vides vers le site de remplissage en France (il est considéré que les producteurs ne disposent pas à large échelle des infrastructures permettant de souffler des bouteilles en PET réemployables).*

Scénario 12 : *Boissons – Distribution aux particuliers – Bouteilles en PET à usage unique vs système de reremplissage via bonbonnes en PET réemployables*

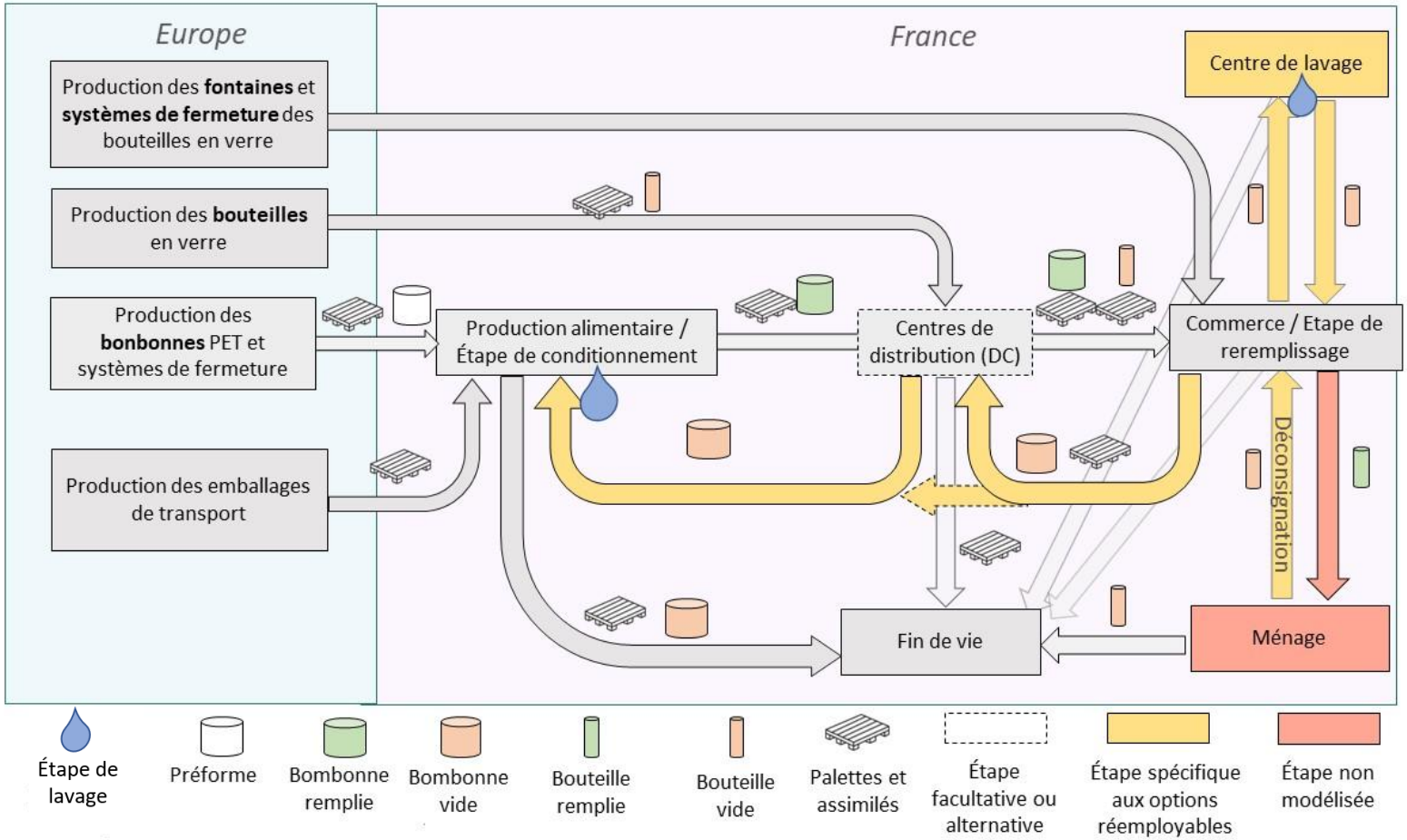


Figure 7 : Volet B2 - Scénario 12 - Frontières du système pour l'option réemployable

Le schéma logistique spécifique à **l'option à usage unique** de ce scénario est identique à celui présenté pour l'option à usage unique du scénario 11, voir **Figure 6**.

Scénario 13 : *Boissons – Distribution aux particuliers – Bouteilles en PET à usage unique vs système de reremplissage via bag-in-box à usage unique*

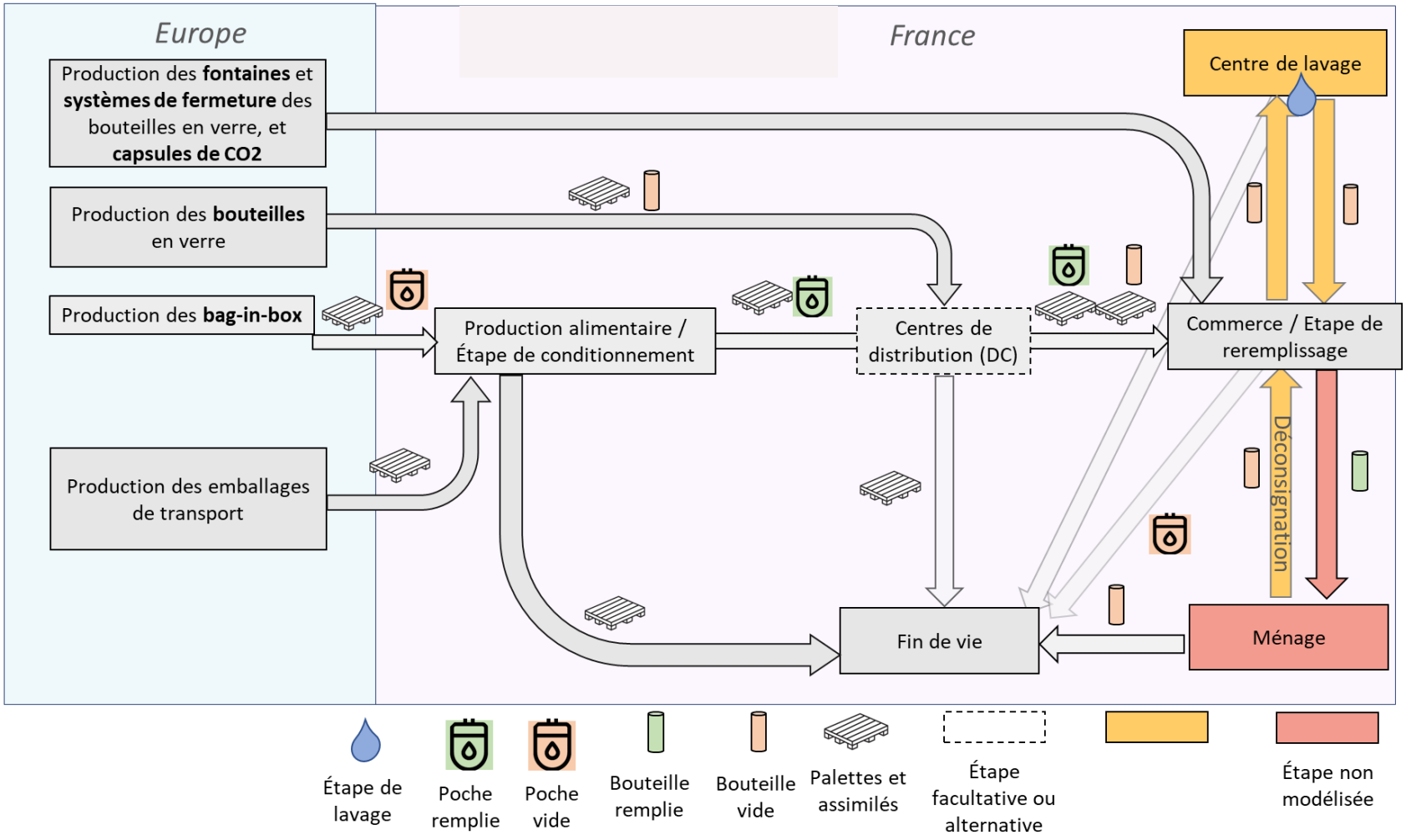


Figure 8 : Volet B2 - Scénario 13 - Frontières du système pour l'option réemployable

Le schéma logistique spécifique à **l'option à usage unique** de ce scénario est identique à celui présenté pour l'option à usage unique du scénario 11, voir **Figure 6**.

Scénario 14 : *Denrées alimentaires – Distribution aux particuliers – Pot en verre consigné réemployable vs boîte de conserve en acier à usage unique*

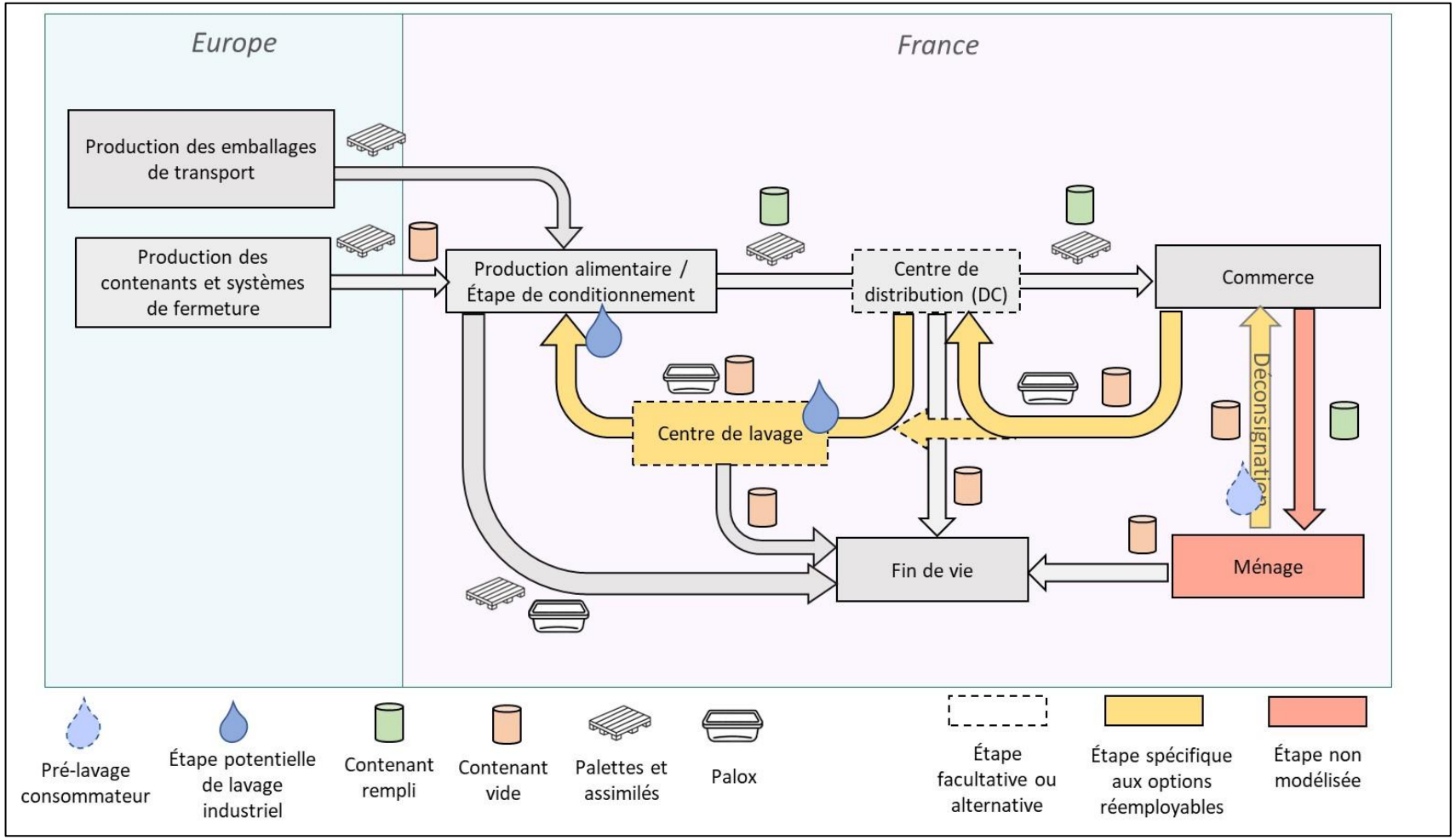


Figure 9 : Volet B2 - Scénario 14 - Frontières du système

Les schémas présentés dans cette section ont pour vocation de permettre une comparaison synthétique des différents scénarios entre eux, et font l'objet de simplifications pour en faciliter la lecture. Quelques éléments complémentaires les concernant sont donc repris ci-dessous :

- La fin de vie des emballages peut correspondre à trois destins possibles pour les emballages et systèmes de fermeture : le recyclage, l'incinération, ou la mise en décharge.

  Les proportions auxquelles ces trois options sont considérées sont détaillées dans le point 7.7.1.1.

- Les systèmes de fermeture à usage unique des scénarios hors restauration (scénarios 6,7,10, 11, 12, 13 et 14) atteignent le statut de fin de vie à la fin de chaque cycle d'utilisation.

  Le retour des emballages primaires réemployables n'inclut donc pas les systèmes de fermeture à usage unique. Lorsque le système de fermeture est réemployable, il suit le même cycle que l'emballage primaire qui lui est associé.

- La déconsignation des emballages peut être manuelle ou automatisée pour tous les scénarios impliquant une distribution aux ménages (plus de détails au sous-chapitre 7.5.3). Elle est exclusivement manuelle dans les scénarios 8 et 9, consacrés à un réemploi par les restaurateurs, ainsi que dans les scénarios 12 et 13, qui concernent les systèmes de reremplissage.

- Les emballages de distribution du scénario 12 (bonbonnes) sont exclusivement réemployés par les professionnels. Pour le scénario 13, la distribution des sirops se fait via des bag-in-box à usage unique.

- Il est considéré que les emballages primaires réemployables déclassés lors du lavage et du tri à l'étape du centre de lavage et du centre de distribution suivent la même trajectoire que les emballages primaires en fin de vie.

- Le schéma de distribution représenté dans ces figures est linéaire pour représenter le cycle de vie propre à une unité fonctionnelle, mais la modélisation tient compte de typologies logistiques plus complexes, notamment des tournées de livraison (modélisées à travers des taux de trajet à vide et distances de transport spécifiques, décrites aux sous-chapitres 7.5.2 et 7.5.3), et le recours à des types de camions et de circulations différenciés en fonction des différents types de commerces considérés (selon une modélisation détaillée dans les sous-chapitres 7.5.1 et 7.5.2).

- Des emballages de regroupement peuvent être orientés en fin de vie depuis l'étape du commerce ou de l'établissement CHR, et pas exclusivement des ménages.

- Des emballages de transport (tels que les palettes) peuvent atteindre leur fin de vie à des étapes variées de cette chaîne logistique (notamment à l'échelle des producteurs et des centres de distribution).

- Etant donné les dominantes vendues sur le marché pour les solutions d'emballages du scénario 14 (sur base d'échantillonnages de terrain et de retours d'acteurs sectoriels intégrés au Comité de Suivi de l'étude), aucun emballage de regroupement n'a été considéré pour les boîtes en acier ou les pots en verre.

- Suite à des discussions avec des acteurs sectoriels de l'acier quant à sa chaîne logistique, le schéma d'approvisionnement de l'acier pour les contenants et systèmes de fermeture à usage unique du scénario 14 a fait l'objet de considérations particulières, qui sont détaillées en section 7.5.2.1.3. Celles-ci concernent notamment les étapes et distances associées aux différents processus de production et de transformation de l'acier en amont des boîtes de conserve finies.

5.6. Qualité des données utilisées

Conformément à la norme ISO 14 044, une évaluation de la qualité des données est effectuée selon les critères suivants :

- Représentativité temporelle,
- Représentativité géographique,
- Représentativité technologique,

- Complétude de l'inventaire,
- Cohérence méthodologique et fiabilité des données.

Exigences relatives à la représentativité temporelle, géographique et technologique des données d'activité (masses, distances de transport, consommation énergétique de lavage…) :

Les données utilisées pour cette étude doivent représenter la situation actuelle et projetée à minima pour les cinq prochaines années. Afin d'atteindre cet objectif, la représentativité des données clés d'activité est la suivante :

- Les données représentant les masses d'emballages et leur nombre d'utilisations sont des gammes de valeur tirées d'une analyse de la littérature. L'utilisation de gammes de valeur permet de couvrir un large éventail de situations actuelles et projetées en France ;
- Les données représentant la logistique (distances de transport, ratio volumique[a]) sont également basées sur des données de littérature ;
- Les données de lavage ont été collectées spécifiquement pour cette étude auprès de sites de lavage dédiés ou unité de lavage (chez l'embouteilleur) récentes, et agrégées pour rendre impossible l'identification de jeux de données individuels ;
- Les retours d'experts et acteurs sectoriels ayant participé aux Comités de Suivi sur les données primaires de modélisation ;
- Les taux de recyclage des emballages sont basés sur les objectifs français et sur des hypothèses prédictives à l'horizon 2025 (pour les valeurs maximales des gammes considérées) et sur base de données représentatives de la situation en 2022 (pour les valeurs minimales).

Exigences relatives à la représentativité temporelle, géographique et technologique des données secondaires (bases de données ACV) :

Les données d'inventaires privilégiées sont les plus à jour et les plus spécifiques en matière de périmètre technologique. Les données d'inventaire spécifiques au territoire français sont privilégiées pour tous les processus prenant place sur le sol français (voir sous-chapitre 5.5.5), notamment la distribution, le lavage et la fin de vie. A défaut de telles données, des données européennes sont privilégiées. Les données de représentativité européenne sont préférées pour tous les processus identifiés comme ayant lieu en Europe, notamment la production des emballages.

Ainsi, la principale base de données d'arrière-plan utilisée est Ecoinvent v3.9.1 (publiée en décembre 2022)[19] , et une recherche de données alternatives jugées meilleures selon les critères susmentionnés a été effectuée, notamment pour les éléments influençant à priori les résultats (en particulier sur le corps de l'emballage et le transport) :

- Modèle COPERT 5 [43] pour la modélisation des émissions dans l'air du transport par camion
- Inventaire de cycle de vie publiés par la FEVE (2012). Cet inventaire a été produit à partir d'une collecte de données réalisée auprès des industriels européens du verre. Sur base des données collectées, deux inventaires distincts ont été construits : un inventaire pour du verre 100% vierge, et un inventaire pour du verre 100% recyclé (ou calcin). Pour ces inventaires, un mélange des différents types de verres (notamment des coloris) et d'emballages est considéré. Ils sont donc jugés plus représentatifs technologiquement et géographiquement que les inventaires Ecoinvent, et sont par ailleurs plus récents.
- Des inventaires de recyclage mécanique des plastiques modélisés pour les emballages primaires, de regroupement et de transport, fournis par le Syndicat national des Régénérateurs de matières Plastiques (SRP). Ces inventaires ont été communiqués lors de la production du volet B2 de l'étude, et ont donc été utilisés dans le cadre de la modélisation des scénarios 11 à 14, ainsi que du scénario 6 (qui a subi une mise à jour après finalisation du volet B1, en raison de la récente publication de la base de données EcoInvent – voir explications en fin de section 7.3.1.1). Il a été estimé que les inventaires de recyclage mécanique du SRP étaient plus adéquats que les inventaires EcoInvent quant à leurs représentativités géographique et temporelle (adaptés à la réalité française en 2022), ainsi que technologique (inventaires spécifiques aux différents plastiques modélisés).

[a] Volume occupé dans le camion pour transporter 1L. Cette donnée est explicitée dans la section 7.5.1.2.1

Exigence vis-à-vis de la complétude des données d'inventaire

Les flux élémentaires couverts par les données d'inventaires doivent couvrir la totalité des catégories d'impacts étudiées.

Exigence vis-à-vis de la cohérence méthodologique et fiabilité des données

La fiabilité de l'étude est examinée sous trois aspects différents :

- En ce qui concerne **les données primaires**, les contrôles de plausibilité de chaque donnée sont effectués par recoupements et par comparaison.
- En ce qui concerne **la cohérence du modèle ACV**, des contrôles croisés concernant les flux de masse et d'énergie sont effectués.
- En ce qui concerne la **cohérence méthodologique**, plusieurs sources de données sont utilisées pour les inventaires de cycle de vie. Pour chaque inventaire de cycle de vie qui n'est pas issu de la base de données Ecoinvent, une évaluation méthodologique selon plusieurs critères est proposée en *Annexe 4*.

La section 11.6.2 reprend une évaluation de la qualité des données utilisées.

5.7. Critères de coupure retenu

Le principe de Pareto est appliqué pour cette étude. Les efforts de modélisation et de collecte de données sont donc portés sur les éléments influençant le plus les résultats.

En pratique, la collecte de données a été réalisée de manière itérative tel que recommandé dans l'ILCD Handbook et l'ISO 14040/44 :2006.

- **Première itération** : nous utilisons des valeurs par défaut (intervalles de valeurs) fournies par les acteurs ayant une vision globale de la problématique et les bases de données secondaires ou avec des hypothèses conservatrices pour identifier, de façon automatique et exhaustive, les paramètres de modélisation importants ;

  Pour cette étude, la première itération se base sur les données de littérature identifiées.

- **Deuxième itération** : les données qui ont un impact non négligeable sont affinées via des contacts avec les acteurs de terrain ou/et des recherches complémentaires dans la littérature. Dans la mesure du possible, les lacunes pré-identifiées dans le cadre de la première étude sont également levées ;

  Pour cette étude, les données de littérature ont été partagées en Comité de Suivi afin d'obtenir les retours de ses membres à leur égard. Les résultats provisoires leur sont également présentés afin d'affiner leurs commentaires concernant les données.

- **Troisième itération :** ultime validation et recherche de données.

  Pour cette étude, le Comité de Suivi ainsi que la Revue Critique ont accès au rapport détaillant le travail. Les commentaires formulés par ces acteurs permettent de clarifier certains choix et limites (notamment en les justifiant), et d'approfondir ou de réviser certaines données de modélisation.

Cette approche permet de ne pas perdre de temps dans la recherche de données sans influence sur le bilan, et donc de mettre l'accent sur la recherche de données sensibles. Ainsi, un plus haut degré de fiabilité peut être atteint pour ces données sensibles.

La décision de modéliser ou non un procédé ou un flux repose donc sur le respect des règles suivantes :

- **Masse** : lors de l'utilisation de la masse comme critère, une décision appropriée nécessiterait l'inclusion dans l'étude de tous les intrants qui, cumulativement, participent à plus qu'un pourcentage défini de la masse du système étudié.
- **Énergie** : de même, lors de l'utilisation de l'énergie comme critère, une décision appropriée nécessiterait l'inclusion dans l'étude des intrants qui, cumulativement, participent davantage qu'un pourcentage défini des intrants énergétiques du système de produits.

- **Portée environnementale** : il convient que les flux pouvant être exclus en raison de leur masse ou de leur utilisation d'énergie ne le soient pas si les impacts associés à ces matériaux sont significatifs pour les indicateurs d'impacts évalués.

Via ce travail itératif, et sur base de calculs réalisés (sans collecte de données spécifiques mais sur base de données majorantes ou issues de la littérature), on estime, que le seuil de coupure est situé entre 5-10% pour les trois critères : masse, énergie et impact environnemental.

Les calculs réalisés et les données dont ils sont issus sont présentés en Annexe 11 (section 11.10).

5.8. Catégories d'impacts potentiels étudiées

Les catégories d'impacts potentiels étudiées sont les catégories d'impacts recommandées et diffusées par le JRC de la commission européenne version *EF reference package 3.1*. Les modèles de caractérisation « midpoint » recommandés sont diffusés via le lien suivant : https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.xhtml

Catégorie d'impact	Modèle	Unité	Source	Classification
Changement climatique	Bern model – Global Warming potentials (GWP) over a 100-year time horizon	kg CO2 eq	Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021	I
Appauvrissement de la couche d'ozone	EDIP model based on the ODPs of the World Meteorological Organization (WMO) over an infinite time horizon	kg CFC-11 eq	WMO, 1999	I
Toxicité humaine - effet cancérigène	USETox model	CTUh	Rosenbaum et al., 2008	III
Toxicité humaine - effet non cancérigène	USETox model	CTUh	Rosenbaum et al., 2008	III
Écotoxicité aquatique	USETox model	CTUe	Rosenbaum et al., 2008	III
Émissions de particules / matières inorganiques respiratoires	UNEP recommended model	decease incidence	Fantke et al, 2016	I
Rayonnement ionisant	Human Health effect model	kBq U^{235} eq	Dreicer et al., 1995	II
Formation d'ozone photochimique	LOTOS-EUROS model	kg NMVOC eq	Van Zelm et al., 2008 as applied in ReCiPe	II
Acidification	Accumulated Exceedance model	mol H+ eq	Seppälä et al., 2006; Posch et al., 2008	II
Eutrophisation - terrestre	Accumulated Exceedance model	mol N eq	Seppälä et al., 2006; Posch et al., 2008	II
Eutrophisation de l'eau douce	EUTREND model	kg P eq	Struijs et al., 2009b	II
Eutrophisation marine	EUTREND model	kg N eq	Struijs et al., 2009b	II
Utilisation des terres	LANCA	•dimensionless	Beck et al. 2010 Bos et al. 2016	III
Épuisement des ressources en eau	User deprivation potential (deprivation-weighted water consumption)	m3 water eq of deprived water	Available WAter Remaining (AWARE) as recommended by UNEP, 2016	III
Épuisement des ressources minérales	CML 2002 model ADP ultimate reserves	kg Sb eq.	Van Oers et al., 2008 CML-IA method v. 4.8 (2016)	III
Épuisement des ressources fossiles	CML 2002 model ADP fossil	MJ	Van Oers et al., 2008 CML-IA method v. 4.8 (2016)	III

Tableau 15 : Catégories d'impacts potentiels étudiées

La classification selon la robustesse déterminée par le JRC est la suivante :

I	Recommandé et satisfaisant
II	Recommandé, mais qui a besoin d'améliorations
III	Recommandé, mais à appliquer avec prudence
Interim	En développement

Le choix des catégories d'impact étudiés en détails dans les résultats repose sur les contributions observées après normalisation et pondération, et sur les préconisations du Cadre de Référence formulé par l'ADEME pour les ACV comparatives de solutions d'emballages[10]. La réflexion derrière le choix final des indicateurs est détaillée dans le chapitre 6.2.1 et en section 11.3.

Concept de neutralité carbone

Les émissions de carbone à l'atmosphère sont communément réparties en deux catégories :

- les émissions dites fossiles, faisant partie du cycle long du carbone (issues de la combustion d'hydrocarbures stockés depuis des millénaires sous Terre),
- les émissions dites biogéniques, issues du cycle court du carbone et faisant intervenir la photosynthèse des végétaux gérés de façon durable (i.e. non soumis à la déforestation) ou non.

Le carbone biogénique (ou biomasse) est le carbone capté par la biomasse ou émis lors d'un processus de décomposition naturelle ou de combustion de cette biomasse. Selon les étapes du cycle de vie d'un produit, le carbone biogénique peut être :

- **capté** par la matière (croissance de la biomasse),
- **émis** dans l'atmosphère (combustion ou dégradation du produit).
- **stocké** dans les écosystèmes (sols et forêts) ou dans la matière (en fonction de la durée de vie ou de conservation du produit) et par conséquent ôté provisoirement de l'atmosphère.

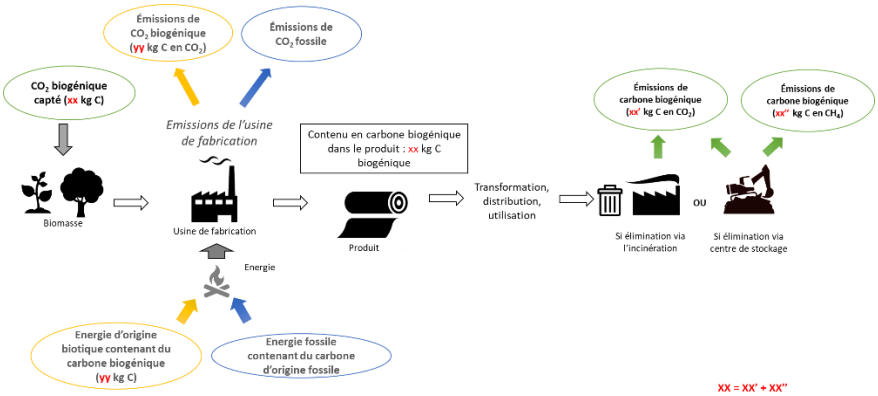


Figure 10 : Représentation simplifiée du cycle du carbone biogénique

Avec la méthode choisie en lien avec les préconisations actuelles de la Commission européenne, le cycle de carbone biogénique est considéré comme neutre à l'exception de la situation suivante :

- Une partie du carbone est émise sous forme de méthane : dans cette étude, c'est le cas lors de la mise en unité de stockage.

Dans cette étude, sont concernés : la part des emballages de regroupement carton et des emballages de logistique (inserts carton et palette en bois) envoyés en centre de stockage.

Le papier, le carton, (produits dérivés du bois) et le bois, présentent un potentiel de stockage carbone sur la période de leur durée de vie. Cependant, comme le rappelle la norme ISO 14067 : 2018 pour la comptabilisation par défaut du carbone biogénique, les émissions et les captations de GES sont incluses comme si elles avaient lieu au début de la période d'évaluation. Il n'y a donc pas de décalage des émissions dans le temps.

Par ailleurs, la norme ISO 14 067 : 2018 souligne que la contribution du carbone biogénique à « l'empreinte carbone d'un produit (ECP) » est nulle : « *Dans le cas de produits issus de la biomasse, le stockage du carbone est calculé en tant que captation du carbone lors de la croissance du végétal, suivie de son émission si le carbone biogénique est libéré lors des étapes d'utilisation et de fin de vie. Si la captation du carbone dans l'atmosphère est incluse dans les frontières du système, les flux de carbone biogénique vers et hors des matières dérivées de la biomasse qui sont brûlés dans le cadre du scénario de fin de vie se solderont par une contribution nette à l'ECP nulle, hormis pour la portion de*

carbone biogénique convertie en CH4. Si le produit est réutilisé ou recyclé dans le cadre du scénario de fin de vie, cela peut également se solder par une contribution nette à l'ECP nulle, car les flux de carbone biogénique sont transférés aux systèmes de produits ultérieurs ».

Le cadre méthodologique ADEME[10] préconise cependant l'inclusion du carbone biogénique dans les calculs d'impact. En accord avec le commanditaire de l'étude et puisque ces problématiques ne concernent que les emballages de regroupement (qui ne sont pas un sujet central de cette étude), le carbone biogénique n'a pas été comptabilisé.

6. Méthodologie associée à la production des résultats

6.1. Présentation de RangeLCA

Le logiciel utilisé pour calculer les résultats est RangeLCA (outil développé par RDC Environment).

Celui-ci permet de calculer :

- Les résultats moyens d'impact correspondant à la moyenne des résultats obtenus pour l'ensemble des combinaisons aléatoires de paramètres ;
- Les résultats obtenus pour chacune des combinaisons de paramètres (par exemple, 1000 combinaisons) ; ces résultats peuvent être portés en graphe en fonction de la valeur d'un des paramètres variables du modèle ; ces graphes dits « Range » permettent d'évaluer la sensibilité des résultats par rapport au paramètre mis en abscisse ;
- Le classement de l'ensemble des paramètres par ordre décroissant de sensibilité du modèle; le logiciel permet ainsi de déterminer la sensibilité des différents résultats à chaque paramètre variable du modèle, tous les autres paramètres restant variables (et non pas, classiquement, tous les autres paramètres étant fixes).

La particularité de RangeLCA est par ailleurs la possibilité de reproduire systématiquement le même tirage aléatoire. Après un premier tirage pour une gamme de valeurs et une distribution donnée, le même tirage sera donc effectué pour chaque itération lors des calculs à venir, mais aussi potentiellement pour les autres solutions étudiées au sein desquelles ces valeurs sont supposées identiques (par exemple en vue de comparer pour chaque itération de calculs l'option réemployable et l'option à usage unique pour des distances de transport identiques, selon une gamme de valeurs). Ceci permet donc des comparaisons entre typologies d'emballage tenant compte de la variabilité résiduelle des résultats.

Ce type de résultats permet de s'assurer une analyse précise et complète du système étudié. En effet, le logiciel permet d'étudier un grand nombre de cas de figure possibles.

En pratique, cela permet de :

- Créer des graphes « Range » pour :
    - Identifier les résultats possibles (valeurs minimum et maximum) ;
    - Évaluer la probabilité des scénarios étudiés ;
    - Exprimer sous forme de graphes, la sensibilité des résultats pour un paramètre précis (pente de droite de régression linéaire).
    - Déterminer tous les liens de causalité entre les variables du modèle ;
    - Identifier les points ou zones de basculement de conclusions ;
    - Identifier la liste des paramètres les plus sensibles (automatiquement calculés par le logiciel).

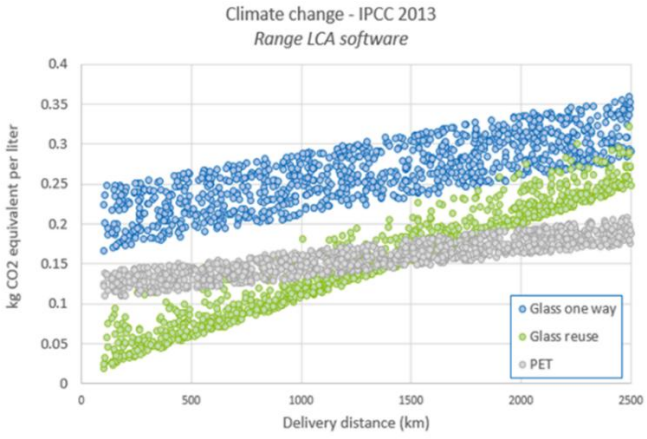


Figure 11 : Exemple de graphique « Range » obtenu avec RangeLCA ***(ne représente pas les résultats de cette étude)***

Les clés d'interprétation des résultats sont les suivantes :

- Chaque point correspond à un résultat pour un ensemble spécifique de paramètres fixes. Ainsi, tous les résultats correspondant à tous les paramètres potentiels de combinaison de variables du modèle sont représentés sur cette figure ;
- Plus la ligne de tendance est raide, plus les résultats sont sensibles au paramètre présenté sur l'axe de la coordonnée X ;
- Le degré de dispersion verticale (largeur de la bande de points) correspond directement à l'importance relative de la variabilité résiduelle (liée aux autres paramètres).

Etude de sensibilité avec RangeLCA

1. Modélisation par l'ACViste

Le modèle contient des gammes de valeurs. Ces gammes sont indiquées dans ce rapport.

Plusieurs distributions statistiques peuvent être définies dont :

- Distribution statistique uniforme – utilisée pour cette étude* : chaque valeur de la gamme à la même probabilité d'occurrence

  * La distribution statistique uniforme est la distribution principalement utilisée dans cette étude (à l'exception de certaines distributions discrètes spécifiquement utilisées pour des paramètres booléens). Ce choix découle du fait que l'étude se veut générique, et non spécifique à l'étude de certaines dominantes de marché. Par ailleurs, la collecte de données n'a pas permis d'identifier avec précision la distribution des données considérées (par exemple les masses d'emballage), et ses caractéristiques (moyenne, écart-type). Il est cependant à noter que le choix de cette distribution n'a pour seule incidence sur les résultats qu'un nombre d'itérations de calculs homogène est considéré pour toutes les valeurs, y compris les valeurs plus extrêmes. Nous attirons donc l'attention du lecteur ou de la lectrice sur le fait que les points et zones de basculement identifiés dans le cadre de cette étude ne sont pas conditionnés par ce choix de distribution.

- Distribution statistique normale : 95% des valeurs se situent autour de 2 fois l'écart-type
- Etc.

2. Simulation Monte Carlo

Le logiciel va fixer aléatoirement une valeur pour chaque variable entrée dans le modèle selon la probabilité statistique définie (ici, la distribution statistique uniforme).

Le logiciel va répéter cette opération pour un nombre d'itérations fixées (1000 itérations).

3. Le logiciel classe les paramètres influents par ordre décroissant (du plus sensible au moins sensible)

Ce classement est basé sur le calcul de la ligne de tendance pour chaque paramètre variable

En pratique, pour classer les paramètres sensibles, le logiciel calcule un facteur de corrélation basé sur le modèle standard des moindres carrés linéaires. Un paramètre est considéré comme sensible lorsqu'il existe une forte corrélation entre ce paramètre et les résultats.

4. La détermination des paramètres dits « sensibles » est réalisée, sur base de l'expertise de l'ACViste.

Identification de la variabilité résiduelle et comparaisons entre scénarios

Certains paramètres voient leur gamme de valeur influencer la variabilité globale des impacts d'un scénario donné, mais pas les résultats des comparaisons entre deux scénarios. En effet, les mêmes données peuvent influencer deux scénarios comparés de la même manière et donc toujours conduire aux mêmes conclusions malgré leur variabilité.

Par exemple et de manière simplifiée, pour comparer les impacts de deux emballages de masses différentes mais pour lesquels les données de transport sont les mêmes, il est possible de comparer les impacts des deux options pour une même itération de calcul (isolant de fait les impacts liés au changement de masse, en annulant ceux du transport qui contribuent de même manière pour les deux options).

Ce concept est représenté dans la figure ci-dessous :

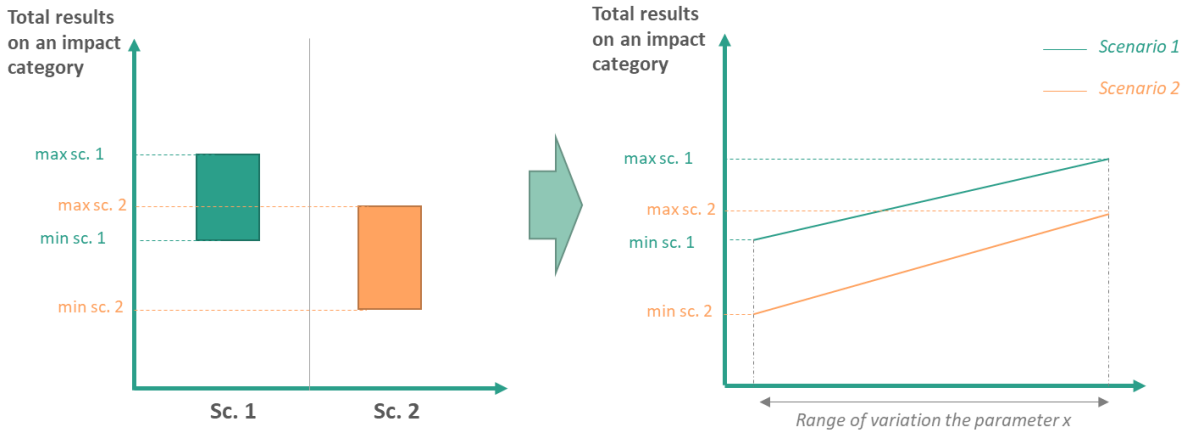


Figure 12 : Illustration de l'incertitude et la précision d'une comparaison

Ainsi, lorsque deux nuages de points sur un « graph Range » se touchent, il est nécessaire de passer par un « graph Range Delta ». En faisant la soustraction entre les deux nuages de points[a], la variabilité commune aux deux scénarios est supprimée, permettant d'identifier l'éventuel point de changement de conclusion.

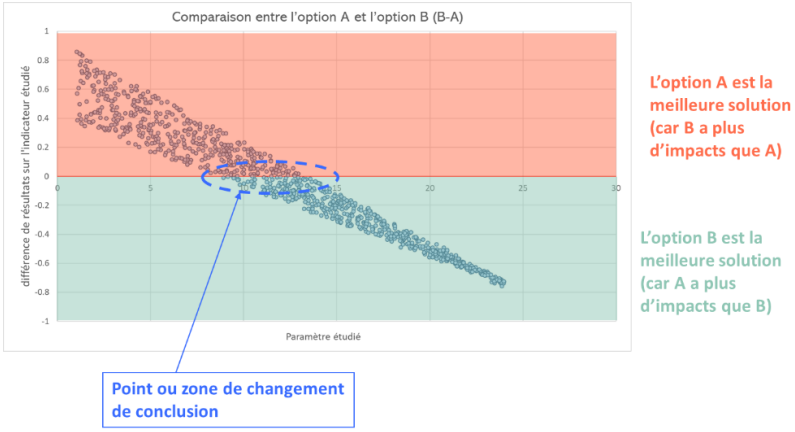


Figure 13 : Exemple fictif de graphe "Range-Delta"

Il est à noter que l'interprétation des graphes range-delta permet d'identifier l'avantage d'une solution par rapport à l'autre, mais ne permet pas à elle seule d'évaluer l'ampleur de cet avantage au regard des impacts généraux des deux solutions. A ce titre, elle ne se substitue donc pas à l'analyse des contributions aux catégories d'impact, ou à l'analyse des graphes range "classiques" (qui permet notamment d'apprécier l'influence du paramètre d'intérêt, ou d'autres paramètres influents, sur les résultats observés).

[a] RangeLCA a la particularité de conserver la valeur aléatoire définie dans une itération donnée après une simulation Monte Carlo, quel que soit le scénario étudié tant que le paramètre est identique entre les deux scénarios

6.2. Organisation des chapitres sur les résultats

6.2.1. Catégories d'impacts approfondies

L'étude cherche prioritairement à identifier d'éventuels points de changement de conclusion. La majorité des données est basée sur des gammes de valeurs afin de couvrir un maximum de cas possible et n'ont pas vocation à représenter une situation précise.

Les résultats détaillés sont présentés uniquement pour les catégories d'impacts dites pertinentes pour l'étude. La sélection des catégories d'impacts est présentée en Annexe 3 (section 11.3) et est basée sur les éléments suivants :

- **Premier filtre :** Normalisation et pondération de la commission européenne
- **Second filtre :** Catégories d'impacts prioritaires selon l'ADEME[10] (certaines catégories d'impacts peuvent donc être réintégrées à la liste des catégories prioritaires même si elles n'apparaissent pas à travers la normalisation et pondération)
- **Troisième filtre** : Analyse des contributions visant à exclure les catégories d'impacts dont les contributions sont redondantes ou dont les contributions sont liées à de fortes incertitudes dans les données d'arrière-plan (exemple : influence de la construction d'un bâtiment d'usine qui est estimé avec des données de faible qualité)

Les 16 catégories d'impact du PEF ont été utilisées pour calculer les impacts associés aux options à usage unique et réemployables (pour 5 et 20 utilisations) des différents scénarios. Sur base des résultats obtenus (présentés en Annexe 2, section 11.2) et de l'approche décrite ci-dessus, 6 catégories d'impact + 1 indicateur de flux ont été initialement retenus comme pertinents pour les analyses à suivre, à savoir :

- Changement climatique – CC 
- Emission de particules – PM 

- Formation d'ozone photochimique – POF 
- Acidification – Ac 

- Epuisement des ressources fossiles – Res_f 
- Epuisement des ressources minérales et métalliques – Res_m* 
- Flux d'eau prélevée** 

** Après analyse des premiers résultats des calculs, il a été constaté que les principaux procédés contributeurs à la catégorie d'épuisement des ressources minérales et métalliques pour la majorité des solutions d'emballage étudiées concernaient notamment :*

- *Les infrastructures de lavage, aussi bien à l'échelle industrielle (conditionneurs et centres de lavage dédiés) qu'à celle des établissements CHR ou des particuliers.*
- *Les infrastructures de transport (y compris les camions de différents gabarits)*
- *La production d'électricité, notamment consommée dans le cadre des processus de lavage*

Au sein de la modélisation effectuée, ces éléments font l'objet d'un certain nombre d'hypothèses (durée de vie des infrastructures, nombres de cycles annuels et capacité des machines à laver...) qui conditionnent les impacts générés, par exemple liés à l'amortissement des infrastructures.

Dans le cadre des comparaisons effectuées au sein des scénarios, il a donc été décidé de n'étudier en profondeur cette catégorie d'impacts que pour le scénario 10 et le scénario 14, qui prend en compte un emballage primaire en

aluminium, et pour lequel l'analyse de l'épuisement des ressources minérales et métalliques est plus pertinente. Les résultats associés à cette catégorie d'impacts sont toutefois repris en annexe (section 11.2).

***Le cadre de référence ADEME pour ACV comparatives de solutions d'emballage[10] soulève l'intérêt de prendre en compte les flux d'eau, notamment à travers la méthode AWARE et l'indicateur d'épuisement de la ressource en eau. Un certain nombre de limites méthodologiques (aussi bien liées à la construction de la catégorie d'impacts que de la modélisation effectuée) compliquent toutefois fortement l'analyse de la catégorie d'épuisement des ressources en eau sur des bases robustes, de surcroît dans le cadre de comparaisons entre solutions d'emballages de matériaux différents. Une approche alternative est donc considérée pour cet indicateur, en vue de mettre en perspective les flux d'eau associés aux cycles de vie des options réemployables et à usage unique. Les limites et résultats associés à cette catégorie d'impact font donc l'objet d'une section spécifique (voir section 8.12).*

6.2.2. Articulation de la présentation des résultats par scénario

Dans un premier temps, les résultats et comparaisons spécifiques aux différents scénarios modélisés sont considérés, et articulés au sein de ceux-ci comme suit :

- **Analyse des données collectées :** Pour contextualiser la lecture subséquente des résultats, certains éléments de synthèse et points d'attention liés à l'échantillonnage des données de masse et de dimensionnement des emballages sont présentés.
- **Présentation des contributions totales aux 6 catégories d'impact principales** : Ces contributions sont présentées au travers des "cas illustratifs", et sont présentées pour l'option à usage unique, et pour l'option réemployable après 5 et après 20 utilisations de l'emballage primaire. Ces contributions n'ont pas pour vocation de comparer les performances de l'option réemployable et de l'option à usage unique de chaque scénario.
- **Présentation des contributions relatives des différentes étapes de cycle de vie aux 6 catégories d'impact principales :**

  Ces contributions sont présentées au travers des "cas illustratifs", et sont présentées pour l'option à usage unique, et pour l'option réemployable après 5 et après 20 utilisations de l'emballage primaire. Ces contributions n'ont pas pour vocation de comparer les performances de l'option réemployable et de l'option à usage unique de chaque scénario, mais de renseigner sur les points chauds des impacts des différentes solutions d'emballages à l'égard des catégories d'impact étudiées. Les valeurs et tendances associées aux contributions absolues des étapes de cycle de vie aux catégories d'impact sont présentées en Annexe 5 (section 11.5).
- **Présentation des paramètres influents à l'égard des principales catégories d'impact, identifiés grâce au logiciel RangeLCA** (selon la méthodologie explicitée en 6.1) : Les paramètres listés sont ceux ayant été modélisés à travers des gammes de valeurs, et non des valeurs fixes. La variabilité des résultats totaux pour une catégorie d'impacts en fonction de la variation des paramètres au sein de cette gamme de valeurs est ainsi déterminée et hiérarchisée pour les différents paramètres.
- L'influence mesurée pour ces paramètres dépend notamment des gammes de valeurs fixées, et la hiérarchie présentée ne correspond pas forcément aux contributions absolues de ces impacts aux résultats (par exemple, un paramètre très contributeur mais modélisé selon une valeur fixe ou une gamme de valeurs étroite n'apparaîtra peut-être pas dans ces tableaux). Les paramètres jugés influents le sont donc dans le contexte de cette étude.
- **Présentation des comparaisons entre les options réemployables et à usage unique:** Celles-ci sont réalisées au travers de graphes "range" et "range-delta", dont le fonctionnement est explicité dans la section 6.1). Les graphes "range" sont utilisés en première instance pour présenter l'influence d'un paramètre influent (choisi arbitrairement sur base de sa pertinence au regard de chaque scénario) sur les contributions des deux solutions d'emballage aux catégories d'impact. Celles-ci peuvent ainsi être comparées en fonction de la valeur prise par ce paramètre. Lorsque la variabilité des résultats présentés dans les graphes "range" seuls ne permet pas de comparer les deux options entre elles (ce qui correspond à la majorité des cas), un graphe "range-delta" est généré pour le même paramètre, permettant de focaliser la comparaison effectuée à l'analyse du paramètre étudié, en éliminant la variabilité liée aux autres paramètres, et éventuellement d'identifier des points de changement de conclusion (appelés "points de basculement" dans la suite du rapport) associés à ce paramètre. Les catégories de changement climatique et d'épuisement des ressources fossiles représentant à elles deux la majorité des impacts normalisés et pondérés, les résultats spécifiques au

changement climatique sont présentés en priorité pour les différents scénarios étudiés, par souci de volumétrie. Les conclusions associées à l'indicateur de changement climatique correspondent par ailleurs à celles associées à la catégorie d'épuisement des ressources fossiles.

- Lorsque pertinent, **une sous-scénarisation des options comparées est réalisée**. Cette approche peut permettre d'aboutir à des conclusions plus fines en resserrant certaines gammes de valeurs (notamment lorsque les tendances et nuages de points obtenus sur base des scénarios modélisés ne permettent pas d'identifier quelle solution d'emballage est plus avantageuse). En effet, la variabilité des résultats et la dispersion des nuages de points observés graphiquement résultent de la variation de certains paramètres sensibles au sein des gammes de valeurs étudiées. Restreindre ces gammes de valeurs (par exemple pour distinguer des emballages légers, moyens ou lourds, ou des distances de transport courtes, moyennes ou longues) permet d'atténuer cette variabilité et de cibler les conclusions selon différentes situations. Le choix des valeurs considérées pour la subdivision des échantillons lors de la sous-scénarisation (qui mènent directement à l'établissement des points de basculement) découle de deux approches possibles, à l'appréciation de l'ACViste selon les cas de figure :
    - Le choix d'une valeur basée sur l'échantillon collecté, qui permet d'identifier des cas pratiques correspondant à des situations spécifiques (par exemple une masse d'emballage médiane qui permettrait de séparer l'échantillon en deux et de distinguer les emballages "lourds" et les emballages "légers", ou une masse qui au contraire permettrait d'aboutir à une conclusion s'appliquant à la majorité des emballages échantillonnés)
    - L'identification de valeurs par essai-erreur, via la recherche graphique de points de basculement en faisant varier les valeurs des paramètres les plus sensibles au sein des gammes de valeurs modélisées.

  A l'instar des graphes "range" et "range-delta" présentés, la présentation des sous-scénarios établis est principalement focalisée sur les indicateurs de changement climatique et d'épuisement des ressources fossiles, pour les raisons évoquées plus tôt.

- **Identification de points de basculement :** Sur base des graphes "range" et "range-delta" produits, des points de basculement sont identifiés pour différents paramètres pour identifier (sur base de la modélisation réalisée) des contextes pour lesquels l'une des deux options peut être considérée comme plus avantageuse que l'autre. En pratique, des graphes ont été produits pour tous les paramètres sensibles identifiés, et les paramètres considérés pour les graphes présentés ont été sélectionnés arbitrairement sur base des conclusions qu'ils peuvent apporter (notamment au regard des points de basculement qu'ils permettent d'identifier). Selon la sous-scénarisation considérée, les points de basculement sont identifiés automatiquement (via tableurs Excel) ou graphiquement (à partir des graphes "range-delta", généralement) et sont caractérisés par la quantification des nombres d'itérations qui corroborent la conclusion présentée, **dans l'intervalle de valeurs auquel il correspond**. Pour une valeur de paramètre ou un intervalle donné, les trois cas de figure suivants sont distingués :
    - Plus de 80% des itérations de calcul réalisées confirment le point de basculement identifié (une option est alors considérée "plus souvent" avantageuse).
    - Plus de 95% des itérations de calcul réalisées confirment le point de basculement identifié (une option est alors considérée "généralement" plus avantageuse).

  Il est estimé que la définition de ces trois cas de figure correspondant à l'avantage relatif d'une option d'emballage par rapport à l'autre, permettent de nuancer les conclusions produites et les éventuelles prises de décision qui en découleraient.

- **Présentation des points de basculement au travers de diagrammes en arbre**

  Une synthèse visuelle des points de basculement identifiés est proposée au travers de diagrammes en arbre (ou "arbres décisionnels"). Ceux-ci sont construits de manière à identifier plusieurs cas de figure pratiques sur base des valeurs prises par les paramètres sensibles qui ont permis d'établir des points de basculement. La hiérarchisation et l'ordre des paramètres présentés dans ces diagrammes sont essentiellement déterminés de manière à favoriser leur lisibilité et leur simplicité. Lorsque cela est possible cependant, les paramètres représentant les leviers d'action jugés comme étant les plus réalistement activables à l'échelle

des industriels (par exemple les masses d'emballage) sont privilégiés dans la hiérarchisation des paramètres. Pour certains scénarios, deux diagrammes en arbre sont construits : l'un correspondant aux conclusions associées aux catégories de changement climatique et d'épuisement des ressources fossiles (dont les tendances sont proches et qui représentent à eux deux près de 60% des impacts normalisés et pondérés des différents scénarios), et l'autre correspondant aux catégories de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'émission de particules. Il est considéré une approche conservatrice dans ce cadre, et la construction des diagrammes est pensée de sorte que les points de basculement soient d'application pour toutes les catégories d'impact auxquelles ils correspondent.



Les conclusions découlant des points de basculement, soit les situations pour lesquelles une option est considérée plus avantageuse que l'autre, sont présentées dans les diagrammes en arbres sous forme d'inégalités strictes ("<" et ">") plutôt que sous forme d'inégalités larges ("≤" et "≤"). Il est considéré que la valeur associée au point de basculement en tant que tel est transitoire, et qu'il n'est pas possible de conclure quant à l'avantage d'une solution par rapport à l'autre pour ces valeurs précises. En ce sens et à titre d'exemple, si il est considéré que l'option réemployable est plus avantageuse pour un nombre d'utilisations "n > 7", celle-ci est jugée favorable dès la 8ème utilisation, mais l'étude ne permet pas de conclure quant au cas où l'emballage serait utilisé 7 fois.

Outre cette structuration, l'explicitation de l'analyse des résultats et de certaines conclusions transversales sera légèrement plus approfondie pour le scénario 6, en vue de familiariser le lecteur ou la lectrice à l'interprétation des graphes "range" et "range-delta".



Les termes utilisés dans cette étude et dans ce chapitre sont explicités dans la section 3.3. En particulier, "emballage réemployable" est un raccourci "emballage réemployable consigné" ; la notion d'"emballages additionnels" utilisée dans la présentation des résultats fait référence conjointement aux emballages de regroupement et aux emballages de transport.

L'analyse des résultats produits et l'identification de points de basculement qui y est associée fait l'objet sont sujettes à un certain nombre d'incertitudes méthodologiques, notamment associées aux facteurs de caractérisation considérés dans les calculs d'impacts, et aux données d'inventaire utilisées pour modéliser les différentes options d'emballage. Ces incertitudes (détaillées en section 9.3) invitent à une certaine prudence dans la lecture des points de basculement présentés, qui **à cet égard ne devraient pas être considérés comme des valeurs-seuil strictes mais plutôt comme des indicateurs des tendances observées dans les comparaisons effectuées.** Pour pouvoir apprécier l'influence potentielle de ces incertitudes méthodologiques sur les conclusions de l'étude, une analyse complémentaire a été effectuée sur les scénarios 6 et 7 de l'étude, et est présentée en section 8.11.

6.2.3. Analyse des résultats associés à l'utilisation d'eau

Pour des raisons d'ordre méthodologique décrites au point 8.6.3.4, les résultats associés à la catégorie d'épuisement de la ressource en eau et des flux d'eau de manière générale sont traités de manière spécifique dans ce même chapitre. Il n'est pas considéré une comparaison entre solutions d'emballage au même titre qu'explicité en section 6.2.2, mais plutôt une analyse visant à mettre en perspective les impacts associés à cette ressource selon le réemploi ou non des emballages primaires (notamment dans le cadre du lavage).

6.2.4. Analyse des risques liés à l'abandon de déchets

Sur base des recommandations du Cadre Méthodologique ADEME[10] et parce que la méthode d'ACV ne tient pas compte d'un certain nombre de risques associés à l'abandon de déchets (par exemple sur la biodiversité), ces derniers sont évalués de manière qualitative au travers d'un volet spécifique, présenté au point 8.13.

6.2.5. Analyses de sensibilité transversales

En complément des analyses spécifiques aux différents scénarios, des **analyses de sensibilité transversales** ont été réalisées, et sont présentées au point 8.6.3.4. Celles-ci ont pour but d'évaluer l'influence de sous-scénarios logistiques ou de paramètres incertains (ou découlant de choix méthodologiques) sur l'ensemble des scénarios considérés, au travers d'un cas d'étude. Pour ces analyses, les catégories d'impact de changement climatique, d'épuisement des ressources fossiles, d'acidification, de formation d'ozone photochimique et d'émission de particules ont été considérées. Ainsi l'incertitude autour des résultats sur base de ces paramètres a pu être évaluée.

7. Données et hypothèses

7.1. Introduction aux choix de valeurs de modélisation

7.1.1. Utilisation de gamme de valeurs

Pour permettre de répondre aux objectifs de conception d'une étude générique, et pour permettre d'identifier au mieux les points de basculement liés aux différents paramètres influents identifiés, des **gammes de valeurs ont été préférées à des valeurs fixes** (moyennes) pour les paramètres les plus sensibles, et/ou pour lesquels la collecte de données n'a pas permis d'identifier de valeurs robustes.

Ainsi, **pour un certain nombre de paramètres clés** (notamment les masses et ratios volumiques d'emballages, les distances de transport, les données de recyclage amont ou aval, ou encore certaines consommations d'eau ou d'électricité), **les valeurs évoluent selon une distribution uniforme entre une valeur minimale et une valeur maximale**, et ce pour les 1000 itérations de calcul considérées (voir section 6.1).

Ces valeurs extrêmes ont pour vocation d'englober une grande majorité de valeurs réelles possibles (liées par exemple à différents formats de emballages primaires, ou à différentes typologies logistiques) pour un paramètre donné et dans le périmètre considéré (voir Chapitre 5.5).

La **distribution uniforme considérée découle de l'absence d'informations sur la distribution des valeurs en situation réelle au sein de l'intervalle considéré**, ne permettant pas d'identifier de valeurs moyennes et des écarts-type.

Il est à noter que le recours à cette distribution n'influence pas les points de basculement éventuellement identifiés. Il est par ailleurs considéré qu'un millier d'itérations de calculs suffit à couvrir un nombre suffisant de combinaisons statistiques au sein de ces distributions uniformes. Il peut cependant mener à la sur-représentation de certaines situations modélisées dans les résultats analysés (voir section 9.3).

Les valeurs minimales et maximales qui encadrent la gamme de valeurs utilisées peuvent :

- **Soit représenter des observations de cas de marché extrêmes** découlant de données de littérature ou de mesures réalisées.

  C'est par exemple le cas des valeurs de masses d'emballages et de systèmes de fermetures, de ratios volumiques, ou de consommations.

  Dans certains cas et en l'absence d'un nombre suffisant de sources fiables, ces valeurs ont aussi été établies en vue d'englober avec fiabilité des situations réelles probables, par exemple au regard des distances considérées pour les étapes de transport.

- **Soit représenter deux situations distinctes et clairement identifiées** (par exemple selon une échelle temporelle), permettant d'évaluer l'évolution des impacts selon ces situations.

  C'est notamment le cas des valeurs de taux de recyclage, qui représentent en valeur minimale une approche actuelle et majorante, et en valeur maximale les objectifs de recyclage à l'horizon 2025.

Ainsi, à travers ces gammes de valeurs, l'étude vise à représenter différentes configurations d'emballages réemployables et à usage unique représentés sur le marché actuel ou d'un futur proche.

Par exemple, la variation de masse au sein de la gamme de valeurs considérée peut permettre de représenter une bouteille de format différent, de même qu'une application différente (bouteille pour boisson tranquille ou bouteille pour boisson carbonatée, par exemple).



La recherche de données préalable, ayant mené à l'identification de ces gammes de valeurs, n'avait pas pour objectif de couvrir toutes les situations existantes à travers un travail de recherche exhaustif, mais les auteurs de l'étude espèrent couvrir la plupart

des situations de marché (sans pouvoir définir précisément le niveau de couverture de l'étude).

Il est à noter que toutes les valeurs minimales et maximales considérées pour l'établissement de ces gammes de valeurs ont été discutées et validées avec les membres du Comité de Suivi.

7.1.2. Définition de cas illustratifs

En parallèle des gammes de valeurs, au sein desquelles ont lieu la majorité des analyses et l'identification des points de changement de conclusion, des "cas illustratifs" sont définis.

Ces cas illustratifs sont caractérisés par l'utilisation de **valeurs fixes** pour les paramètres sensibles.

Ils ont pour vocation d'identifier les principales étapes du cycle de vie contributrices pour chaque catégorie d'impact.

Cependant, ces cas illustratifs :

- N'ont pas pour vocation de permettre des comparaisons entre les options réemployable et à usage unique d'un scénario.
- N'ont pas pour vocation de représenter une typologie spécifique de produits ou de logistique

  Elles sont cependant censées approcher une réalité de marché donnée et spécifique.

  A ce titre, **pour la majorité des paramètres** (de masses et de ratios volumiques notamment), la **valeur fixée en cas illustratif correspond à la valeur médiane** de l'échantillon de données collectées dans la littérature et les entretiens et/ou via les mesures réalisées.

  Cette approche permet de s'affranchir de l'influence de données extrêmes sur les calculs de contributions aux impacts réalisés pour les options d'emballage.

  En outre, **pour les emballages primaires réemployables, deux cas illustratifs sont considérés** pour chaque scénario, sur base de deux valeurs fixes de nombres d'utilisation :

  - **Un cas illustratif à 5 utilisations** d'emballage primaire, supposé représenter un cas réaliste mais conservateur quant au potentiel de réemploi des emballages primaires.
  - **Un cas illustratif à 20 utilisations** d'emballage primaire, supposé représenter un cas réaliste mais optimiste quant au potentiel de réemploi des emballages primaires.

    Une exception est à noter pour le **scénario 11**, au sein duquel ce cas optimiste est représenté par une valeur de cas illustratif fixée à **15 utilisations** pour la solution réemployable. Des discussions avec des acteurs français et européens spécialisés dans le réemploi du PET ont permis d'établir que le nombre de 20 utilisations semble moins réaliste que dans le cas du verre (même si pas impossible), du fait du déclassement de certaines bouteilles avant ce seuil pour des raisons techniques ou esthétiques.

7.2. Nombre d'utilisations des emballages réemployables

Dans cette étude, seuls les nombres d'utilisations effectifs¸ donc réalisés, sont considérés. Le nombre d'utilisations théoriques d'un emballage primaire ou d'un emballage de regroupement/transport (soit le nombre d'utilisations auquel il peut être soumis considérant un taux de retour de 100% avant d'être trop dégradé pour être utilisé) n'est pas considéré dans cette étude. Il a été cependant vérifié qu'aucune borne maximale choisie pour les gammes de valeurs de nombres d'utilisations n'excédait le nombre d'utilisations théorique de l'emballage primaire ou de l'emballage considéré.

Les nombres d'utilisations des différents emballages sont présentés dans le Tableau 16.

Emballage	Scénarios concernés	Valeur minimale de l'intervalle étudié		Valeur maximale de l'intervalle étudié		Valeurs utilisées en cas illustratif	Taux de retour correspondant (%)
		Nombre d'utilisations	Taux de retour correspondant (%)	Nombre d'utilisations	Taux de retour correspondant (%)		
Bouteille en verre réemployable, sans utilisation d'emballage de regroupement consigné et réemployable	**6, 7, 10, 12, 13**	**2**	**50**	**30**	**96.6**	**5 et 20**	**80 et 95**
Pot en verre réemployable	**7, 14**	**2**	**50**	**30**	**96.6**	**5 et 20**	**80 et 95**
Barquette de restauration en verre réemployable (avec son système de fermeture)	**8, 9**	**2**	**50**	**30**	**96.6**	**5 et 20**	**80 et 95**
Bouteille en PET réemployable, avec utilisation d'emballage de regroupement consigné et réemployable	**11**	**2**	**50**	**20 ***	**95**	**5 et 15**	**80 et 93.3**
Bonbonne en PET réemployable pour reremplissage de bouteilles par le consommateur	**12**	**10**	**90**	**40**	**97.5**	**25**	**96**
Caisse de transport en PEhd	**8, 9, 11**	**10**	**90**	**50**	**98**	**30**	**96.6**
Palox	**6, 7, 10**	**200**	**> 99**	**200**	**> 99**	**200**	**> 99**
Palette de transport	**Tous**	**25**	**96**	**25**	**96**	**25**	**96**

Tableau 16 : Nombres d'utilisations considérés pour les emballages primaires, de regroupement et de transport

Plusieurs paramètres permettant d'évaluer les performances d'une solution réemployable sont définis comme suit par le Cadre de Référence de l'ADEME sur les ACV comparatives de solutions d'emballage[10] :

- *La durée de vie du modèle d'emballage réemployable/réutilisable* est la durée pendant laquelle les emballages réemployables/réutilisables mis sur le marché satisfont les mêmes exigences de conception
- *Le taux de retour des emballages mis sur le marché* correspond à la proportion d'emballages réemployables / réutilisables qui sont retournés par les détenteurs - après consommation du produit qui était conditionné dans ces emballages – par rapport aux emballages mis sur le marché.
- *Le taux de déclassement des emballages retournés* correspond à la proportion des emballages retournés qui sont exclus du parc d'emballages utilisés.
- *Le taux de renouvellement des emballages* correspond à la proportion d'emballages neufs qu'il faut fabriquer et remettre dans le circuit pour pouvoir assurer un volume constant de mise en marché.

Toujours selon le cadre de référence de l'ADEME, plusieurs méthodes de calcul peuvent être mises en œuvre pour déterminer le nombre d'utilisations d'un emballage primaire. L'une d'entre elles (la méthode B) se base notamment sur la durée de vie des emballages primaires et sur certains effets de stocks (nombre annuel de rotations, taux de déclassement...), selon la formule suivante :

$$Nombre\ d'utilisations = 1/(\ (1/(Rot_{an} \times DVM)) + Taux\ de\ renouvellement)\ )$$

Où

Rot_{an} = nombre annuel de rotations

DVM = durée de vie du modèle d'emballage

Les nombres d'utilisations présentés pour les emballages primaires dans le Tableau 16 ont été déterminés en concertation avec le Comité de Suivi afin de représenter (au travers des gammes de valeurs) une grande variété de schémas de réemploi, allant du cas le plus pessimiste (2 utilisations) jusqu'à une valeur arbitrairement fixée à 20 pour les bouteilles en PET, et à 30 pour les emballages en verre. Ces valeurs sont en phase avec l'analyse de la littérature réalisée et l'expertise des membres du Comité de suivi de l'étude.

Validée par des acteurs sectoriels, la borne maximale plus faible pour le PET (*) considérée dans le scénario 11 permet de tenir compte d'un certain nombre de réalités de terrain associée au réemploi du PET à date :

- Le principe de « stress-cracking », qui implique l'apparition occasionnelle de fissures et de dégradations des bouteilles en PET pour des nombres d'utilisations élevés (liées notamment aux contraintes subies pendant les étapes logistiques).
- Le déclassement des bouteilles en PET pour des raisons esthétiques après un nombre de rotations plus faible que dans le cas du verre, du fait de traces visuelles associées au réemploi (griffures, jaunissement ou opacification de l'emballage…)
- La période de transition associée à la mise en œuvre du réemploi des bouteilles en PET sur le sol français, qui implique un certain nombre d'adaptations et d'aménagements dans un futur proche.

En outre, les taux de retour qui sont liés aux nombres de réutilisations correspondent donc à la définition du *taux de retour des emballages mis sur le marché*, telle que décrite ci-dessus (l'emballage non réemployé est donc considéré comme étant envoyé en fin de vie par le consommateur). Dans cette étude, le calcul du taux de retour est estimé de la manière suivante :

Taux de retour = 1 – (1/Nombre d'utilisations)

7.3. Production des emballages

Au travers des gammes de valeurs considérées dans la modélisation, il est par ailleurs aussi bien considéré des cas de figure d'emballages primaires spécifiques à chaque industriel, que d'emballages

standardisés. Ces situations sont notamment représentées via la variation des ratios volumiques des emballages, les distances de transport, ou les taux de chargement des camions.

Par ailleurs, à l'exception des palettes, palox et caisses en PEhd (tous décrits plus loin dans ce chapitre), les emballages additionnels considérés sont à usage unique, représentant une approche conservative dans la modélisation. La caisse, les palettes et les palox sont jugés utilisables par tous les industriels bien qu'à l'instar des emballages primaires, la modélisation de données logistiques à travers des gammes de valeurs permette d'approcher plusieurs situations possibles.

Un récapitulatif des données modélisées pour les différents emballages et les différents scénarios est reprise en section 7.8.1.



Tel qu'indiqué dans le Chapitre 225, les volets B1 et B2 de l'étude ont été réalisés successivement, et donc sur base de temporalités distinctes. Pour cette raison, il est possible qu'il existe des différences dans les échantillons utilisés pour certains éléments d'emballage entre les deux volets, qui mèneraient à des valeurs de bornes ou de cas illustratifs différentes pour des solutions d'emballage analogues.

7.3.1. Emballages primaires et de distribution et leurs systèmes de fermeture

7.3.1.1. Emballages primaires et de distribution

Les masses utilisées pour les emballages des différents scénarios découlent :

- de données de la littérature
- et de mesures et pesées réalisées par RDC Environment (dont le détail est repris en Annexe 8, en section 11.8).

Toutes les masses du Tableau 17 et du Tableau 18 **sont ramenées à l'unité fonctionnelle**, et la masse utilisée en modélisation est la masse d'emballage permettant le transport d'un litre de contenu. Concrètement, la masse de chaque emballage échantillonné est divisée par son volume pour la ramener à une référence d'1L.



Ainsi, cette masse n'est pas forcément la masse associée à un emballage primaire d'un litre, mais se veut représentative de la masse volumique de plusieurs types d'emballage primaire (par exemple : 3 bouteilles de 33 cL, 2/3 d'une bouteille d'1,5L, etc.).

En ce sens, il est rappelé au lecteur que la masse d'un emballage ne varie pas de manière proportionnelle au volume emballé. Les gammes de valeurs de masse sont exprimées en g/L, et peuvent représenter plusieurs situations, comme par exemple :

- *Un emballage primaire de petit volume pour une boisson tranquille*
- *Un emballage primaire de plus grand volume pour une boisson carbonatée*

Il est également à noter (particulièrement dans le contexte du volet B de cette étude) que les gammes de valeurs fixées ont pour but de représenter un grand nombre de réalités de terrain, et que leur amplitude seule ne détermine pas la compétitivité d'une option par rapport à l'autre. Elles permettent principalement de cadrer les situations au sein desquelles d'éventuels points ou zones de basculement pourraient apparaître (voir chapitre 6.2.2).

Les taux d'incorporation de matière recyclée pour les emballages primaires et leurs systèmes de fermeture sont basés sur un contenu physique réel, et non une chaîne de contrôle (*mass balance, book and claim* ou autre). Ces taux sont repris dans le *Tableau 17* pour les scénarios 6 à 10, et dans le *Tableau 18* pour les scénarios 11 à 14.

Les bornes minimales et maximales des masses d'emballages en verre découlent des valeurs extrêmes recensées lors de la collecte de données, pour les catégories de produits considérées pour chaque scénario (voir Tableau 13). Les valeurs de cas illustratif retenues sont basées sur les valeurs médianes des échantillons constitués. Celles-ci ont été préférées aux moyennes du fait d'incertitudes sur la robustesse et l'homogénéité des données collectées, et sur la distribution des valeurs recensées.

Type d'emballage primaire	Scénario concerné	Masse par volume de contenu (g/L) - valeur minimale	Masse par volume de contenu (g/L) - valeur maximale	Masse par volume de contenu (g/L) - valeur cas illustratif	Inventaires de production	Inventaires de transformation
Bouteille en verre *****	6	**370**	**1254 ***	**647.5**	Glass Container - Virgin - EU-28+EFTA (FEVE, 2012) **Glass Container – Recycled content 100% - EU-28+EFTA (FEVE, 2012)	*Pertes de production intégrées aux inventaires*
Pot en verre	7	**554**	**955 ***	**706**		
Barquette de restauration en verre	8, 9	**394**	**1470**	**638**		
Bouteille en verre *****	10	**452**	**1287 ***	**795**		
Bouteille en PET	6	**12.7**	**52**	**22.4**	77.5% Polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RER (EI 3.10) 22.5%[39] polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RoW (EI 3.10) ** 30% polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade, recycled – CH (EI 3.9.1) *adapté avec un mix européen* 70% Plastique recyclé mécaniquement, rPET – FR (SRP)	****100% : Injection moulding - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 0.6%[19]* ****100% : Stretch blow moulding - FR (adaptée de RER - EI 3.9.1) *Taux de perte : 2.25%[19]*
Pot en polystyrène (pour produits frais) ***	7	**32.5**	**104**	**44.6**	50% polystyrene production, general purpose – RER (EI 3.9.1) 50% polystyrene production, high impact – RER (EI 3.9.1)	****100% : Extrusion, co-extrusion of plastic sheets – RER (EI 3.9.1) *Taux de perte = 6%[19]* ****100% : Thermoforming of plastic sheets – FR (EI 3.9.1) *Taux de perte (lié à la découpe) = 15%[68]*
Barquette de restauration en PP	8.9	**10**	**90**	**30.3**	Polypropylene production, granulate– RER (EI 3.9.1)	Extrusion of plastic sheets and thermoforming, inline - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte = 6%[19]*
Canette en aluminium	10	**25**	**60**	**37.8**	Market for aluminium, primary, ingot - RER (EI 3.9.1) ** 50% Treatment of aluminium scrap, new, at remelter – RER (EI 3.9.1) ** 50% Treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at remelter – RER (EI 3.9.1)	**Production de feuilles d'aluminium:** Sheet rolling, aluminium-RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 23%[102]* **Production de la canette à partir des feuilles d'aluminium [56]:** 1.439 kWh d'électricité (electricity, high voltage, production mix – FR) 4.64 L d'eau (market group for tap water – RER) 1.54 MJ de chaleur (modélisée selon le bouquet français, voir Tableau 94) 9g de NOx, 0.01g de Sox, 1.3g de composés organiques volatils *Taux de perte : 15.3%*

Tableau 17 : Données liées à la production des emballages primaires (volet B1 – Scénarios 6 à 10)

** Lors de l'établissement des gammes de valeurs, un facteur d'augmentation de masse liée au réemploi de 1.1 (soit un surplus de 10%) a été considéré pour les bouteilles et pots réemployables en verre (scénarios 6, 7 et 10) et a été appliqué à la plus haute valeur de masse échantillonnée. La gamme de valeurs modélisée tient ainsi compte*

d'un cas de figure hypothétique extrême où la masse maximale échantillonnée correspondrait à un emballage à usage unique, et ferait l'objet d'une augmentation lors d'un passage au réemploi. Il est toutefois considéré que toutes les barquettes en verre échantillonnées sont destinées au réemploi, et ce facteur n'a pas été considéré pour les solutions réemployables des scénarios 8 et 9.

*** Inventaires correspondants aux matériaux recyclés. Pour le cas spécifique des bouteilles en PET (option à usage unique du scénario 6) et en raison de l'influence estimée de l'incorporation de recyclé pour ces emballages, il a été considéré une distinction entre la production en France et en Europe (hors France) de PET d'origine recyclée, sur base des données collectées dans la littérature. L'inventaire associé au recyclage du PET en phase de production a ainsi été modifié pour tenir compte à 70% d'un mix électrique français ("market for electricity, low voltage – FR (EI 3.9.1)").*

*** La modélisation de l'option à usage unique du scénario 7 est limitée à des pots constitués exclusivement de polystyrène. Ainsi, les pots constitués au moins en partie de papier/carton ont été exclus de la collecte de données.*

**** Une échelle européenne a été considérée pour la production des préformes en PET et PS (et donc des processus d'injection et d'extrusion, respectivement). Il est cependant considéré que le soufflage des préformes de PET et de thermoformage des feuilles de PS a lieu sur le territoire français. L'inventaire européen du soufflage du PET a donc été adapté au regard de sa consommation d'électricité pour tenir compte d'un mix électrique français ("market for electricity, low voltage – FR (EI 3.9.1)"). Outre la régionalisation des inventaires, les consommations d'électricité associées aux processus de transformation du PET ont été modifiées pour s'approcher au milieu de la réalité industrielle actuelle spécifique à la production de bouteilles en PET. Ainsi, il a été considéré une consommation de 1.15 kWh/kg pour l'injection, et de 0.65 kWh/kg pour le soufflage des préformes. La consommation totale associée à la transformation du PET est issue des données des écoprofils Plastics Europe (datant de 2010, mais confirmées par la collecte spécifique de données réalisées au cours de la présente étude), et la répartition des consommations entre les deux processus modélisés a été déterminée au travers d'entretiens avec des acteurs sectoriels[68].*

***** Au sein du volet B1, les gammes de valeurs ainsi que les valeurs de cas illustratifs des différents scénarios sont adaptées pour représenter des segments de marché cohérents (voir Tableau 13). Ainsi, les données de masse considérées pour établir la gamme de valeurs et la valeur fixe de cas illustratif pour l'option réemployable du scénario 6 (PET) sont limitées aux sodas, eaux, jus et soupes. Celles liées au scénario 10 (canettes en aluminium) correspondent aux sodas, bières, et eaux gazeuses. De même, les valeurs de masses considérées pour les pots en verre modélisés dans le scénario 7 ne considèrent que l'emballage de produits laitiers (crèmes et yaourts), produits concernés par ce scénario.*

Type d'emballage primaire ou de distribution	Scénario concerné	Masse par volume de contenu (g/L) - valeur minimale	Masse par volume de contenu (g/L) - valeur maximale	Masse par volume de contenu (g/L) - valeur cas illustratif	Inventaires de production	Inventaires de transformation
Emballages primaires						
Bouteille en PET à usage unique	11	**12.7**	**52**	**21**	77.5% Polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RER (EI 3.10) 22.5%[39] polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RoW (EI 3.10) *** 30% polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade, recycled – CH (EI 3.9.1) *adapté avec un mix européen* 70% Plastique recyclé mécaniquement, rPET – FR (SRP)	****100% : Injection moulding – RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 0.6%*[19] ****100% : Stretch blow moulding - FR (adaptée de RER - EI 3.9.1) *Taux de perte : 2.25%*[19]
	12	**12.7**	**52**	**23**		
	13	**17**	**52**	**28**		
Bouteille en PET réemployable ******	11	**46.5 ***	**96 ***	**69**		
Bouteille en verre réemployable ******	12	**370**	**750 ****	**600**	Glass Container - Virgin - EU-28+EFTA (FEVE, 2012) *** Glass Container – Recycled content 100% - EU-28+EFTA (FEVE, 2012)	*Pertes de production intégrées aux inventaires*
	13	**370**	**940 ****	**620**		
Pot en verre	14	**386**	**1042 ****	**580**		
Boîte de conserve en acier et son système de fermeture (modélisation complète explicitée en section 11.13)	14	**97**	**265**	**135**	Steel production, converter, unalloyed - RER (EI 3.9.1) Le mix électrique a été adapté afin de tenir compte de la proportion d'acier produite en Europe (37%) et en France (63%)[15] Phenolic resin production – RER (EI 3.9.1)	Hot rolling, steel - Europe without Austria (EI 3.9.1) Sheet rolling, steel – RER (EI 3.9.1) Tin plating, pieces – RER (EI 3.9.1) Les mix électriques des procédés de transformation ont été adaptés afin de tenir compte de la proportion d'acier produite en Europe (37%) et en France (63%) [15]. D'autres adaptations des procédés ont été faites et sont détaillées en section 9.15. Les étapes additionnelles de transformation de la feuille d'acier en boîte 3 pièces sont également prises en compte sous forme de LCIA confidentiels issus de la modélisation Metal Packaging Europe (infrastructure, émissions dans l'air, consommations d'eau, d'électricité et de chaleur).
Emballages de distribution						
Bonbonne en PET	12	**26**	**55**	**36**	77.5% Polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RER (EI 3.10) 22.5%[39] polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RoW (EI 3.10) *** Plastique recyclé mécaniquement, rPET – FR (SRP)	****100% : Injection moulding - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 0.6%*[19] ****100% : Stretch blow moulding - FR (adaptée de RER - EI 3.9.1) *Taux de perte : 2.25%*[19]
BiB (portion plastique)	13	**0.8 *****	**7 *****	**2.2**	75 % polyethylene production, low density, granulate – RER (EI 3.9.1) 25% ethylene vinyl acetate copolymer production – RER (EI 3.9.1) *** Plastique recyclé mécaniquement, rPEBD – FR (SRP) Composition « proxy » basée sur un emballage commercialisé, (film extérieur en PE ; film intérieur en PE – EVOH – PE) [75]	Extrusion, co-extrusion of plastic sheets – FR (EI 3.9.1) *Taux de perte : 2.5%*[19]
BiB (boîte en carton)	13	**2.4 *****	**21 *****	**6.6 *****	Containerboard production, linerboard, kraftliner - RER (EI 3.9.1) ***Containerboard production, linerboard, testliner – RER (EI 3.9.1)	

Tableau 18 : Données liées à la production des emballages primaires (volet B2 – Scénarios 11 à 14)

** Pour limiter les comparaisons biaisées de bouteilles en PET à usage unique légères avec des bouteilles en PET réemployables lourdes (et vice-versa), il est établi dans la modélisation une corrélation entre l'évolution des paramètres de masse des deux options d'emballage, pour chaque itération de calcul. En pratique et pour chaque itération de calcul, ceci implique donc que lorsqu'une valeur de masse faible est sélectionnée aléatoirement pour l'option à usage unique (par exemple 13 g/L), son alternative réemployable se verra attribuer une masse faible également, relativement à sa propre gamme de valeurs (par exemple 48 g/L). A l'inverse, pour une masse élevée pour l'option à usage unique (48 g/L), une masse relativement élevée sera considérée pour son alternative réemployable (96 g/L).*

*** Lors de l'établissement des gammes de valeurs (issues d'un échantillonnage d'emballages principalement à usage unique), un facteur d'augmentation de masse liée au réemploi de 1.1 (soit un surplus de 10%) a été considéré pour les bouteilles et pots réemployables en verre (scénarios 12, 13 et 14) et a été appliqué à la plus haute valeur de masse échantillonnée. La gamme de valeurs modélisée tient ainsi compte d'un cas de figure hypothétique extrême où la masse maximale échantillonnée correspondrait à un emballage à usage unique, et ferait l'objet d'une augmentation lors d'un passage au réemploi. Cette approche est préférée à celle utilisée pour le scénario 11 et explicitée au point (*) étant donné que les options réemployables et à usage unique comparées dans les scénarios 12 à 14 sont produites à base de matériaux différents.*

**** Inventaires correspondants aux matériaux recyclés. Pour le cas spécifique des emballages en PET et en raison de l'influence estimée de l'incorporation de recyclé pour ces emballages, il a été considéré une distinction entre la production en France (70%) et en Europe hors France (30%) de PET d'origine recyclée, sur base des données collectées dans le Bilan National du Recyclage (2019).*

***** Une échelle européenne a été considérée pour la production des préformes en PET (et donc du processus d'injection). Il est cependant considéré que le soufflage des préformes de PET a lieu sur le territoire français. L'inventaire européen du soufflage du PET a donc été adapté au regard de sa consommation d'électricité pour tenir compte d'un mix électrique français ("electricity, low voltage, residual mix – FR (EI 3.9.1)"). Outre la régionalisation des inventaires, les consommations d'électricité associées aux processus de transformation du PET ont été modifiées pour s'approcher au milieu de la réalité industrielle actuelle spécifique à la production de bouteilles en PET. Ainsi, il a été considéré une consommation de 1.15 kWh/kg pour l'injection, et de 0.65 kWh/kg pour le soufflage des préformes. La consommation totale associée à la transformation du PET est issue des données de Plastics Europe, et la répartition des consommations entre les deux processus modélisés a été déterminée au travers d'entretiens avec des acteurs sectoriels[68].*
Par ailleurs, il est considéré une production d'acier brut (en amont de la production finale de boîtes de conserve) à 63% française, et à 37% européenne (hors France)[14].

****** Dans le cadre du scénario 13, il est considéré qu'un litre de sirop/concentré permet de produire plusieurs litres de boisson pour reremplissage des bouteilles[98]. Considérant des valeurs minimales et maximales de masse de 5.3 grammes et de 43 grammes respectivement pour les poches [51](par litre de sirop transporté), les masses minimales et maximales ramenées au litre de boisson sont de 0.8 et 7 g/L respectivement.*
Sur base de retours de terrain et de pesées d'échantillons, il a en outre été déterminé que la masse de carton utilisée pour conditionner les poches en plastique pour sirops et concentrés est approximativement 3 fois supérieure à celle des poches elles-mêmes. Pour chaque itération de calcul, la masse de carton est déterminée en multipliant par 3 la masse de la poche en plastique (aboutissant à des valeurs comprises dans la gamme de valeurs reprise ci-dessus).

******* Au sein du volet B2, les gammes de valeurs ainsi que les valeurs de cas illustratifs des différents scénarios sont adaptées, pour représenter des segments de marché cohérents (voir Tableau 13). Ainsi, les données de masse considérées pour établir la gamme de valeurs et la valeur fixe de cas illustratif des options d'emballage du scénario 12 (distribution et reremplissage via une bonbonne en PET) sont limitées aux eaux et aux jus. Celles liées au scénario 13 (distribution et reremplissage via du concentré conditionné en bag-in-box) correspondent aux sodas et jus. En outre, pour les bouteilles en verre reremplies faisant office d'emballage primaire réemployable pour ces scénarios, seules les masses de bouteilles échantillonnées dont le volume est inclus entre 70 cL et 1.5L ont été considérées lors de l'établissement de ces gammes de valeurs. Il est en effet estimé à titre prospectif que ces formats sont plus adaptés à des systèmes de reremplissage via fontaines.*



Utilisation de la base de données EcoInvent 3.10 pour modéliser le PET d'emballage.

La modélisation de la production des bouteilles et bonbonnes en PET des scénarios 6, 11, 12 et 13 a été réalisée via un inventaire issu de la base de données EcoInvent 3.10 (contrairement à la plupart des autres matériaux d'emballages, notamment les autres plastiques, modélisés via EcoInvent 3.9.1). Ce choix méthodologique, suggéré et validé

par le panel de revue critique de l'étude, découle de la publication de ce nouvel inventaire durant le déroulé de la présente étude, et en aval de la production des résultats et enseignements du volet B1 (scénarios 6 à 10), et d'une grande partie de la modélisation de l'ensemble des scénarios du volet B. Il a été décidé de n'adapter la modélisation qu'à l'égard du PET, pour les raisons suivantes :

- Une analyse préliminaire visant à identifier l'influence d'un passage à EcoInvent 3.10 sur les contributions des inventaires de production des emballages primaires a révélé que seul l'inventaire lié au PET ne présentait une évolution jugée significative de ses impacts par rapport à EcoInvent 3.9.1.
- Les comparaisons impliquant les emballages en PET à usage unique concernent le réemploi du verre et du PET. L'inventaire utilisé pour modéliser la production du verre est fourni par la FEVE, et n'a pas subi de mises à jour utilisables dans la présente étude. Ces données sont plus datées que les données EcoInvent utilisées pour le PET, et il est considéré que le recours à cet inventaire FEVE constitue une approche de modélisation conservatrice dans les comparaisons effectuées. Par ailleurs, étant donné que le même inventaire est utilisé pour modéliser la production du PET à usage unique et du PET réemployable, il est considéré que cette mise à niveau à EcoInvent 3.10 ne constitue pas un biais méthodologique dans le cadre du scénario 11.
- Suite à la première itération de production des résultats du volet B2, il a été déterminé que l'inventaire de production du PET était l'un des plus influents sur les résultats des comparaisons effectuées au sein des différents scénarios. Il est donc pertinent d'en assurer une bonne représentativité technologique et temporelle en utilisant le dernier inventaire en date pour ce procédé.

Pour assurer une transparence et une mise en perspective des résultats produits à l'égard de ce choix, les résultats produits sur base de l'inventaire issu d'EcoInvent 3.9.1 *("Polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RER"* et *"Polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RoW"*) sont présentés en section 11.12.

7.3.1.2. Systèmes de fermeture

Les systèmes de fermeture des emballages primaires considérés au sein des différents scénarios sont détaillés dans le *Tableau 19* et le *Tableau 20* , au regard de leur masse, de leur contenu en matière recyclée, et des inventaires utilisés pour leur modélisation.

Type de système de fermeture	Scénario concerné	Masse** - Valeur minimale	Masse** - Valeur maximale	Masse** - Valeur cas illustratif	Inventaire de production	Inventaire de transformation
Hybride PEHD, acier, aluminium, liège pour bouteilles en verre	6	**1.4 g**	**4.3 g**	**2 g**	1/3 Polyéthylène : Polyethylene production, high density, granulate – RER (EI 3.9.1) 1/3 Acier : Steel production, converter, unalloyed - RER (EI 3.9.1) 1/3 Aluminium : Market for aluminium, primary, ingot - RER (EI 3.9.1)	PEHD : Injection moulding - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 0.6%*[19] Acier : Hot rolling, steel - Europe without Austria (EI 3.9.1) *Taux de perte : 5%*[19] Deep drawing, steel, 3500 kN press, automode - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 10%*[19] Aluminium : Sheet rolling , aluminium - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 1.2%*[19] Deep drawing, steel, 3500 kN press, automode - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 10%*[19]
Bouchon en PEHD pour bouteilles en PET	6	**1.2 g**	**3.29 g**	**2 g**	Polyethylene production, high density, granulate – RER (EI 3.9.1)	Injection moulding- RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 0.6%*[19]
Couvercle en acier pour pot en verre	7	**8.9 g/L**	**56.5 g/L**	**40 g/L**	Steel production, converter, unalloyed - RER (EI 3.9.1)	Hot rolling, steel - Europe without Austria (EI 3.9.1) *Taux de perte: 5%*[19] Sheet rolling, steel – RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 1.2%*[19]

Type de système de fermeture	Scénario concerné	Masse** - Valeur minimale	Masse** - Valeur maximale	Masse** - Valeur cas illustratif	Inventaire de production	Inventaire de transformation
						Deep drawing, steel, 3500 kN press, automode - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 10%*[19]
Opercule en PET et en aluminium pour pot en polystyrène	7	**2.1 g/L**	**13 g/L**	**4.2 g/L**	73.6% Polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RER (EI 3.9.1) 21.4% polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RoW (EI 3.9.1) **Polyethylene production, high density, granulate, recycled – Europe without Switzerland (EI 3.9.1) 5% Aluminium : Market for aluminium, primary, ingot - RER (EI 3.9.1)	PET : Extrusion, plastic film - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 2.5%*[19] Aluminium : Sheet rolling , aluminium - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 1.2%*[19]
Couvercle en PEHD pour barquette en verre réemployable***	8, 9	**28 g/L**	**121 g/L**	**61.5 g/L**	Polyethylene production, high density, granulate – RER (EI 3.9.1)	Extrusion of plastic sheets and thermoforming, inline - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 0.3%*[19]
Couvercle en PP pour barquette à usage unique	8, 9	**5 g/L**	**23.4 g/L**	**14 g/L**	Polypropylene production, granulate– RER (EI 3.9.1)	100% : Injection moulding - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 0.6%*[19]
Hybride PEHD, acier, aluminium, liège pour bouteilles en verre	10	**1.4 g**	**4.3 g**	**2 g**	25% Polyéthylène : Polyethylene production, high density, granulate – RER (EI 3.9.1) 25% Acier : Steel production, converter, unalloyed - RER (EI 3.9.1) 25% Aluminium : Market for aluminium, primary, ingot - RER (EI 3.9.1) 25% Liège : Cork slab production - RER (EI 3.9.1)	PEHD : Injection moulding - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 0.6%*[19] Acier : Hot rolling, steel - Europe without Austria (EI 3.9.1) *Taux de perte : 5%*[19] Deep drawing, steel, 3500 kN press, automode - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 10%*[19] Aluminium : Sheet rolling , aluminium - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 1.2%*[19]
Face supérieure de canette en aluminium	10	**Intégrée à la masse de l'emballage primaire**			Market for aluminium, primary, ingot - RER (EI 3.9.1) * 50% Treatment of aluminium scrap, new, at remelter – RER (EI 3.9.1) * 50% Treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at remelter – RER (EI 3.9.1)	80.15% : Sheet rolling , aluminium - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 1.2%*[19] 18.85% : Cast iron production - RER (EI 3.9.1)

Tableau 19 : Données liées à la production des systèmes de fermeture (volet B1 – Scénarios 6 à 10)

** Inventaires correspondants aux matériaux recyclés*

*** Contrairement aux masses d'emballages primaires, les masses des systèmes de fermeture ne sont pas soumises à un facteur d'augmentation de masse liée au réemploi (y compris pour les systèmes de fermeture réemployables pour barquettes, dont les valeurs ont été identifiées à partir de systèmes de fermetures permettant un réemploi). Pour les emballages de boissons (scénarios 6 et 10), il est considéré une masse de système de fermeture exprimée en **g**, indépendante du volume contenu. Les valeurs de masses modélisées sont donc basées sur les masses de bouchons échantillonnées, sans prise en compte des volumes des emballages primaires associés. Dans le cas des barquettes et pots (scénarios 7, 8 et 9), il est estimé que la masse du système de fermeture est corrélée au volume contenu (du fait de la plus grande surface de l'ouverture de ces typologies d'emballages). Les masses des systèmes de fermeture échantillonnés ont donc été ramenées au **g/L**.*

**** Pour chaque itération de calcul, le nombre d'utilisations du système de fermeture des barquettes réemployables modélisées pour les scénarios 8 et 9 est considéré égal à celui de l'emballage primaire (voir Tableau 16).*

Les systèmes de fermeture modélisés pour les bouteilles en verre sont basés sur une combinaison hybride des types de systèmes de fermeture les plus couramment observés dans la littérature et observations de terrain, à savoir :

- Une capsule en acier
- Un bouchon en aluminium

- Un bouchon en PEHD
- Un bouchon de liège (scénario 10 uniquement)

Les valeurs minimale, maximale et médiane considérées pour le système de fermeture de ces emballages sont donc basées sur des données collectées pour ces différents types de systèmes de fermeture (la masse modélisée n'est pas spécifique au type de bouchon). Par défaut, la répartition entre les types de bouchons est la suivante :

- 25% d'acier, 25% d'aluminium, 25% de liège, 25% de PEhd pour le scénario 10 ;
- 1/3 d'acier, 1/3 d'aluminium et 1/3 de PEhd pour le scénario 6 (hypothèse). L'exclusion du liège dans le cadre du scénario 6 découle des typologies de produits concernées par ce scénario (voir Tableau 13), qui n'impliquent pas l'utilisation de tels systèmes de fermeture (contrairement aux bières, incluses dans le scénario 10).

Le système de fermeture modélisé pour les pots en PS à usage unique correspond à un mélange de 95% de PET et de 5% d'aluminium, proportion basée sur des hypothèses formulées par RDC Environment en l'absence de données industrielles à disposition. Ces données ont été ensuite validées par le Comité de Suivi et le Panel de revue critique de l'étude. Les systèmes de fermeture comprenant du papier/carton n'ont pas été considérés dans la collecte de données.

Note : pour des raisons de simplification et d'interprétation des résultats, les systèmes de fermeture des boîtes de conserve en acier – constitués eux-mêmes d'acier– sont inclus dans la phase de production de l'emballage primaire.

Type de système de fermeture	Scénario concerné	Masse** - Valeur minimale	Masse** - Valeur maximale	Masse** - Valeur cas illustratif	Inventaire de production	Inventaire de transformation
Bouchon en PEHD pour bouteilles en PET	11, 12, 13	**1.2 g**	**3.29 g**	**2 g**	Polyethylene production, high density, granulate – RER (EI 3.9.1)	Injection moulding- RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 0.6%*[19]
Bouchon en PEHD pour bonbonnes en PET	12	**0.5 g/L** ***	**2.3 g/L** ***	**1.4 g/L** ***		
Couvercle en acier pour bouteilles	12, 13	**4.4 g**	**8 g**	**5 g**	Steel production, converter, unalloyed - RER (EI 3.9.1)	Acier : Hot rolling, steel - Europe without Austria (EI 3.9.1) *Taux de perte : 5%*[19] Deep drawing, steel, 3500 kN press, automode - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 10%*[19]
Couvercle en acier pour pot en verre	14	**8.9 g/L**	**67 g/L**	**40 g/L**		Hot rolling, steel - Europe without Austria (EI 3.9.1) *Taux de perte : 5%*[19] Sheet rolling, steel – RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 1.2%*[19] Deep drawing, steel, 3500 kN press, automode - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 10%*[19]

Tableau 20 : Données liées à la production des systèmes de fermeture (volet B2 – Scénarios 11 à 14)

** Inventaires correspondants aux matériaux recyclés*

*** Contrairement aux masses d'emballages primaires, les masses des systèmes de fermeture ne sont pas soumises à un facteur d'augmentation de masse liée au réemploi (y compris pour les systèmes de fermeture réemployables pour barquettes, dont les valeurs ont été identifiées à partir de systèmes de fermetures permettant un réemploi). Pour les emballages de boissons (scénarios 11 à 13), il est considéré une masse de système de fermeture exprimée en **g**, indépendante du volume contenu. Les valeurs de masses modélisées sont donc basées sur les masses de bouchons échantillonnées, sans prise en compte des volumes des emballages primaires associés. Pour les boîtes et pots (scénario 14), il est estimé que la masse du système de fermeture est corrélée au volume contenu (du fait de la plus grande surface de l'ouverture de ces typologies d'emballages). Les masses des systèmes de fermeture échantillonnés ont donc été ramenées au **g/L**.*

**** En l'absence de données suffisamment nombreuses concernant les masses de systèmes de fermeture pour bonbonnes, la collecte de données a été étoffée via des bouchons de bidons et bouteilles à large volume pour le*

conditionnement de produits divers (eaux, huiles…). Il est considéré que les masses collectées étaient représentatives de celles des systèmes de fermeture des bonbonnes, dont le format du goulot est similaire. Les masses échantillonnées ont ensuite été ramenées au litre de produit transporté en bonbonnes, pour être représentatives des impacts d'une unité fonctionnelle.

Il est à noter que les valeurs de masse déterminées à chaque itération de calcul au sein des gammes présentées pour les systèmes de fermeture sont indépendantes des valeurs de masses obtenues pour l'emballage primaire (bien qu'en situation réelle, ces deux paramètres soient probablement corrélés). Toutes les combinaisons "masse de système de fermeture/masse d'emballage primaire" sont donc possibles au sein des itérations de calcul, y compris de valeurs extrêmes opposées pour ces deux paramètres, qui ne seraient pas représentatives de situations réelles. Il est cependant à considérer que les itérations de calcul liées à de telles combinaisons n'influencent pas les comparaisons effectuées entre options d'emballage, ou l'identification de points de changements de conclusions. En effet, pour les paramètres influençant significativement les résultats, les valeurs extrêmes pourront être isolées et interprétées via une sous-scénarisation des résultats. Le cas échéant, il sera ainsi possible de générer des points de basculement incluant ou excluant ces valeurs extrêmes. Elles pourront par ailleurs être identifiées graphiquement, lorsque pertinent, à travers les graphes de résultats produits (voir section 6).

7.3.1.3. Taux d'incorporation de matière recyclée

Les taux d'incorporation de matière recyclée pour les emballages primaires et leurs systèmes de fermeture sont repris dans le Tableau 21.

Emballage ou élément d'emballage	Scénarios concernés	Taux d'incorporation de matière recyclée R1 (%) – valeur minimale	Taux d'incorporation de matière recyclée R1 (%) – valeur maximale	Taux d'incorporation de matière recyclée R1 (%) – cas illustratif	Sources	
					Valeur minimale de R1	Valeur maximale de R1
Bouteille en verre blanc	6, 12, 13	**20%***	**50%***	**50%**	Valeur issue des Comités de Suivi (COSUI)	
Bouteille en verre blanc, brun ou vert	10	**20%***	**90%***	**90%**	Valeur issue des Comités de Suivi (COSUI)	
Pot/bocal en verre blanc	7, 14	**0%***	**40%***	**40%**	Valeur issue des Comités de Suivi (COSUI)	
Barquette de restauration en verre blanc	8, 9	**0%***	**40%***	**40%**	Valeur issue des Comités de Suivi (COSUI)	
Bouteille en PET à usage unique	6, 11, 12, 13	**0%****	**100%****	**25%**	Valeur issue des Comités de Suivi (COSUI)	
Bouteille en PET réemployable	11	**0 %****		**0 %**	Hypothèse ADEME suite aux retours COSUI	
Bonbonne en PET réemployable	12	**0 %****		**0 %**	Hypothèse ADEME suite aux retours COSUI	
BiB (portion plastique)	13	**0 %****		**0 %**	Pas d'incorporation de recyclé à ce jour afin de garantir le contact alimentaire	
BiB (portion cartonnée)	13	**47 %**		**47 %**	Annexe C du PEF	
Pot en PS	7	**0%**		**0%**	Pas d'incorporation de recyclé à ce jour afin de garantir le contact alimentaire	
Barquette en PP et son système de fermeture	8, 9	**0%**		**0%**	Pas d'incorporation de recyclé à ce jour afin de garantir le contact alimentaire	
Canette en aluminium et son système de fermeture	10	**42%**	**53%**	**44.6%**	Annexe C du PEF	Ministère de la transition écologique et solidaire et Ministère de l'économie et des finances (2020) *"Les Filières de Recyclage de Déchets en France Métropolitaine"* - page 12
Boîte de conserve en acier et son système de fermeture	14	**10 %**	**25 %*****	**25 %**	ADEME (2023) « *Etude du potentiel d'amélioration du recyclage des métaux en France* » - page 19	
PEhd (système de fermeture)	6, 10, 11, 12, 13	**0%*****		**0%**	Pas d'incorporation de recyclé à ce jour afin de garantir le contact alimentaire	
Acier (système de fermeture)	6, 7, 10, 12, 13	**8%**		**8%**	PEFCR Packed water	

Aluminium (système de fermeture)	6, 10	**0%**	**53%**	**44.6%**	Quantis (2022) *"Comparative life cycle assessment of different water containers in France"* - Page 67	Annexe C du PEF
Liège (système de fermeture)	10	**0%**		**0%**	Annexe C du PEF	
PEbd (système de fermeture)	7	**0%**		**0%**	Annexe C du PEF	

Tableau 21 : Valeurs de taux d'incorporation de recyclé pour les emballages primaires et leurs systèmes de fermeture

** Les valeurs de R1 fixées pour les emballages en verre découlent d'informations remontées par des acteurs sectoriels (notamment FEDEVERRE, SESEMN et MEMN), et ont été validées collégialement en Comité de Suivi. Il a notamment été évoqué que les taux d'incorporation de matière recyclée sont typiquement plus faibles pour le verre blanc (à fortiori pour les pots, bocaux et barquettes) que pour les verres colorés. Les scénarios 6, 12 et 13 concernant par ailleurs préférentiellement les eaux, les sodas et les jus (voir Tableau 13), les taux spécifiques associés au verre blanc sont considérés.*

*** Lors des échanges réalisés en Comité de Suivi auprès des acteurs sectoriels, il a été évoqué que les taux d'incorporation de matière recyclée dans les bouteilles en PET étaient sujets à une grande variabilité dans l'industrie, en fonction des producteurs et des catégories de produits notamment. Une gamme de 0-100% a donc été retenue en accord avec le Comité de Suivi, permettant de représenter toutes les réalités de terrain possibles. Il a cependant été précisé qu'une incorporation de matière recyclée trop conséquente limitait le nombre de cycles de réemploi possibles pour les bouteilles et bonbonnes en PET réemployables du fait de l'apparition de fissures et dégradations après des nombres de rotations plus faibles. Pour ne pas générer de situations hybrides contradictoires avec les nombres d'utilisations modélisés pour ces emballages (jusqu'à 20) et dans une optique conservatrice, il a été décidé de considérer des taux de R1 à 0% pour ces emballages.*

**** Sur base des retours formulés par les industriels lors du COSUI restreint consacré aux boîtes aciers, il est considéré d'utiliser une borne maximale de **58%** pour l'itération de calcul finale de l'étude. Une analyse de sensibilité a été réalisée en section 8.14 afin d'évaluer l'influence d'un taux d'incorporation de matière recyclée plus important sur les résultats de comparaison entre les deux options d'emballage*

7.3.2. Emballage de transport

Les emballages de transport consistent :

- soit en une palettisation standard, réalisée via une palette en bois, un film de palettisation en PEBD et l'utilisation d'intercalaires en carton,
- soit en des palox ou caisses en PEHD utilisées pour le transport retour des emballages primaires vides sans emballages de regroupement réemployables.

Les masses et dimensions (ici par palette, et non par litre transporté) de ces éléments ainsi que leur contenu en matière recyclée et les inventaires utilisés pour modéliser leur production sont repris dans le *Tableau 22.*

Emballage de transport	Masse par emballage de transport (g)	Dimensions	Poids de charge maximal (kg)	Hauteur de charge maximale (cm)	Taux d'incorporation de matière recyclée R1 (%)	Inventaire de production	Inventaire de transformation
Palette en bois	**25 000**	**800 mm x 1200 mm**	**1 500**	**180**	**0%** [61]	EUR-flat pallet production - RER (EI 3.9.1)	
Film de palettisation en PEBD	**187-265**	/	/	/	**0 – 100%** [68] **	polyethylene production, low density, granulate– RER (EI 3.9.1) *polyethylene production, high density, granulate, recycled – RER (EI 3.9.1)	Extrusion, plastic film - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 2.5%*[19]
Intercalaires en carton	**3 900**	/	/	/	**47%** [61]	Containerboard production, linerboard, kraftliner - RER (EI 3.9.1) *Containerboard production, linerboard, testliner – RER (EI 3.9.1)	
Caisse en PEhd ***	**48 – 325 g/L** (cas illustratif = 207g) [68, 99]	/	**Inconnue**	/	**0%** [61]	polyethylene production, high density, granulate– RER (EI 3.9.1)	Injection moulding - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 0.6%*[19]
Palox	**37 000**	**1000 mm x 1200 mm**	**Non limitant (utilisé uniquement pour des emballages primaires vides)**	**152**	**0%** [61]	polyethylene production, high density, granulate– RER (EI 3.9.1)	Injection moulding - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 0.6%*[19]

Tableau 22 : Données liées aux emballages de transport

** Inventaires correspondants aux matériaux recyclés*

*** La gamme de R1 fixée pour le film de palettisation en PEbd découle d'une variabilité élevée des cas de figure rencontrés sur le terrain, sur base de retours d'acteurs sectoriels présents en Comité de Suivi. Pour traduire cette variabilité et l'incertitude qui l'accompagne, une gamme large a donc été établie. La valeur de cas illustratif pour ce paramètre est fixée à 50%.*

**** Spécifiquement dans le cadre du scénario 9, une caisse en PEhd a été modélisée pour l'étape de transport modélisé vers et depuis les centres de lavage dédiés pour les barquettes réemployables. Cette caisse est réemployable et un nombre d'utilisations variant aléatoirement entre 10 et 50 est modélisé. Aucune donnée de terrain n'a pu être collecté quant aux poids de charge maximaux des caisses utilisées pour le transport de barquettes en verre. Du fait de l'empilabilité des barquettes, il est cependant considéré qu'il est impossible d'occuper tout le volume de ces caisses avec des barquettes en verre. Cette contrainte a été considérée lors de l'établissement du facteur de désoptimisation sur les taux de chargement (voir section 7.5.1.2.2).*

Un recours à du film de palettisation en PEbd et aux intercalaires en carton est modélisé pour toutes les étapes impliquant une palettisation, à savoir :

- Le transport des emballages neufs vides vers le conditionneur,
- La distribution des emballages pleins vers les centres de distribution, puis vers les magasins et établissements CHR,
- Le transport retour des emballages réemployables vides vers le centre de distribution, et vers le centre de lavage dédié éventuel,
- Le transport retour des emballages réemployables vides vers le conditionneur.

En pratique, plusieurs types de films de palettisation (housses thermorétractables, coiffes...) peuvent être considérés selon les fonctions requises du conditionnement lors des étapes de transport spécifiques. Dans cette étude, la modélisation du film de palettisation en PEbd est la même pour toutes les étapes de transport. La gamme de valeurs fixée pour la masse de ce film de palettisation est basée sur le "Panorama des poids de référence des emballages industriels" publié par Valipac[106]. La valeur minimale de cet intervalle correspond à une hauteur d'enroulement moyenne (140 cm) et à un nombre d'enroulements moyens (approche conservatrice) ; la valeur maximale correspond quant à elle à une hauteur d'enroulement maximale et à un nombre d'enroulements jugé élevé.

7.3.3. Emballages de regroupement

Les masses des différents emballages de regroupement, ramenées à un litre de contenu transporté, sont présentées dans le ***Erreur ! Aucun nom n'a été donné au signet.***, ainsi que leur contenu en matière recyclée et les données d'inventaire utilisées pour modéliser leur production et leur transformation.

Type d'emballage de regroupement	Scénarios concernés	Masse par volume de contenu (g/L) - Valeur minimale	Masse par volume de contenu (g/L) - Valeur maximale	Masse par volume de contenu (g/L) - Valeur cas illustratif	Taux d'incorporation de matière recyclée R1 (%)	Inventaire de production	Inventaire de transformation
Film d'emballage en PEbd avec ruban adhésif pour boissons	6, 10, 11, 12, 13, 14	**0.875**	**4**	**1.6**	**0%** [12]	PEBD : polyethylene production, low density, granulate – RER (EI 3.9.1) Ruban adhésif : 50% Oriented polypropylene film E - RER (EI 3.9.1); 50% Acrylic binder, without water, in 34% solution state - RER (EI 3.9.1)	Extrusion, plastic film - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 2.5%*[19]
Collerette en carton et carton de regroupement pour boissons *(analyse de sensibilité)*	10	**8.7**	**51.2**	**14.5**	**47%** [61]	Containerboard production, linerboard, kraftliner - RER (EI 3.9.1) *Containerboard production, linerboard, testliner – RER (EI 3.9.1)	
Collerette en carton et carton de regroupement pour pots	7	**15**	**22**	**19**	**47%** [61]	Containerboard production, linerboard, kraftliner - RER (EI 3.9.1) *Containerboard production, linerboard, testliner – RER (EI 3.9.1)	
Caisse en carton pour bouteilles	6, 11 (*analyse de sensibilité*** *)	**38**	**100**	**48.55**	**47%** [61]	Containerboard production, linerboard, kraftliner - RER (EI 3.9.1) *Containerboard production, linerboard, testliner – RER (EI 3.9.1)	
Caisse en carton pour barquettes en verre **	8 et 9	**4**	**10**	**7**	**47%** [61]	Containerboard production, linerboard, kraftliner - RER (EI 3.9.1) *Containerboard production, linerboard, testliner – RER (EI 3.9.1)	

Type d'emballage de regroupement	Scénarios concernés	Masse par volume de contenu (g/L) - Valeur minimale	Masse par volume de contenu (g/L) - Valeur maximale	Masse par volume de contenu (g/L) - Valeur cas illustratif	Taux d'incorporation de matière recyclée R1 (%)	Inventaire de production	Inventaire de transformation
Caisse en carton pour barquettes en plastique **	8 et 9	**2**	**4**	**3**	**47%** [61]	Containerboard production, linerboard, kraftliner - RER (EI 3.9.1) *Containerboard production, linerboard, testliner – RER (EI 3.9.1)	
Film de regroupement en PEbd à usage unique pour barquettes	8 et 9	**1**	**1**	**1**	**0%** [12]	PEBD : polyethylene production, low density, granulate – RER (EI 3.9.1)	Extrusion, plastic film - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 2.5%*[19]
Caisse en PEHD pour bouteilles en PET réemployables	11 ***	**111**	**312.5**	**207**	**0-50%** [61]	Polyethylene production, high density, granulate – RER (EI 3.9.1)	Injection moulding – RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 0.6%*[19]

Tableau 23 : Données liées à la production des emballages de regroupement

** Inventaires correspondants aux matériaux recyclés*

*** En l'absence de données de terrain, la masse de carton associée au transport des barquettes lors de l'étape de distribution (uniquement en amont de la première utilisation) a été estimée sur base d'hypothèses sur le ratio volumique des barquettes, et des abaques de masses de carton proposés par Valipac[106] (du carton double ondulation est considéré pour le transport des barquettes en plastique empilables, du carton triple ondulation est considéré pour le transport des barquettes en verre empilables).*

**** Le choix de l'emballage de regroupement pour les bouteilles réemployables en PET s'est porté sur une caisse en PEhd réemployable et consignée, à l'instar d'initiatives de réemploi en place à l'étranger, et de systèmes de réemploi du verre actuellement en place en France. Outre cette modélisation, une analyse de sensibilité considérant un emballage de regroupement sous la forme d'un carton à usage unique a été considérée (sur base des valeurs de cas illustratifs) et est présentée en section 8.14.2.*

Plusieurs types principaux d'emballages en carton sont considérés comme emballages de regroupement, selon les emballages primaires considérés. Sont distingués :

- Les collerettes en carton et cartons de regroupement partiels plus légers et moins solides, typiquement utilisés pour des pots de yaourts ou des petites bouteilles (volumes inférieurs à 50 cL). Il est considéré que ces emballages sont plus appropriés pour les typologies de produits couvertes par les scénarios 7 et 10.
- Les caisses en carton, plus robustes, qui permettent le transport de bouteilles plus lourdes, plus nombreuses, et/ou de volumes plus importants. Ces caisses sont considérées plus pertinentes pour le scénario 6.

Les choix de modélisation associés aux emballages de regroupement en carton ont fait l'objet de discussions et de validations par les membres du Comité de Suivi de l'étude.

Deux options sont considérées pour les canettes en aluminium : un petit carton de regroupement, et un film PEbd. En cas de base, l'emballage en PEbd est étudié. L'influence du recours à un emballage de regroupement en carton à usage unique (collerette) est cependant évaluée en analyse de sensibilité (voir section 6.8).

Les emballages primaires n'étant pas conditionnés via un emballage de regroupement (tels que les barquettes de restauration en scénarios 8 et 9) sont néanmoins conditionnés et transportés à travers une palettisation (décrite dans le *Tableau 22*).

Il est à noter que les valeurs de masse déterminées à chaque itération de calcul au sein des gammes présentées pour les emballages de regroupement sont indépendantes des valeurs de masses obtenues pour l'emballage primaire (bien qu'en situation réelle, ces deux paramètres puissent être corrélés). Toutes les combinaisons "masse d'emballage de regroupement/masse d'emballage primaire" sont donc possibles par itération de calcul, y compris de valeurs extrêmes opposées pour ces paramètres.

7.4. Fontaines pour reremplissage (scénarios 12 et 13)

En l'absence de données de terrain robustes à ce sujet, la modélisation des infrastructures associées aux fontaines pour reremplissage découle de la modélisation des infrastructures RVM considérées pour la déconsignation des emballages réemployables (voir section 7.5.3.1). Certains ajustements ont été réalisés concernant :

- le poids et le dimensionnement de la machine (jugée plus petite que les unités RVM car ne devant pas contenir et stocker des emballages vides)
- sa composition : il est considéré une répartition massique de 97% d'acier, 1% de cuivre et 1% de carte imprimée (pour modéliser l'électronique associée au fonctionnement de la fontaine), et 1% de plastique (approximé avec du polyéthylène)
- le débit journalier d'emballages pour lesquels elle est mobilisée.

Processus	Modélisation	Inventaires utilisés	Sources
Consommation électrique (par UF)	0.05 – 0.015 kWh *	Market for electricity, low voltage – FR (EI3.9.1)	68
Production de la fontaine	48.5 kg d'acier	Production : Acier : Steel production, converter, unalloyed - RER (EI 3.9.1) Transformation : Hot rolling, steel - Europe without Austria (EI 3.9.1) *Taux de perte : 5%* Deep drawing, steel, 3500 kN press, automode - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 10%*	68, 87,88, 92, 93
	0.5 kg de cuivre	Metal working, average for copper product manufacturing – RER (EI 3.9.1) *	
	0.5 kg de composants électroniques (via carte(s) imprimée(s))	Printed wiring board production, surface mounted, unspecified, Pb free – GLO (EI 3.9.1)	
	0.5 kg de plastique	Production : Polyethylene production, low density, granulate– RER (EI 3.9.1) Transformation : Extrusion, plastic film - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 2.5%*	
Durée de vie de la fontaine	5 - 10 ans	/	68
Nombre d'emballages déconsignés par jour	50 emballages (volume moyen = 1 L)	/	

Tableau 24 : Modélisation des fontaines pour reremplissage (scénarios 12 et 13)

**Inventaire adapté pour tenir compte d'un traitement et d'un recyclage européens des pertes de production.*

Tel qu'explicité dans la section concernant les procédés exclus de la modélisation (voir section 5.5.4), la gazéification des boissons via capsules de CO_2 (scénarios 12 et 13) ainsi que le processus de filtration d'eau de ville utilisée pour diluer les sirops et concentrés (scénario 13) n'ont pas été modélisés, car leurs impacts sont considérés comme étant alloués au produit emballé, et non à son contenant. Par ailleurs, il est estimé que ces impacts sont équivalents entre options réemployables et options à usage unique (bien qu'ayant lieu sur des sites de remplissage différents), une fois ramenés à l'unité fonctionnelle.

7.5. Données logistiques

Le champ de l'étude et la logistique modélisée ne tiennent compte que d'un transport routier via camions. Ainsi, la modélisation d'un transport en train n'a pas été considérée.

Un récapitulatif des données logistiques modélisées pour les différents scénarios est repris en section 7.8.2.

7.5.1. Modélisation du transport camion

Les impacts environnementaux du transport par camion comprennent :

- Les émissions liées à la production et à l'approvisionnement de carburant ;
- Les émissions directes lors de la combustion du carburant,
- Les infrastructures.

7.5.1.1. Infrastructures de transport

L'inventaire de cycle de vie des infrastructures est défini pour un camion moyen et est exprimé en v.km (véhicule x kilomètres). L'ICV est basé sur le rapport n°14 d'ecoinvent – Transport.

Les infrastructures incluses sont la production du camion, son entretien et sa fin de vie ainsi que la fabrication des routes, leur entretien et leur fin de vie.

7.5.1.2. Taux de chargement des camions

7.5.1.2.1. Notion de ratio volumique

En vue de calculer les taux de chargement des camions pour différentes situations d'emballages, la notion de ratio volumique est prise en compte. En ce sens, pour chaque option (réemployable ou à usage unique de chaque scénario), il est déterminé quel emballage limite par ses dimensions le nombre d'UVC palettisées et le chargement des camions. Pour tous les scénarios présentant un emballage de regroupement, c'est ce dernier qui est considéré comme limitant. Pour les autres scénarios, les dimensions de l'emballage primaire sont considérées.

Ainsi le volume de l'emballage considéré est mesuré, et divisé par le volume de produit transporté par son biais, pour être ramené à l'UF (1 L d'UVC) :

Ratio volumique d'un emballage = Volume de l'emballage (en L) / Volume de produit transporté (en L)

Par exemple : une caisse en carton de dimensions *22cm x 17 cm x 28 cm* transportant 6 bouteilles de 0.75 L occupera un volume de 10.5 L, et son ratio volumique sera de 2.33 L/litre de boisson (ou *10.5/(0,75x6)*). *In fine*, le ratio volumique a pour vocation d'estimer le volume occupé par camion par rapport au volume de produit transporté.

Le Tableau 25 et le Tableau 26 reprennent les gammes de valeurs considérées pour les taux de chargement associés au transport des différents emballages primaires (vides et remplis) calculés à partir des gammes de valeurs de masse, de palettisation, et de ratios volumiques. Les données collectées ayant permis de déterminer certaines des gammes de valeurs présentées sont reprises dans l'Annexe 8 (section 11.8).

Type d'emballage	Scénarios concernés	Ratio volumique (L/L)		
		Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur "cas illustratif" **
Bouteille en verre avec caisse en carton	6	2.5[68]	2.9[68]	2.64
Bouteille en verre avec collerette en carton ou petit carton de regroupement	10	1.9[68]	2.9[68]	2.2
Bouteille en verre transportée en palox ***	6 et 10	1.5	3	2.3
Pot en verre avec petit carton de regroupement	7	1.9[68]	2.9[68]	2.2

Type d'emballage	Scénarios concernés	Ratio volumique (L/L)		
		Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur "cas illustratif" **
Pot en verre transporté en palox ***	7	1.5	3	2.3
Barquette de restauration en verre *	8 et 9	0.3[68]	0.5[68]	0.4
Bouteille en PET avec film PEbd	6	1.33[68]	3.1[68]	2.2
Canettes en aluminium avec film PEbd	10	1.33[68]	2[68]	1.7
Canettes en aluminium avec collerette en carton	10	1.9[68]	2.9[68]	2.4
Barquette de restauration en polypropylène *	8 et 9	0.1[68]	0.3[68]	0.2

Tableau 25 : Gammes de valeurs considérées pour les ratios volumiques et taux de chargement des emballages (volet B1 – Scénarios 6 à 10)

** Il est considéré que les barquettes de restauration (aussi bien celles en polypropylène que leurs alternatives réemployables en verre) sont empilables, aussi bien lors de leur acheminement vers les établissements CHR que lors de leur acheminement vers les centres de lavage. Un ratio volumique supérieur pour l'option réemployable est cependant considéré, l'épaisseur de l'emballage primaire en verre étant considérée sensiblement supérieure à celle de l'emballage primaire à usage unique (affectant de fait le ratio volumique des emballages après empilement).*

*** Les valeurs fixées en cas illustratif résultent des médianes de l'échantillon collectées pour les cartons et films PEbd de regroupement, et de la moyenne des bornes définies pour les transports en palox et les barquettes de restauration (à défaut d'une collecte de données suffisamment fournie).*

**** Le ratio volumique lié au transport par palox résulte d'une hypothèse posée par RDC Environment. L'agencement des emballages primaires au sein des palox est variable, mais il est estimé que le transport par palox est plus optimisé qu'un transport en caisse HDPE, bien qu'analogue à celui-ci quant à son format. Il est ainsi considéré qu'une gamme de valeurs allant de 1.5 L/L à 3 L/L englobera la majorité des situations réelles.*

Sur base du format de ces emballages et de la contribution très faible du film PEbd au volume transporté, les bornes liées au ratio volumique des canettes regroupées via film PEbd sont considérées identiques à celles des pots transportés sans emballage de regroupement (par exemple lors du transport retour des pots réemployables). Celles des canettes regroupées via une collerette en carton sont quant à elles identiques à celles fixées pour les bouteilles transportées via collerettes en carton.

Type d'emballage	Scénarios concernés	Ratio volumique (L/L)		
		Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur "cas illustratif" **
Bouteille en PET avec film PEbd	11, 12, 13	1.33[68]	3.1[68]	2.2
Bouteille en PET avec caisse de regroupement en PEhd ***	11	1.9[68]	5[68]	3.8
Bouteille en verre transportée en palox ****	12, 13	1.5	3	2.3

Type d'emballage	Scénarios concernés	Ratio volumique (L/L)		
		Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur "cas illustratif" **
Bouteille en verre sans emballage de regroupement	12, 13	1.33[68]	3.1[68]	2.2
Bonbonne en PET sans emballage de regroupement	12	1.33[68]	2.5[68]	1.9
Bag-in-box *	13	/	/	/
Pot en verre sans emballage de regroupement	14	1.33[68]	2[68]	1.65
Boîte de conserve en acier sans emballage de regroupement	14	1.33[68]	2[68]	1.65

Tableau 26 : Gammes de valeurs considérées pour les ratios volumiques et taux de chargement des emballages (volet B2 – Scénarios 11 à 14)

** Les produits étant transportés sous forme de concentré dans le cas de l'option réemployable du scénario 13, il est considéré une « empilabilité » optimale des bag-in-box lors de la palettisation et un taux de chargement massique des camions de 100%, et le ratio volumique précis occupé par litre équivalent de boisson n'est pas estimé.*

*** Les valeurs fixées en cas illustratif résultent des médianes de l'échantillon collectées pour les cartons et films PEbd de regroupement, et de la moyenne des bornes définies pour les transports en palox (à défaut d'une collecte de données suffisamment fournie).*

**** Le ratio volumique associé aux caisses en PEHD pour regroupement des bouteilles en PET réemployables a été déterminé par proxy sur base de caisses en PEHD utilisées pour des bouteilles en verre.*

***** Le ratio volumique lié au transport par palox résulte d'une hypothèse posée par RDC Environment. L'agencement des emballages primaires au sein des palox est variable, mais il est estimé que le transport par palox est plus optimisé qu'un transport en caisse HDPE, bien qu'analogue à celui-ci quant à son format. Il est ainsi considéré qu'une gamme de valeurs allant de 1.5 L/L à 3 L/L englobera la majorité des situations réelles.*

Sur base du format de ces emballages et de la contribution très faible du film PEbd au volume transporté, les bornes liées au ratio volumique des canettes regroupées via film PEbd sont considérées identiques à celles des pots transportés sans emballage de regroupement (par exemple lors du transport retour des pots réemployables).

7.5.1.2.2. Facteur de désoptimisation lié à des contraintes logistiques

Afin de caractériser et de tenir compte d'écarts à un taux de chargement volumique maximal (100%) des camions, un facteur de désoptimisation a été appliqué aux taux de chargement volumiques considérés pour les camions modélisés.

En situation réelle, un certain nombre de facteurs peuvent empêcher de remplir les camions au maximum de leur capacité de chargement volumique, notamment :

- Des demandes plus ponctuelles, plus fréquentes, ou plus spécifiques de certaines surfaces de vente quant à leur approvisionnement (notamment de plus petite taille), qui ne permettent pas toujours de remplir les camions les fournissant depuis les centres de distribution.
- Une capacité de stockage plus faible associée à des étapes logistiques spécifiques (par exemple à l'échelle des points de vente, dans le cadre du trajet retour des emballages primaires vides) qui ne permettent pas toujours d'attendre que le stock accumulé suffise à remplir un camion.
- Des formats ou dimensions d'emballages (de regroupement ou de transport notamment) qui ne permettent pas d'atteindre un optimum de 100%, du fait d'espaces inoccupés dans le camion.

Le facteur de désoptimisation modélisé pour chaque étape de transport et chaque situation logistique est donc appliqué à un taux de chargement volumique de 100%. En pratique, le taux de chargement volumique appliqué est donc égal au facteur de désoptimisation considéré, et est ensuite utilisé pour calculer le taux de chargement massique du camion (voir le point 7.5.1.2.3 sur la logique de détermination de ce taux).

Les valeurs prises par ce facteur de désoptimisation (FD) sont présentées dans le Tableau 27.

Trajet considéré	Scénario concerné	Charge utile du camion	FD – Aller amont	FD – Aller aval	FD – Retour aval	FD – Retour amont
Approvisionnement des emballages – site de remplissage	Tous	24 t	95%	NC	NC	95%
Site de remplissage – centre de distribution	Tous	24 t	95%	NC	NC	50% ou 95%
Centre de distribution – CHR	8, 9	7.5 t	NC	90%	Logistique inverse	NC
Centre de distribution – commerce *	Tous sauf 8 et 9	24 t – 40% (hypermarchés)	NC	95%	Logistique inverse	NC
		14 t – 35% (supermarchés – surfaces intermédiaires)	NC	70% ou 85%	Logistique inverse	NC
		7.5 t – 25% (magasins de proximité)	NC	70% ou 85%	Logistique inverse	NC
Autres **	Tous	24 t	95%			

Tableau 27 : Valeurs du facteur de désoptimisation (FD) lié aux contraintes logistiques, selon les étapes de transport

** La réflexion derrière l'identification des proportions associées aux différents types de camions est explicitée à la section 7.5.2.2.*

*** La mention "Autres" fait notamment référence au transport des barquettes réemployables vers et depuis le centre de lavage dans les scénarios 9, 12 et 13 (explicités plus bas), ainsi qu'à tous les transports associés à la fin de vie des emballages (dont la modélisation fait l'objet d'un point spécifique dans la section 7.7.4).*

Les termes repris dans le tableau ci-dessus sont définis comme tel :

- Trajet “aller amont ” – Transport des emballages primaires (à usage unique ou réemployables) remplis depuis le site de remplissage vers le centre de distribution
- Trajet “aller aval” – Transport des emballages primaires (à usage unique ou réemployables) remplis depuis le site de remplissage vers le point de vente (commerce ou CHR)
- Trajet “retour aval” – Transport des emballages primaires vides (réemployables uniquement) entre le point de vente et le centre de distribution.
- Trajet “retour amont” – Transport des emballages primaires vides (réemployables uniquement) entre le centre de distribution et le site de remplissage, avec une étape éventuelle en centre de lavage dédié (voir section 7.5.3.3)
- “Logistique inverse” – Il est considéré pour ces trajets que le transport retour des emballages primaires vides est effectué par les camions qui ont effectué leur transport aller. A ce titre, l’impact du trajet est exclusivement associé au déplacement du camion, et non à son contenu (voir section 7.5.1.3 et Figure 14).

Les valeurs du facteur de désoptimisation (FD) et l’identification des situations de logistique inverse ont été établies sur base de discussions avec le panel de revue critique, notamment auprès d’acteurs sectoriels spécialisés dans la logistique, et validées et discutées auprès des membres du Comité de Suivi de l’étude.

Pour certaines étapes de transport, deux valeurs sont reprises pour le facteur de désoptimisation, dont l’une (la plus faible) étant indiquée en rouge. Ces étapes de transport font l’objet d’une sous-scénarisation spécifique associée aux valeurs du facteur de désoptimisation, étudiée en analyse de sensibilité (voir section 8.14). Cette sous-scénarisation permet de tenir compte de contextes logistiques pour lesquelles la désoptimisation est particulièrement marquée, par exemple en cas de capacités de stockage très limitées, mais également et notamment lorsque les emballages primaires transportés ne sont pas standardisés. En pratique, il est alors d’autant plus difficile d’assurer un remplissage optimal des camions, les stocks récupérés pour un emballage spécifique étant alors limités car restreints à un format ou à un produit.

En première itération de calcul, un facteur de désoptimisation de 70% a été considéré pour le transport des barquettes réemployables en verre vers et depuis le centre de lavage dédié (dans le cadre du scénario 9), pour tenir compte des contraintes de charge massique associées aux caisses en PEhd utilisées pour leur transport. Cette modélisation a néanmoins abouti à des taux de chargement massiques maximaux au regard des camions considérés, du fait de la masse et du caractère empilable des barquettes en verre modélisées. Dans une optique de simplification de la modélisation, il a donc été décidé en seconde itération d’intégrer ces transports dans les trajets définis sous “Autres”, et de leur attribuer un facteur de désoptimisation de 95%.

7.5.1.2.3. Logique de détermination

Le taux de chargement des camions (explicité pour chaque trajet dans le Tableau 30) est calculé sur base des caractéristiques de palettisation mentionnées dans le Tableau 22, et des propriétés massiques et volumiques des emballages primaires et emballages de regroupement reprises dans le Tableau 25 : Gammes de valeurs considérées pour les ratios volumiques et taux de chargement des emballages (volet B1 – Scénarios 6 à 10)Tableau 26.

Considérant la dimension et la hauteur maximale de chargement d’une e*uropalette* (soit 80 cm x 120 cm x 180 cm), on estime son volume de chargement maximal à 1.73 m³. On suppose par ailleurs les nombres de palettes suivants pour les différents types de camions modélisés :

- Camion de 24t de charge utile : 33 palettes
- Camion de 14t de charge utile : 18 palettes
- Camion de 7.5t de charge utile : 12 palettes

La capacité **volumique** de chargement du camion est donc déterminée à partir de ces données. Par exemple, pour un camion de 24t de charge utile :

Capacité volumique = 33 palettes x 1.73 m³ x = 57 m³On peut ensuite déterminer le taux de chargement **massique** du camion, sur base du nombre d'emballages pouvant être mis dans ce volume suivant :

- le ratio volumique des emballages primaires
- ou, le cas échéant, des emballages de regroupement qui sont alors le volume limitant.

A noter : pour les transports aller liés à la distribution du produit contenu, la masse de ce dernier (1 kg par litre) est également intégrée aux calculs de taux de chargement massiques.

Un raisonnement identique est par ailleurs appliqué au chargement des caisses palox, utilisées pour le transport retour des emballages réemployables vides. Dans le cadre de la modélisation, on considère des palox de 120 cm x 100 cm, avec une hauteur de chargement maximale de 1.52 m. Il est donc possible d'aboutir aux nombres de palox suivants pour les différents types de camions utilisés :

- Camion de 24t de charge utile : 26 palox
- Camion de 14t de charge utile : 14 palox
- Camion de 7.5t de charge utile : 8 palox

7.5.1.2.4. Exemples d'application concrète

Exemple n°1 : Taux de chargement lié au transport de bouteilles en PET remplies, regroupées via film en PEbd

- *Masse de la bouteille en PET : 20 g / litre de boisson*
- *Masse du film PEbd : 2 g / litre de boisson*
- *Ratio volumique d'une bouteille filmée : 3 litres occupés / litre de boisson*
- *Masse d'une palette : 25 kg*
- *Capacité volumique du camion 24t : 54.15 m³*
- *Masse du produit contenu : 1kg / litre de boisson*

Le volume de boisson pouvant être transporté un camion est de :

54.15 m³ / 3 = 18 050 litres.

*Masse chargée = Volume de boisson * (masse d'emballage par litre + masse de contenu) + masse de palettes*

*= 18 050 * (0.020 + 0.002 + 1) + 25 * 33 = 22 961.52 kg*

19 272 kg / 24 t = 80%

➔ *Les contraintes massiques sont respectées, le taux de chargement est de 80%.*

Exemple n°2 : Taux de chargement lié au transport de bouteilles remplies, via un carton de regroupement

- *Ratio volumique de la caisse en carton : 2.4 litres occupés / litre de boisson*
- *Masse de la caisse en carton : 48 g / litre de boisson*
- *Masse d'un emballage en verre = 733 g / litre de boisson*
- *1 litre de boisson = 1 kg*
- *Masse d'une palette : 25 kg*

Le volume de boisson pouvant être transporté via ce format de carton dans un camion est de :

54.15 m³ / 2.4 = 22 563 litres.

*Masse chargée = Volume de boisson * (masse d'emballage par litre + masse de contenu) + masse de palettes*

*= 22 563 * (1+0.048+0.733) + 25*33 = 41 010 kg > 24 t*

Les contraintes massiques ne sont pas respectées, le taux de chargement est de 100%

Le raisonnement appliqué est le même pour un transport en palox, utilisés pour le transport retour d'emballages primaires réemployables sans emballage de regroupement réemployable. On considère ainsi les dimensions du palox et sa hauteur de charge maximale pour estimer le nombre de palox transportables par type de camion. La quantité d'emballages primaires transportés par palox est alors fonction de leur ratio volumique.[5]

7.5.1.3. Taux de trajet à vide et impacts des trajets retour

En accord avec les recommandations méthodologiques du "Cadre de référence – ACV comparatives entre différentes solutions d'emballages" publié par l'ADEME, la valeur du taux de trajet à vide est fixée à 20%[10].

Concrètement, 100% de l'impact du camion utilisé pour le transport est lié à son transport chargé (à 100% de sa capacité massique). 2/3 de cet impact est alloué au transport du camion à vide, le tiers restant étant alloué à son chargement.

Deux tiers des impacts du trajet retour sont alloués à la phase de distribution, ainsi qu'au trajet inverse effectué par les camions après dépôt de la marchandise. Ces impacts, liés au trajet retour et au trajet effectué par le camion non-chargé, sont pris en compte aussi bien pour les options à usage unique que pour les solutions d'emballages réemployables.

Le tiers restant des impacts est quant à lui alloué au transport retour des éventuels emballages primaires vides récupérés par ce même camion, lors de ce même trajet. Cette fraction est spécifique au cas des options réemployables.

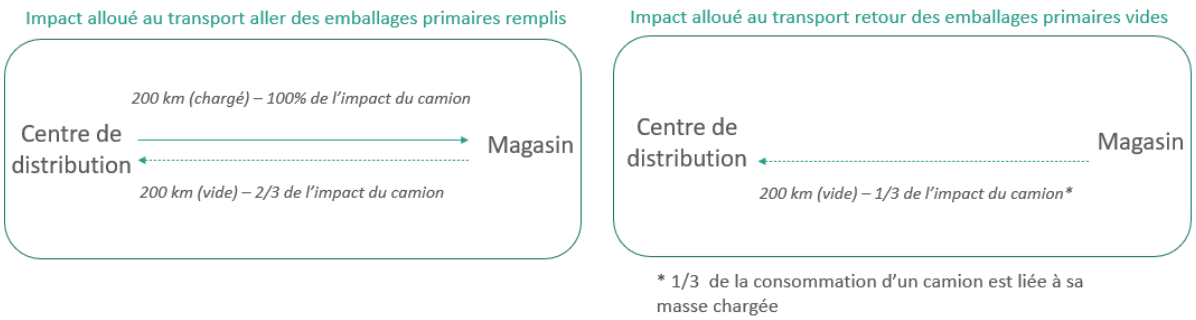


Figure 14 : Schématisation de l'allocation des impacts du transport retour en phase de distribution

Cette manière d'attribuer les impacts du transport retour des emballages primaires est cependant spécifique aux trajets non-dédiés dits de "logistique inverse", c'est à dire qui tirent parti du trajet retour d'un camion qui a permis l'acheminement "aller" des emballages remplis (voir *Tableau 27*).

7.5.1.4. Prise en compte du produit contenu et désoptimisation liée au réemploi

Le calcul des impacts associés à l'unité fonctionnelle est entièrement dédié à la solution d'emballage, et non à son contenu. En ce sens, les impacts sont calculés au regard de la masse d'emballages nécessaire à la distribution d'un litre de produit, mais les impacts associés à ce litre de produit ne sont pas calculés. Il est cependant à noter que la masse de produit contenu est prise en compte dans le calcul des taux de chargement massique des camions (voir section 7.5.1.2.3). Pour ce calcul, une masse volumique de 1kg/l est considérée pour les produits alimentaires emballés. Cette valeur est fixée arbitrairement pour tous les scénarios, y compris pour le scénario 5 (dont les produits concernés peuvent présenter des densités très variables). Il est cependant considéré que les impacts associés à ce choix méthodologique n'affecteront pas les comparaisons entre options réemployables et à usage unique, les produits conditionnés étant considérés identiques entre les deux solutions d'un même scénario.

Le Cadre de Référence de l'ADEME[10] fait état de la désoptimisation potentielle liée à l'utilisation d'emballages réemployables plutôt que d'emballages à usage unique. Il indique notamment :

> *"Dans le cas où une solution d'emballage conduit à désoptimiser le transport du produit emballé par rapport à une autre solution, les impacts de cette désoptimisation doivent être spécifiquement associés à la solution d'emballage qui en est à l'origine »*

En ce sens, il est considéré qu'une solution de réemploi dont les dimensions sont plus importantes que celle de l'option à usage unique peut mener à des impacts logistiques plus importants du fait qu'un espace plus important est mobilisé par camion pour transporter le produit (et donc qu'un nombre de camions plus important est nécessaire pour assurer le transport d'une grande quantité de produit conditionné). A cette fin, il est décidé de tenir compte des impacts du transport associé au produit pour les étapes de distributions aller (décrites au point 7.5.2). Les impacts associés aux étapes de transport aller sont donc calculés comme suit :

$$Impact_{emballage} = Impact_{total} - Impact_{produit}$$

Où :

- $Impact_{total}$ = l'impact associé au transport de l'emballage rempli (tenant donc compte du transport d'1kg supplémentaire lié au produit, en plus de la masse des emballages), selon un taux de chargement spécifique calculé sur base de la méthodologie explicitée en section 7.5.1.2.
- $Impact_{produit}$ = l'impact associé au transport du produit (1kg de masse totale) selon un taux de chargement tenant compte du facteur de désoptimisation par défaut considéré pour l'étude (voir Tableau 27), soit 95%.

Cette méthode de calcul est donc appliquée aux calculs d'impacts associés aux options réemployables et à usage unique des différents scénarios, exclusivement pour les étapes de transport aller (soit entre le site de remplissage et le centre de distribution, et puis entre le centre de distribution et le point de vente).

7.5.1.5. Calcul de la consommation de carburant

En conformité au Cadre de Référence ADEME pour ACV comparatives de solutions d'emballages[10] et sur base des paramètres exprimés dans les sections précédentes, le calcul de la consommation de carburant associé aux différentes étapes de transport modélisées est réalisé via la formule suivante :

$$Conso_{PL} = km_{charge} \times \frac{Conso_{PL,100\,\%\,charge}}{100} \times \left[\frac{2}{3} + \frac{1}{3} \times \frac{Charge_{réelle}}{Charge_{utile}} + \frac{2}{3}\left(\frac{Tx_{vide}}{100 - Tx_{vide}}\right)\right]$$

Les termes repris dans cette équation sont définis comme tels :

***Conso**$_{PL}$* : consommation de carburant du camion qui effectue l'étape de transport considérée, en litres

***km**$_{charge}$* : distance kilométrique où le camion roule en charge sur l'étape de transport considérée, en km

***Charge**$_{réelle}$* : charge réellement transportée par le camion sur la distance kilométrique où le camion roule en charge, en tonnes. Cette valeur doit être calculée de manière spécifique en tenant compte du système d'emballage complet de la marchandise transportée, de la surface de plancher du camion ou de son volume utile. Elle est exprimée en tonnes.

***Charge**$_{utile}$* : charge maximale qui peut être transportée par le camion. Cette valeur dépend du gabarit du camion et est exprimée en tonnes.

***Tx**$_{vide}$* : le taux de trajet à vide est exprimé en % et correspond à l'imputation des kilomètres parcourus à vide par les camions au transport de marchandises.

***Conso**$_{PL,\ 100\%\ charge}$* : consommation de carburant du camion en pleine charge pour 100 km, en litres/100 km. Cette valeur dépend notamment du gabarit du camion.

Des valeurs de consommation associées à différents gabarits de camions sont reprises dans le Cadre de Référence de l'ADEME. Il a cependant été décidé, en accord avec le commanditaire de l'étude et le panel de revue critique, d'utiliser des données de consommation associées à la modélisation COPERT 5[43], établie par l'Agence Européenne de l'Environnement, qui nous permet notamment de tenir compte de données spécifiques de données associées aux types de camions et de routes considérés dans cette étude, tels que décrits dans les sections suivantes.

7.5.1.5.1. Emissions directes et normes EURO :

La consommation de carburant et les émissions dans l'air sont déterminées avec la méthodologie COPERT 5, qui est un outil de calcul des émissions polluantes imputables au transport routier. Il permet d'estimer les émissions des polluants majeurs (CO, NOx, VOC, PM, NH3, SO2, métaux lourds) produits par les différentes catégories de véhicules (de la voiture au semi-remorque) ainsi que les émissions de gaz à effet de serre (CO2, N2O, CH4).

COPERT 5 indique la consommation du camion chargé à 100%[43]. Pour calculer la consommation réelle, on considère que deux tiers de cette consommation est fixe et allouée au déplacement du camion, et qu'un tiers est fonction de la masse effectivement transportée par le camion.

L'inventaire de cycle de vie utilisé pour la consommation de carburant est le suivant : « market for diesel, low-sulfur, EU w/o CH, EI v3.9.1 ».

Les normes d'émissions respectées par la flotte de camions modélisés sont réparties selon les règles suivantes :

Normes des camions	Proportions (%)
EURO III	**0.3**
EURO IV	**1.8**
EURO V	**18.4**
EURO VI	**79.5**

Tableau 28 : Répartition des différentes normes d'émissions telle que modélisée (Estimation basée sur les données d'âge des véhicules en Europe[41])

Il est à noter que les proportions de normes EURO associées au transport routier français sont en constante et rapide évolution, en faveur de normes moins émettrices. Les données rapportées par le Comité National Routier sur base de l'année 2022 révèlent par ailleurs une proportion encore plus favorable à la norme EURO VI (très largement majoritaire, avec une proportion avoisinant 95%)[31]. Ces données ayant été obtenues en aval de la modélisation, elles n'ont pas pu y être intégrées. Une analyse de sensibilité (présentée à la section 8.6.3.4) a cependant été réalisée afin d'estimer l'influence éventuelle des proportions considérées pour les différentes normes EURO.

7.5.1.5.2. Types de routes

La méthode COPERT 5[43] établit des consommations de diesel par kilomètre parcouru en fonction des voies empruntées. Une différenciation est également faite sur le lieu d'émission (densité de population faible pour les zones rurales et voies rapides et densité forte pour les zones urbaines). Ces calculs d'émission reposent en outre notamment sur des vitesses moyennes différentes selon les conditions de trafic typiquement associées à ces types de routes, notamment :

- Une vitesse moyenne de 20 km/h en milieu urbain.
- Une vitesse moyenne de 60 km/h en milieu rural.
- Une vitesse moyenne de 100 km/h sur voies rapides.

Les résultats de première itération ayant par ailleurs révélé que la part de transport urbain a un impact significatif sur certains résultats, mais que l'influence seule du transport rural ou du transport par voies rapides est négligeable, il est décidé d'agréger ces deux derniers types de routes. Sur base de proportions suggérées et validées en Comité de Suivi, la part du transport rural est systématiquement considérée comme valant 20% de la part de transport par voies rapides. Ces deux valeurs sont donc corrélées et jumelées, permettant de faire varier de manière plus spécifique la part de transport urbain.

Les voies empruntées par défaut par les camions modélisés ont été fixées sur base d'hypothèses, reprises dans le Tableau 29 :

Etape de transport	Urbain	Rural + voies rapides
Approvisionnement vers le site de remplissage	10%	90%
Usine – centre de distribution	10%	90%
Centre de distribution – CHR	70%	30%
Centre de distribution – commerce : cas des hypermarchés *	10%	90%
Centre de distribution – commerce : autres commerces *	40%	60%
Autres	10%	90%

Tableau 29 : Types de routes empruntées par les camions modélisés, selon les étapes de transport

** Les proportions associées aux transports vers les différents types de commerces et les types de camions considérés pour ces trajets sont repris dans le Tableau 30.*

Ces répartitions ont fait l'objet de discussions et ont été validées par le Comité de Suivi de l'étude. Elles ont pour but de représenter la part plus élevée de transport urbain sur les derniers kilomètres (en aval du centre de distribution), et ce notamment pour les établissements CHR, majoritairement situés en agglomération. Les transports effectués sur de plus longues distances et/ou en direction de structures situées en zones rurales ou périurbaines (usines, hypermarchés) présentent ainsi une part plus élevée de transport via voies rapides et, dans une moindre mesure, de transport rural.

7.5.2. Données logistique Aller

La modélisation de la logistique aller est similaire pour tous les scénarios (à l'exception des scénarios 8 et 9, détaillés plus bas), et ce pour les options réemployables comme celles à usage unique.

7.5.2.1. Production des emballages primaires et acheminement vers le remplissage

7.5.2.1.1. Cas de tous les emballages à l'exception des canettes en aluminium et des boîtes de conserve en acier

Une production parallèle des emballages primaires et des éventuels systèmes de fermeture et emballages de regroupement/de transport a lieu à l'échelle européenne. Ces éléments sont ensuite acheminés à l'usine de remplissage (située en France) via des camions de charge utile de 24t. Les distances modélisées pour ce transport (comprises entre 100 et 1500 km, avec une valeur en cas illustratif arbitrairement fixée à 300 km sur base de retours d'acteurs sectoriels) correspondent à un scénario de production de emballages primaires en France ou dans des pays frontaliers de la France.

Une distance additionnelle de 1000 km à l'échelle européenne (avec taux de chargement massique maximal) est également considérée pour les emballages primaires et de regroupement impliquant une transformation de matière première en amont de leur production finale (soit les films PEbd, les caisses en PEhd, les bouteilles en PET, et les barquettes en polypropylène). Cette étape de transport est modélisée à travers un camion de charge utile de 24 t dont le taux de chargement est de 95%. Ces données sont basées sur des hypothèses formulées par RDC Environment, qui ont été amendées et ensuite confirmées par les membres du Comité de Suivi de l'étude. Un taux de trajet à vide de 20% a été considéré sur base du cadre méthodologique de l'ADEME[10].

Il est à noter que la production des emballages de transport utilisés pour l'acheminement des emballages primaires et de regroupement vers le site de conditionnement est également modélisée, sur base des données de palettisation présentées dans le *Tableau 22*.

Par ailleurs, il est considéré un taux de chargement massique maximal (tenant compte du facteur de désoptimisation de 95% appliqué au taux de chargement volumique, cf. *Tableau 27*) pour l'approvisionnement des bouteilles en PET à usage unique et des pots en PS vers le site de remplissage, pour lesquels un transport en préformes ou bobines (respectivement) et une transformation (soufflage, thermoformage...) sur le site de remplissage sont considérés. De même, un taux de 95% est considéré pour les emballages de regroupement, puisqu'il est estimé qu'ils sont transportés pliés ou enroulés, et que leur ratio volumique est ainsi optimisé.

7.5.2.1.2. Cas particulier des canettes en aluminium à usage unique (scénario 10)

Sur base des retours de membres du Comité de Suivi et du Panel de revue critique de l'étude, deux cas de figure distincts spécifiques peuvent être considérés concernant la production et l'acheminement des canettes en aluminium à usage unique vers leur site de remplissage, puis leur distribution après remplissage.

- La canette peut être produite à proximité du site de remplissage (approvisionnement dit « wall-to-wall) à partir de feuilles d'aluminium, limitant ainsi la distance d'acheminement des canettes vides. Ce système logistique étant associé aux plus gros producteurs, il est considéré qu'il concerne une portion significative et majoritaire des produits mis en marché, et est à ce titre considéré en cas de base de cette étude. Une distance de transport de 1000 km est ainsi modélisée pour le transport des feuilles en aluminium, et une distance nulle (car jugée négligeable) est considérée pour le transport des canettes vides vers leur site de remplissage.
- La canette peut également être transportée sur des plus longues distances pour être acheminée vers des producteurs distribuant leurs produits à une échelle plus restreinte. Une production française des canettes est considérée dans cette situation. Le cas de figure d'un transport de canettes vides sur de plus longues distances (25 à 600 km) suivi d'une distribution sur un périmètre plus local (5 à 200 km) est ainsi modélisé et étudié dans le cadre des analyses de sensibilité transversales de l'étude (voir section 0).

7.5.2.1.3. Cas particulier des boîtes de conserve en acier (scénario 14)

Le schéma d'approvisionnement de l'acier pour les contenants et systèmes de fermeture du scénario 14 est détaillé dans la *Figure 15* ci-dessous. Une fois l'acier brut produit (coil), il est transporté à 1000 km de son site de production où il sera transformé en bobine d'acier pour boîte de conserve (acier étamé ou fer blanc). Les bobines sont ensuite transportées sur une distance comprise entre 100 et 1500 km et transformées en boîtes et en opercules, avant d'être à nouveau transportées – vides – sur une distance de 50 à 600 km pour être finalement remplies, serties et autoclavées. L'étape d'autoclave n'est pas prise en compte dans la modélisation car elle est considérée comme étant équivalente pour le verre et pour l'acier.



Figure 15 : Schéma d'approvisionnement de l'acier

Un taux de chargement massique de 100% est considéré pour les deux premières étapes de transport de l'acier (avant et après transformation en bobines). Un taux de chargement spécifique est calculé (sur base de la méthodologie décrite en section 7.5.1.2.3) pour la troisième étape, qui concerne le transport des boîtes vides.

Cette modélisation logistique a été établie en concertation avec des acteurs sectoriels de l'acier faisant partie du Comité de Suivi de l'étude, afin de représenter au mieux la production d'emballages mis en marché en France.

7.5.2.2. Distribution après remplissage

Après embouteillage ou remplissage des emballages primaires, les emballages primaires remplis sont palettisés et acheminés (via camions de 24 t de charge utile) depuis le site de remplissage vers des centres de distribution régionalisés. Il en va de même pour les emballages de distribution (bonbonnes et bag-in-box) ainsi que les barquettes et bouteilles en verre réemployables acheminées vides pour un remplissage en magasin, dans le cadre des scénarios 8, 9, 12 et 13. Aucune dépalettisation n'est considérée pour cette étape.

Les produits sont ensuite transportés depuis les centres de distribution vers les commerces et établissements CHR situés dans la même région. Le choix des types de camions modélisés pour ce transport est basé sur les surfaces de vente associées aux différents types de commerces, et à des hypothèses sur le degré d'urbanisation des lieux où se trouvent ces commerces et établissements CHR, comme suit :

Type d'établissement	Surface de vente nationale (m²) [62]	Répartition de ventes	Situation	Type de camion considéré [44, 68]
Hypermarchés et Cash & Carry	1.33^{E}+07	40%	Zone périurbaine	24t
Supermarchés	7.57^{E}+06	24.5%	Zones périurbaine et urbaine	14t
Hard Discount alimentaires	3.14^{E}+06	10.5%	Zones périurbaine et urbaine	14t
Commerces de proximité	7.20^{E}+06	25%	Zone urbaine	7,5t
CHR	/	/	Zone urbaine	7,5t

Tableau 30 : Modélisation des types de camions sur base des surfaces de vente

Ces données s'appliquent également aux emballages de distribution (bonbonnes et bag-in-box) ainsi qu'aux bouteilles en verre réemployables acheminées vides pour un remplissage en magasin, dans le cadre des scénarios 12 et 13.

Les données de surfaces de vente associées aux différents types d'établissement ont été communiquées par PERIFEM et la Fédération Nationale des Boissons, et datent de 2022. Les situations urbanistiques de ces établissements et les types de camions associés à celles-ci sont des hypothèses basées sur l'expertise de RDC Environment.

Au sein de la modélisation, chaque type de camion fait l'objet d'une modélisation spécifique (qui tient notamment compte de son gabarit, en vue de calculer leurs taux de chargement). Dans le cadre d'une distribution aux particuliers (scénarios 6,7 et 10), il est donc par exemple considéré que 25% de l'UF sera acheminée aux commerces de proximité via des camions d'une charge utile de 7.5 t, et 25% de la masse des emballages sont donc alloués à l'impact de ce transport spécifique ; 10.5% de l'UF sera acheminée aux Hard Discount alimentaires… etc. Dans le cadre d'une distribution aux CHR (scénario 8 et 9), 100% de l'UF est acheminée aux CHR par des camions de 7.5 t.

La considération des surfaces de ventes pour déterminer les répartitions de distribution de l'unité fonctionnelle vers les différents commerces présente certaines limites, et implique notamment la sur-représentation potentielle des hypermarchés (dont les ventes ne se limitent pas aux produits alimentaires). Le transport vers ces structures étant légèrement plus optimisé au regard des taux de chargement considérés (voir Tableau 27), il est possible que l'impact du transport soit légèrement inférieur à ceux d'un cas base sur une répartition réelle vers les surfaces de vente.

Ces différences sont cependant jugées négligeables dans leurs contributions aux résultats des options réemployables et à usage unique, sur base des différences de modélisation considérées entre les différentes surfaces de vente. Il est cependant à noter que l'étude d'un cas spécifique à une échelle moins "macro" pourrait aboutir à des répartitions de vente par UF différentes, et donc à des répartitions différentes des types de camions utilisés.

Comme mentionné dans les frontières de l'étude (cf. chapitre 5.5), le transport du produit et de l'emballage primaire depuis la surface de vente vers le domicile du consommateur n'est pas considéré.

7.5.2.3. Données de transport aller modélisées

Les données associées à la logistique et aux transports aller sont reprises dans le Tableau 31 :

Etapes de transport	Distance moyenne (km)*			Charge utile du camion (t)	Logistique inverse**
	Borne minimale	Borne maximale	Valeur de cas illustratif		
Fabricant d'emballage vers Site de remplissage**** (hors scénarios 8 et 9)	**100**	**1500**	**300**	24	/
Site de remplissage**** vers Centre de distribution (y compris emballages de distribution des scénarios 12 et 13)	**25**	**600**	**300**	24	Non
(Scénarios 12 et 13) Bouteilles réemployables : Site de production vers Centre de distribution	**25**	**600**	**300**	24	Non
Centre de distribution vers Commerce	**25**	**250**	**100**	24 (40%) 14 (35%) 7.5 (25%)	Oui
Centre de distribution vers CHR	**25**	**250**	**100**	7.5	Oui
(Scénario 9) Barquettes réemployables : CHR vers Centre de lavage ***	**20**	**200**	**100**	7.5	Non
(Scénarios 12 et 13) Bouteilles réemployables : Magasin vers Centre de lavage *****	**20**	**250**	**150**	7.5	Non
(Scénario 9) Barquettes réemployables : Centre de distribution vers Centre de lavage ***	**25**	**200**	**100**	7.5	Oui

Tableau 31 : Données clés de la logistique de distribution, ou logistique aller[68]

** Les valeurs de distance de transport modélisées (comprises entre les bornes indiquées dans le Tableau 23) correspondent à des distances de transport moyennes par étape logistique. A l'échelle de l'acteur industriel et lors de l'interprétation des résultats, la distance à considérer pour chaque étape est donc la moyenne des distances pondérées sur base des différents flux logistiques (masses d'emballage transportées).*

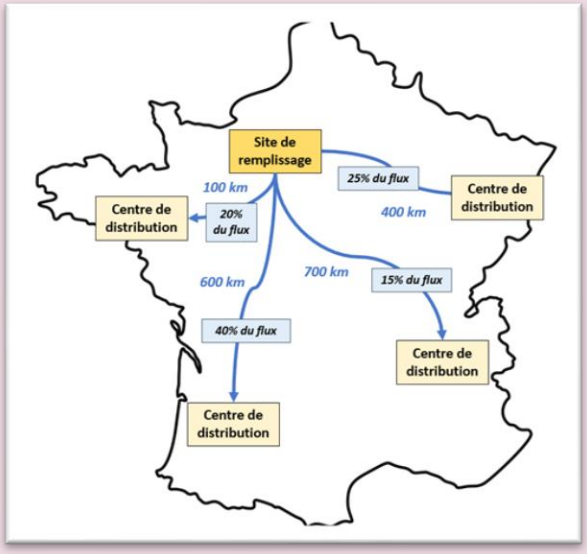


Figure 16: Illustration simplifiée d'un schéma de distribution (étape de transport amont)

Dans l'exemple ci-dessus (Figure 16), la distance de transport amont moyenne correspond à la moyenne pondérée des distances associées aux différents flux, soit :

$$(400\ km\ x\ 25\%) + (700\ km\ x\ 15\%) + (600\ km\ x\ 40\%)\ + (100\ km\ x\ 20\%) = 465\ km$$

De fait, la distance maximale de 600 km modélisée pour le transport amont (séparant le site de remplissage du centre de distribution) peut par exemple approcher la réalité industrielle d'un transport vers des centres de distribution répartis de manière homogène sur toute la France métropolitaine, couvrant aussi bien des centres situés à proximité immédiate ainsi qu'à des distances de 1200 km (approximativement la distance Nice-Dunkerque, pour référence) du site de remplissage.

*** La mention de logistique inverse fait référence à l'utilisation du trajet retour d'une étape logistique pour le transport d'autres marchandises, à savoir les emballages réemployables vides dans le cadre de cette étude (voir section 7.5.1.3).*

**** Dans le cadre du scénario 9 (qui considère la modélisation de barquettes de restauration lavées en centre de lavage dédié), deux cas de figure sont considérés quant à l'acheminement des barquettes sales vers le centre de lavage :*

- *Un transport des barquettes depuis l'établissement CHR directement vers le centre de lavage. Il est considéré une distance variant entre 20 et 200 km pour ce cas de figure. Cette valeur représente la distance parcourue par camion lors de l'approvisionnement, avec pour contrainte que des barquettes lavées et des barquettes sales ne peuvent pas être transportées simultanément ou dans un même camion. Cette option est reprise dans la **modélisation de base**.*
- *Un transport des barquettes vers le centre de distribution, tirant parti du trajet retour des camions ayant assuré la distribution des barquettes à l'aller. Les barquettes sont ensuite envoyées depuis le centre de distribution vers le centre de lavage dédié, et renvoyées après lavage au centre de distribution, et enfin vers l'établissement CHR pour un nouveau cycle de réemploi. Pour chaque itération de calcul et dans le cadre du lavage, la distance entre l'établissement CHR et le centre de distribution est identique à la distance fixée aléatoirement entre 25 et 250 km pour le transport aller (étape de distribution). La distance entre le centre de distribution et le centre de lavage dédié évolue aléatoirement entre 25 et 200 km. Cette option est reprise dans les **analyses de sensibilité transversales** de l'étude, en section 8.14.*

***** Dans le cadre des scénarios 12 et 13, la notion de "site de remplissage" fait référence au site de conditionnement du produit via bonbonnes et bag-in-box.*

****** Dans le cadre des scénarios 12 et 13, deux cas de figure sont considérés quant à l'acheminement des bouteilles sales vers le centre de lavage :*

- *Un transport des bouteilles depuis le magasin directement vers le centre de lavage. Il est considéré une distance variant entre 20 et 250 km pour ce cas de figure. Cette option est reprise dans la **modélisation de base,** et il est considérée qu'elle est représentative d'un système logistique réaliste optimisé et réaliste pour des grandes surfaces de vente, telles que des hypermarchés.*
- *Un transport des bouteilles vers le centre de distribution. Les bouteilles sont ensuite envoyées depuis le centre de distribution vers le centre de lavage dédié, et renvoyées après lavage au centre de distribution, et enfin vers le magasin pour un nouveau cycle de réemploi. Pour chaque itération de calcul et dans le cadre du lavage, la distance entre le magasin et le centre de distribution est identique à la distance fixée aléatoirement entre 25 et 250 km pour le transport aller (étape de distribution). La distance entre le centre de distribution et le centre de lavage dédié évolue aléatoirement entre 25 et 200 km. Cette option est reprise dans les **analyses de sensibilité transversales** de l'étude, en section 8.14.*

Les gammes de valeurs fixées pour les distances des trajets étudiés ont été construites de manière à représenter une grande majorité (voire la totalité) des cas de figure liés aux distances de transport sur le territoire français métropolitain. A ce titre, pour chaque étape, le trajet moyen d'un transport à partir d'un site logistique donné est considéré. Par exemple, un distributeur acheminant un produit dans toute la France (cas représentant les plus longues distances) devra assurer des distances très courtes, ainsi qu'une distance maximale d'environ 1200 km (Nice-Dunkerque, à titre illustratif), soit une distance moyenne d'environ 600 km, la valeur fixée en borne maximale. Les distances fixées en cas illustratifs ont été choisies sur base d'hypothèses, et validées auprès des membres du Comité de Suivi de l'étude.

Les distances fixées en bornes minimales et maximales ainsi qu'en cas illustratifs ont été déterminées sur base de l'expertise de RDC Environment et d'entretiens auprès d'acteurs sectoriels. Ces valeurs ont été validées auprès des membres du Comité de Suivi de l'étude.

7.5.2.4. Prise en compte de la réfrigération des produits

Pour tenir compte des consommations associées à la réfrigération nécessaire à la conservation des produits laitiers emballés et distribués dans le scénario 7, un facteur d'augmentation de la distance a été considéré pour ce scénario spécifique. Pour chaque itération de calcul, un facteur fixe de 1.15 a été appliqué sur les distances de distribution aller (entre le site de remplissage et le centre de distribution, et entre le centre de distribution et le commerce) déterminées de manière aléatoire selon les gammes de valeurs présentées dans le Tableau 31. La valeur associée à ce facteur a été déterminée sur base de l'expertise et d'observations de terrain de RDC Environment[68] pour approcher le surplus de consommation de carburant associé à la réfrigération, et a été appliqué sans distinction à l'étape de distribution de l'option réemployable et de l'option à usage unique.

7.5.3. Données logistique Retour

Ces données et modélisations ne s'appliquent qu'aux cycles de vie des emballages réemployables.

7.5.3.1. Déconsignation

Comme mentionné dans les frontières de l'étude (cf. chapitre 5.5.), le transport de l'emballage primaire vide par le consommateur vers le point de collecte n'est pas considéré.

Dans le cadre des scénarios 8, 9, 12 et 13 (qui impliquent un retour et un reremplissage des emballages en verre en magasin ou en CHR), une déconsignation à 100% manuelle est considérée. Il n'est par ailleurs par considéré de système de déconsignation pour les bonbonnes réemployables du scénario 12, qui sont récupérées auprès des professionnels. Pour tous les autres scénarios, une probabilité de 25% d'avoir recours à une déconsignation manuelle (non modélisée car estimée comme n'ayant pas d'impacts significatifs) est considérée. Pour 75% des itérations, une déconsignation automatique (par RVM) est envisagée. Sa modélisation est décrite dans le *Tableau 32*.

Processus	Modélisation	Inventaires utilisés	Sources
Consommation électrique (par UF)	0.006 – 0.018 kWh *	Market for electricity, low voltage – FR (EI3.9.1)	49
Production de l'infrastructure RVM	365 kg - 100% acier	Production : Acier : Steel production, converter, unalloyed - RER (EI 3.9.1) Transformation : Hot rolling, steel - Europe without Austria (EI 3.9.1) *Taux de perte : 5%* Deep drawing, steel, 3500 kN press, automode - RER (EI 3.9.1) *Taux de perte : 10%*	68, 87,88, 92, 93
Durée de vie de l'infrastructure RVM	5 – 10 ans	/	68
Nombre d'emballages déconsignés par jour	500 emballages (volume moyen = 0.5 L)	/	

Tableau 32 : Modélisation de la déconsignation automatique via RVM

** Une valeur moyenne de consommation électrique de 0.012 kWh est considérée, à laquelle est ajouté un facteur d'incertitude faisant varier la consommation de 50% à 150% de sa valeur.*

7.5.3.2. Transport retour depuis le point de vente vers le centre de distribution

Pour le transport retour des emballages primaires vides vers les centres de distribution, les distances et véhicules considérés dans la modélisation sont les mêmes que pour l'étape aller de transport des emballages primaires pleins depuis les centres de distribution vers les points de vente (commerces ou CHR selon les scénarios). Dans le cas du scénario 11, le transport retour des bouteilles en PET réemployables est effectué via les caisses en PEhd réemployables. Un transport par palox est cependant considéré pour tous les scénarios.

Ce transport est non-dédié et tire parti des camions acheminant les emballages primaires remplis vers les commerces et CHR (logistique inverse). Il est supposé dans le cadre de cette étude que les trajets retour préexistants utilisés pour ce transport sont à même de répondre aux besoins qu'il suppose, en termes de capacité notamment. En pratique, un écart à cette supposition pourrait mener à un stockage plus important (en termes de volume ou de temps) des emballages primaires vides, voire à la nécessité d'avoir recours à des transports dédiés additionnels (qui pourraient influencer positivement les impacts de la solution réemployable).

Ces éléments ne s'appliquent pas au scénario 8, au sein duquel les barquettes ne sont pas renvoyées au centre de distribution.

7.5.3.3. Transport retour depuis le centre de distribution vers le site de remplissage

Depuis les centres de distribution, les emballages primaires vides sont transportés vers le site de remplissage avec des camions identiques à ceux utilisés pour le transport aller entre le site de remplissage et les centres de distribution. Les camions effectuant ce trajet sont dédiés à ce transport, et ce dernier ne tire pas parti des camions acheminant les emballages primaires remplis vers les centres de distribution. Ces éléments ne s'appliquent pas aux scénarios 8 et 9, au sein desquels les barquettes ne sont pas renvoyées à un quelconque site de remplissage, ni au scénario 13, les poches contenant le produit sous forme de concentré n'étant pas réemployées. Ils s'appliquent toutefois au scénario 12, au sein duquel les bonbonnes sont renvoyées au site de conditionnement pour y être lavées et réemployées. Les bouteilles en verre des scénarios 12 et 13 ne sont par ailleurs pas retournées au site de production, et sont réemployées en boucle fermée via les commerces et centres de lavage dédiés.

Etape de transport au centre de lavage dédié

Pour les options réemployables des scénarios 6, 7, 10, et 14, il est considéré une probabilité de 50% que les emballages primaires passent par un centre de lavage dédié avant d'atteindre le site de remplissage (l'influence éventuelle de cette étape pourra être observée dans les résultats formulés). Les occurrences restantes correspondent à un cas de lavage industriel sur le site de remplissage par le producteur/conditionneur lui-même. Cette probabilité est fixée arbitrairement et n'est pas basée sur une observation de terrain. Elle a pour objectif d'étudier l'influence du recours à l'une ou l'autre option.

En cas de lavage par un centre dédié, la possibilité d'un détour pour passer par celui-ci est considérée. Pour déterminer la distance retour, un facteur est appliqué à la distance aller entre le site de remplissage et le centre de distribution. Ce facteur est sélectionné aléatoirement selon une distribution uniforme évoluant entre 100% et de 125% de la distance aller. Le recours à une telle méthodologie peut aboutir à des combinaisons de valeurs peu réalistes (par exemple une distance retour de 750 km pour une distance aller de 600 km) mais permet de représenter une grande variété de typologies logistiques, y compris extrêmes. Dans le cas de figure où la valeur de ce facteur apparaitrait comme particulièrement influente sur les résultats de l'option réemployable lors de l'analyse des contributions, une analyse approfondie de cette gamme de valeurs (à travers une sous-scénarisation par exemple) sera considérée.

Lors d'un passage en centre dédié, les données logistiques considérées pour les trajets avant et après cette étape (types de camions et taux de chargement notamment) sont les mêmes. La localisation du centre de lavage dédié est arbitrairement fixée à la moitié de la distance retour séparant le centre de distribution et le site de remplissage. Il est considéré que cette localisation n'influence pas les impacts liés à l'option réemployable, du fait que la modélisation logistique soit la même en amont et en aval de l'étape de lavage.

Le recours à une étape en centre de lavage dédié suppose une re-palettisation des emballages primaires après lavage, et mène donc à la production d'emballages de transport additionnels (tels que repris dans le Tableau 22). Aucune production supplémentaire d'emballages de regroupement n'est considérée.

Ces éléments ne s'appliquent pas aux scénarios 8 et 9, dont le lavage fait l'objet de modélisations spécifiques, détaillées dans le Tableau 31 et à la suite de celui-ci.

Ces éléments ne s'appliquent pas non plus aux scénario 11 à 13, le lavage industriel des bouteilles et bonbonnes en PET réemployables étant réalisé uniquement au site de conditionnement et non en centre de lavage dédié. Ce choix de modélisation découle de contraintes techniques et économiques liées au réemploi des bouteilles en PET, notamment :

- L'importance de ne pas utiliser une même bouteille en PET pour conditionner successivement des produits de flux différents. Par exemple, la présence de limonène dans certains jus ou sodas affecterait la capacité de l'emballage à respecter les qualités organoleptiques de produits conditionnés ultérieurement, notamment des eaux.

- La prévalence estimée d'emballages non-standardisés sur le marché, après implantation d'initiatives de réemploi du PET à l'échelle territoriale, qui limiterait la fluidité d'un lavage mutualisé en centre dédié.
- Les besoins en investissements nécessaires associés à la mise à niveau à court terme des opérateurs de réemploi pour permettre le lavage du PET, en plus du lavage actuel des emballages en verre.

Par ailleurs le lavage des bouteilles en verre réemployables des scénarios 12 et 13 a lieu exclusivement en centre de lavage dédié, suite à quoi les bouteilles sont ramenées au commerce où elles seront reremplies par le consommateur final.

7.6. Lavage des emballages réemployables

Selon les scénarios concernés, les emballages réemployables peuvent faire l'objet d'un ou plusieurs processus de lavage durant cycle de vie. Ces différents processus sont décrits ci-dessous.

7.6.1. Prélavage par le consommateur

Les emballages réemployables susceptibles d'avoir accueilli des produits à haute teneur en matière organique ou des produits de texture semi-liquide peuvent faire l'objet d'un prélavage par le consommateur, en amont d'un lavage par le professionnel.

Ce type de lavage concerne les scénarios 7 et 14 (à savoir les pots et bocaux en verre) et les scénarios 8 et 9 (qui se focalisent sur les barquettes de restauration), qui impliquent potentiellement le conditionnement de produits gras, présentant des enjeux de périssabilité (par exemple carnés), ou dont la viscosité ne permet pas un vidage rapide des emballages sans prélavage. Une probabilité d'occurrence de 50% est arbitrairement fixée pour ce processus de prélavage par le consommateur (certains consommateurs n'ayant pas recours à cette pratique, et certains produits contenus en bocaux étant secs et n'amenant pas à un processus de prélavage). Il est par ailleurs arbitrairement modélisé qu'aucun prélavage n'est effectué par le consommateur dans le cas des bouteilles (scénarios 6, 10, 11, 12, et 13).

Lors d'un prélavage par le consommateur, il est considéré sur base d'hypothèses une répartition équivalente (50%) de lavage à la main et de lavage en machine.

Les consommations associées à ces deux types de lavage sont reprises dans le Tableau 33 et le Tableau 34 :

Données de lavage par unité fonctionnelle - Prélavage à la main par le consommateur	
Prélèvement d'eau	0.375 - 3 L
Consommation de détergent	0 – 0.9 g/L
Température de lavage moyenne	30 °C
Inventaire lié au chauffage de l'eau	Heat production, natural gas, at boiler condensing modulating <100kW - Europe without Switzerland (EI 3.9.1)

Tableau 33 : Consommations par unité fonctionnelle liées au prélavage à la main par le consommateur[68]

Consommations de lavage par unité fonctionnelle - Prélavage en machine par le consommateur	
Prélèvement d'eau	0.5 - 1.5 L
Consommation de détergent	0.1 - 0.2 g
Capacité de la machine	10 - 30 emballages d'1 L

Consommation électrique	0.04 - 0.12 kWh
Nombre de cycles par an	125
Durée de vie de l'équipement	12 ans

Tableau 34 : Consommations par unité fonctionnelle liées au prélavage en machine par le consommateur[68]

7.6.2. Lavage par le restaurateur

Le scénario 8 considère un lavage des barquettes de restauration par le restaurateur. Ce lavage est similaire au lavage en machine par le consommateur explicité Tableau 35 mais présente des consommations par unité fonctionnelle réduites du fait de la plus grande capacité des machines.

Consommations de lavage - Lavage en machine par le restaurateur	
Eau	0.5 – 1.6 L
Détergent	0.67 – 3.1 g
Capacité de la machine	20 - 40 emballages d'1 L
Consommation électrique	0.03 - 0.06 kWh
Nombre de cycles par an	250

Tableau 35 : Consommations par unité fonctionnelle liées au lavage en machine par le restaurateur[68]

7.6.3. Lavage industriel

Les emballages primaires réemployables modélisés dans tous les scénarios à l'exception du scénario 8 sont soumis à une étape de lavage industriel, en amont d'un reremplissage. Ceci inclut en outre les bonbonnes réemployables du scénario 12. Ce lavage industriel peut avoir lieu dans un centre de lavage dédié (représentant une étape logistique supplémentaire située entre le centre de distribution et le site de remplissage), ou directement au site de remplissage, auquel cas aucune étape de transport supplémentaire n'est considérée.

Au regard des consommations de lavage modélisées, aucune différence n'est considérée entre le lavage par un centre de lavage dédié, et le lavage industriel réalisé par le conditionneur. Ce choix méthodologique est notamment lié à l'absence de données robustes collectées pour le lavage d'emballages à l'échelle du conditionneur. La comparaison de différents scénarios de lavage ne fait pas partie des objectifs de cette étude, et il est estimé que le recours à des gammes de valeurs pour les consommations de lavage permette d'amoindrir la spécificité du lavage modélisé.

Par ailleurs, il a été perçu lors de la collecte de données de lavage qu'un lavage des emballages de regroupement et de transport (caisses PEhd et palox notamment) pouvait avoir lieu simultanément au lavage des emballages primaires. Ce lavage n'influencerait pas les consommations de lavage associées aux emballages primaires eux-mêmes, étant disposés dans la caisse pendant le lavage. Des consommations identiques au sein du dispositif de lavage, qu'une caisse soit lavée ou non, ont été évoquées par les acteurs de lavage consultés. Les consommations de lavage présentées ci-dessous ne tiennent donc pas compte du lavage ou non d'un emballage de regroupement réemployable associé aux emballages primaires.

7.6.3.1. Collecte de données

Une collecte de données a été réalisée auprès de différents acteurs de lavage afin d'obtenir des données de lavage du verre les plus représentatives d'une réalité industrielle. Il a été fixé comme objectif seuil de recueillir au moins trois jeux de données distincts pour modéliser le lavage industriel des emballages en verre. Les gammes de valeurs utilisées dans la modélisation du lavage industriel du verre sont basées sur ces jeux de données.

Les données reçues étaient normalisées à l'échelle d'emballages de volumes connus, et les consommations ont ainsi pu être ramenées à l'unité fonctionnelle de cette étude, à savoir un emballage d'un litre. Les consommations présentées dans les tableaux à suivre sont donc considérées pour le lavage d'un emballage d'un litre.

Les valeurs et postes de consommations considérés pour la modélisation du lavage industriel sont repris dans le Tableau 36.

Consommations de lavage par unité fonctionnelle - Lavage industriel		Inventaire
Eau	0.06 – 1.6 L *	market for tap water - Europe without Switzerland, (EI 3.9.1)** market for wastewater, average – Europe without Switzerland (EI 3.9.1)**
Electricité	0.0031 – 0.0769 kWh	market for electricity, low voltage - FR (EI 3.9.1)
Produit de rinçage	0 – 0.0024 g	Voir Tableau 38 et Tableau 39 : Composition du détergent de lavage modélisé (modélisation B)Tableau 39
Détergent	0.057 – 3.41 g	
Antitartre *	0.000533 g	market for salt – GLO (EI 3.9.1)
Taux de mauvais lavage	0 – 0.1 %	--

Tableau 36 : Consommations de lavage industriel des emballages en verre, établies sur base des données collectées

** La valeur de consommation d'eau maximale reprise dans les jeux de données collectées dans le cadre de cette étude était de 1.13 L par litre d'emballage lavé. Il est estimé que les données collectées dans le cadre de la présente étude, issues d'acteurs industriels de lavage, sont relatives à des équipements et processus basés sur des technologies récentes et optimisées. Il est par ailleurs observé que la consommation d'eau fait l'objet d'attentions particulières de la part de ces acteurs, y compris pour des raisons économiques. Il a été décidé d'étendre la borne maximale de la gamme de valeurs considérée dans la modélisation à une valeur de 1.5 L/L, afin de représenter au travers de cette gamme certaines réalités de terrain correspondant à des processus de lavage moins optimisés (notamment réalisés au site de remplissage des emballages primaires). Cette valeur découle de la consommation spécifique d'une machine de lavage employée en brasserie, dont les caractéristiques ont été communiquées à l'ADEME dans le cadre d'un appel à manifestation d'intérêt[12]. Pour rappel, une augmentation de l'amplitude de la gamme de valeurs n'influence par les résultats des comparaisons entre options réemployables et à usage unique, mais permet d'englober des situations de terrain différentes, et potentiellement de faire apparaître des points de bascule de conclusion supplémentaires (voir section 7.1).*

*** Les inventaires liés aux prélèvements d'eau ont été régionalisés pour approcher plus précisément la réalité française. Dans ce cadre, un mix électrique français a été considéré ("market for electricity, low voltage - FR (EI 3.9.1)") et des facteurs de caractérisation français ont été utilisés pour les différents flux d'eau.*

Dans le cadre du volet B2 de l'étude, une modélisation du lavage industriel spécifique aux emballages en PET réemployable (bouteilles et bonbonnes, dans le cadre des scénarios 11 et 12 respectivement) a été réalisée. Celle-ci était principalement basée sur la modélisation du lavage d'emballages en verre (présentée dans le *Tableau 36*). Sur base des retours d'acteurs industriels à l'origine d'initiatives de réemploi du PET, la consommation d'électricité a cependant été adaptée pour tenir compte d'une température de lavage plus basse (plafonnant à 60°C, contre 80°C pour le verre, du fait de la déstructuration du PET et du ramollissement des bouteilles lors d'une exposition à des températures plus élevées). Les bornes inférieures et supérieures de la gamme de valeurs modélisée pour cette consommation lors du lavage du verre ont donc été obtenues selon le calcul suivant, tenant compte d'une corrélation linéaire entre la température de lavage visée et la consommation associée, et d'une température de 10°C de l'eau avant chauffage :

$$C.élec\ PET = \frac{(60°C - 10°C)}{(80°C - 10°C)} * C.élec.Verre = \frac{5}{7} * C.élec.Verre$$

En outre, suite aux retours de ces mêmes acteurs, une consommation de soude variant entre 2 et 3.5% est considérée pour le lavage du PET.

Ces considérations ont permis d'aboutir à la modélisation suivante, pour le lavage industriel des emballages en PET :

Consommations de lavage par unité fonctionnelle - Lavage industriel du PET		Inventaire
Eau	0.06 – 1.6 L ***	market for tap water - Europe without Switzerland, (EI 3.9.1)* market for wastewater, average – Europe without Switzerland (EI 3.9.1)*
Electricité	0.0022 – 0.0546 kWh ***	market for electricity, low voltage - FR (EI 3.9.1)
Produit de rinçage	0 – 0.0024 g	Voir Tableau 38 et Tableau 39 : Composition du détergent de lavage modélisé (modélisation B) *
Détergent	0.057 – 3.41 g	
Antitartre	0.000533 g	market for salt – GLO (EI 3.9.1)
Taux de mauvais lavage	0 – 0.1 %	--
Soude	2 – 3.5 g/L_{eau} **	Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state – RER (EI 3.9.1) *

Tableau 37 : Consommations de lavage industriel des emballages en PET, établies sur base des données collectées

** La soude intégrée à l'inventaire utilisé pour modéliser le détergent a été retirée pour éviter le double-comptage avec la soude intégrée par ailleurs.*

*** Pour chaque itération de calcul, la quantité de soude a été déterminée (en g/L) aléatoirement au sein de la gamme de valeurs présentée, puis adaptée au volume d'eau déterminé aléatoirement pour la même itération de calcul (entre 0.06 et 1.6 L).*

**** En l'absence de données spécifiques pour ces contenants et pour chaque itération de calcul, les consommations d'eau et d'électricité sont arbitrairement divisées par deux dans le cadre du lavage des bonbonnes en PET réemployables (emballages de distribution du scénario 12). Il est en effet considéré un effet d'échelle lié au volume important de ces contenants, qui rend peu cohérent le maintien des consommations (ramenées au litre) associées au lavage des bouteilles ou barquettes.*

A noter, les consommations de fioul, de gaz naturel et de soude lors du processus de lavage faisaient partie des données sollicitées de la part des acteurs de lavage. Du fait que ces trois consommations étaient nulles pour l'ensemble des acteurs ayant répondu à l'enquête, elles ont été retirées de la modélisation. Il a par ailleurs été fait mention de l'utilisation de sel comme antitartre. L'influence de l'utilisation de gaz naturel a cependant été étudiée au travers d'analyses de sensibilité (voir section 0).

Les données collectées ont par ailleurs permis d'aboutir à une modélisation de la composition de détergent, explicitée dans le Tableau 38. Pour permettre une meilleure représentativité de cette modélisation (dite A) et étant donnée la quantité de données collectées sur ces éléments, une seconde modélisation (dite B) a été envisagée sur base de la littérature[60], et est reprise dans le Tableau 39. Dans le calcul des impacts et la modélisation finale, la modélisation A et la modélisation B du détergent sont considérées chacune avec une probabilité d'occurrence de 50%.

Composition du détergent		Inventaire
Hydroxyde de potassium	9.8%	potassium hydroxide production - RoW (EI 3.9.1)
Hydroxyde de sodium	16%	market for sodium hydroxide, without water, in 50% solution state - GLO (EI 3.9.1)
Agent séquestrant végétal	65%	50% ethoxylated alcohol (AE11) production, palm oil - RER (EI 3.9.1)
		50% ethoxylated alcohol (AE3) production, coconut oil - RER (EI 3.9.1)
Phosphonates	6.5%	phosphoric acid production, dihydrate process - RoW, (EI 3.9.1)

Tableau 38 : Composition du détergent de lavage modélisé (modélisation A)

** Deux types de tensio-actifs d'origine végétale sont considérés à proportions égales (50%) : l'un est produit à base d'huile de palme, l'autre à base d'huile de coco. Le choix de ces deux tensio-actifs est basé sur la littérature.*

Composition du détergent		Inventaire
Hydroxyde de potassium	36%	potassium hydroxide production, RoW, (EI 3.9.1)
Silicate de sodium	23%	market for sodium silicate, solid, RER, (EI 3.9.1)
Eau déionisée	21%	market for water, deionised, Europe without Switzerland, (EI 3.9.1)
Sodium tripolyphosphate	20%	market for sodium tripolyphosphate, GLO, (EI 3.9.1)

Tableau 39 : Composition du détergent de lavage modélisé (modélisation B)

L'analyse de la littérature a par ailleurs permis de modéliser un produit de rinçage, tel que présenté dans le Tableau 40 :

Composition du produit de rinçage		Inventaire
Acide citrique	5%	market for ethoxylated alcohol (AE7), RER, (EI 3.9.1)
Alcools gras non ionique C12-C14	20%	ethoxylated alcohol (AE3) production, petrochemical, RoW, (EI 3.9.1)
		ethoxylated alcohol (AE3) production, palm kernel oil, RoW, (EI 3.9.1)
		ethoxylated alcohol (AE3) production, coconut oil, RoW, (EI 3.9.1)
Eau désionisée	70%	market for water, deionised, Europe without Switzerland, (EI 3.9.1)
Sodium cumolsulfonate	5%	sodium cumenesulphonate production, RER, (EI 3.9.1)

Tableau 40 : Composition du produit de rinçage modélisé

Etant donné le nombre relativement faible de jeux de données collectés, une analyse de la littérature a été réalisée afin d'identifier d'éventuelles valeurs extrêmes ou aberrantes (issues par exemple d'erreurs de saisie). Il a ainsi pu être vérifié que les ordres de grandeurs associés aux données collectées étaient cohérents.

Les données collectées n'ont cependant pas permis d'établir avec fiabilité et robustesse des profils de consommation spécifiques aux différents types d'emballages primaires inclus dans cette étude (bouteilles, pots, barquettes...). Une modélisation générique des processus de lavage est donc considérée, et appliquée de pareille manière aux différents scénarios de l'étude. Il est ainsi estimé que le recours à des gammes de valeurs continues permette (à minima partiellement) d'inclure et de représenter différentes typologies de emballages primaires dans la modélisation du lavage.

7.6.3.2. Infrastructures de lavage

Une modélisation des infrastructures de lavage a été réalisée sur base de la littérature, notamment au travers d'une étude conforme à l'ISO menée dans le cadre de la création d'un écolabel européen pour l'affichage des consommations énergétiques[60]. La modélisation de ces infrastructures s'est basée sur un profil d'appareils permettant de répondre aux exigences d'une échelle de lavage industrielle, notamment de type "Conveyor type multi-tank washing machine".

Les données résultant de cette analyse et ayant permis la modélisation des infrastructures de lavage sont reprises dans le Tableau 41.

		Inventaire
Durée de vie	17 ans	--
Nombre de cycles par an	625 000	--
Nombre de litre lavé par cycle	82 L	--
Acier	980 kg	steel production, converter, low-alloyed, RER, (EI 3.9.1) + sheet rolling, steel, RER, (EI 3.9.1)
Pompes (pile de plaques)	37.07 kg	
Pompes (stainless steel wave)	25.370 kg	
Polypropylène	58 kg	injection moulding, RER, (EI 3.9.1) + polypropylene production, granulate, RER, (EI 3.9.1)
Polyamines	18.66 kg	market for glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulded, GLO, (EI 3.9.1)
EDPM	12 kg	extrusion, plastic film, RER, (EI 3.9.1) + polyethylene production, linear low density, granulate, RER, (EI 3.9.1)
Joints (EDPM)	15 kg	
Gaine de câble (silicone, EDPM)	8.36 kg	
Pompes (cuivre)	39.02 kg	electrorefining of copper, anode, GLO, (EI 3.9.1)
Cable (cuivre)	19.8 kg	
Pompes (Aluminium)	44.89 kg	EU-27 : Aluminium ingot mix EAA update 2015 (consumption mix), EU – 27, (EAA) + EU-27 : Aluminium sheet [p-agg] EAA update 2015, EU – 27, (EAA)
Gaine de cables (PVC)	11.44 kg	market for polyvinylchloride, bulk polymerised, GLO, (EI 3.9.1)
Electronique	15.4 kg	market for electronics, for control units, GLO, (EI 3.9.1)

Tableau 41 : Modélisation des infrastructures de lavage

En fin de vie, le tri et le recyclage de l'acier, de l'aluminium et du cuivre sont considérés. Les autres composants sont soumis à un processus d'incinération.

7.7. Fin de vie des emballages

7.7.1. Aspects méthodologiques de la modélisation de la fin de vie des emballages

7.7.1.1. Taux de recyclage et d'incinération

Les gammes de valeurs des taux de recyclage (dits R2) modélisées dans cette étude sont basées sur des données de littérature et des objectifs légaux, qui correspondent pour la plupart à des taux de recyclage effectif et pour certains d'entre eux, lorsque la donnée n'est pas disponible, à des taux de collecte convertis en taux de recyclage avec hypothèse.

Les valeurs de taux de recyclage présentées ci-après tiennent compte des nouvelles méthodologies de calcul harmonisées de l'Union Européenne applicables depuis 2020 afin de se positionner au point de calcul : entrée d'opérations de pelletisation, d'extrusion, de moulage pulpeur ou d'utilisation dans un produit final

Pour les emballages primaires, il est considéré une valeur minimale de R2 fixée en accord avec le Cadre méthodologique de l'ADEME[10]. Les valeurs fixées dans ce cadre découlent de valeurs actualisées à l'échelle 2020 pour le territoire français, sur base :

- du reporting « Emballages et Déchets d'emballages » de la France à l'Europe datant de 2022[14] sur les données de 2020 (pour le verre et le polyéthylène notamment) ;
- du tableau de bord de la filière REP des emballages ménagers datant de 2023[13] sur les données de 2020, avec intégration des nouvelles modalités de calcul de la commission européenne (pour tous les plastiques notamment).

Les valeurs maximales sont basées sur des objectifs prospectifs de recyclage à l'horizon 2030, (englobant également les objectifs à l'horizon 2025, par exemple à travers le Projet de Règlement européen sur les emballages[65]). Les valeurs fixées en cas illustratif sont basées sur ces mêmes valeurs, pour illustrer une situation prospective optimale à court/moyen terme.

Par ailleurs, comme le préconise le cadre de référence ADEME, les taux de recyclage des systèmes de fermeture en aluminium et en acier sont considérés identiques à celui de l'emballage primaire (et ce pour chaque itération de calcul), les traiteurs de calcin étant équipés pour permettre un tri de ces matériaux et une redirection vers leurs filières de recyclage. Il est également considéré que les taux de recyclage des systèmes de fermeture associés à la bouteille PET (scénario 6), au pot en PS (scénario 7) et à la barquette de restauration en PP (scénarios 8 et 9) sont identiques à ceux de l'emballage primaire, du fait que les deux éléments soient typiquement jetés ensemble.

Les taux de recyclage (R2) des emballages primaires et de leurs systèmes de fermeture sont repris dans le Tableau 42 et le Tableau 43.

Elément d'emballage	Scénarios concernés	Taux de recyclage R2 (%) - Valeur minimale	Taux de recyclage R2 (%) - Valeur maximale	Taux de recyclage R2 (%) - Valeur cas illustratif	Sources	
					Valeur minimale de R2	Valeur maximale de R2
Bouteille et pot en verre	Tous	**78.7%**	**90%**	**90%**	ADEME (2022) *"Valorisation des emballages en France - Données 2020"* - page 4 - Taux de recyclage effectif des emballages en verre, en aluminium, en carton et des métaux ferreux en 2020. La valeur pour l'aluminium tient compte de la nouvelle méthodologie européenne de calcul du taux de recyclage.	Arrêté du 7 décembre 2023 portant sur le cahier des charges des éco-organismes et des systèmes individuels de la filière à responsabilité élargie des producteurs des emballages ménagers, des imprimés papiers et des papiers à usage graphique - annexe I, 5.1.1 - Objectif de taux de recyclage du verre pour 2030 (hypothèse d'ajouter 2% à l'objectif 2029 de 88%, en cohérence avec l'évolution des objectifs entre 2024 et 2029)
Canette en aluminium	10	**31%**	**60%**	**60%**	ADEME (2022) "Valorisation des emballages en France - Données 2020" - page 4 - Taux de recyclage des emballages en aluminium en 2020. Cette valeur tient compte de la nouvelle méthodologie européenne de calcul du taux de recyclage.	Projet de Règlement emballages (Union Européenne) - Article 46 - Objectif de taux de recyclage de l'aluminium pour 2030
Bouteille en PET à usage unique	6, 11, 12 et 13	**44.5%***	**81%**	**81%**	ADEME (2023) "Tableau d'indicateurs de suivi des emballages ménagers" et ADEME (2022) "Valorisation des emballages en France - Données 2020" - page 66. Taux de recyclage des bouteilles et flacons en plastique en 2020 (57%), auquel est appliqué un taux de perte de 22% (pertes matières durant le processus de recyclage, impuretés, indésirables) permettant de tenir compte de la nouvelle méthodologie européenne de calcul du taux de recyclage.	Code de l'Environnement, Article L541-10-11 et ADEME (2022) et correction ADEME. Objectif de taux de collecte pour recyclage des bouteilles en plastique de boissons pour 2029 (90%), auquel est appliqué un taux de perte matière dans le processus de recyclage de 10% à horizon 2029 (le taux de collecte de 90% prend déjà en compte les impuretés et les indésirables).
Bouteille en PET réemployable N < 8 utilisations***	11	**44.5%***	**81%**	**81%**	Hypothèse selon laquelle la fin de vie des bouteilles réemployables utilisées moins de 8 fois est gérée en majorité par le consommateur (taux de recyclage identique à celui du PET à usage unique).	
Bouteille en PET réemployable N ≥ 8 utilisations***		**60%***	**90%**	**90%**	Hypothèse selon laquelle la fin de vie des bouteilles réemployables dont le nombre d'utilisations est supérieur ou égal à 8 est gérée en majorité par le professionnel en centre de tri/lavage, et donc plus optimisé, d'où un R2 minimal de +15% (hypothèse) et un R2 maximal de +9% par rapport aux bouteilles réemployables dont le nombre d'utilisations est inférieur à 8.	
Bonbonne en PET réemployable	12	**75%**	**90%**	**90%**	La borne supérieure pour le taux de recyclage des bonbonnes en PET réemployables est fixée à 95%, pour tenir compte d'une gestion optimisée des déchets par les professionnels, à l'image des tendances observées en Allemagne pour des systèmes analogues.	La fin de vie des bonbonnes est exclusivement gérée par les professionnels (et donc indépendante du comportement des consommateurs finaux), la borne inférieure de ce taux de recyclage est donc elle aussi revue à la hausse, fixée arbitrairement à 90%.
Barquette en PP	8, 9	**5.8%**	**20%****	**20%**	ADEME (2023) "Tableau d'indicateurs de suivi des emballages ménagers" et ADEME (2022) "Valorisation des emballages en France - Données 2020" - page 66. Taux de recyclage des "autres	Hypothèse de l'ADEME basée sur les progressions actuelles.

					emballages plastiques" en 2020 (7,5%), auquel est appliqué un taux de perte de 22%, permettant de tenir compte de la nouvelle méthodologie européenne de calcul du taux de recyclage.	
Pot en PS	7	**2.9%**	**20%****	**20%**	Hypothèse de l'ADEME : le R2 du PS est estimé deux fois plus faible que pour les autres plastiques hors bouteilles. Ici cette valeur est fixée à 50% du R2 du PP.	Hypothèse de l'ADEME basée sur les progressions actuelles.
BiB (portion plastique multicouches en PE/EVOH)	13	**0%**		**0%**	Selon COTREP, Les résines utilisées pour produire les poches échantillonnées sont considérées comme perturbatrices des processus de recyclage si leur densité est supérieure à 1. Par ailleurs, les échantillons collectés auprès d'établissements « fast-food » (qui représentent un marché significatif de la distribution de produits en poches de concentrés) indiquent que la portion plastique de l'emballage n'est pas recyclable à date. Une analyse de sensibilité sur les contributions aux impacts est toutefois réalisée et présentée en section 6.13, pour tenir compte d'un cas de figure de recyclage optimisé des poches en plastique (taux de recyclage de 90%).	
BiB (portion cartonnée)	13	**80%**	**85%**	**85%**	ADEME (2022) "Valorisation des emballages en France - Données 2020" - page 4 - Taux de recyclage des emballages en carton en 2020	Projet de Règlement emballages (Union Européenne) - Article 46 - Objectif de taux de recyclage du papier/carton pour 2030
Acier (corps et système de fermeture)	14	**63.7%**	**80%**	**80%**	ADEME (2022) "Valorisation des emballages en France - Données 2020" - page 4 - Taux de recyclage des métaux ferreux en 2020	Projet de Règlement emballages (Union Européenne) - Article 46 - Objectif de taux de recyclage des métaux ferreux pour 2030
Bouchon en PEhd (système de fermeture pour bouteilles et barquettes en verre)	6, 7, 8 et 10	**5.8%**		**5.8%**	ADEME (2023) "Tableau d'indicateurs de suivi des emballages ménagers" et ADEME (2022) *"Valorisation des emballages en France - Données 2020"* - page 66. Taux de recyclage des "autres emballages plastiques" en 2020 (7,5%), auquel on applique un taux de perte de 22%, permettant de tenir compte de la nouvelle méthodologie européenne de calcul du taux de recyclage.	
Bouchon en PEhd (système de fermeture pour bouteilles en PET à usage unique)	6, 11, 12 et 13	**44.5%**	**81%**	**81%**	Le bouchon en PEhd – solidaire du corps principal de la bouteille en PET – est considéré comme étant trié pour recyclage au sein de la filière du corps principal. Ainsi les valeurs de R2 du bouchon PEhd correspondent à celles de la bouteille en PET.	
Bouchon en PEhd pour bouteille en PET réemployable - N < 8 utilisations***	11	**44.5%**	**81%**	**81 %**	Le R2 du bouchon est considéré comme identique à celui de la bouteille en PET réutilisée moins de 8 fois	
Bouchon en PEhd pour bouteille en PET réemployable - N ≥ 8 utilisations***		**60%**	**90%**	**90 %**	Le R2 du bouchon est considéré comme identique à celui de la bouteille en PET réutilisée au moins 8 fois	

Bouchon en PEhd (pour bonbonnes)	12	**75%**	**90%**	**90%**	Le R2 du bouchon est considéré comme identique à celui de la bonbonne en PET réemployable
Opercule en PET et en aluminium (système de fermeture pour pots en PS)	7	**0%**		**0%**[68]	Séparation impossible des différents matériaux qui constituent l'opercule.
Bouchon en aluminium (système de fermeture pour bouteilles en verre)	6 et 10	**78.7%**	**90%**	**90%**	Il est considéré que les couvercles en aluminium peuvent atteindre leur fin de vie à l'échelle du ménage ou du point de vente (lors du retour de l'emballage réemployable). Les valeurs fixées pour le taux de recyclage de ce système de fermeture sont considérées équivalentes à celles de l'emballage primaire en verre auquel il se rapporte
Bouchon en acier (système de fermeture pour bouteilles et pots en verre)	6, 7,10, 12, 13 et 14	**78.7%**	**90%**	**90%**	Il est considéré que les couvercles en acier peuvent atteindre leur fin de vie à l'échelle du ménage ou du point de vente (lors du retour de l'emballage réemployable). Les valeurs fixées pour le taux de recyclage de ce système de fermeture sont considérées équivalentes à celles de l'emballage primaire en verre auquel il se rapporte
Bouchon en liège (système de fermeture pour bouteilles en verre)	10	**0%**		**0%**	ADEME (2022) « Cadre de référence - ACV comparative entre différentes solutions d'emballages » - page 100

Tableau 42 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les emballages primaires et systèmes de fermeture

** La borne minimale associée aux bouteilles en PET découle de données spécifiques à la France issues d'un reporting de la France à la Commission Européenne de 2021 consacré aux emballages de boissons. Ce taux a par ailleurs été validé en Comité de Suivi auprès d'acteurs sectoriels.*

*** Les bornes maximales liées aux emballages primaires en PS (pots de produits laitiers) et PP (barquettes de restauration) sont fixées par hypothèse sur base de progressions attendues à horizon 2025 (associées à une montée en puissance des filières de recyclage sur l'ensemble du territoire, et basées sur la progression des taux à l'échelle 2020-2021)*

**** Deux cas de figure sont considérés dans la modélisation, selon la valeur prise aléatoirement par le paramètre de nombre d'utilisations de la bouteille réemployable en PET (évoluant entre 2 et 20 utilisations) :*

- *Pour des nombres d'utilisations élevés (supérieurs ou égaux à 8), il est considéré probable que la fin de vie de la bouteille ait été atteinte soit à l'échelle du ménage/particulier, soit à l'échelle du professionnel, par exemple dans le cadre d'un déclassement. A l'instar des bonbonnes (****), il est estimé que le geste de tri est favorisé à l'échelle du professionnel de par certains systèmes logistiques et règlementaires en place. La borne supérieure considérée pour le taux de recyclage est donc arbitrairement fixée à 95%. Des situations correspondant à une valeur de R2 évoluant entre 61% et 95% sont alors étudiées à travers les résultats produits.*
- *Pour des nombres d'utilisations faibles (inférieurs à 8), il est considéré que la fin de vie de la bouteille est atteinte à l'échelle du ménage et/ou des particuliers. Dans ce cas de figure, la valeur du taux de recyclage pour cet emballage est la même que pour la bouteille à usage unique en PET avec laquelle elle est comparée, évoluant entre 61 et 77%.*

Les taux de recyclage considérés pour les emballages de regroupement et de transport sont repris dans le Tableau 43.

Matériau	Scénarios concernés	Taux de recyclage R2 (%)
PEhd (palox)	Tous sauf 11	**22%**[10]
PEhd (caisse de transport)	9	**22%**[10]
PEhd (caisse de regroupement)*	11	**22%-90%**[10,12]
PEbd (regroupement)	6, 10, 11, 12, 13	**22%**[10]
PEbd (palettisation)	Tous	**22%**[10]
Bois (palettisation)	Tous	**30%**[61]
Carton (regroupement)**	1, 2, 3, 4	**59.2%**[10]
Carton (palettisation)**	Tous	**89.2%**[10]
Ruban adhésif (intégré au film PEBD de regroupement)	6, 10, 11, 12, 13	**0 %** [68]

Tableau 43 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les emballages additionnels

** Une borne supérieure de 90% est considérée pour le taux de recyclage de la caisse de regroupement des bouteilles en PET réemployables du scénario 11. Ce taux est fixé à l'identique de la borne maximale fixée pour les bouteilles elles-mêmes.*

*** Le taux des intercalaires de palettisation en carton diffère de celui lié aux emballages de regroupement du fait qu'ils sont gérés à l'échelle industrielle, et non par les ménages.*

Des valeurs fixes ont été préférées à des gammes de valeurs pour les taux de recyclage liés aux emballages additionnels, du fait de leur influence jugée a priori plus modérée aux catégories d'impact, et d'enjeux prospectifs sociétaux et réglementaires moins directement en lien avec cette étude.

Les proportions non recyclées des matériaux sont envoyées vers des unités d'incinération ou de stockage. La distribution de la matière entre ces deux procédés dépend de la nature des déchets considérés (ménagers ou industriels). Les taux d'incinération et de revalorisation énergétique préconisés par le "Cadre de Référence - ACV comparatives entre différentes solutions d'emballages" de l'ADEME sont utilisés. Le taux d'incinération (R3) correspond à la proportion du flux de matière non-recyclée qui est soumise au traitement par incinération. Le taux de revalorisation énergétique correspond à la proportion du flux de matière incinérée qui permettra une récupération d'énergie. Enfin, le taux de stockage correspond quant à lui à la proportion du flux de matière non-recyclée qui est soumise au stockage et à l'enfouissement. Plus de détails sur la modélisation de l'incinération et du stockage des emballages sont repris dans la section 11.10.

La répartition suivante est donc considérée pour les matériaux n'étant pas recyclés :

<table>
<tr><th>Matériau</th><th>Taux d'incinération (%)</th><th>Taux de revalorisation énergétique (%)</th><th>Taux de stockage (%)</th></tr>
<tr><td>Emballages primaires et de distribution</td><td rowspan="6">71</td><td rowspan="7">100</td><td rowspan="6">29</td></tr>
<tr><td>Systèmes de fermeture</td></tr>
<tr><td>Caisse PEHD</td></tr>
<tr><td>Carton</td></tr>
<tr><td>Ruban adhésif</td></tr>
<tr><td>Film PEBD (emballages de regroupement)</td></tr>
<tr><td>Bois</td><td rowspan="2">29</td><td rowspan="2">71</td></tr>
<tr><td>Film PEBD (palettisation)</td></tr>
</table>

Tableau 44 : Valeurs utilisées pour les taux d'incinération, de revalorisation énergétique et de stockage [10]

Des schémas de destination associés à la fin de vie des emballages primaires sont présentés en Annexe 9.

7.7.1.2. Formule “Circular Footprint Formula” (CFF)

Dans le cadre de cette étude, la formule CFF, présentée ci-dessous, est utilisée[10].

$$E_v + (R_1 \times A \times E_{recycled}) - (R_1 \times A \times (Qs_{in}/Qp) \times E_v) + (R_2 \times (1 - A) \times (E_{recyclingEoL} - E_v^* \times (Qs_{out}/Qp))$$

A *= proportion des impacts environnementaux générés et évités par l'ensemble des étapes appartenant au périmètre qui va de la collecte des déchets à la production de matière recyclée qui est affectée au cycle de vie qui utilise la matière recyclée*

R_1 *= taux d'incorporation de matière recyclée dans la matière*

E_v *= impacts environnementaux qui sont associés à la production d'une unité de la matière première vierge qui est substituée par la matière recyclée*

$E_{recycled}$ *= impacts environnementaux générés par l'ensemble des étapes appartenant au périmètre qui va de la collecte des déchets à la production de matière recyclée*

Qs_{in}/Qp *= ratio qualité entre la matière recyclée incorporée et la matière première vierge à laquelle elle se substitue*

R_2 *= taux de recyclage*

E_v^* *= impacts environnementaux qui sont associés à une à la production d'une unité de la matière première vierge qui est considérée comme substituée par la matière recyclée produite à l'issue du recyclage des déchets*

$E_{recyclingEoL}$ *= impacts environnementaux générés par l'ensemble des étapes appartenant au périmètre qui va de la collecte des déchets à la production de matière recyclée*

Qs_{out}/Qp *= ratio qualité entre la matière recyclée produite à l'issue du recyclage des déchets et la matière première vierge qui est considérée comme substituée*

A ce calcul s'ajoutent les impacts associés à l'incinération et au stockage des flux non recyclés, ainsi que l'évitement de la production de chaleur lié à la revalorisation énergétique lors de l'incinération (selon les proportions reprises dans le Tableau 44).

Cette formule permet le calcul des charges et bénéfices de la fin de vie, et est recommandée par la Commission européenne dans le cadre de la méthode PEF (*Product Environmental Footprint*)[a]. Elle prend en compte un facteur d'allocation (le facteur A) qui permet de répartir les charges et bénéfices du recyclage entre l'incorporateur et le fournisseur de la matière. Par exemple, pour une valeur de 0.5 et si l'emballage est recyclé en fin de vie, 50% du bénéfice et des charges du recyclage en fin de vie seront alloués à l'incorporateur, et 50% seront alloués au fournisseur. Le double comptage est ainsiévité.

Ce facteur A dépend du matériau considéré et a pour but de représenter la situation du marché : le facteur d'allocation est censé refléter les efforts fournis par un des deux acteurs : si la demande en matière recyclée est forte mais l'offre est faible, on doit allouer les bénéfices au fournisseur de la matière. En accord avec le Cadre Méthodologique de l'ADEME consacré aux ACV des solutions d'emballage, une valeur de **0.5** est fixée pour le facteur A, et ce pour tous les matériaux considérés[10].

Par ailleurs, cette formule instaure une logique de taux de substitution (Qs/Qp).Ce paramètre correspond au rapport entre la qualité du matériau recyclé et le matériau d'origine vierge au point de substitution; c'est-à-dire lorsque le niveau de transformation de la matière recyclée permet une utilisation dans des applications équivalente à la matière première vierge.

Matériau	Taux de substitution*	Source
Acier	1	41
Aluminium	1	
Verre	1	
PET (procédé SSP)	1	
PET (recyclage mécanique), PP, PEhd	0.9	
PEbd	0.75	

[a] https ://environment.ec.europa.eu/news/environmental-footprint-methods-2021-12-16_en

PS	0.9	68 (sur base des valeurs PEF pour des plastiques analogues)
Carton	0.9	La méthode PEF recommande 1 si les pertes du procédé de recyclage sont comptabilisées et 0.85 si elles ne le sont pas. Dans cette étude, les pertes sont comptabilisées cependant, dans le cas du recyclage pour des usages en emballage et conditionnement, le matériau recyclé peut perdre de ces propriétés mécaniques (c'est le cas pour l'emballage en carton recyclé). Une valeur de 0.9 est donc appliquée.

Tableau 45 : Taux de substitution aux matières premières d'origine vierge

**Aussi appelé ratio Qs/Qp dans la circular footprint formula du PEF*

Note 1 : Dans le cas des papiers et cartons, le procédé de recyclage entraine une dégradation de la fibre. En pratique, les fibres se cassent. Les fibres trop courtes sont évacuées à travers les pertes du procédé considéré. Pour le reste, on constate une dégradation des propriétés techniques du papier et du carton. Cette dégradation est approchée via le taux de substitution.

Note 2 : Dans le cas des films plastiques en PEbd, on constate une dégradation des propriétés mécaniques de la matière recyclée, il faut généralement ajouter 30% de matière recyclée de plus qu'avec du vierge pour atteindre les mêmes performances. Cette dégradation est approchée via le taux de substitution.

Note 3 : Pour le PET, la valeur de taux de substitution de 100% (procédé SSP) est appliquée aux volumes de PET recyclés en granules. Un taux de 90% est appliqué au PET recyclé en paillettes.

Note 4 : La valeur de 0.9 fixée pour le PET, le PP et le PEhd est basée sur l'annexe C du PEF en l'absence de données techniques de terrain permettant d'apprécier la valeur réelle du taux de substitution pour ces matériaux. Une incertitude quant à cette donnée de modélisation est donc à soulever, et pourrait légèrement affecter les impacts liés à la fin de vie des emballages en plastique (en les augmentant, s'il s'avérait que ce taux de substitution avait été sous-évalué).

7.7.2. Données d'inventaire de fin de vie des emballages primaires et de leurs systèmes de fermeture

Les données d'inventaire utilisées pour modéliser le recyclage, l'incinération et le stockage en fin de vie des emballages primaires et de leurs systèmes de fermeture sont repris dans le Tableau 46.

Matériau	Procédés d'inventaire pour les impacts du recyclage*	Procédés d'inventaire pour les impacts évités	Procédés d'inventaire pour les impacts de l'incinération	Procédés d'inventaire pour les impacts du stockage
Verre	Container glass, ER, Recycled Content 100% - EU27 (FEVE)	Container glass, virgin - EU-28+EFTA (FEVE)	Treatment of waste glass, municipal incineration - CH (EI 3.9.1)	Treatment of waste glass, inert material landfill - CH (EI 3.9.1)
PET	Plastique recyclé mécaniquement, rPET – FR (SRP)	77.5% Polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RER (EI 3.10) 22.5%[39] polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RoW (EI 3.10)	Treatment of waste polyethylene terephthalate, municipal incineration - RER (EI 3.9.1)	Treatment of waste polyethylene terephthalate, sanitary landfill - RER (EI 3.9.1)
PP	Polyethylene production, high density, granulate, recycled - RER (EI 3.9.1)	Polypropylene production, granulate– RER (EI 3.9.1)	Treatment of waste polypropylene, municipal incineration - RER (EI 3.9.1)	Treatment of waste polypropylene, sanitary landfill - RER (EI 3.9.1)
PS**		50% Polystyrene production, general purpose, granulate– RER (EI 3.9.1) 50% Polystyrene production, high impact, granulate– RER (EI 3.9.1)	Treatment of waste polystyrene, municipal incineration - RER (EI 3.9.1)	Treatment of waste polystyrene, sanitary landfill - RER (EI 3.9.1)

Matériau	Procédés d'inventaire pour les impacts du recyclage*	Procédés d'inventaire pour les impacts évités	Procédés d'inventaire pour les impacts de l'incinération	Procédés d'inventaire pour les impacts du stockage
Aluminium	Treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at remelter - RER (EI 3.9.1) Treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner - RER (EI 3.9.1) à Cuivre, zinc et silice soustraits des inventaires*** à Prise en compte d'un mix électrique français	Market for aluminium, primary, ingot - IAI Area, EU27 & EFTA (EI 3.9.1)	Treatment of scrap aluminium, municipal incineration - Europe without Switzerland (EI 3.9.1)	Treatment of waste aluminium, sanitary landfill – CH (EI 3.9.1)
PEhd	*Scénarios 7 à 10:* Polyethylene production, high density, granulate– RER (EI 3.9.1) *Scénarios 6, 11-14 :* Plastique recyclé mécaniquement, rPEHD– FR (SRP)	Polyethylene production, high density, granulate, recycled – Europe without Switzerland (EI 3.9.1)	Treatment of waste polyethylene, municipal incineration - CH (EI 3.9.1)	Treatment of waste polyethylene, sanitary landfill – CH (EI 3.9.1)
PEbd	*Scénarios 7 à 10:* Polyethylene production, low density, granulate– RER (EI 3.9.1) *Scénarios 6, 11-14 :* Plastique recyclé mécaniquement, rPEBD– FR (SRP)	Polyethylene production, high density, granulate, recycled – Europe without Switzerland (EI 3.9.1)		
Acier	Steel production, electric, low-alloyed - Europe without Switzerland and Austria (EI 3.9.1)	Steel production, converter, unalloyed - RER (EI 3.9.1)	Treatment of scrap steel, municipal incineration - Europe without Switzerland and Austria (EI 3.9.1)	Treatment of waste aluminium, sanitary landfill - CH (EI 3.9.1)
Liège	Wood chipping, industrial residual wood, stationary electric chipper - RER (EI 3.9.1)	Wood chips production, softwood, at sawmill - Europe without Switzerland (EI 3.9.1)	Treatment of waste wood, untreated, municipal incineration – CH (EI 3.9.1)	Treatment of waste wood, untreated, sanitary landfill - CH (EI 3.9.1)

Tableau 46 : Procédés d'inventaire modélisant la fin de vie de l'emballage primaire et des systèmes de fermeture

** Pour approcher au mieux les impacts de recyclage associés à la réalité du territoire français, les consommations électriques de chacun des inventaires associés aux processus de recyclage en ont été soustraites, et un inventaire français ("market for electricity, low voltage – FR (EI 3.9.1)") a été ajouté, à consommations égales.*

*** La modélisation du recyclage du polystyrène présente des limites notables. Il n'a pas été possible dans le cadre de cette étude de modéliser le recyclage chimique du PS, ou une proposition alternative pour celui-ci. Il est donc à considérer que les inventaires utilisés ne sont pas représentatifs de ce type de processus, qui représentent l'un des grands enjeux actuels du recyclage du polystyrène. En pratique et sur base de retours d'acteurs sectoriels, il est probable que les impacts associés au processus de recyclage chimique excèdent ceux liés au recyclage mécanique, modélisé dans cette étude. Auquel cas, les impacts de l'étape de fin de vie de l'option à usage unique du scénario 7 pourraient être légèrement sous-estimés.*

**** Cet inventaire de traitement concerne la production d'un alliage de différents métaux. Le processus modélisé concerne spécifiquement la fonte d'aluminium en vue de son recyclage. Les éléments intégrés à l'inventaire pour*

permettre d'autres productions (le cuivre et la silice) sont donc retirés de la modélisation afin de focaliser le processus modélisé sur l'aluminium.

Les inventaires de recyclage des emballages hors verre ont été adaptés pour tenir compte d'un recyclage sur le territoire français, via la soustraction d'une portion de l'électricité consommée (reprise dans les inventaires du Tableau 48) et l'ajout d'un inventaire français ("market for electricity, low voltage – FR (EI 3.9.1)"), à consommations égales. Les proportions des flux de déchets (issus des emballages primaires et de leurs systèmes de fermeture) recyclés en France et dans le reste de l'Europe pour les différents scénarios sont repris dans le Tableau 47. Ces données sont basées sur les chiffres du recyclage formulés par CITEO pour l'année 2021[28].

Emballages considérés	Scénario(s) considéré(s)	Proportion du recyclage en France	Proportion du recyclage en Europe, hors France
Bouteille en PET à usage unique, et son bouchon en PEhd	6, 11, 12, 13	70.1 %	29.9 %
Pot en PS à usage unique	7		
Barquette en PP à usage unique et son couvercle en PP	8, 9		
Canette en aluminium à usage unique	10	53.5 %	46.5 %
Boîtes de conserve en acier	14	69 %	31 %

Tableau 47 : proportions du recyclage d'emballages primaires en France et hors France

Le détail des consommations associées au recyclage du verre n'étant pas accessible au travers des inventaires FeVe, ceux-ci n'ont toutefois pas pu être adaptés et régionalisés. Par ailleurs, à défaut de données disponibles quant à la répartition géographique de ce processus, il est considéré que le recyclage des emballages et matériaux n'étant pas repris dans le tableau (notamment les emballages de regroupement et de transport) a lieu sur le territoire français.

7.7.3. Données d'inventaire de fin de vie des emballages de regroupement et de transport

Les données d'inventaire utilisées pour modéliser le recyclage, l'incinération et le stockage des emballages primaires et de leurs systèmes de fermeture sont repris dans le Tableau 48.

Matériau	Procédés d'inventaire pour les impacts du recyclage*	Procédés d'inventaire pour les impacts évités	Procédés d'inventaire pour les impacts de l'incinération	Procédés d'inventaire pour les impacts du stockage
PEhd	Polyethylene production, high density, granulate, recycled - Europe without Switzerland (EI 3.9.1)	Polyethylene production, high density, granulate – RER (EI 3.9.1)	Treatment of waste polyethylene, municipal incineration - CH (EI 3.9.1)	Treatment of waste polyethylene, sanitary landfill – CH (EI 3.9.1)
PEbd	Polyethylene production, high density, granulate, recycled - Europe without Switzerland (EI 3.9.1)	Polyethylene production, low density, granulate – RER (EI 3.9.1)		

Matériau	Procédés d'inventaire pour les impacts du recyclage*	Procédés d'inventaire pour les impacts évités	Procédés d'inventaire pour les impacts de l'incinération	Procédés d'inventaire pour les impacts du stockage
Bois	Wood chipping, industrial residual wood, stationary electric chipper - RER (EI 3.9.1)	Wood chips production, softwood, at sawmill - Europe without Switzerland (EI 3.9.1)	Treatment of waste mood, untreated, municipal incineration - CH (EI 3.9.1)	Treatment of waste wood, untreated, sanitary landfill - CH(EI 3.9.1)
Carton	Containerboard production, linerboard, testliner - RER (EI 3.9.1)	Containerboard production, linerboard, testliner – RER (EI 3.9.1) Containerboard production, linerboard, kraftliner – RER (EI 3.9.1)	Treatment of waste paperboard, municipal incineration - RER (EI 3.9.1)	Treatment of waste paperboard, sanitary landfill - RER (EI 3.9.1)
Ruban adhésif	/	/	Treatment of waste polystyrene, municipal incineration - CH(EI 3.9.1) Treatment of waste polypropylene, municipal incineration - CH (EI 3.9.1)	Treatment of waste polystyrene, sanitary landfill - CH (EI 3.9.1) Treatment of waste polypropylene, sanitary landfill - CH (EI 3.9.1)

Tableau 48 : Procédés d'inventaire modélisant la fin de vie des emballages de regroupement et de transport

7.7.4. Transport vers les sites de traitement en phase de fin de vie

En accord avec la fiche n°19 du Cadre de Référence de l'ADEME[10], le transport des déchets en fin de vie est décliné en deux ou trois étapes logistiques, selon le type de collecte considéré :

Pour une collecte en mélange (cas des ordures ménagères résiduelles) :

- La collecte des déchets
- Leur transfert vers les centres de traitement, après massification en quais de transfert

Pour une collecte séparée :

- La collecte des déchets
- Leur transfert vers les centres de tri, après massification en quais de transfert
- Leur transport des centres de tri aux centres de traitement (sites de recyclage notamment)

7.7.4.1. Collecte séparée et transfert

Pour cette étape, il est considéré les consommations de carburant suivantes par tonne de déchets collectés :

- 9 litres de diesel pour la fraction de collecte en mélange (un facteur de *1-R2* est appliqué aux masses de déchets d'emballages, pour chaque matériau hors verre).
- 19.4 litres de diesel pour la collecte séparée des recyclables secs (un facteur *égal à R2* est appliqué aux masses de déchets d'emballages, pour chaque matériau hors verre).
- 6.2 litres de diesel pour la collecte des emballages en verre (un facteur *égal à R2* est appliqué aux masses de déchets d'emballages en verre).

La combustion du diesel est modélisée à travers la modélisation basée sur COPERT (voir section 7.5.1.5) et l'inventaire suivant est utilisé pour modéliser la consommation de diesel :

Market for diesel, low-sulfur – Europe without Switzerland (EI 3.9.1)

Il est à noter que cette étape de transport ne s'applique pas aux emballages de transport (à savoir les palettes, le film de palettisation, les intercalaires de palettisation en carton, et les palox) qui suivent directement l'étape de transport détaillée au point 7.7.4.2.

Pour cette version du rapport, une erreur de modélisation a mené à une modélisation identique de la collecte sélective et de la collecte en mélange, sur base des données liées à cette dernière (9 L de diesel). Cet élément sera adapté dans la prochaine itération de calculs. Il est considéré que cet élément n'influence pas significativement les résultats produits, notamment dans le cadre d'identifications de points de basculement.

7.7.4.2. Transport vers les centres de traitement

Pour cette étape, il est considéré les consommations de carburant suivantes par tonne de déchets collectés :

- 5.4 litres de diesel pour les bouteilles, pots et barquettes en verre
- 10.1 litres de diesel pour les emballages en plastique, notamment les bouteilles en PET, les pots en polystyrène, les barquettes en polypropylène, et les emballages de regroupement et de transport en PEhd et en PEbd.
- 14.5 litres de diesel pour les canettes en aluminium
- 4.7 litres de diesel pour les emballages de regroupement et de transport en carton

La combustion du diesel est modélisée à travers la modélisation basée sur COPERT (voir section 7.5.1.5) et l'inventaire suivant est utilisé pour modéliser la consommation de diesel :

Market for diesel, low-sulfur – Europe without Switzerland (EI 3.9.1)

7.7.4.3. Degrés d'impureté des différents matériaux

Sur base des recommandations formulées dans le Cadre de Référence pour ACV Comparatives Entre Différentes Solutions d'Emballage de l'ADEME (2022), un degré d'impureté a été considéré pour les différents emballages en fin de vie, et la masse de chaque emballage a été adaptée en fonction de celui-ci pour l'étape de transport vers les sites de traitement et de stockage. Ces degrés d'impureté sont repris dans le Tableau 49.

Matériau	Degré d'impureté
Verre	3 %
Polystyrène	13 %
Polypropylène	13 %
PET	9 %
PEHD	13 %
PEBD	20 %
Acier	7 %
Aluminium	12 %
Carton	9 %
Liège	3 %

Tableau 49 : Valeurs de degrés d'impureté en fin de vie pour les différents matériaux considérés [10]

7.8. Récapitulatif des données de modélisation

7.8.1. Bilan des données liées aux emballages

Scénario		Emballage primaire													Emballage de regroupement										Système de fermeture									
		Type	Masse (g/L)			Nombre d'utilisations			R1 (%/100)			R2 (%/100)			Matériau	Masse (g/L)			R1 (%/100)			R2 (%/100)			Matériau	Masse (g)			R1 (%/100)			R2 (%/100)		
			Min	Max	CI	Min	Max	CI	Min	Max	CI	Min	Max	CI		Min	Max	CI	Min	Max	CI	Min	Max	CI		Min	Max	CI	Min	Max	CI	Min	Max	CI
6	R	Bout.	370	1254	647	2	30	5-20	20	50	50	78.7	90	90	Carton	38	100	48.6	47	47	47	59.2	59.2	59.2	Hybride	1.4	4.3	2	8.7**	20.3**	20.3**	54.4**	61.9**	61.9**
	U	Bout.	12	52	22.4	1	1	1	0	100	25	61	77	77	Film PEbd	0.875	4	2	0	100	50	22	22	22	PEhd	1.2	3.3	2	0	0	0	61	77	77
7	R	Pot	554	955	706	2	30	5-20	0	40	40	78.7	90	90	Carton	15	22	19	47	47	47	59.2	59.2	59.2	Acier	8.9*	56.5*	40*	8	8	8	78.7	90	90
	U	Pot	32.5	104	44.6	1	1	1	0	0	0	2.9	20	20	Carton	15	22	19	47	47	47	59.2	59.2	59.2	Pet + alu	2.1*	13*	4.2*	2.1	2.65	2.65	0	0	0
8	R	Barq.	394	1470	638	2	30	5-20	0	40	40	78.7	90	90	Carton	4	10	7	47	47	47	59.2	59.2	59.2	PEhd	28*	121*	62*	0	0	0	5.8	5.8	5.8
	U	Barq.	10	90	30.3	1	1	1	0	0	0	5.8	20	20	Carton	2	4	3	47	47	47	59.2	59.2	59.2	PP	5*	23.4*	14*	0	0	0	5.8	20	20
9	R	Barq.	394	1470	638	2	30	5-20	0	40	40	78.7	90	90	Carton	4	10	7	47	47	47	59.2	59.2	59.2	PEhd	28*	121*	62*	0	0	0	5.8	5.8	5.8
	U	Barq.	10	90	30.3	1	1	1	0	0	0	5.8	20	20	Carton	2	4	3	47	47	47	59.2	59.2	59.2	PP	5*	23.4*	14*	0	0	0	5.8	20	20
10	R	Bout.	452	1287	795	2	30	5-20	20	90	90	78.7	90	90	Carton	8	51	14.5	47	47	47	59.2	59.2	59.2	Hybride	1.4	4.3	2	6.5**	15.25**	28.5**	40.8**	46.45**	46.45**
	U	Can.	25	60	37.8	1	1	1	42	53	53	31	60	60	Carton	18.5	29.4	23	47	47	47	59.2	59.2	59.2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
															Film PEbd	0.875	4	2	0	100	50	22	22	22											

*Tableau 50 : Bilan des données d'emballages pour les options réemployables et à usage unique des différents scénarios (R = Option réemployable; U = Option à usage unique; R1 = Taux d'incorporation de matière recyclée; R2 = Taux de recyclage; CI = Cas illustratif ; Bout. = Bouteille; Barq. = Barquette; Can. = Canette; NA = Non applicable; * = masse exprimée en g/L; ** = les valeurs exprimées pour les données de recyclage liées aux systèmes de fermeture hybrides sont issues d'une moyenne pondérée de leurs différents constituants)*

7.8.2. Bilan des données logistiques

Les tableaux présentés dans cette section ont pour objectif d'agréger et de synthétiser les données logistiques associées aux différentes étapes de transport de chaque scénario. Deux étapes n'ont cependant pas été présentées au travers de ces tableaux :

- L'approvisionnement des emballages de transport (palettes et palox) vers le site de remplissage, dont l'impact est jugé négligeable, car amorti au fil des cycles de réemploi de ces emballages.
- Le transport fin de vie, dont la modélisation était spécifiquement basée sur des préconisations du Cadre Méthodologique ADEME[10], au regard de consommations de carburant spécifiques (voir section 7.7.4).

La mention "nombre d'UF par camion" correspond au nombre de litres de produit pouvant être transportés au travers d'une situation de modélisation spécifique. Ce paramètre tient donc compte de la variété associée aux emballages modélisés au travers de gammes de valeurs.

Les valeurs "min" et "max" présentées pour les taux de chargement massiques et les nombres d'UF par camion correspondent aux valeurs minimales et maximales prises par ces paramètres selon l'ensemble des données modélisées et des gammes de valeurs considérées. Elles correspondent donc à une situation et à une combinaison de valeurs prises par d'autres paramètres qui mènent à des taux de chargement extrêmes.

A titre d'exemple, le ratio volumique amoindrit le taux de chargement massique en augmentant, tandis que la masse d'emballage primaire mène à une augmentation de ce taux de chargement massique en augmentant. La valeur minimale observé pour le taux de chargement massique ne correspond donc pas à une combinaison des valeurs minimales ou maximales de ces deux paramètres.

De fait, les valeurs min/max associées à chaque paramètre ne sont pas corrélées entre elles, mathématiquement ou au regard d'une situation réelle commune ; elles doivent donc être considérées indépendamment.

Enfin et pour rappel (voir section 7.5.2.1.2), le cas de base modélisé pour l'option à usage unique du scénario 10 correspond à un approvisionnement des canettes en aluminium sous forme de feuilles d'aluminium, à proximité immédiate du site de remplissage (où les canettes seront transformées et produites). Les données logistiques présentées pour cette étape d'approvisionnement correspondent donc à ce cas de figure, et non à un approvisionnement des canettes finalisées, transportées vides.

7.8.2.1. Scénario 6

Trajet	Distance (km)			Rempli ou vide	Gabarit camion	Types de routes (%)			Facteur de désoptimisation	Option	Emballage limitant	Ratio volumique (L/L)			Taux de chargement massique (%)			Nombre d'UF par camion		
	Min	Max	CI			Urb.	Rural	VR				Min	Max	CI	Min	Max	CI	Min	Max	CI
Site de production des bouteilles	100	1500	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Bouteille	1.5	2.5	2	36.88	100.00	76.54	18600	36157	27118
										U	Préforme	/	/	/	100.00	100.00	100.00	NA	NA	NA
Site de production des emb.reg vers site de remplissage	100	1500	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Emballage en carton conditionné	/			100			NA		
										U	Emballage en PEbd conditionné	/			100			NA		
Site de remplissage à centre de distribution	25	600	300	Rempli	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Emb. Reg carton	1.9	2.9	2.4	100.00	100.00	100.00	9997	16691	13843
										U	Emb.reg PEbd	1.33	3.1	2.2	77.36	100.00	100.00	17495	23223	22685
Centre de distribution à Commerce	25	250	100	Rempli	24 t (40%)	10%	18%	72%	0.95	R	Emb. Reg carton	1.9	2.9	2.4	100.00	100.00	100.00	9997	16691	13843
										U	Emb.reg PEbd	1.33	3.1	2.2	77.36	100.00	100.00	17495	23223	22685
					14 t (35%)	40%	12%	48%	0.7 ou 0.85	R	Emb. Reg carton	1.9	2.9	2.4	78.88 ou 95.10	100.00	100.00	5830	9738	8070
										U	Emb.reg PEbd	1.33	3.1	2.2	54.15 ou 65.06	100.00	75.83 ou 91.39	7032 ou 8538	13518	9908 ou 12031
					7.5 t (25%)					R	Emb. Reg carton	1.9	2.9	2.4	98.17 ou 100	100.00	100.00	3117	5215	4315
										U	Emb.reg PEbd	1.33	3.1	2.2	67.38 ou 80.96	100.00	94.36 ou 100	4688 ou 5692	7239	6605 ou 7062
Commerce→ Centre de distribution	25	250	100	Vide	24 t (40%)	10%	18%	72%	Non-applicable (logistique inverse)	R	Palox	1.5	3	2.3	29.63	100.00	60.94	15018	30035	19588
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					14 t (35%)	40%	12%	48%		R	Palox	1.5	3	2.3	27.35	100.00	56.26	5958	11917	7772
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					7.5 t (25%)					R	Palox	1.5	3	2.3	29.17	100.00	60.01	3405	6810	4441
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Centre de distribution à Site de remplissage	25	600 (750 si lavage central)	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.5 ou 0.95	R	Palox	1.5	3	2.3	17.49 ou 29.63	85.97 ou 100	33.97 ou 60.94	7904 ou 13437	15808 ou 26874	10310 ou 17526
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tableau 51 : Bilan des données logistiques pour le scénario 6 (emb.reg. = emballage de regroupement ; R = Option réemployable; U = Option à usage unique; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides)

7.8.2.2. Scénario 7

Trajet	Distance (km)			Rempli ou vide	Gabarit camion	Types de routes (%)			Facteur de désoptimisation	Option	Emballage limitant	Ratio volumique (L/L)			Taux de chargement massique (%)			Nombre d'UF par camion		
	Min	Max	CI			Urb.	Rural	VR				Min	Max	CI	Min	Max	CI	Min	Max	CI
Site de production des pots vers site de remplissage	100	1500	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Pot	1.33	2	1.67	66.03	100.00	98.97	24372	40779	32476
										U	Feuilles PS	/	/	/	100.00	100.00	100.00	NA	NA	NA
Site de production des emb.reg vers site de remplissage	100	1500	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Emballage en carton conditionné	/			100			NA		
										U	Emballage en carton conditionné	/			100			NA		
Site de remplissage à centre de distribution	25	600	300	Rempli	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Emballage de regroupement en carton	1.9	2.9	2.4	100.00	100.00	100.00	11556	14940	13329
										U		1.9	2.9	2.4	85.23	100.00	100.00	18702	22270	21754
Centre de distribution à Commerce	25	250	100	Rempli	24 t (40%)	10%	18%	72%	0.95	R		1.9	2.9	2.4	100.00	100.00	100.00	11556	14940	13329
										U		1.9	2.9	2.4	85.23	100.00	100.00	18702	22270	21754
					14 t (35%)	40%	12%	48%	0.7 ou 0.85	R		1.9	2.9	2.4	87.93 ou 100	100.00	100.00	6115	9738	8070
										U		1.9	2.9	2.4	59.57 ou 71.64	96.55 ou 100	72.47 ou 87.32	7517 ou 9127	11473 ou 12981	9083 ou 11029
					7.5 t (25%)					R		1.9	2.9	2.4	100.00	100.00	100.00	3275	5215	4315
										U		1.9	2.9	2.4	74.13 ou 89.16	100.00	90.19 ou 100	5011 ou 6085	6955	6055 ou 6791
Commerce→ Centre de distribution	25	250	100	Vide	24 t (40%)	10%	18%	72%	Non-applicable (logistique inverse)	R	Palox	1.5	3	2.3	40.17	100.00	66.45	15018	30035	19588
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					14 t (35%)	40%	12%	48%		R	Palox	1.5	3	2.3	37.08	100.00	61.33	5958	11917	7772
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					7.5 t (25%)					R	Palox	1.5	3	2.3	39.55	100.00	65.42	3405	6810	4441
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Centre de distribution à Site de remplissage	25	600 (750 si lavage central)	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.5 ou 0.95	R	Palox	1.5	3	2.3	23.04 ou 40.17	72.08 ou 100	36.87 ou 66.45	7904 ou 15018	15808 ou 30035	10310 ou 19588
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tableau 52 : Bilan des données logistiques pour le scénario 7 (emb.reg. = emballage de regroupement ; R = Option réemployable; U = Option à usage unique; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides)

7.8.2.3. Scénario 8

Trajet	Distance (km)			Rempli ou vide	Gabarit camion	Types de routes (%)			Facteur de désoptimisation	Option	Emballage limitant	Ratio volumique (L/L)			Taux de chargement massique (%)			Nombre d'UF par camion		
	Min	Max	CI			Urb.	Rural	VR				Min	Max	CI	Min	Max	CI	Min	Max	CI
Site de production des barquettes vers centre de distribution	25	600	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Carton	0.3	0.5	0.4	100.00	100.00	100.00	16241	60216	37265
										U	Carton	0.1	0.3	0.2	10.97	100.00	37.67	180785	542355	271178
Centre de distribution vers établissement CHR	25	250	100	Vide	7.5 t	70%	6%	24%	0.95	R	Carton	0.3	0.5	0.4	100.00	100.00	100.00	5068	18782	11638
										U	Carton	0.1	0.3	0.2	12.77	100.00	43.84	65740	197220	98610

Tableau 53 : Bilan des données logistiques pour le scénario 8 (R = Option réemployable; U = Option à usage unique; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides)

7.8.2.4. Scénario 9

Trajet	Distance (km)			Rempli ou vide	Gabarit camion	Types de routes (%)			Facteur de désoptimisation	Option	Emballage limitant	Ratio volumique (L/L)			Taux de chargement massique (%)			Nombre d'UF par camion		
	Min	Max	CI			Urb.	Rural	VR				Min	Max	CI	Min	Max	CI	Min	Max	CI
Site de production des barquettes vers centre de distribution	25	600	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Carton	0.3	0.5	0.4	100.00	100.00	100.00	16241	60216	37265
										U	Carton	0.1	0.3	0.2	10.97	100.00	37.67	26528	542355	271178
Centre de distribution vers établissement CHR	25	250	100	Vide	7.5 t	70%	6%	24%	0.95	R	Carton	0.3	0.5	0.4	100.00	100.00	100.00	5068	18782	11638
										U	Carton	0.1	0.3	0.2	19.78	100.00	67.50	8278	197220	98610
Trajet vers le centre de lavage dédié	20	200	25	Vide	7.5 t	10%	18%	72%	0.95	R	Caisse PEbd	0.3	0.5	0.4	100.00	100.00	100.00	3888	8232	8186
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Trajet depuis le centre de lavage dédié	20	200	25	Vide	7.5 t	10%	18%	72%	Non-applicable (logistique inverse)	R	Caisse PEbd	0.3	0.5	0.4	100.00	100.00	100.00	3888	8232	8186
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tableau 54 : Bilan des données logistiques pour le scénario 9 (R = Option réemployable; U = Option à usage unique; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides)

7.8.2.5. Scénario 10

Trajet	Distance (km)			Rempli ou vide	Gabarit camion	Types de routes (%)			Facteur de désoptimisation	Option	Emballage limitant	Ratio volumique (L/L)			Taux de chargement massique (%)			Nombre d'UF par camion		
	Min	Max	CI			Urb.	Rural	VR				Min	Max	CI	Min	Max	CI	Min	Max	CI
Site de production emb. prim. vers site de remplissage	100	1500	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Bouteille	1.5	2.5	2	44.29	100.00	93.27	18124	36157	27118
										U	Feuilles alu	/	/	/	100.00	100.00	100.00	NA	NA	NA
Site de production des emb.reg. vers site de remplissage	100	1500	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Emballage en carton	/			100.00			NA		
										U	Emb. reg conditionné	/			100.00			NA		
Site de remplissage à centre de distribution	25	600	300	Rempli	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Emb. Reg carton	1.9	2.9	2.4	100.00	100.00	100.00	10064	16115	12764
										U	Emb.reg PEbd	1.33	3.1	2.2	78.23	100.00	100.00	17495	22128	21964
											Emb. Reg carton	1.9	2.9	2.4	84.75	100.00	100.00	18702	22401	21893
Centre de distribution à Commerce	25	250	100	Rempli	24 t (40%)	10%	18%	72%	0.95	R	Emb. Reg carton	1.9	2.9	2.4	100.00	100.00	100.00	10582	16115	12764
										U	Emb.reg PEbd	1.33	3.1	2.2	78.25	100.00	100.00	17495	22128	22426
											Emb. Reg carton	1.9	2.9	2.4	84.75	100.00	100.00	18702	22401	21893
					14 t (35%)	40%	12%	48%	0.7 ou 0.85	R	Emb. Reg carton	1.9	2.9	2.4	81.68 ou 98.49	100.00	100.00	5870	9392	7439
										U	Emb.reg PEbd	1.33	3.1	2.2	54.75 ou 65.79	100.00	78.29 ou 94.38	7032 ou 8538	13374	9908 ou 12031
											Emb. Reg carton	1.9	2.9	2.4	59.24 ou 71.24	92.49 ou 100	72.04 ou 86.78	7517 ou 9127	11473 ou 13280	9083 ou 11029
					7.5 t (25%)					R	Emb. Reg carton	1.9	2.9	2.4	100.00	100.00	100.00	3138	5029	3984
										U	Emb.reg PEbd	1.33	3.1	2.2	68.13 ou 87.24	100.00	97.43 ou 100	4688 ou 5692	7164	6605 ou 6858
											Emb. Reg carton	1.9	2.9	2.4	73.72 ou 88.66	100.00	89.65 ou 100	5011 ou 6085	6996	6055 ou 6834
Commerce→ Centre de distribution	25	250	100	Vide	24 t (40%)	10%	18%	72%	Non-applicable (logistique inverse)	R	Palox	1.5	3	2.3	32.29	100.00	68.89	15018	30035	19588
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					14 t (35%)	40%	12%	48%		R	Palox	1.5	3	2.3	29.81	100.00	63.59	5958	11917	7772
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					7.5 t (25%)					R	Palox	1.5	3	2.3	31.79	100.00	67.83	3405	6810	4441
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Centre de distribution à Site de remplissage	25	600 (750 si lavage central)	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.5 ou 0.95	R	Palox	1.5	3	2.3	18.89 ou 32.29	88.78 ou 100	38.16 ou 68.89	7904 ou 15018	15808 ou 30035	10310 ou 19588
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tableau 55 : Bilan des données logistiques pour le scénario 10 (emb. prim.= emballage primaire ; emb.reg. = emballage de regroupement ; R = Option réemployable; U = Option à usage unique; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides)

7.8.2.1. Scénario 11

Trajet	Distance (km)			Rempli ou vide	Gabarit camion	Types de routes (%)			Facteur de désoptimisation	Option	Emballage limitant	Ratio volumique (L/L)			Taux de chargement massique (%)			Nombre d'UF par camion		
	Min	Max	CI			Urb.	Rural	VR				Min	Max	CI	Min	Max	CI	Min	Max	CI
Site de production des bouteilles vers site de remplissage	100	1500	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Bouteille	1.33	3.1	2.2	6.83	19.75	10.53	17495	40779	24653
										U	Bouteille	1.33	3.1	2.2	4.39	12.27	5.59	17495	40779	24653
Site de production des emb.reg vers site de remplissage	100	1500	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Caisse Pehd	1.9	5	3.8	100			NA		
										U	Emb. reg PEbd	/			100			NA		
Site de remplissage à centre de distribution	25	600	300	Rempli	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Caisse Pehd	1.9	5	3.8	52.51	100.00	70.02	10847	21553	14273
										U	Emb.reg PEbd	1.33	3.1	2.2	77.43	100.00	100.00	17495	23200	22716
Centre de distribution à Commerce	25	250	100	Rempli	24 t (40%)	10%	18%	72%	0.95	R	Caisse Pehd	1.9	5	3.8	52.51	100.00	70.02	10847	21553	14273
										U	Emb.reg PEbd	1.33	3.1	2.2	77.43	100.00	100.00	17495	23200	22716
					14 t (35%)	40%	12%	48%	0.7 ou 0.85	R	Caisse Pehd	1.9	5	3.8	37.02 ou 44.27	100.00	49.09 ou 58.92	4360 ou 5294	11473 ou 12573	5376 ou 6966
										U	Emb.reg PEbd	1.33	3.1	2.2	54.2 ou 65.12	100.00	75.73 ou 91.27	7032 ou 8538	13521	9908 ou 12031
					7.5 t (25%)					R	Caisse Pehd	1.9	5	3.8	46.07 ou 55.09	100.00	61.09 ou 81.04	2906 ou 3529	6724	3824 ou 4644
										U	Emb.reg PEbd	1.33	3.1	2.2	67.45 ou 81.04	100.00	94.24 ou 100	4688 ou 5692	7241	6605 ou 7076
Commerce→ Centre de distribution	25	250	100	Vide	24 t (40%)	10%	18%	72%	Non-applicable (logistique inverse)	R	Caisse Pehd	1.9	5	3.8	7.23	23.70	9.92	9011	23712	11856
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					14 t (35%)	40%	12%	48%		R	Caisse Pehd	1.9	5	3.8	6.67	21.88	9.15	3575	9408	4704
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					7.5 t (25%)					R	Caisse Pehd	1.9	5	3.8	7.11	23.33	9.76	2043	5376	2688
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Centre de distribution à Site de remplissage	25	600	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.5 ou 0.95	R	Caisse Pehd	1.9	5	3.8	5.7 ou 7.23	14.37 ou 23.7	7.12 ou 9.92	4742 ou 9011	12480 ou 23712	6240 ou 11856
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tableau 56 : Bilan des données logistiques pour le scénario 11 (emb.reg. = emballage de regroupement ; R = Option réemployable ; U = Option à usage unique ; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides)

7.8.2.2. Scénario 12

Trajet	Distance (km)			Rempli ou vide	Gabarit camion	Types de routes (%)			Facteur de désoptimisation	Option	Emballage limitant	Ratio volumique (L/L)			Taux de chargement massique (%)			Nombre d'UF par camion		
	Min	Max	CI			Urb.	Rural	VR				Min	Max	CI	Min	Max	CI	Min	Max	CI
Site de production vers site de remplissage	100	1500	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R. dist	Bonbonne	1.33	2.5	1.9	5.79	12.78	7.72	21694	40779	28545
										U	Bouteille en PET	1.33	3.1	2.2	4.39	12.27	5.80	17495	40779	24653
Site de production des bouteilles en verre vers centre de distribution	25	600	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R. prim	Bouteille en verre	1.5	3	2.3	31.31	100.00	62.39	18079	36157	23581
Site de production des emb.reg vers site de remplissage	100	1500	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R. prim	/	/			/			/		
										R. dist	/	/			/			/		
										U	Emb reg. Pebd	/			100			NA		
Site de remplissage jusqu'au centre de distribution	25	600	300	Rempli	24 t	10%	18%	72%	0.95	R. dist	Bonbonne	1.33	2.5	1.9	96.23	100.00	100.00	21694	22942	22532
										U	Emb reg. Pebd	1.33	3.1	2.2	77.43	100.00	100.00	17495	23200	22672
Centre de distribution à Commerce	25	250	100	Rempli	24 t (40%)	10%	18%	72%	0.95	R. dist	Bonbonne	1.33	2.5	1.9	96.23	100.00	100.00	21694	22942	22532
				Vide						R. prim	Bouteille en verre	1.5	3	2.3	31.31	100.00	62.39	18079	36157	23581
				Rempli						U	Emb reg. Pebd	1.33	3.1	2.2	77.43	100.00	100.00	17495	23200	22672
				Rempli	14 t (35%)	40%	12%	48%	0.7 ou 0.85	R. dist	Bonbonne	1.33	2.5	1.9	67.14 ou 80.84	100.00	88.23 ou 100	8719 ou 10588	13371	11473 ou 13134
				Vide						R. prim	Bouteille en verre	1.5	3	2.3	22.42 ou 26.53	81.06 ou 97.75	43.83 ou 52.54	7266 ou 8823	14532 ou 17646	9477 ou 11508
				Rempli						U	Emb reg. Pebd	1.33	3.1	2.2	54.2 ou 65.12	100.00	75.87 ou 91.44	7032 ou 8538	13521	9908 ou 12031
				Rempli	7.5 t (25%)					R. dist	Bonbonne	1.33	2.5	1.9	83.56 ou 100	100.00	100.00	5813 ou 6857	7160	7037
				Vide						R. prim	Bouteille en verre	1.5	3	2.3	27.9 ou 33.02	100.00	54.55 ou 63.38	4844 ou 5882	9688 ou 11764	6318 ou 7672
				Rempli						U	Bouteille en PET	1.33	3.1	2.2	67.45 ou 81.04	100.00	94.42 ou 100	4688 ou 5692	7241	6055 ou 7062
Commerce --> centre de lavage (bouteilles)	20	250	150	Vide	7.5 t (25%)	40%	12%	48%	Non-applicable (logistique inverse)	R. prim	Palox	1.5	3	2.3	27.01	97.35	52.57	3405	6810	4441
Commerce --> centre de distribution (bonbonnes)	20	250	150	Vide	24t (40%)	10%	18%	72%	Non-applicable (logistique inverse)	R. dist	Bonbonne	1.33	2.5	1.9	6.00	12.10	7.70	21694	40779	28545
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					14 t (35%)	40%	12%	48%		R. dist	Bonbonne	1.33	2.5	1.9	5.54	11.17	7.11	11833	22243	15570
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					7.5 t (35%)					R. dist	Bonbonne	1.33	2.5	1.9	5.91	11.91	7.58	7889	14829	10380
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Centre de distribution à Site de remplissage	25	600	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.5 ou 0.95	R. dist	Bonbonne	1.33	2.5	1.9	4.7 ou 5.83	6.15 ou 8.62	5.78 ou 7.89	9485 ou 18021	17829 ou 33874	12480 ou 23712
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tableau 57 : Bilan des données logistiques pour le scénario 12 (emb. prim.= emballage primaire ; emb.reg. = emballage de regroupement ; R = Option réemployable primaire ; R.dist = Emballage de distribution de l'option réemployable ; U = Option à usage unique; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides)

7.8.2.3. Scénario 13

Trajet	Distance (km)			Rempli ou vide	Gabarit camion	Types de routes (%)			Facteur de désoptimisation	Option	Emballage limitant	Ratio volumique (L/L)			Taux de chargement massique (%)			Nombre d'UF par camion		
	Min	Max	CI			Urb.	Rural	VR				Min	Max	CI	Min	Max	CI	Min	Max	CI
Site de production vers site de remplissage	100	1500	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R. dist	BiB	/			100			NA		
										U	Bouteille en PET	1.33	3.1	2.2	4.68	12.27	6.31	17495	40779	24653
Site de production des bouteilles en verre vers centre de distribution	25	600	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R. prim	Bouteille en verre	1.5	3	2.3	31.31	100.00	64.35	18079	36157	23581
Site de production des emb.reg vers site de remplissage	100	1500	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R. prim	/	/			/			/		
										R. dist	/	/			/			/		
										U	Emb reg. Pebd	/			100			NA		
Site de remplissage jusqu'au centre de distribution	25	600	300	Rempli	24 t	10%	18%	72%	0.95	R. dist	BiB	/			100			NA		
										U	Emb reg. Pebd	1.33	3.1	2.2	77.66	100.00	100.00	17495	23129	23204
Centre de distribution à Commerce	25	250	100	Rempli	24 t (40%)	10%	18%	72%	0.95	R. dist	BiB	/			100			NA		
				Vide						R. prim	Bouteille en verre	1.5	3	2.3	31.31	100.00	64.35	18079	36157	23581
				Rempli						U	Emb reg. Pebd	1.33	3.1	2.2	77.66	100.00	100.00	17495	23129	23204
				Vide	14 t (35%)	40%	12%	48%	0.7 ou 0.85	R. dist	BiB	/			100			NA		
				Rempli						R. prim	Bouteille en verre	1.5	3	2.3	22.42 ou 26.53	100.00	45.19 ou 54.18	7266 ou 8823	14532 ou 17646	9477 ou 11508
				Vide	7.5 t (25%)					U	Emb reg. Pebd	1.33	3.1	2.2	54.35 ou 65.31	100.00	74.13 ou 89.32	7032 ou 8538	13480	9908 ou 12031
				Rempli						R. dist	BiB	/			100			NA		
										R. prim	Bouteille en verre	1.5	3	2.3	27.9 ou 33.92	100.00	56.23 ou 67.42	4844 ou 5882	9688 ou 11764	6318 ou 7672
										U	Bouteille en PET	1.33	3.1	2.2	67.64 ou 81.28	100.00	92.25 ou 100	4688 ou 5692	7219	6605 ou 7236
Commerce --> centre de lavage (bouteilles)	20	250	150	Vide	7.5 t (25%)	40%	12%	48%	Non-applicable (logistique inverse)	R. prim	Palox	1.5	3	2.3	27.01	100.00	54.17	3405	6810	4441

Tableau 58 : Bilan des données logistiques pour le scénario 13 (emb. prim.= emballage primaire ; emb.reg. = emballage de regroupement ; R = Option réemployable primaire ; R.dist = Emballage de distribution de l'option réemployable ; U = Option à usage unique ; BiB = Bag-in-Box ; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides)

7.8.2.4. Scénario 14

Trajet	Distance (km)			Rempli ou vide	Gabarit camion	Types de routes (%)			Facteur de désoptimisation	Option	Emballage limitant	Ratio volumique (L/L)			Taux de chargement massique (%)			Nombre d'UF par camion		
	Min	Max	CI			Urb.	Rural	VR				Min	Max	CI	Min	Max	CI	Min	Max	CI
Site de production emb. prim. vers site de remplissage	100	1500	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Pot	1.33	2	1.65	47.05	100.00	82.87	22409	40779	32870
										U	Conserve	1.33	2	1.65	14.40	48.46	21.93	27118	40779	32870
Site de remplissage à centre de distribution	25	600	300	Rempli	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Pot	1.33	2	1.65	100	100	100	11226	16953	14599
										U	Conserve	1.33	2	1.65	100	100	100	18538	21490	20705
Centre de distribution à Commerce	25	250	100	Rempli	24 t (40%)	10%	18%	72%	0.95	R	Pot	1.33	2	1.65	100.00	100.00	100.00	11226	40779	32870
										U	Conserve	1.33	2	1.65	100.00	100.00	100.00	18538	21490	20705
					14 t (35%)	40%	12%	48%	0.7 ou 0.85	R	Pot	1.33	2	1.65	100.00	100.00	100.00	6543	9892	8503
										U	Conserve	1.33	2	1.65	88.62 ou 100	100.00	100.00	10810	12534	12070
					7.5 t (25%)					R	Pot	1.33	2	1.65	100.00	100.00	100.00	3497	5287	4552
										U	Conserve	1.33	2	1.65	100.00	100.00	100.00	5791	6700	6454
Commerce→ Centre de distribution	25	250	100	Vide	24 t (40%)	10%	18%	72%	Non-applicable (logistique inverse)	R	Palox	1.5	3	2.3	28.16	100.00	51.35	15018	30035	19588
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					14 t (35%)	40%	12%	48%		R	Palox	1.5	3	2.3	26.00	100.00	47.40	5958	11917	7772
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					7.5 t (25%)					R	Palox	1.5	3	2.3	27.73	100.00	50.56	3405	6810	4441
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Centre de distribution à Site de remplissage	25	600 (750 si lavage central)	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.5 ou 0.95	R	Palox	1.5	3	2.3	17.02 ou 28.72	77.05 ou 100	30.64 ou 54.61	7904 ou 15018	15808 ou 30035	10310 ou 19588
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tableau 59 : Bilan des données logistiques pour le scénario 14 (emb.reg. = emballage de regroupement ; R = Option réemployable ; U = Option à usage unique ; CI = Valeur de cas illustratif ; Urb = transport urbain ; VR = transport par voies rapides)

8. Volet B - Résultats

8.1. Analyse des données collectées

Comme mentionné précédemment dans le rapport, l'objectif premier de la collecte de données était de pouvoir construire une modélisation générique et tenant compte d'une grande majorité et diversité de cas réels, et ce pour l'ensemble des paramètres considérés (selon certaines limites, reprises au point 9.3). Certaines observations qualitatives peuvent cependant être effectuées sur base des données brutes collectées (présentées en Annexe 8), au regard de paramètres spécifiques à certains segments de marché. Notamment :

- Comme présenté en Figure 198, les **bouteilles en verre** associées aux boissons fortement carbonatées (bières et sodas) présentent des masses globalement plus importantes (aucune valeur inférieure à 600 g/L) que les boissons tranquilles (eau, jus et soupes).
- Lorsque cette information était connue, une distinction a été faite lors de la collecte entre les **emballages primaires en verre** destinés au réemploi ou à un usage unique (notamment pour les bières et eaux). Comme présenté en Figure 197, les valeurs de masse échantillonnées pour ces deux cas de figure ne diffèrent pas de manière significative, sur base des moyennes calculées (en cas de réemploi, on note un surplus de 4.6% pour les eaux, et de 2.6% pour les bières). Pour rappel, un facteur d'augmentation de masse de 10% a été appliqué à la borne supérieure modélisée pour les masses d'emballages primaires en verre, représentant donc une approche conservatrice à cet égard.
- Globalement, les **bouteilles en verre** associées aux différentes typologies de produits considérées dans les scénarios 6 et 10 présentent des gammes de valeurs de masses assez larges. Il n'est pas possible de distinguer ces typologies de produits sur base de la masse seule.
- En l'absence d'un échantillon suffisamment fourni de données concernant des **barquettes en verre réemployables** spécifiquement distribuées aux établissements CHR, la collecte des données utilisées pour modéliser les scénarios 8 et 9 s'est axée sur tous types de barquettes en verre répondant aux critères principaux associés à la vente à emporter (réfrigération, compatibilité avec un chauffage en four classique ou à micro-ondes...). Les gammes de valeurs résultantes sont relativement larges et il est donc considéré que la majorité des situations réelles sont donc couvertes à travers cette modélisation. Cependant la distribution et les valeurs réelles associées aux barquettes spécifiques aux établissements CHR font l'objet d'incertitudes, ces segments de marché étant encore en cours de développement. Il est toutefois à noter que la majorité des valeurs échantillonnées pour des barquettes en verre spécifiquement destinées au réemploi par les restaurateurs présentent des masses inférieures à 600 g/L, et que les tendances de marché orientent ces masses vers des valeurs plus faibles.
- Les données collectées pour établir les gammes de masses de **bouteilles en PET** couvrent un large éventail d'emballages différents, et aboutissent à une plage de valeurs relativement large dans la modélisation. Il est cependant constaté (voir Figure 204) que les bouteilles associées aux eaux plates et gazeuses présentent des valeurs minimales (jusqu'à 12 g/L dans l'échantillon considéré) plus basses que les bouteilles associées aux sodas et jus. Il n'a par ailleurs pas été décelé de différences majeures entre les distributions de masses des eaux plates et gazeuses.
- Bien que la borne supérieure de la masse des **pots en polystyrène** pour produits laitiers soit fixée à 104 g/L, la quasi-totalité des pesées correspondent à des masses nettement inférieures (57.1 g/L ou moins). Cette valeur correspond cependant à un produit de marque très représenté sur le marché français, et il a par conséquent était décidé de la conserver en borne supérieure.
- Bien que la gamme de valeurs de masses des **canettes en aluminium** s'étende de 25 g/L à 60 g/L, il a été évoqué par la fédération France Aluminium Recyclage dans le cadre du Comité de Suivi de l'étude que la majorité des canettes mises en marché présentent une masse évoluant entre 35 et 40 g/L (intervalle typique d'une canette en aluminium standard de 33 cL). Cette information est par ailleurs en phase avec les distributions de masses collectées, présentées en Figure 209 et en Figure 210.

- Les **bouteilles en PET** associées aux boissons carbonatées (eau gazeuse et sodas) présentent des masses globalement plus importantes que les boissons tranquilles (eau, jus et soupes). L'utilisation d'un seul standard de bouteille mutualisant les boissons tranquilles et carbonatées semble cependant être l'option privilégiée par les industriels.
- Les données collectées pour établir les gammes de masses de **bouteilles en PET à usage unique** couvrent un large éventail d'emballages différents, et aboutissent à une plage de valeurs relativement large dans la modélisation. Il est cependant constaté (voir Figure 204) que les bouteilles associées aux eaux plates et gazeuses présentent des valeurs minimales (jusqu'à 12 g/L dans l'échantillon considéré) plus basses que les bouteilles associées aux sodas et jus. Il n'a par ailleurs pas été décelé de différences majeures entre les distributions de masses des eaux plates et gazeuses.
- Pour le scénario 14, un échantillonnage large et prospectif a été réalisé pour chaque solution d'emballage. Cela signifie qu'aucune limitation n'a été imposée quant à l'existence actuelle ou non d'emballages en verre et/ou en acier pour certaines typologies de produits dans la mesure où ces derniers peuvent être conditionnés dans de tels emballages (par exemple, un produit aujourd'hui conditionné en conserves et pas en pots – mais pouvant techniquement l'être à terme – est quand même considéré).
- Les données pour établir les gammes de masses des conserves en acier ont été collectées en réalisant des pesées d'emballages de produits alimentaires couramment mis sur le marché. Ces données sont **uniquement représentatives** de la dominante de marché, à savoir les boîtes de conserve « 3 pièces » en acier destinées au conditionnement d'aliments solides et semi-solides pour la vente à l'unité et aux particuliers.

8.2. Scénario 6



Comparaison des emballages conditionnant des **boissons** distribuées **aux particuliers** entre :

- une **bouteille en verre réemployable** vendue avec un emballage de regroupement à usage unique en carton et
- une **bouteille en PET à usage unique** vendue avec un emballage de regroupement en film plastique PEbd.

(voir Chapitre 5.1.3).

8.2.1. Résultats totaux et contributions par étape du cycle de vie (cas illustratifs)

8.2.1.1. Bouteille en verre réemployable

Le Tableau 60, la Figure 17 et la Figure 18 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie de la **bouteille en verre réemployable** aux principales catégories d'impact étudiées, pour 5 et 20 utilisations.

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.3.2, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



Les étapes du cycle de vie les plus contributrices pour la **bouteille en verre réemployable varient en fonction des catégories d'impact étudiées.**

- La contribution relative de la phase de production de l'emballage primaire diminue lorsque le nombre d'utilisations augmente.
- Les impacts absolus de la distribution, de la production d'emballages additionnels et des systèmes de fermeture sont les mêmes à chaque cycle. A l'inverse, les impacts relatifs de ces 3 phases augmentent avec le nombre d'utilisations :
- Les emballages additionnels et les systèmes de fermeture étant à usage unique, leur production est donc répétée à chaque cycle de réemploi, contrairement à celle de l'emballage primaire.
- La contribution relative des étapes de transport (distribution et retour) augmente également lorsque l'on passe de 5 à 20 utilisations, mais en proportions moins significatives que les emballages additionnels et systèmes de fermeture.
- L'impact de fin de vie de l'emballage en verre est négatif (représentant un impact évité via le recyclage), celui des emballages additionnels est positif, et représente une portion grandissante des impacts de fin de vie totaux lorsque le nombre d'utilisations augmente.
- Les contributions **absolues** de l'emballage primaire en verre aux impacts de fin de vie sont de 43% pour 5 utilisations, et de 16% pour 20 utilisations (la fin de vie de l'emballage de regroupement en carton représente alors 61% des impacts de l'étape de fin de vie).

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif – 5 utilisations	Cas illustratif – 20 utilisations
Epuisement des ressources fossiles	MJ	3.18E+00	1.99E+00
Acidification	Moles H+ -eq.	1.02E-03	6.05E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	7.77E-04	5.27E-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	1.23E-08	8.89E-09
Changement climatique	kg CO2-eq.	1.99E-01	1.17E-01

Tableau 60 : Scénario 6 – Bouteille en verre réemployable – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

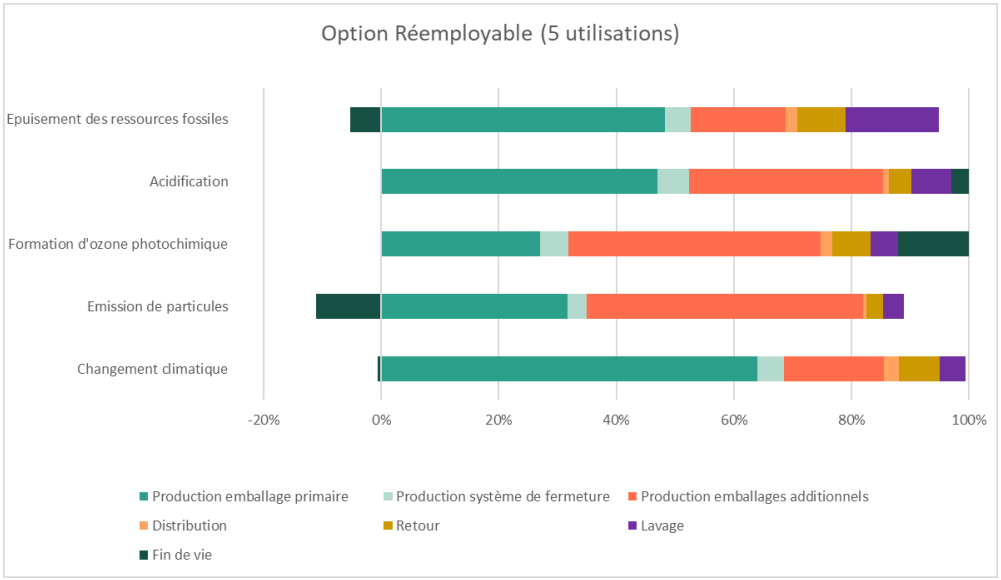


Figure 17 : Scénario 6 – Bouteille en verre réemployable (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

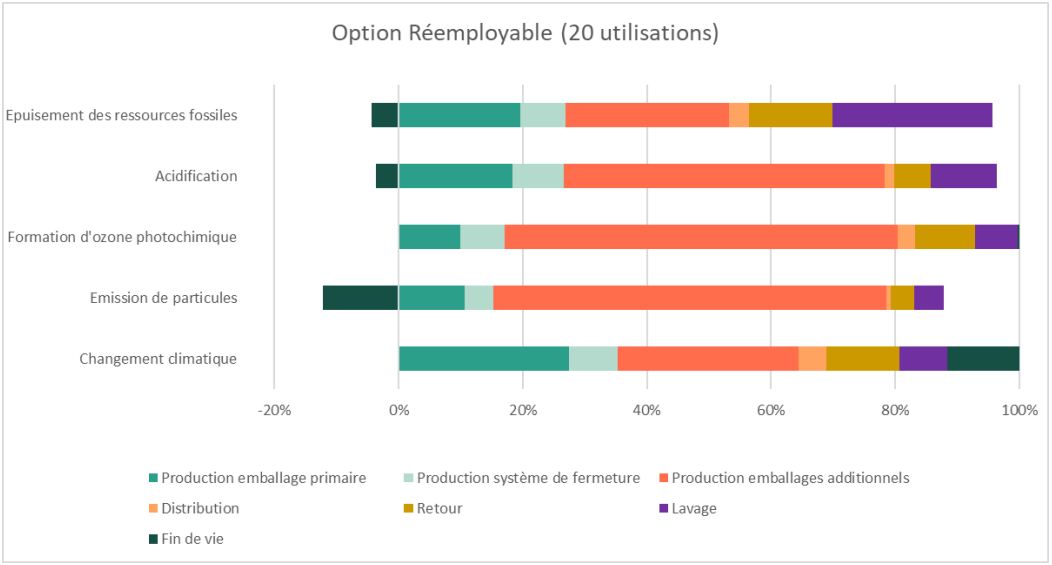


Figure 18 : Scénario 6 – Bouteille en verre réemployable (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.2.1.2. Bouteille en PET à usage unique

Le Tableau 61 et la Figure 19 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie de la **bouteille en PET à usage unique** aux principales catégories d'impact étudiées.

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.3.2, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



- L'étape du cycle de vie la plus contributrice pour la bouteille en PET à usage unique est la production de l'emballage primaire.

  Elle représente entre 71 et 78% de la contribution suivant la catégorie d'impact considérée. Au sein de cette phase de production les contributions des différents procédés se déclinent comme suit **pour la catégorie d'impact de changement climatique** (cette répartition étant proche de celles observées pour les indicateurs d'épuisement des ressources fossiles, d'acidification, de formation d'ozone photochimique et d'émission de particules) :

  - 51% des impacts sont liés à la production européenne de PET (qui représente 77.5% de la production totale modélisée)
  - 28% des impacts sont liés aux processus d'injection et de soufflage des préformes
  - 15% des impacts sont liés à la production hors Europe de PET (qui représente 22.5% de la production totale modélisée)
  - 3% des impacts sont liés à la production de PET recyclé, aussi bien en France que dans le reste de l'Europe
  - 2% des impacts sont liés au transport des préformes de PET entre leur site de production et leur site de soufflage et de remplissage
- Les autres étapes du cycle de vie contribuent plus faiblement aux différentes catégories d'impacts :
  - Entre 10 et 18% des impacts **absolus** pour la **fin de vie** (représentée à environ 80% par la fin de vie de l'emballage primaire, et à 10% par la fin de vie de l'emballage de regroupement) ;
  - Entre 9 et 11% pour la production des emballages additionnels, et du système de fermeture.
- L'étape de distribution contribue peu.

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif
Epuisement des ressources fossiles	MJ	2.15E+00
Acidification	Moles H+ -eq.	4.08E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	3.99E-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	4.62E-09
Changement climatique	kg CO2-eq.	1.02E-01

Tableau 61 : Scénario 6 – Bouteille en PET à usage unique – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

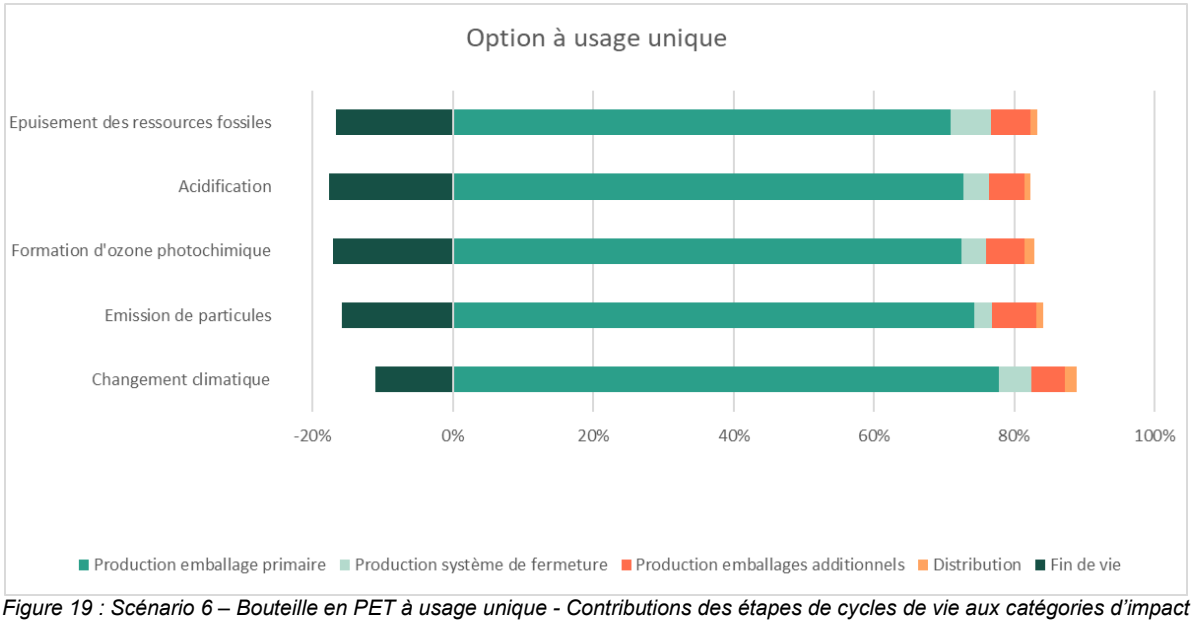


Figure 19 : Scénario 6 – Bouteille en PET à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.2.2. Résultats selon les gammes de valeur établies - Identification des paramètres influents

Dans cette étude, les paramètres influents sont par définition des paramètres d'entrée variables (modélisés par des gammes de valeurs).

D'autres paramètres d'entrée fixes peuvent contribuer fortement aux résultats mais ne pas apparaître dans les tableaux de paramètres influents. Il est cependant estimé (sur base des contributions des étapes du cycle de vie) que l'influence des paramètres fixes sur les résultats est secondaire.

Le Tableau 62 reprend les paramètres dont la variabilité (via la modélisation de gammes de valeurs) influence le plus les contributions de chaque solution d'emballage aux catégories de changement climatique, d'épuisement des ressources fossiles, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'émission de particules.

Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées *l'épuisement des ressources minérales et métalliques)*		
Option à usage unique en PET 		**Option réemployable en verre** 
Masse de l'emballage primaire	+ + + + + + Degré d'influence	Nombre d'utilisations de l'emballage primaire Masse de l'emballage primaire Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution

Tableau 62 : Scénario 6 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources minérales et métalliques)

Pour toutes les catégories d'impact étudiées, la **masse de l'emballage primaire** est le paramètre dont la variabilité influence le plus les résultats associés à l'option à usage unique.

Les paramètres dont la variabilité influence le plus les impacts de l'option réemployable sont :

- le **nombre d'utilisations** (principalement) :

  L'augmentation du nombre d'utilisations permet l'amortissement de ses impacts de production, en répartissant ses impacts entre plusieurs unités fonctionnelles (qui correspondent à plusieurs cycles de réemploi).

- la **masse de l'emballage primaire** en verre:

  La masse influence directement les impacts associés à sa production, mais contribue aussi (à un degré moindre) aux impacts associés au transport en augmentant la masse chargée.

- la **distance moyenne de transport amont** (entre le site de remplissage et le centre de distribution):

  Cette distance est directement corrélée aux diverses émissions associées au transport routier par camion et à la production et consommation de diesel.

8.2.3. Résultats selon les gammes de valeur établies - Comparaison entre l'option réemployable et l'option à usage unique

8.2.3.1. Contribution au changement climatique et à l'épuisement des ressources fossiles

Illustration des principes de lecture des figures – Graphe range

La Figure 20 représente l'influence du nombre d'utilisations de la bouteille en verre réemployable sur ses impacts au regard de l'indicateur de changement climatique.

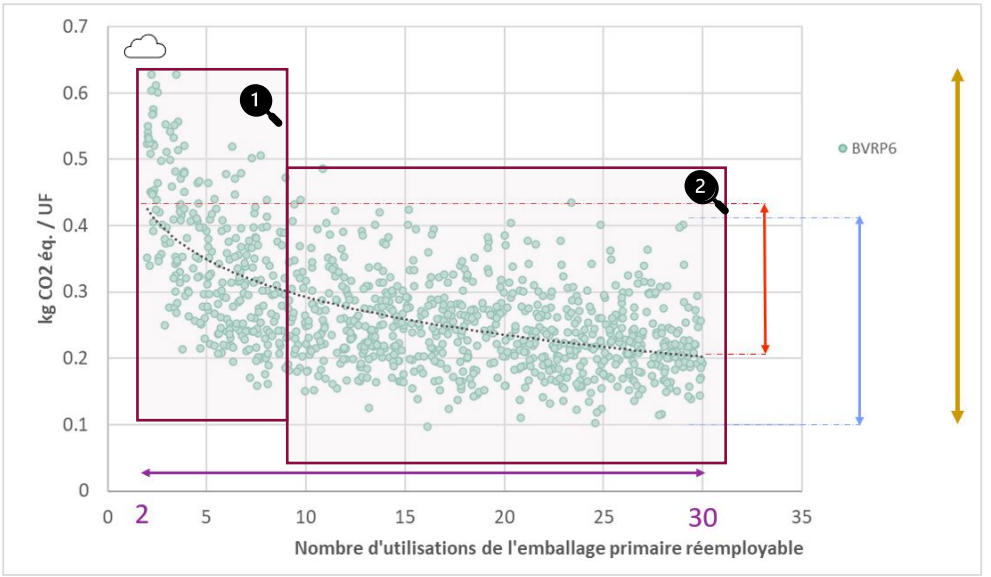


Figure 20 : Scénario 6 - Contributions de l'option réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage - graphe « range »

Chaque point du nuage de points représente le résultat de calcul (impact en kg CO2éq) d'une itération de calcul donnée, selon une combinaison spécifique de valeurs sélectionnées aléatoirement au sein des gammes de valeurs considérées pour chaque paramètre variable de la modélisation. Les valeurs

prises par les 1000 itérations de calcul réalisées pour cette solution d'emballage permettent donc d'aboutir au nuage de points dans sa globalité.

L'influence du paramètre en abscisse (dans ce cas précis, le nombre d'utilisations) sur les impacts mesurés peut donc être évaluée au travers des différentes itérations de calcul, au sein desquelles ce paramètre prend aléatoirement sa valeur dans la gamme modélisée (ici, entre 2 et 30 utilisations). Parallèlement au paramètre étudié en abscisse, d'autres paramètres variables (également modélisés via des gammes de valeurs) font varier les contributions de chaque itération de calcul aux catégories d'impact étudiées. L'influence de ces paramètres induit la dispersion verticale du nuage de points, et une variation des impacts observés pour une même valeur d'abscisse. Concrètement et dans le cas de la Figure 20, la masse de l'emballage primaire en verre, et la distance entre le site de remplissage et le centre de distribution sont deux paramètres dont l'influence sur les impacts de la bouteille en verre réemployable est notable, en plus de celle du nombre d'utilisations. Pour un nombre d'utilisations donné, les impacts mesurés varient donc en fonction des valeurs prises par les autres paramètres modélisés.

La variabilité totale des résultats exprimée à travers le nuage de point du graphe range découle donc de l'influence du paramètre étudié, ainsi que de tous les autres paramètres sensibles du modèle, n'étant pas repris en abscisse.

Pour chaque cycle additionnel de réemploi, l'impact associé à la production et à la fin de vie de l'emballage primaire est atténué, du fait qu'il est réparti entre plusieurs unités fonctionnelles (qui correspondent à une utilisation chacune). La réduction de cet impact par utilisation supplémentaire est plus marquée pour des nombres d'utilisations faibles (notamment inférieurs à 8, voir Figure 21), et devient de plus en plus stable et moins significative pour des nombres d'utilisations élevés (notamment supérieurs à 8, voir Figure 22). En effet, le coefficient angulaire de la droite de tendance (moindres carrés) est 10 fois plus faible pour 8-30 utilisations que pour 2-8 utilisations (-0.0029 vs. -0.345).

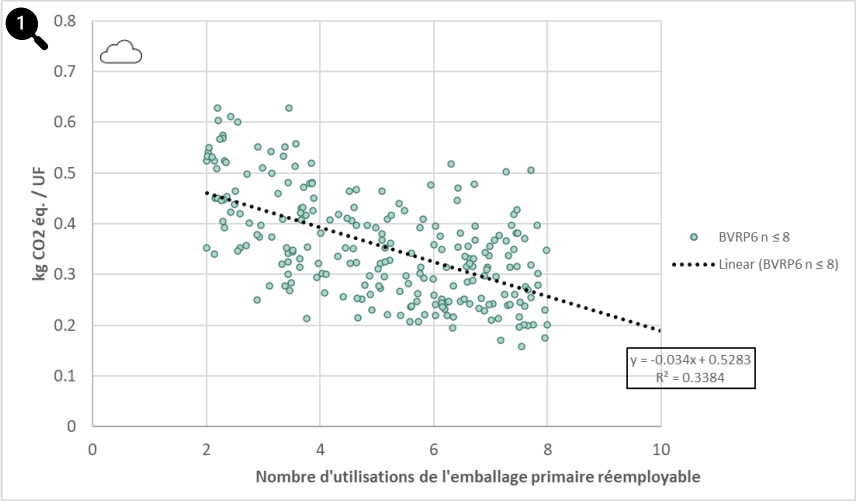


Figure 21 : Scénario 6 - Contributions de l'option réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage (zoom 1 - entre 2 et 8 utilisations) - graphe « range »

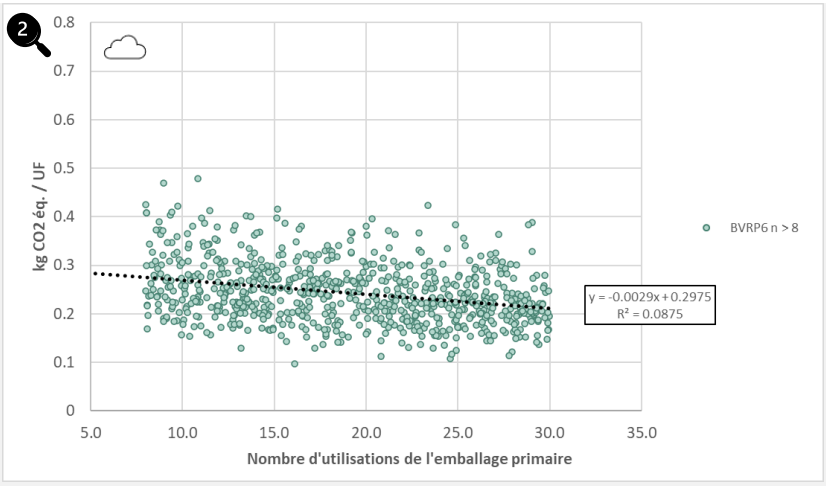


Figure 22 : Scénario 6 - Contributions de l'option réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage (zoom 2 - entre 8 et 30 utilisations) - graphe « range »

La variabilité des impacts (représentée par la dispersion verticale du nuage de points) est plus marquée pour des nombres d'utilisations faibles. Celle-ci est directement corrélée à la variation de la masse de l'emballage primaire endéans la gamme de valeur établie (entre 0.37 kg/L et 1.14 kg/L), qui a une influence plus forte sur les impacts de la production de verre pour des nombres d'utilisations plus faibles. Du fait de l'amortissement des impacts de production, cette influence est progressivement moins marquée pour des nombres d'utilisations plus élevés.

Bien que les contributions aux catégories d'impact varient d'un scénario et d'une solution d'emballage à l'autre, les tendances et observations explicitées dans cette section sont communes à toutes les solutions d'emballage réemployables étudiées dans les scénarios 6 à 10, et aux cinq catégories d'impact explicitées en début de section.

La Figure 23 reprend les mêmes résultats que ceux présentés dans la Figure 20, en y intégrant également les contributions de l'option à usage unique. Ceux-ci ne sont pas soumis à une variation du nombre d'utilisations, et ne sont donc pas influencés par l'évolution de cette valeur. Une grande variabilité des résultats (traduite par une dispersion verticale importante du nuage de points) est à noter pour les deux solutions d'emballage. Celle-ci est principalement due à la variation de la masse de l'emballage primaire (voir Tableau 62).

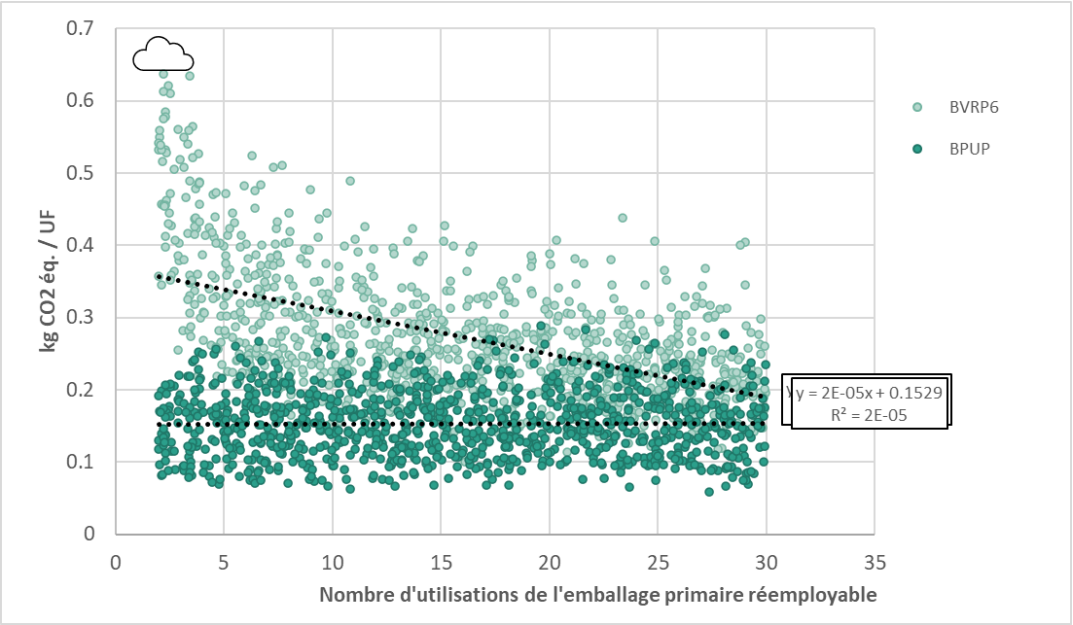


Figure 23 : Scénario 6 - Contributions des options à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur à l'indicateur de changement climatique sur le nombre d'utilisations de l'emballage réemployable – graphe "range"

Pour des nombres d'utilisations plus élevés, les deux nuages de points sont entremêlés. Il n'est cependant pas possible d'en déduire une absence de hiérarchie car certains paramètres communs peuvent prendre des valeurs différentes (un point bas du réemployable correspond à une distance de transport courte et un point haut de l'usage unique correspond à une distance élevée).

C'est dans ce type de cas de figure qu'il est pertinent de recourir à l'analyse d'un graphe "range delta", tel qu'explicité dans la section 6.1 et présenté ci-après.

La Figure 24 présente les contributions de l'option réemployable et de l'option à usage unique à l'indicateur de changement climatique en fonction de la distance de transport amont. La distance ne permet pas en tant que telle de discriminer les 2 solutions car les nuages de point s'entremêlent.

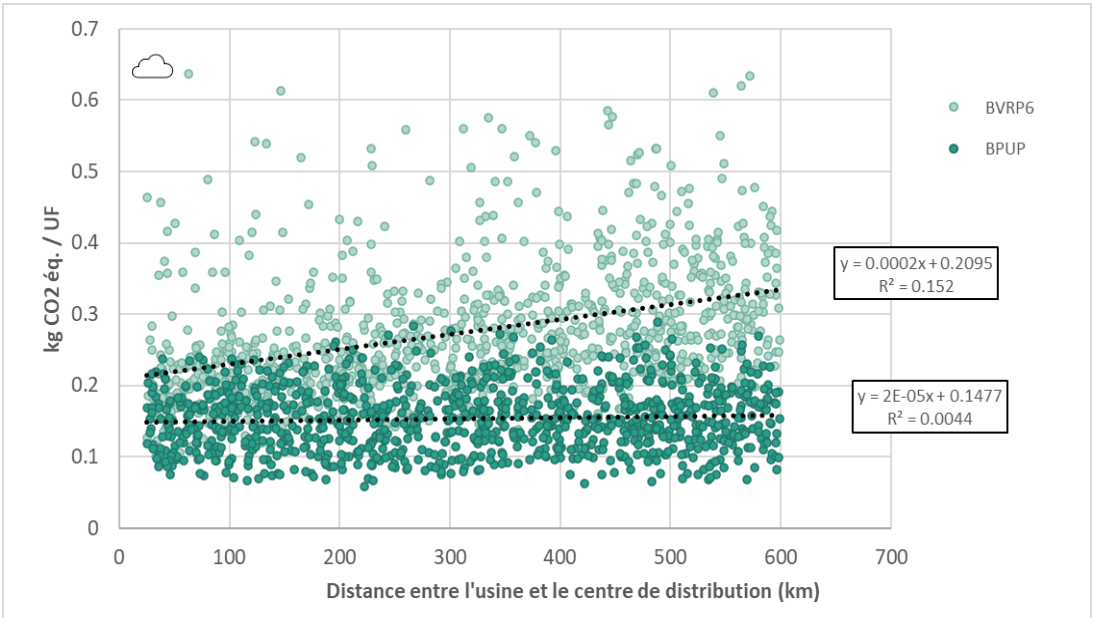


Figure 24 : Scénario 6 - Contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon la distance moyenne de transport amont – graphe "range"

La Figure 25 ci-dessous présente les contributions de l'option réemployable et de l'option à usage unique à l'indicateur de changement climatique en fonction des valeurs prises par la masse de la bouteille à usage unique en PET. La faible dispersion verticale du nuage de points associé à l'option à

usage unique suggère que le paramètre de masse de l'emballage primaire (représenté ici en abscisse) est le paramètre dont la variabilité influence le plus les variations d'impacts de cette solution.

L'option réemployable n'est quant à elle pas affectée du tout par l'évolution de ce paramètre, ce dernier étant spécifique à la bouteille en PET. Le nuage de points correspondant à l'option réemployable ne traduit donc pas d'évolution des impacts selon l'évolution de cette masse, et sa dispersion verticale est très marquée, signifiant que d'autres paramètres (en l'occurrence la masse de verre, le nombre d'utilisations et la distance de transport) influencent les performances de la bouteille en verre réemployable.

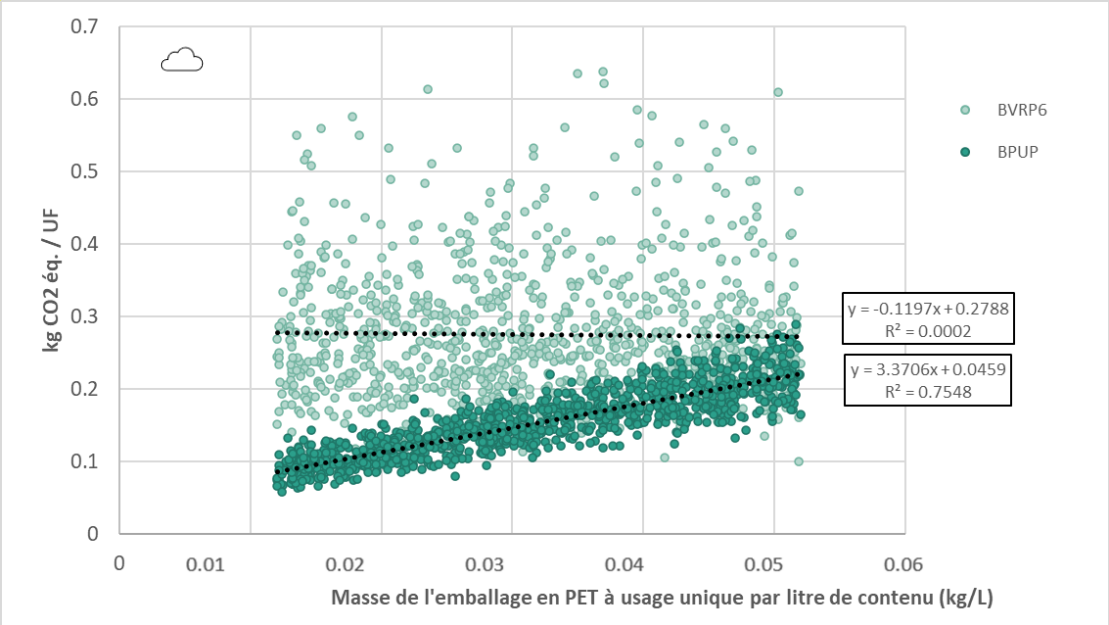


Figure 25 : Scénario 6 - Contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PET – graphe "range"

A partir de la valeur de 25 g/L de PET environ, les nuages de points des deux emballages comparés se recouvrent l'un et l'autre.

Il est donc pertinent d'analyser un graphe de type "range-delta", afin d'éliminer la variabilité résiduelle liée aux paramètres communs aux deux options d'emballage (par exemple les distances de transport) et ne représenter que l'influence des paramètres spécifiques aux deux solutions.

Illustration des principes de lecture des figures – Graphe delta

La Figure 26 reprend le graphe "range delta" lié à l'influence du nombre d'utilisations sur les performances relatives de l'option réemployable et de l'option à usage unique, à l'égard du changement climatique.

Comme explicité précédemment, la différence entre les impacts des deux options a été calculée pour chaque itération, et donc pour chaque combinaison de valeurs générée (selon la formule "impacts de l'option à usage unique – impacts de l'option réemployable"), et représentée graphiquement via une croix.

Une valeur positive (croix au-dessus de l'axe X) représente donc une itération de calcul pour laquelle l'option réemployable présentait des impacts moindres à ceux de l'option à usage unique.

A l'inverse, une valeur négative (croix en-dessous de l'axe Y) représente une itération de calcul pour laquelle l'option réemployable présentait des impacts supérieurs à ceux de l'option à usage unique.

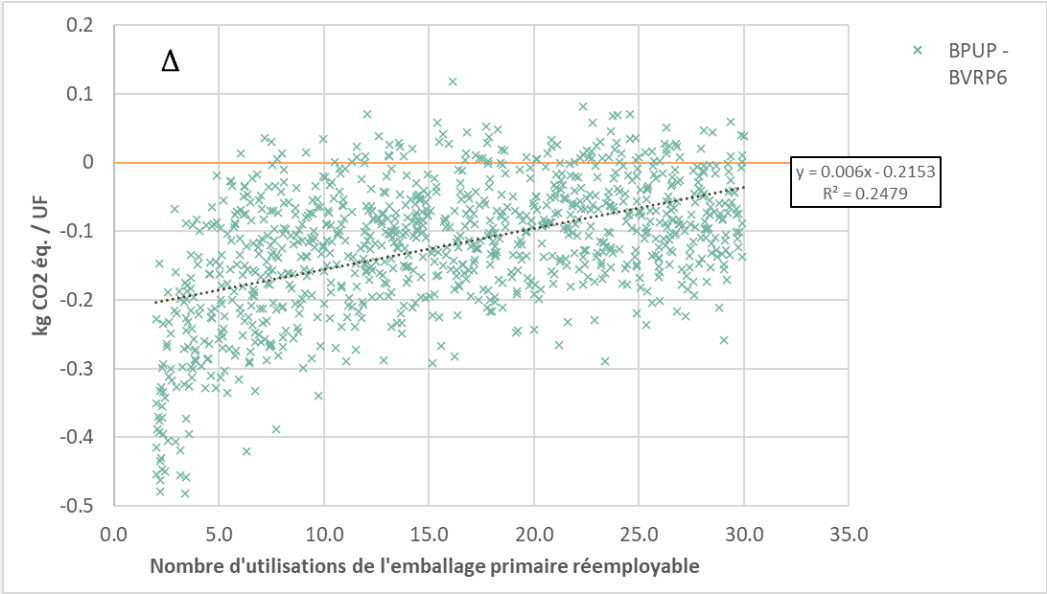


Figure 26 : Scénario 6 - Comparaison des contributions des options à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range delta"

Le graphe "range delta" présenté ci-dessous montre ainsi que l'option à usage unique du scénario 6 présente de meilleures performances que l'option réemployable analogue, pour une grande majorité de cas de figure (y compris pour des nombres d'utilisations élevés de l'option réemployable).

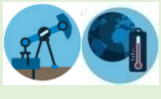
Les résultats étant calculés sur base de l'ensemble de la modélisation et étant communs à tous les paramètres étudiés, il est important de noter que cette observation sera identique pour tous les paramètres étudiés, pour cette catégorie d'impacts.

La lecture du graphe range-delta ne permet cependant pas d'apprécier à elle seule l'ampleur relative de la différence d'impacts entre les deux options par rapport à leur impact total, pour un indicateur donné.

Ce type de graphe a pour objectif d'identifier des points de basculement selon l'évolution d'un paramètre étudié, ou l'avantage systématique ou quasi-systématique d'une des deux solutions par rapport à l'autre. Il est ainsi pertinent (et ce pour l'analyse de tous les graphes range-delta présentés dans la suite des résultats) de se référer aux valeurs de contributions (section 8.2.1 pour le scénario 6) ou d'apprécier l'influence du paramètre d'intérêt sur les contributions totales de l'option réemployable et/ou de l'option à usage unique via les graphes range "classiques" qui permettent d'aboutir aux graphes range-delta. Il est ainsi plus aisé de déterminer l'ampleur de l'avantage d'une option par rapport à l'autre.

Par ailleurs, la Figure 26 révèle que certaines itérations de calcul ont mené à des situations pour lesquelles l'option réemployable était plus avantageuse que l'option à usage unique (croix de valeurs positives, situées au-dessus de l'axe des abscisses), pour des nombres d'utilisations supérieurs à 7. Il convient donc d'étudier l'influence d'autres paramètres sensibles, et éventuellement de sous-scénariser ces résultats pour affiner l'identification des points de basculement, en considérant des valeurs spécifiques pour les autres paramètres influents.





- La **masse de l'emballage en verre** influence fortement les comparaisons entre les options à usage unique et réemployable.
- Pour des nombres d'utilisations :
  - faibles, les nuages de points associés aux deux solutions d'emballages sont relativement distincts et séparés, reflétant un avantage de l'option à l'usage unique à l'égard de cette catégorie d'impacts (valeurs moins élevées en kg CO_2 eq).

- élevés (notamment supérieurs à 7), les deux nuages de points sont entremêlés ce qui ne permet pas de statuer quant à l'avantage relatif d'une des deux options sur l'autre.

Le recouvrement nécessite donc d'avoir recours à une analyse plus approfondie via l'établissement et l'analyse de différents graphes « range delta » afin de déterminer des points de basculement permettant de différencier les impacts des deux solutions d'emballage.

La Figure 27 présente sous la forme d'un diagramme en arbre, la synthèse des points de basculement associés au scénario 6 pour les indicateurs de changement climatique et d'épuisement des ressources fossiles, dans le cadre de la comparaison entre bouteilles réemployables en verre, ou à usage unique en PET.

Ce diagramme en arbre a été construit sur base de l'établissement et de l'analyse de différents graphes range et/ou range delta selon la pertinence des enrichissements qu'ils apportent. Les conclusions qu'il représente sont les suivantes :







- Pour des **masses de PET inférieures à 35 g/L**, l'alternative en PET à usage unique est **généralement plus avantageuse** que l'alternative en verre réemployable.

  Ces bouteilles en PET de moins de 35 g/L représentent la majorité du marché des eaux, et une partie des sodas et des jus (cf. Figure 202).

- **Au-delà de cette masse de PET,** les bouteilles en PET à usage unique sont **généralement plus avantageuses** par rapport aux bouteilles en verre réemployables utilisées **moins de 15 fois** et **distribuées nationalement**.

  En comparaison avec des bouteilles en verre **distribuées régionalement ou localement** et réemployées **moins de 6 fois,** l'option à usage unique de masse **supérieure à 35 g/L** est généralement plus avantageuse**.**

  L'étude **ne permet pas de conclure** de manière robuste quant aux bouteilles en verre **utilisées plus de 6 fois et distribuées régionalement ou localement**, ou **utilisées plus de 15 fois pour une distribution nationale**, comparées à des bouteilles en **PET de plus de 35 g/L**.

  Les bouteilles en PET de masse supérieure à 35 g/L correspondent à tous les secteurs du marché, et plus particulièrement aux sodas et aux jus.

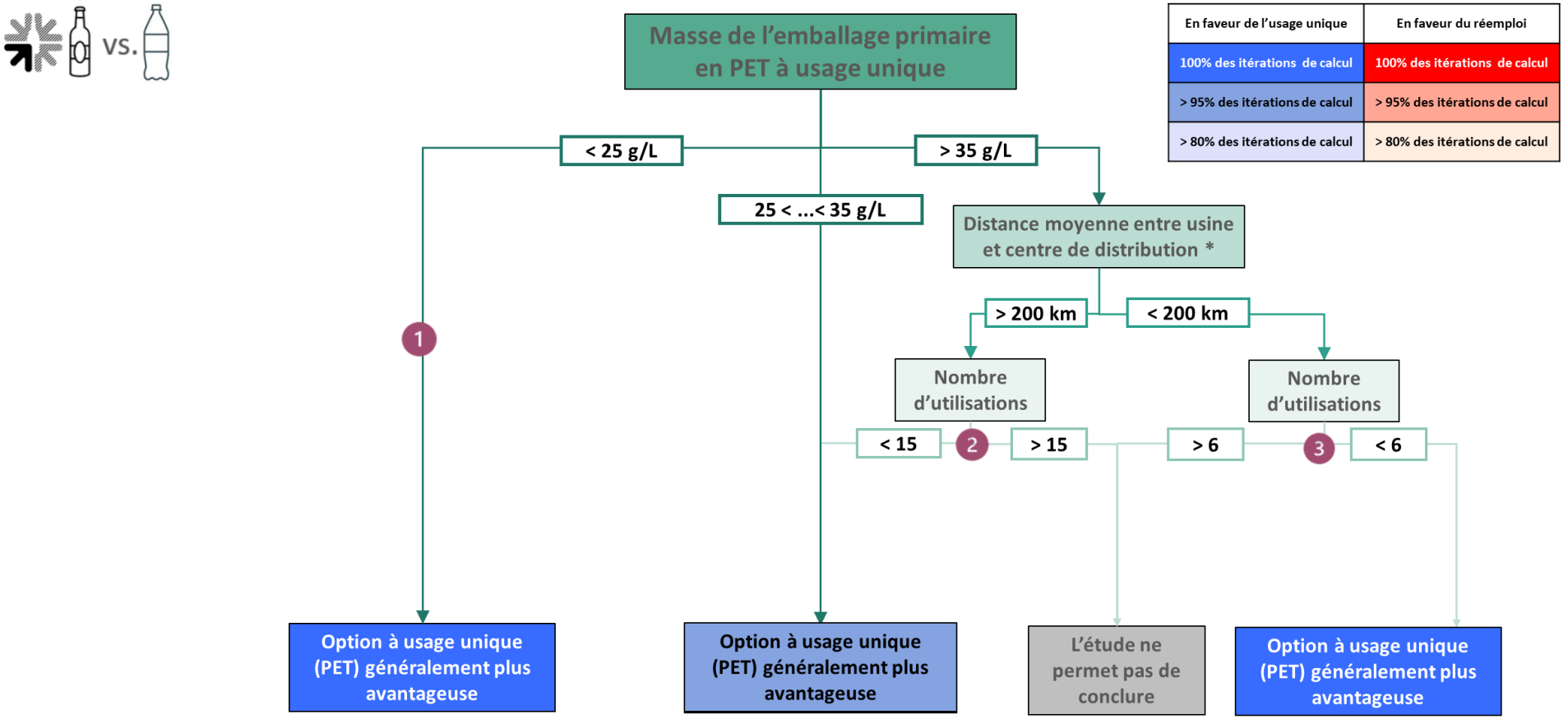


Figure 27 : Scénario 6 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique et d'épuisement de ressources fossiles

** Dans un cas industriel pratique, cette distance correspond à la moyenne pondérée des distances de transport amont (site de remplissage à centre de distribution) sur l'ensemble des circuits de transport concernés (voir 7.5.2).*

Les points de basculement sont déterminés sur la base du résultat des différentes itérations de calcul prenant en compte la variabilité de l'ensemble des paramètres opérationnels modélisés dans les scénarios. Pour chaque itération, la détermination du caractère plus avantageux d'une solution sur l'autre n'est pas nécessairement significative compte tenu des sources d'incertitudes autres que celles modélisées. De ce fait, il convient d'interpréter avec prudence la valeur de ces points de basculement (voir section 7.3.)

Les paragraphes suivants explicitent les graphiques qui ont été analysés pour élaborer le diagramme en arbre.

1	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 28 représente la comparaison des résultats des 1000 itérations de calcul pour les deux options d’emballage, en fonction de la masse de PET de l’emballage primaire à usage unique.

Ce graphe indique que pour des masses de PET inférieures à 25 g/L, l’option à usage unique présente de meilleures performances que l’option réemployable à l’égard du changement climatique, et ce pour toutes les itérations de calcul réalisées. En outre, pour des masses de PET inférieures à 35 g/L, l’option à usage unique présente de meilleures performances pour une grande majorité d’itérations.

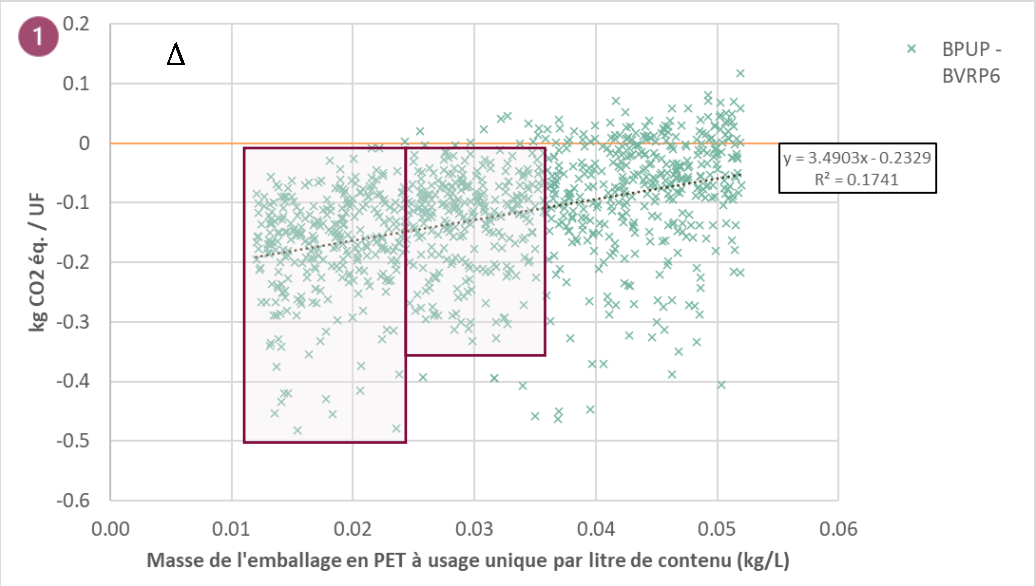


Figure 28 : Scénario 6 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l’indicateur de changement climatique selon la masse de l’emballage primaire à usage unique en PET – graphe “range delta”

Afin de conclure pour des masses de PET plus élevées, il est pertinent de prendre en considération la distance amont de transport ainsi que la masse de l’emballage en verre.

2	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 29 représente la comparaison des résultats des 1000 itérations de calcul pour les deux options d’emballage, en fonction du nombre d’utilisations de l’option réemployable. Les itérations de calcul correspondant à des masses de PET supérieures à 35 g/L et à des distances moyennes de plus de 200 km entre le site de remplissage et le centre de distribution ont été isolées. Toutes les itérations ne remplissant pas ces critères ne sont donc pas représentées.

Ce graphe indique que pour des distances de transport moyennes entre le site de remplissage et le centre de distribution supérieures à 200 km (voir section 7.5.2.3 pour plus d’informations sur l’interprétation associée à ce paramètre) et pour des masses de plus de 35 g/L, l’option à usage unique présente de meilleurs résultats pour la quasi-totalité des situations modélisées (plus de 95% des itérations de calculs réalisées dans cette tranche de valeurs) que l’option réemployable si cette dernière est utilisée moins de 15 fois. Au-delà de 15 utilisations, l’étude ne permet pas de conclure.

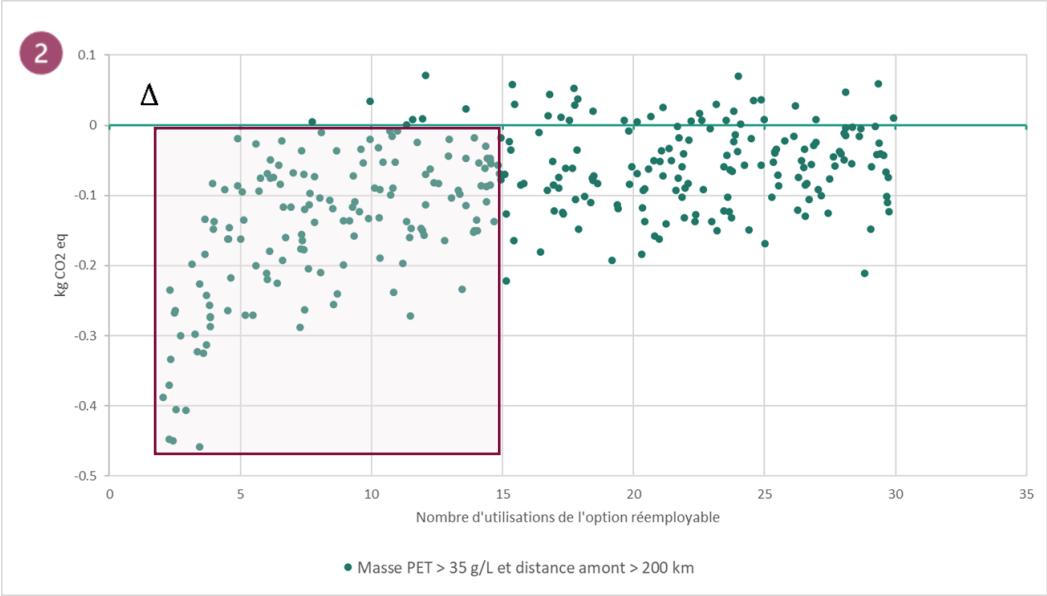


Figure 29 : Scénario 6 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon la distance moyenne de transport amont – graphe "range delta"

3	Analyse du graphe "range delta" ayant permis d'élaborer le diagramme en arbre

La Figure 30 représente la comparaison des résultats des 1000 itérations de calcul pour les deux options d'emballage, en fonction du nombre d'utilisations de l'option réemployable. Les itérations de calcul correspondant à des masses de PET supérieures à 35 g/L et à des distances moyennes de transport de moins de 200 km entre le site de remplissage et le centre de distribution. Toutes les itérations ne remplissant pas ces critères ne sont donc pas représentées. Ce graphique indique que pour des distances de transport moyennes entre le site de remplissage et le centre de distribution inférieures à 200 km et pour des masses de PET supérieures à 35 g/L, l'option à usage unique présente de meilleurs résultats lorsque l'option en verre à condition que cette dernière soit utilisée moins de 6 fois. Au-delà de 6 utilisations, l'étude ne permet pas de conclure.

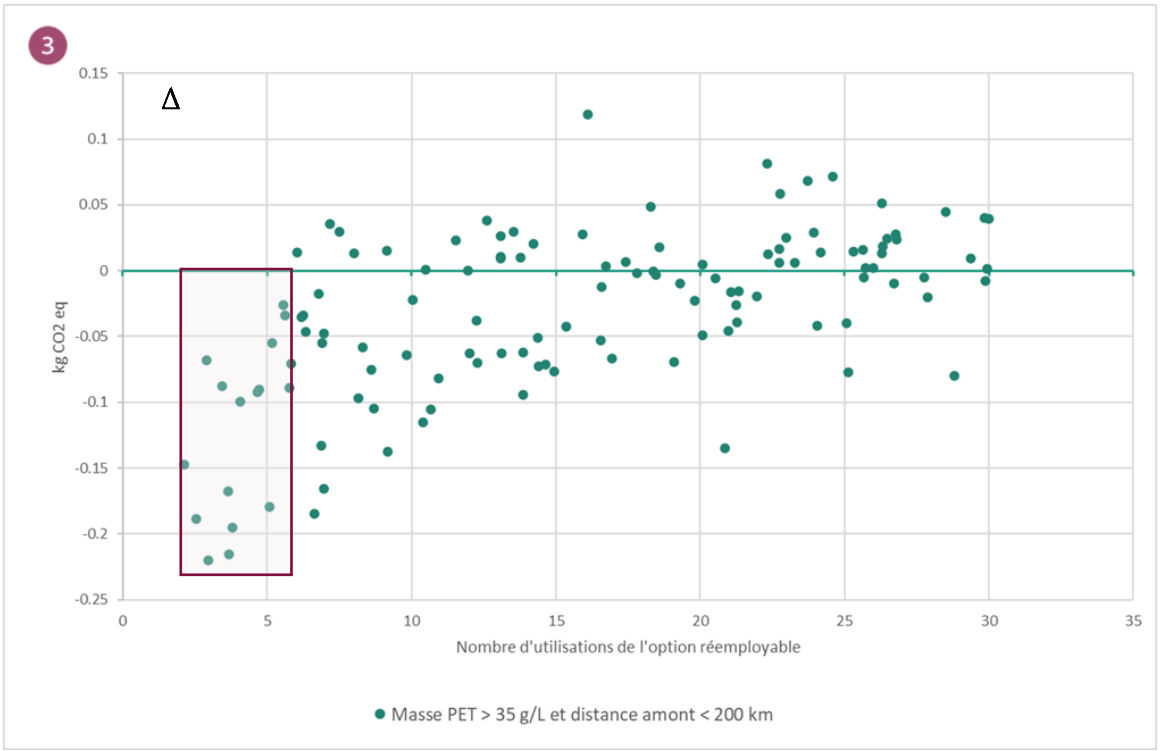


Figure 30 : Scénario 6 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon la distance moyenne de transport amont et le nombre d'utilisations – graphe "range delta"

8.2.3.2. Contributions aux autres catégories d'impacts

"

Les graphes Range – delta relatifs aux catégories d'impact d'émissions de particules, d'acidification et de formation d'ozone photochimique sont présentés ci-dessous.









Pour la totalité des itérations de calcul effectuées (et donc pour toutes les situations modélisées), la bouteille en PET à usage unique est plus généralement plus avantageuse que l'option réemployable en verre quant à ces catégories d'impact.

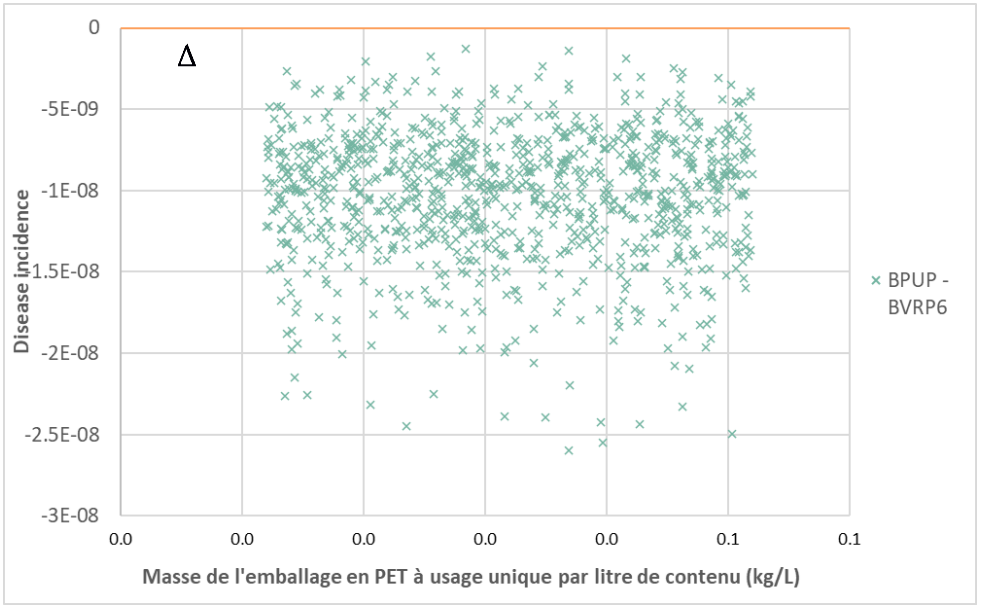


Figure 31 : Scénario 6 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur d'émission de particules selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PET – graphe "range delta"

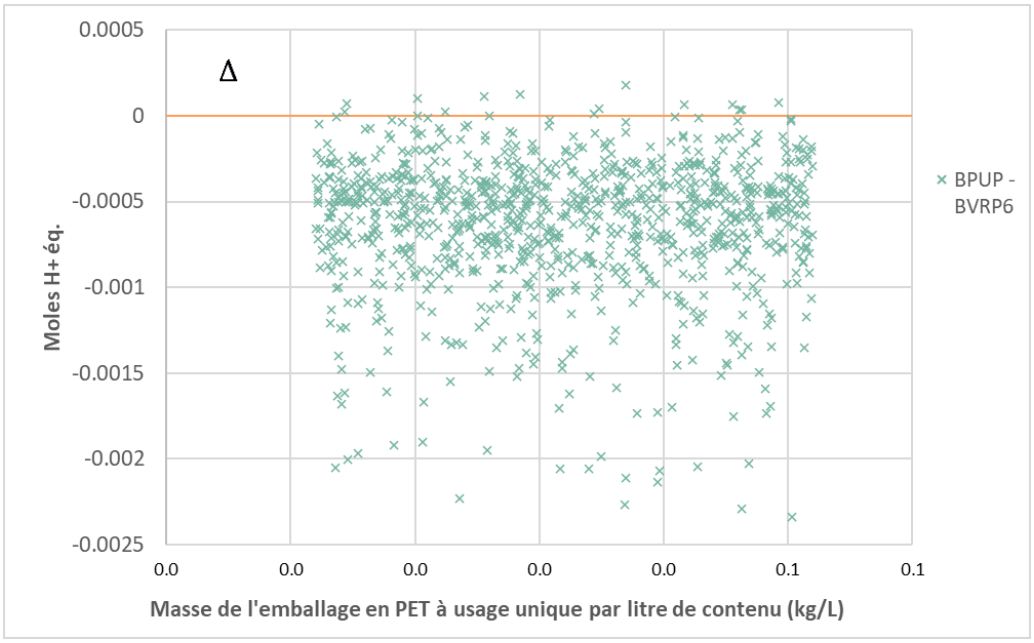


Figure 32 : Scénario 6 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur d'acidification selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PET – graphe "range delta"

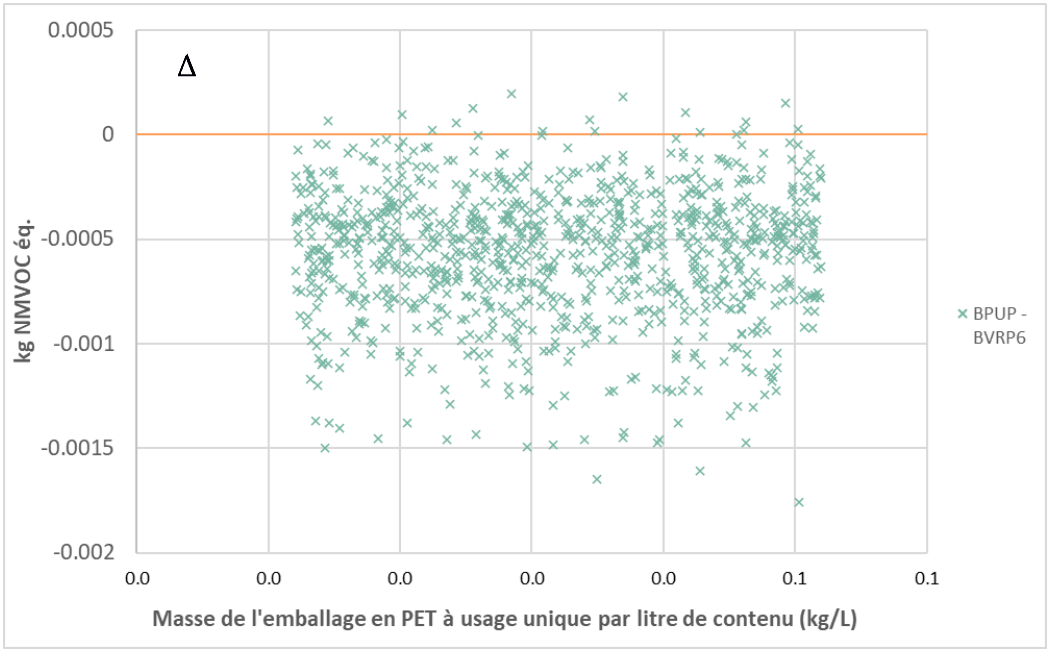


Figure 33 : Scénario 6 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de formation d'ozone photochimique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PET – graphe "range delta"

Pour les catégories d'impact d'acidification, de formation d'ozone photochimique et d'émission de particules, l'option à usage unique en PET est généralement plus avantageuse que son alternative en verre réemployable, et ce pour toutes les itérations de calcul réalisées, soit pour toutes les combinaisons de valeurs prises au sein des gammes de valeurs modélisées.

8.2.3.3. Conclusions transversales

Pour les principales catégories d'impact étudiées, l'option à usage unique est plus avantageuse que l'option réemployable pour la majorité (voire pour certains indicateurs, la totalité) des itérations de calcul réalisées, et donc des situations modélisées. Concernant les emballages en plastique, les aspects relevant des impacts sur la biodiversité et la santé humaine constituent un enjeu majeur à part entière mais ne sont pas pris en compte dans cette étude. Ces impacts liés à la pollution plastique font l'objet de nombreuses études scientifiques (voir préambule). L'étude ne permet cependant pas de conclure lorsque des bouteilles en PET plus lourdes sont comparées à des bouteilles en verre réemployées plus de 15 fois et distribuées nationalement, et de même lorsqu'elles sont comparées à des bouteilles en verre réemployées plus de 6 fois et distribuées localement ou régionalement. En raison de ces considérations et sur base de la modélisation réalisée, les impacts associés à la logistique d'une boucle de réemploi d'une bouteille en verre (répétée à chaque UF) sont donc généralement supérieurs à ceux du cycle de vie d'une bouteille en PET, lorsque ramenés à l'unité fonctionnelle. A titre indicatif, sur base de la modélisation des cas illustratifs, la somme des impacts associés à la distribution aller et retour des bouteilles en verre réemployables ainsi qu'à la production des emballages additionnels et système de fermeture à usage unique génère 103 g CO_2 eq., tandis que la production d'une bouteille en PET à usage unique et de son système de fermeture génère environ 108 g CO_2 eq.

Il est estimé que la modélisation d'un emballage de regroupement consigné et réemployable en PEhd au lieu de l'emballage à usage unique en carton considéré aurait mené aux observations suivantes [68] :

- Un impact accru des étapes de transport (lié à un ratio volumique potentiellement plus important).
- Une contribution plus marquée de la phase de production de l'emballage de regroupement aux catégories de changement climatique et d'épuisement des ressources fossiles (contribution qui serait néanmoins amortie au fil des utilisations de la caisse).
- En situation réelle, un taux de réemploi potentiellement plus élevé de l'emballage primaire réemployable (voir point 10.2).

Sur base des contributions relatives des options réemployable et à usage unique du scénario 6 aux différentes catégories d'impact et à l'absence de points de bascule observés pour les nombres d'utilisations de la solution réemployable, il est estimé que la modélisation d'une caisse en PEhd au lieu de l'emballage en carton à usage unique considéré n'aurait pas affecté de manière significative les conclusions liées au scénario 6 de cette étude.

8.3. Scénario 7



Comparaison des emballages conditionnant des **produits laitiers** distribués **aux particuliers** entre :

- un **pot en verre réemployable** vendu avec un emballage de regroupement à usage unique en carton et
- un **pot en polystyrène à usage unique** vendu avec le même emballage de regroupement à usage unique en carton

(voir Chapitre 5.1.3).

8.3.1. Résultats totaux et contributions par étape du cycle de vie (cas illustratifs)

8.3.1.1. Pot en verre réemployable

Le Tableau 63, la Figure 34 et la Figure 35 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie du **pot en verre réemployable** aux principales catégories d'impact étudiées, pour 5 et 20 utilisations.

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.3.2, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



Les étapes du cycle de vie les plus contributrices pour le **pot en verre réemployable varient en fonction des catégories d'impact** étudiées.

- Les contributions relatives des phases de production diminuent avec le nombre d'utilisation.
- Les impacts absolus de la distribution, de la production d'emballages additionnels et des systèmes de fermeture sont les mêmes à chaque cycle. A l'inverse, les impacts relatifs de ces 3 phases augmentent avec le nombre d'utilisations :
  - La contribution relative de la production du système de fermeture en acier augmente lorsque le nombre d'utilisations augmente (20 par rapport à 5). Ce système de fermeture étant à usage unique, sa production est donc répétée à chaque cycle de réemploi, contrairement à celle de l'emballage primaire.
  - La contribution relative des étapes de transport (distribution et retour) augmente également lorsque l'on passe de 5 à 20 utilisations, mais en proportions moins significatives.

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif - 5 utilisations	Cas illustratif - 20 utilisations
Epuisement des ressources fossiles	MJ	4.89E+00	3.59E+00
Acidification	Moles H+ -eq.	1.31E-03	8.68E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	1.17E-03	9.11E-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	1.58E-08	1.21E-08
Changement climatique	kg CO2-eq.	3.07E-01	2.18E-01

Tableau 63 : Scénario 7 – Pot en verre réemployable - Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

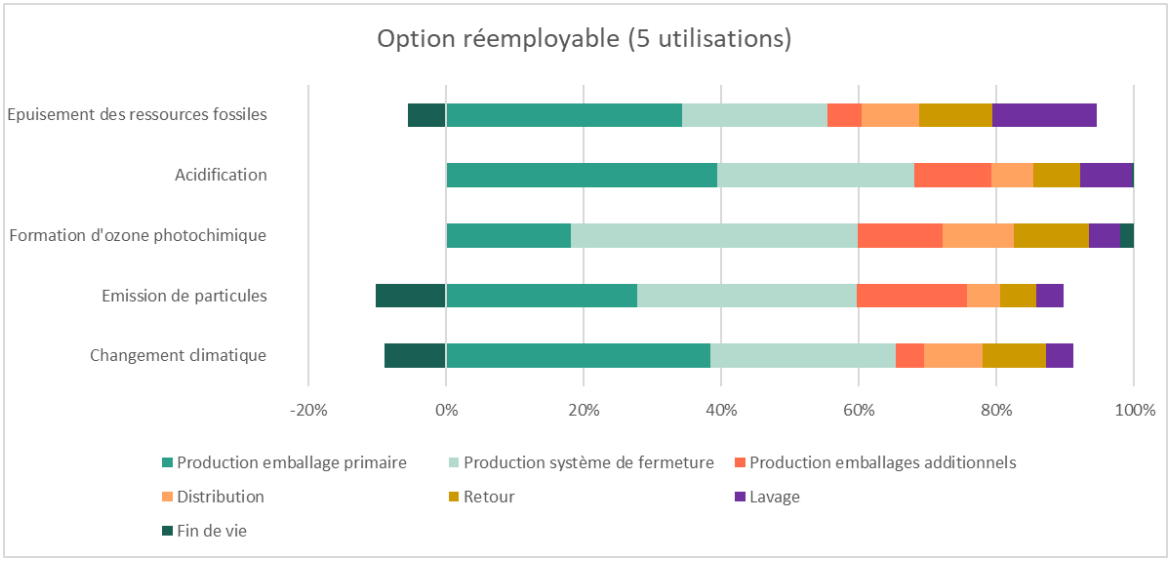


Figure 34 : Scénario 7 – Pot en verre réemployable (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

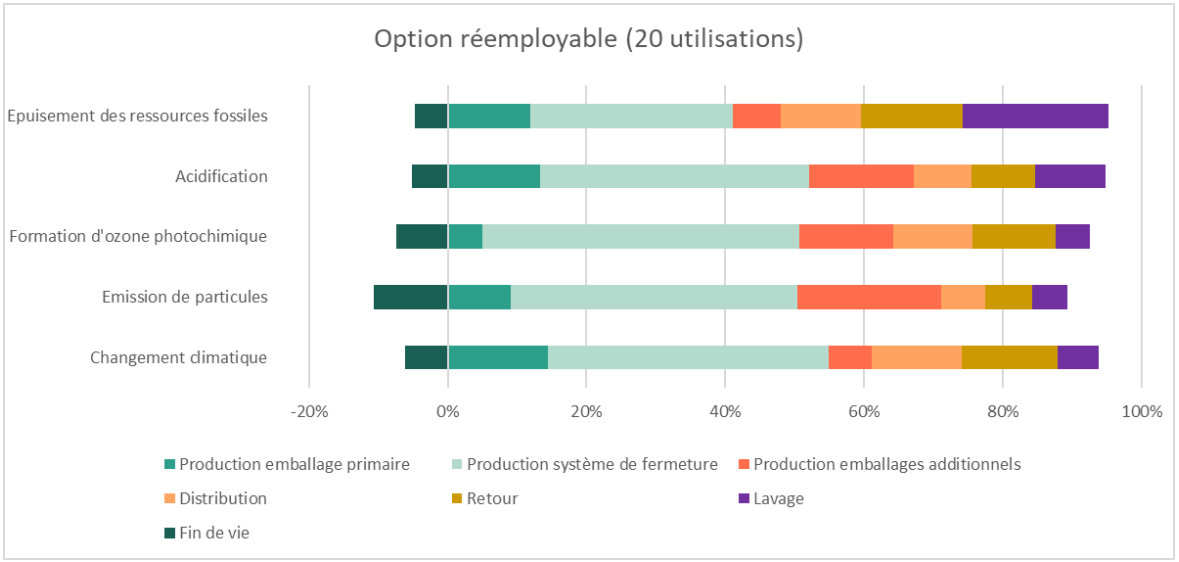


Figure 35 : Scénario 7 – Pot en verre réemployable (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.3.1.2. Pot en PS à usage unique

Le Tableau 64 et la Figure 36 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie du **pot en polystyrène à usage unique** aux principales catégories d'impact étudiées.

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.3.2, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



- L'étape du cycle de vie la plus contributrice pour le pot en polystyrène à usage unique est la **production de l'emballage primaire**.

  Elle représente entre 63 et 81% de la contribution suivant la catégorie d'impact considérée.
- Les autres étapes du cycle de vie contribuent plus faiblement :
  - Entre 5 et 25 % pour la production des emballages additionnels
  - Entre 7 et 23 % pour la **fin de vie**
- L'étape de **distribution** contribue peu (quelques %).

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif
Epuisement des ressources fossiles	MJ	4.18^{E}+00
Acidification	Moles H+ -eq.	9.08^{E}-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	7.64^{E}-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	1.04^{E}-08
Changement climatique	kg CO2-eq.	3.04^{E}-01

Tableau 64 : Scénario 7 – Pot en PS à usage unique - Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

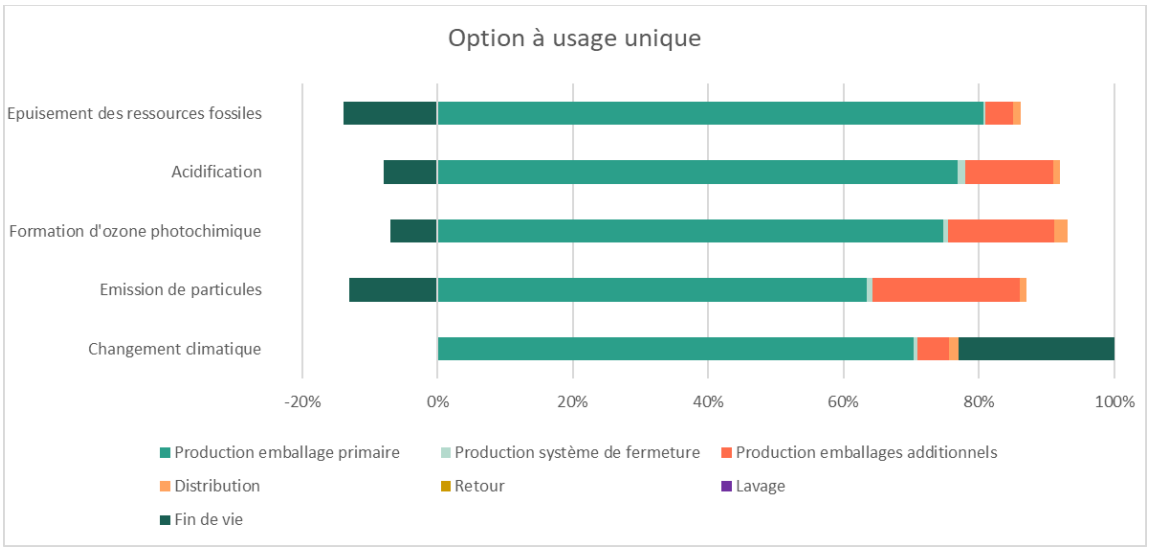


Figure 36 : Scénario 7 – Pot en PS à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.3.2. Résultats selon les gammes de valeur établies - Identification des paramètres influents

Dans cette étude, les paramètres influents sont par définition des paramètres d'entrée variables (modélisés par des gammes de valeurs).

D'autres paramètres d'entrée fixes peuvent contribuer fortement aux résultats mais ne pas apparaître dans les tableaux de paramètres influents. Il est cependant estimé (sur base des contributions des étapes du cycle de vie) que l'influence des paramètres fixes sur les résultats est secondaire.

Le Tableau 65 reprend les paramètres dont la variabilité (via la modélisation de gammes de valeurs) influence le plus les contributions de chaque solution d'emballage aux catégories de changement climatique, d'épuisement des ressources fossiles, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'émission de particules.

Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées *l'épuisement des ressources minérales et métalliques)*		
Option à usage unique en PS 		**Option réemployable en verre** 
Masse de l'emballage primaire	+ + +	Nombre d'utilisations de l'emballage primaire
Taux de recyclage du polystyrène (%)		Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution
	+ +	Masse de du système de fermeture
	+	Masse de l'emballage primaire
	Degré d'influence	

Tableau 65 : Scénario 7 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources minérales et métalliques)



Pour toutes les catégories d'impact étudiées, la **masse de l'emballage primaire** est le paramètre dont la variabilité influence le plus les résultats associés à l'option à usage unique. Le **taux de recyclage** est également un paramètre influent, mais son influence est moindre que celle de la masse de l'emballage primaire.



Les paramètres dont la variabilité influence le plus les impacts de l'option réemployable sont :

- le **nombre d'utilisations** (principalement)

  L'augmentation du nombre d'utilisations permet l'amortissement de ses impacts de production, en répartissant ses impacts entre plusieurs unités fonctionnelles (qui correspondent à plusieurs cycles de réemploi).

- la **distance moyenne de transport amont** (entre le site de remplissage et le centre de distribution)

  Cette distance est directement corrélée aux diverses émissions associées au transport routier par camion et à la production et consommation de diesel.

- la **masse du système de fermeture**

- la **masse de l'emballage primaire en verre**

  La masse influence directement les impacts associés à sa production, mais contribue aussi (à un degré moindre) aux impacts associés au transport en augmentant la masse chargée.

8.3.3. Résultats selon les gammes de valeur établies - Comparaison entre l'option réemployable et l'option à usage unique

8.3.3.1. Contribution au changement climatique et à l'épuisement des ressources fossiles

La Figure 37 présente les contributions des deux solutions d'emballage à la catégorie d'impact de changement climatique en fonction de la masse d'emballage primaire à usage unique en PS considérée. Ce paramètre n'influence que les impacts de l'option à usage unique.

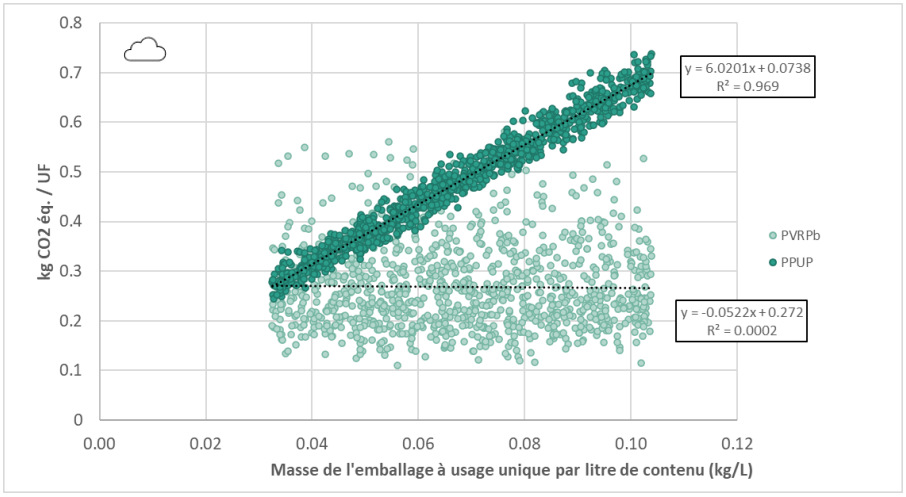


Figure 37 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PS – graphe "range"

La Figure 38 présente les contributions des deux solutions d'emballage à la catégorie d'impact de changement climatique selon la distance moyenne de transport amont.

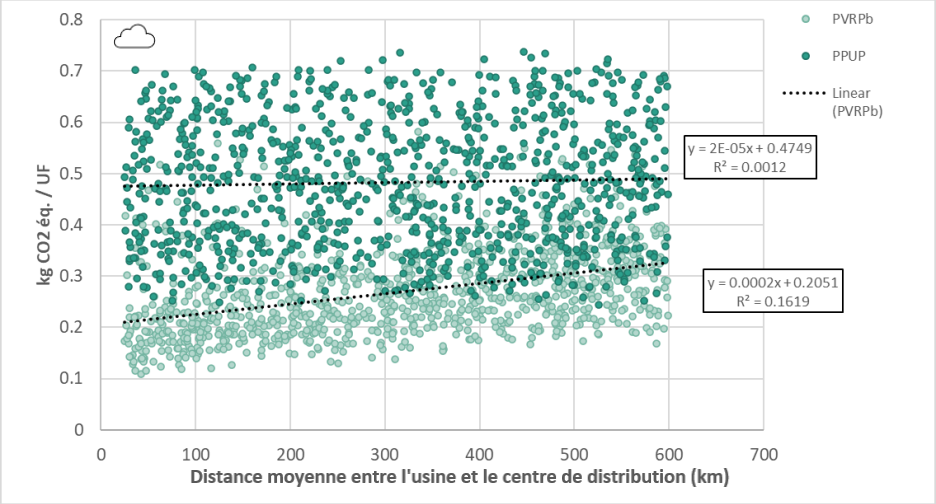


Figure 38 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur de changement climatique selon la distance moyenne de transport amont – graphe "range"







- La **masse de l'emballage** en PS influence fortement les comparaisons entre les options à usage unique et réemployable
- Le recouvrement partiel des nuages de points associés à chaque option lorsque les résultats sont présentés :
  - suivant la masse de l'emballage primaire à usage unique en PS (Figure 37)
  - ou en fonction de la distance moyenne de transport amont (du site de remplissage au centre de distribution) (Figure 38)

  ne permet pas de statuer quant à l'avantage relatif d'une des deux options sur l'autre.
- Le recouvrement **nécessite donc d'avoir recours à une analyse plus approfondie** via l'établissement et l'analyse de différents graphes « range delta » afin de déterminer des points de basculement permettant de différencier les impacts des deux solutions d'emballage.

La Figure 39 reprend le diagramme en arbre développé dans le cadre des comparaisons entre les pots réemployables en verre, et les pots à usage unique en polystyrène, à l'égard des indicateurs de changement climatique et d'épuisement des ressources fossiles.

Ce diagramme en arbre a été construit sur base de l'établissement et de l'analyse de différents graphes range et/ou range delta selon la pertinence des enrichissements qu'ils apportent. Les principales conclusions associées à ce diagramme en arbre sont les suivantes :



L'option réemployable est généralement plus avantageuse que des pots en PS de masses supérieures à 40 g/L.

- Cet **avantage** est en général confirmé :
  - **si cette masse est supérieure à 75 g/L,**
  - ou si la **distance** de transport amont (site de remplissage vers centre de distribution) est **inférieure à 300 km** en moyenne (voir section 7.5.2.3 pour plus d'informations sur l'interprétation associée à ce paramètre) et que le **nombre d'utilisations** de l'emballage primaire en verre est **supérieur à 7**.

En pratique, la majorité des emballages en PS échantillonnés présentent des masses inférieures à 75 g/L.





L'option réemployable est par ailleurs généralement plus avantageuse **dès sa 5ème utilisation** pour une distribution locale (moins de 100 km de distance en moyenne), y compris par rapport à des pots en polystyrène à usage unique très légers (de 32.5 g/L, la borne minimale modélisée).

L'option réemployable est également plus avantageuse **à partir de 15 utilisations**, et ce pour l'intégralité des distances de transport amont modélisées (soit 600 km de distance moyenne, correspondant à une distribution homogène sur toute la France métropolitaine, voir section 7.5.2.3) et pour les masses de pots en PS modélisées (entre 32.5 g/L et 104 g/L).

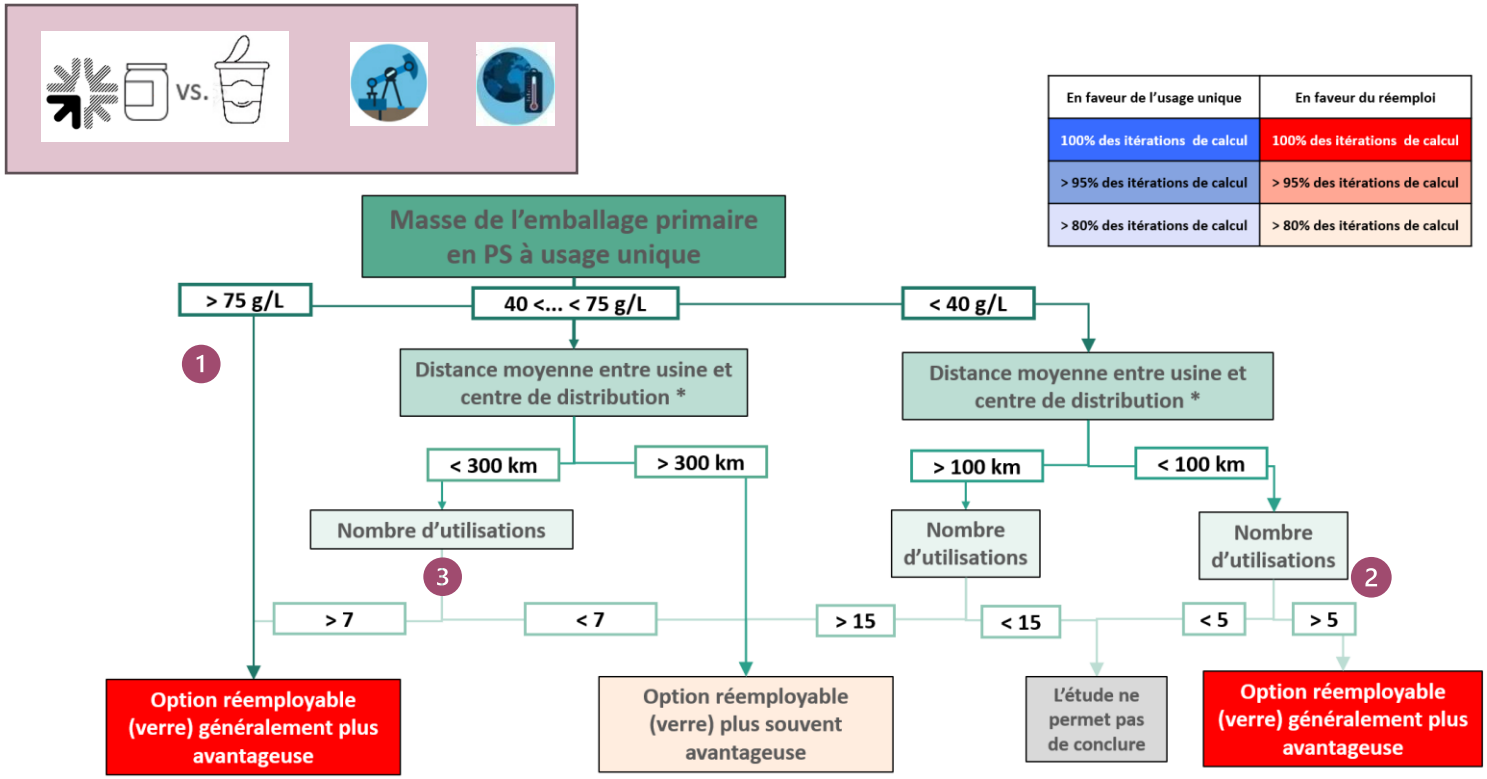


Figure 39 : Scénario 7 - Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique et d'épuisement de ressources fossiles

** Dans un cas industriel pratique, cette distance correspond à la moyenne pondérée des distances de transport amont (site de remplissage à centre de distribution) sur l'ensemble des circuits de transport concernés (voir 7.5.2).*

Les points de basculement sont déterminés sur la base du résultat des différentes itérations de calcul prenant en compte la variabilité de l'ensemble des paramètres opérationnels modélisés dans les scénarios. Pour chaque itération, la détermination du caractère plus avantageux d'une solution sur l'autre n'est pas nécessairement significative compte tenu des sources d'incertitudes autres que celles modélisées. De ce fait, il convient d'interpréter avec prudence la valeur de ces points de basculement (voir section 7.3.)

Les paragraphes suivants explicitent les graphiques qui ont été analysés pour élaborer le diagramme en arbre.

1	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 40 indique que pour toutes les itérations de calcul (et donc pour toutes les situations et combinaisons de valeurs considérées), l’option réemployable en verre présente des impacts moins élevés à l’égard du changement climatique que le pot en PS à usage unique, lorsque celui-ci a une masse supérieure ou égale à 75 g/L.

Cette conclusion est notamment d’application pour toutes les masses de verre et pour toutes les distances de transport moyennes modélisées, et dès la deuxième utilisation de l’option réemployable.

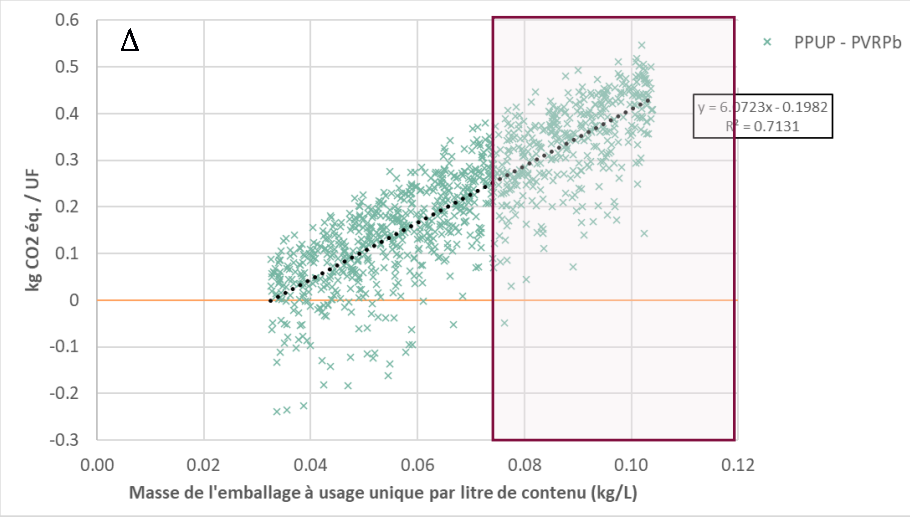


Figure 40 : Scénario 7 – Comparaison des contributions de l’option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l’indicateur de changement climatique selon la masse de l’emballage primaire à usage unique en PS – graphe “range delta”

En pratique, la majorité des emballages en PS échantillonnés présentent des masses inférieures à 75 g/L.

2	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

Sur base du graphe “range delta” présenté en Figure 40, les résultats des itérations correspondant à des distances moyennes de transport amont faibles (< 100 km) et à des nombres d’utilisations supérieurs à 5 ont été isolés graphiquement, et présentés en rouge sur la Figure 41.

Cette dernière révèle que pour ces valeurs, l’option réemployable est généralement meilleure que (ou a minima équivalente à) l’option à usage unique au regard du changement climatique, et ce pour toutes les masses de PS considérées.

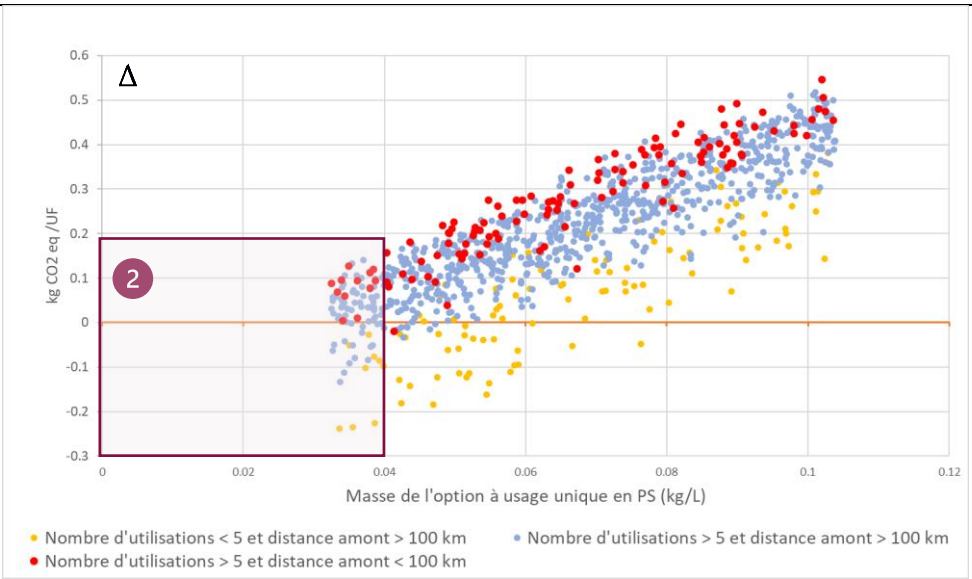


Figure 41 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PS, le nombre d'utilisations et la distance entre site de remplissage et centre de distribution ("distance amont") – graphe "range delta"

De telles distances moyennes de transport amont correspondent notamment à des contextes de circuit court et de distribution locale/régionale.

3 Analyse du graphe "range delta" ayant permis d'élaborer le diagramme en arbre

La Figure 42 ne permet pas d'identifier un avantage systématique d'une option par rapport à l'autre pour des gammes de distances spécifiques, elle révèle cependant que l'option réemployable est généralement plus avantageuse (au moins 80% des itérations de calcul) que l'option à usage unique pour toutes les distances moyennes considérées, y compris les plus élevées.

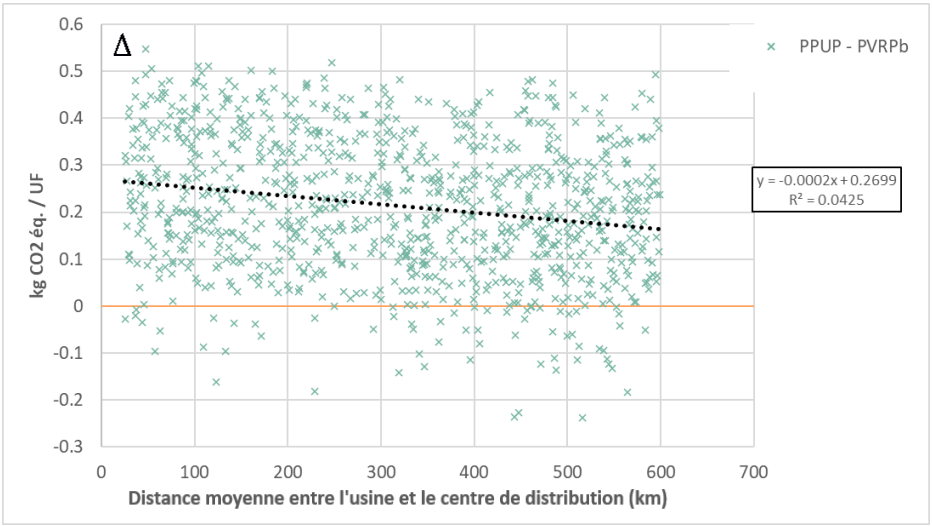


Figure 42 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur de changement climatique selon la distance moyenne de transport amont – graphe "range delta"

Il est cependant pertinent d'affiner la sous-scénarisation de ces nuages de points pour aboutir à des tendances plus nettes dans les comparaisons entre les deux options. Cet affinage est réalisé à la Figure 43.

L'identification des itérations de calcul correspondant à des nombres d'utilisations supérieurs à 7 pour l'option réemployable (en vert clair) révèle généralement un avantage de cette dernière dans ce cas de figure, pour des distances moyennes de transport amont d'environ 300 km ou moins (voir section 7.5.2.3 pour plus d'informations sur l'interprétation associée à ce paramètre).

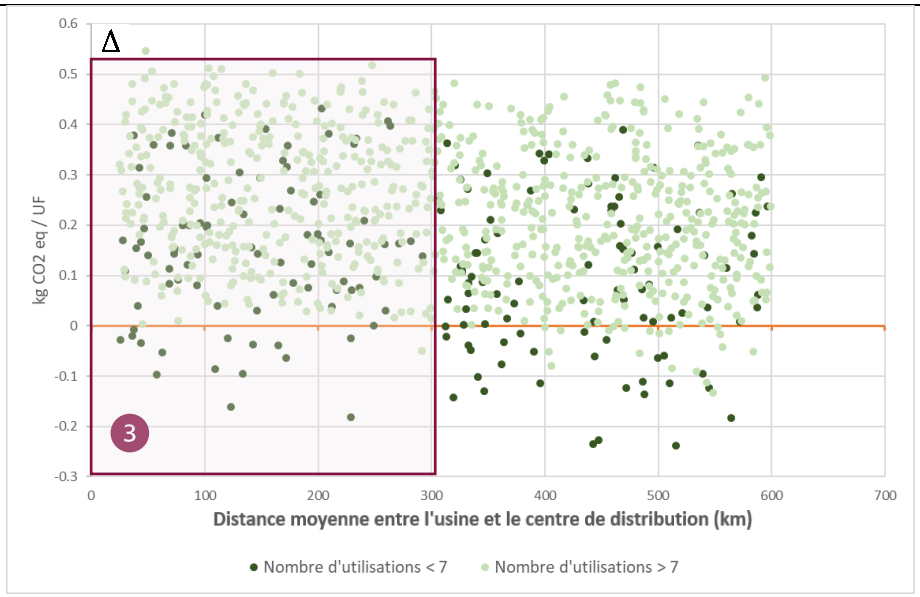


Figure 43 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon la distance moyenne de transport amont – graphe "range delta"

8.3.3.2. Contribution aux autres catégories d'impacts

Les Figures ci-dessous présentent les contributions des deux solutions d'emballage aux autres catégories d'impacts en fonction de :

- la distance moyenne de transport amont pour l'indicateur d'émission de particules
- la masse d'emballage primaire à usage unique en PS considérée pour l'indicateur de formation d'ozone photochimique
- le nombre d'utilisations de l'option réemployable pour l'indicateur d'acidification

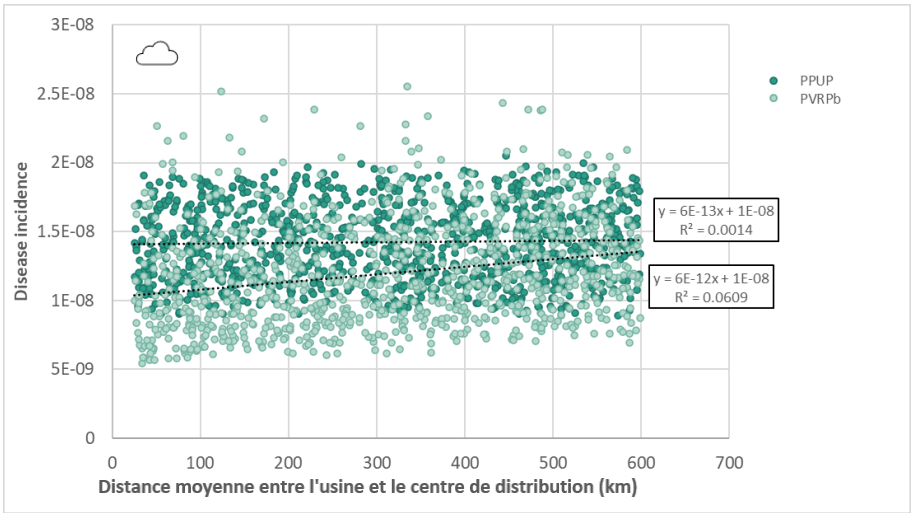


Figure 44 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur d'émission de particules selon la distance moyenne de transport amont – graphe "range "

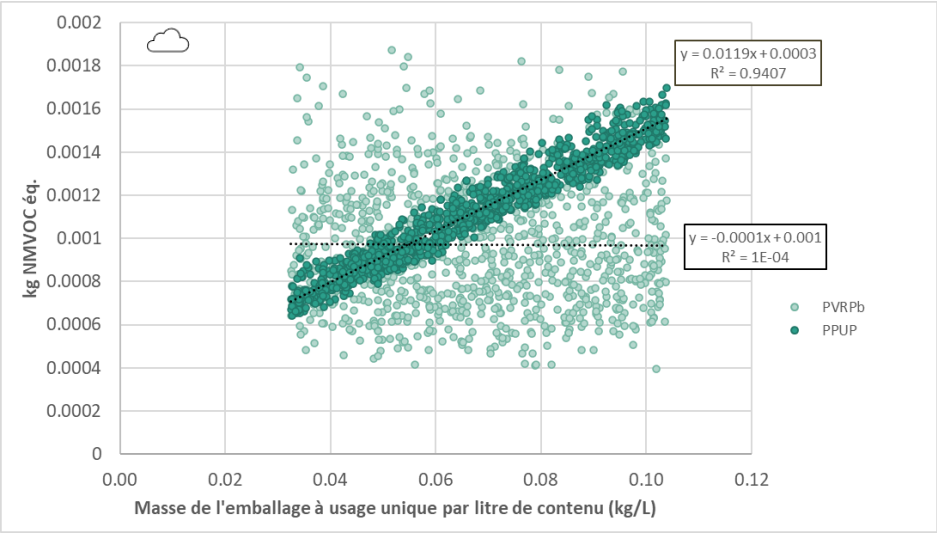


Figure 45 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur de formation d'ozone photochimique selon la masse de l'emballage à usage unique en PS – graphe "range "

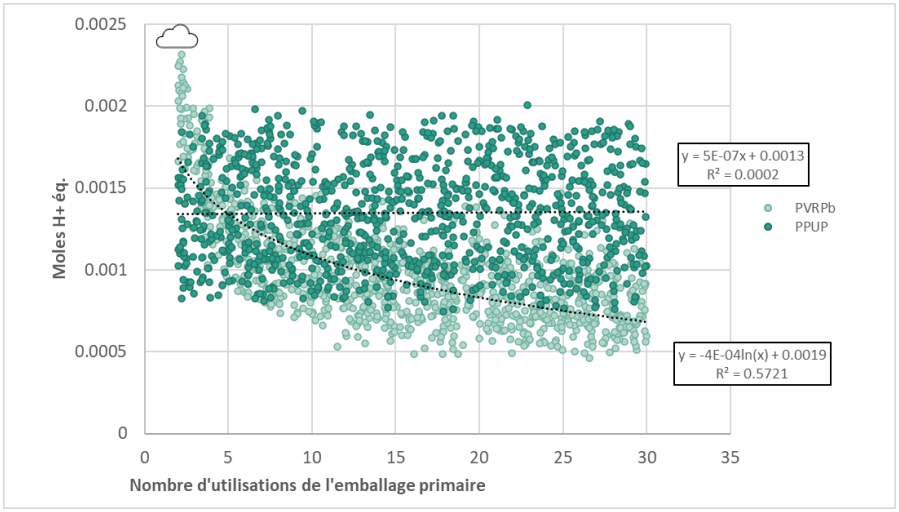


Figure 46 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur d'acidification selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range "





- La masse de l'emballage en PS ou le nombre d'utilisations de l'emballage réemployable influence fortement les comparaisons entre les options à usage unique et réemployable pour les autres indicateurs d'impacts
- Le recouvrement partiel des nuages de points associés à chaque option lorsque les résultats sont présentés :
  - suivant la masse de l'emballage primaire à usage unique en PS (Figure 44)
  - en fonction de la distance moyenne de transport amont (du site de remplissage au centre de distribution) (Figure 45)
  - ou suivant le nombre d'utilisation de l'emballage réemployable (Figure 46)

  ne permet pas de statuer quant à l'avantage relatif d'une des deux options sur l'autre.
- Le recouvrement nécessite donc d'avoir **recours à une analyse plus approfondie** via l'établissement et l'analyse de différents graphes « range delta » afin de déterminer des points de basculement permettant de différencier les impacts des deux solutions d'emballage.

Les graphes Range – delta (relatifs aux Figures présentées ci-dessus) sont présentés ci-dessous.

Ces graphes montrent que l'avantage relatif de l'option réemployable par rapport à l'option à usage unique est moins marqué pour ces catégories d'impact qu'il ne pouvait l'être pour les indicateurs de changement climatique et d'épuisement des ressources fossiles.

Cette observation se traduit par la présence d'un plus grand nombre de points au-dessus de l'axe des y représentatifs d'itérations de calculs favorables à l'usage unique.

Ainsi, bien que l'allure des nuages de points retranscrits via les graphes "range delta" soit similaire pour toutes ces catégories d'impact, ceux associés aux catégories d'impact de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'émission de particules correspondent à des valeurs d'abscisse ("impacts de l'option à usage unique – impacts de l'option réemployable") plus basses, comme le traduisent la Figure 47, la Figure 48 et la Figure 49.

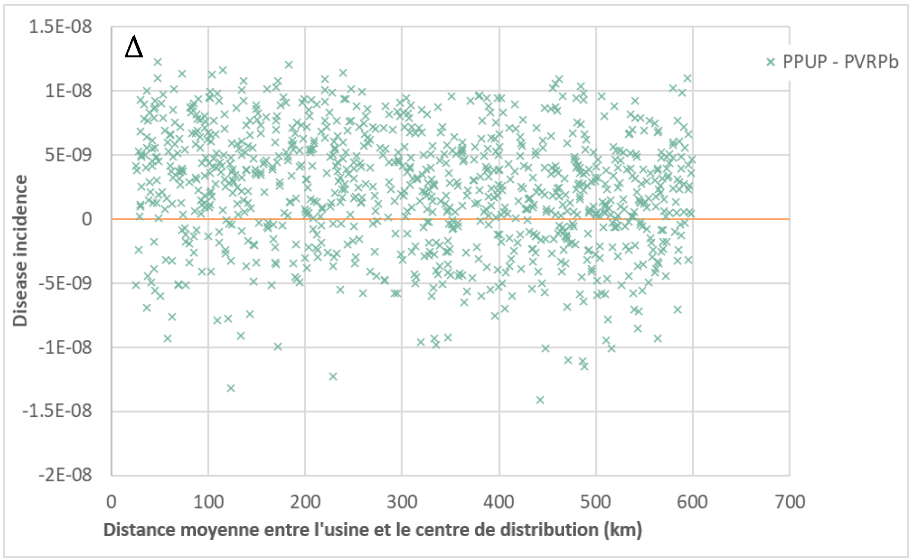


Figure 47 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur d'émission de particules selon la distance moyenne de transport amont – graphe "range delta"

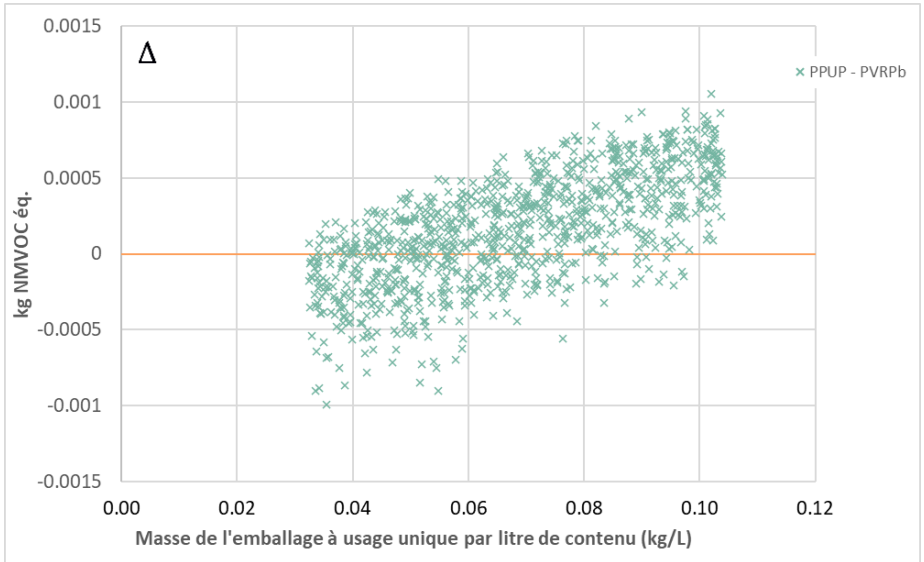


Figure 48 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur de formation d'ozone photochimique selon la masse de l'emballage à usage unique en PS – graphe "range delta"

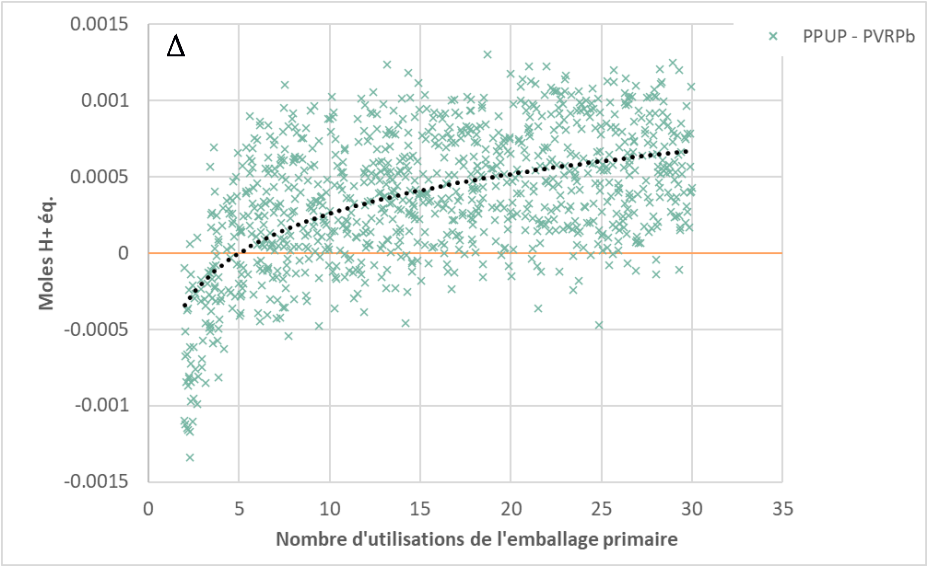


Figure 49 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur d'acidification selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range delta"

La Figure 50 reprend le diagramme en arbre développé dans le cadre des comparaisons entre les pots réemployables en verre, et les pots à usage unique en polystyrène, associés aux catégories d'impact d'émission de particules, de formation d'ozone photochimique, et d'acidification

Ce diagramme en arbre a été construit sur base de l'établissement et de l'analyse de différents graphes range et/ou range delta selon la pertinence des enrichissements qu'ils apportent.

Cette analyse n'est pas détaillée dans le présent rapport comme pour les catégories d'impact changement climatique et épuisement des ressources fossiles, seul le diagramme en arbre résultant de celle-ci est présenté.

Ces trois catégories d'impact suivent des tendances similaires (au regard de l'influence des paramètres sensibles sur les contributions de chaque solution d'emballage), mais des points de basculement marginalement différents. Dans ce cadre, une approche conservatrice est considérée dans l'établissement du diagramme en arbre présenté ci-dessus, et les valeurs des points de basculement présentées sont celles menant à des conclusions communes aux trois catégories d'impact considérées.





- Au-delà de 10 utilisations du pot réemployable en verre, l'option réemployable est :
  - **généralement plus avantageuse** que des pots à usage unique si la **masse** de l'emballage en PS est **supérieure à 80 g/L.**

    En pratique, la majorité des masses de pot en PS échantillonnées sont inférieures à 80 g/L.
  - **généralement plus avantageuse** que l'option à usage unique si la **distance** moyenne entre l'usine et le centre de distribution est **inférieure à 100 km**, ou **inférieure à 300 km** (voir section 7.5.2.3 pour plus d'informations sur l'interprétation associée à ce paramètre) dans le cas de pots en verre réemployables d'une masse inférieure à 700 g/L.
- **Si le nombre d'utilisations de l'emballage réemployable en verre est inférieur à 10**, l'option à usage unique est généralement plus favorable dans certaines situations (pour des masses de PS inférieures à 50 g/L et des masses de verre supérieures à 700 g/L). Pour les autres situations, l'étude ne permet pas de conclure.

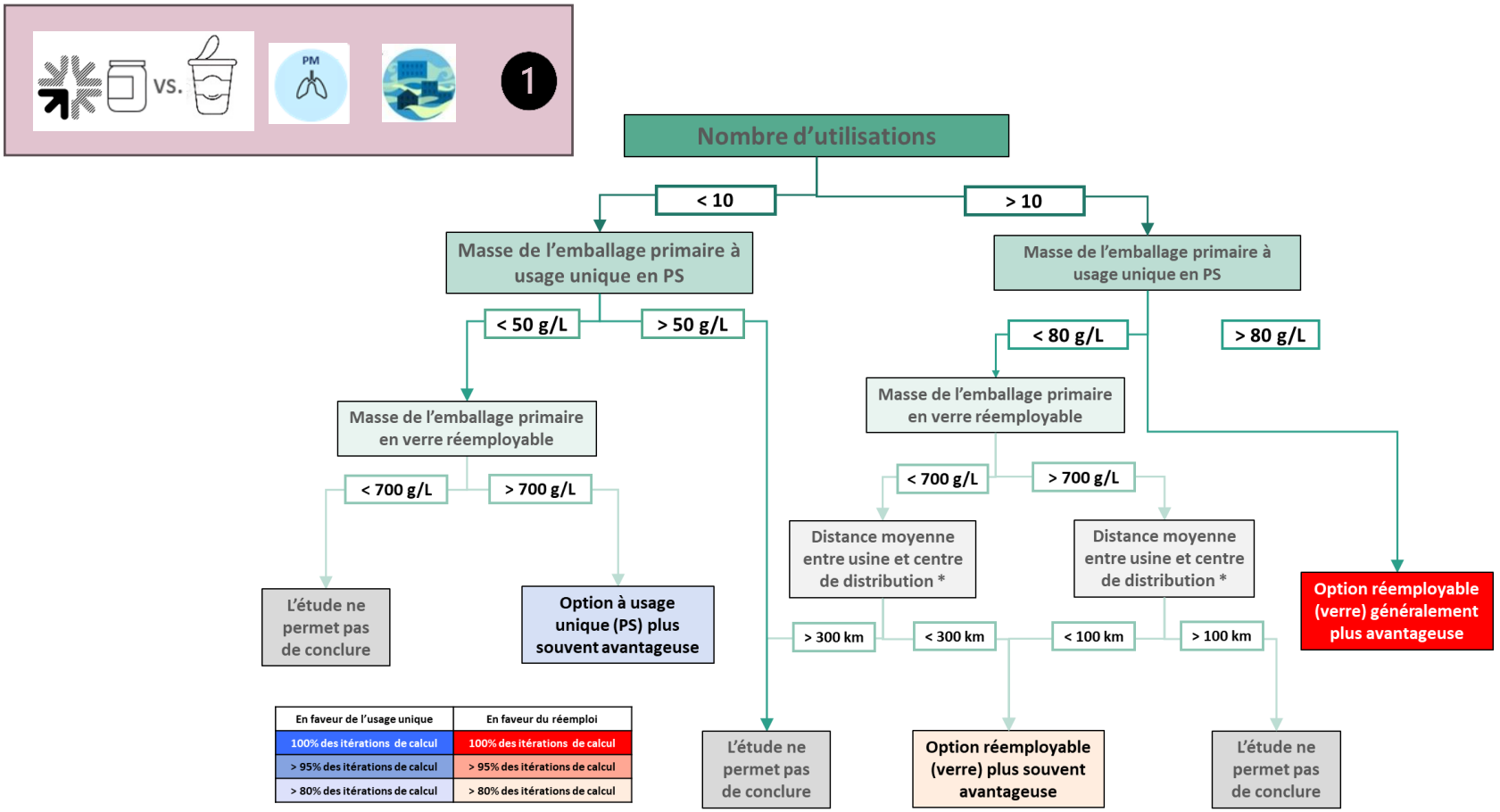


Figure 50 : Scénario 7 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories d'émission de particules, de formation d'ozone photochimique, et d'acidification

Les points de basculement sont déterminés sur la base du résultat des différentes itérations de calcul prenant en compte la variabilité de l'ensemble des paramètres opérationnels modélisés dans les scénarios. Pour chaque itération, la détermination du caractère plus avantageux d'une solution sur l'autre n'est pas nécessairement significative compte tenu des sources d'incertitudes autres que celles modélisées. De ce fait, il convient d'interpréter avec prudence la valeur de ces points de basculement (voir section 7.3.)

8.3.3.3. Conclusions transversales

Pour les indicateurs de formation d'ozone photochimique, d'émission de particules et d'acidification, l'avantage relatif de l'option réemployable sur l'option à usage unique est moins marqué que pour les indicateurs de changement climatique et d'épuisement des ressources fossiles. Sur base des contributions normalisées et pondérées de ces deux catégories d'impacts (Tableau 102), il est considéré que les conclusions associées à ces dernières sont cependant à privilégier pour aboutir à des conclusions quant aux comparaisons effectuées entre les pots en verre réemployables et les pots en PS à usage unique.

Par ailleurs, pour toutes les catégories d'impact principales étudiées, l'option réemployable est jugée généralement plus avantageuse que les pots en PS de masses élevées (supérieures à 80 g/L notamment). En outre, une augmentation du nombre d'utilisations (pour atteindre au moins 11 cycles) permet de limiter très fortement les situations pour lesquelles l'option réemployable ne serait pas favorable. Concernant les emballages en plastique, les aspects relevant des impacts sur la biodiversité et la santé humaine constituent un enjeu majeur à part entière mais ne sont pas pris en compte dans cette étude. Ces impacts liés à la pollution plastique font l'objet de nombreuses études scientifiques (voir préambule).

Les résultats contrastés de ce scénario par rapport à ceux du scénario 6 (qui concerne un emballage à usage unique en PET, généralement plus avantageux que le réemploi) découle de certaines considérations techniques :

- La masse des emballages en PS pour ce scénario globalement plus lourde que les bouteilles en PET (qui présentent une borne minimale fixée à 12g/L).
- Le taux d'incorporation de recyclé et le taux de recyclage plus élevés pour le PET que pour le PS (qui n'affectent pas directement l'identification des points de basculement mais affectent les tendances des comparaisons entre emballages).
- Le choix d'un emballage de regroupement en carton dans la modélisation des pots PS, par opposition au film de fardelage en PEbd (bien plus léger) considéré pour les bouteilles en PET.
- Le système de fermeture aluminisé et légèrement plus lourd (car ramené au litre de produit transporté) modélisé pour le pot en PS .

8.4. Scénario 8



Comparaison des emballages utilisés par les restaurateurs, entre :

- une **barquette en verre réemployable** lavée par les restaurateurs/professionnels **sur leur propre site** et distribuée avec un emballage de regroupement en carton
- une **barquette en en polypropylène à usage unique** distribuée aux établissements CHR avec un emballage de regroupement en carton

(voir Chapitre 5.1.3).

8.4.1. Résultats totaux et contributions par étape du cycle de vie

8.4.1.1. Barquette en verre réemployable

Le Tableau 66, la Figure 51 et la Figure 52 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie de la **barquette de restauration en verre réemployable** aux principales catégories d'impact étudiées.

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.4.3 , les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



Les étapes du cycle de vie les plus contributrices pour la **barquette en verre réemployable varient en fonction des catégories d'impact** étudiées.

- Les contributions relatives des phases de production de l'emballage primaire et du système de fermeture (réemployé avec l'emballage primaire) diminuent avec l'augmentation du nombre d'utilisations.
- La phase de distribution est limitée à l'approvisionnement des établissements CHR en barquettes neuves, avant leur première utilisation.

  Les impacts de ce transport sont donc faibles, et sont également amortis à chaque utilisation des barquettes.
- Les impacts absolus du lavage sont les mêmes à chaque cycle, leur contribution relative par UF augmente donc avec le nombre d'utilisations.

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif - 5 utilisations	Cas illustratif - 20 utilisations
Epuisement des ressources fossiles	MJ	2.87E+00	1.63E+00
Acidification	Moles H+ -eq.	7.46E-04	3.32E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	4.62E-04	2.11E-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	6.50E-09	3.21E-09
Changement climatique	kg CO2-eq.	1.68E-01	6.72E-02

Tableau 66 : Scénario 8 – Barquette en verre réemployable, lavée par le restaurateur - Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

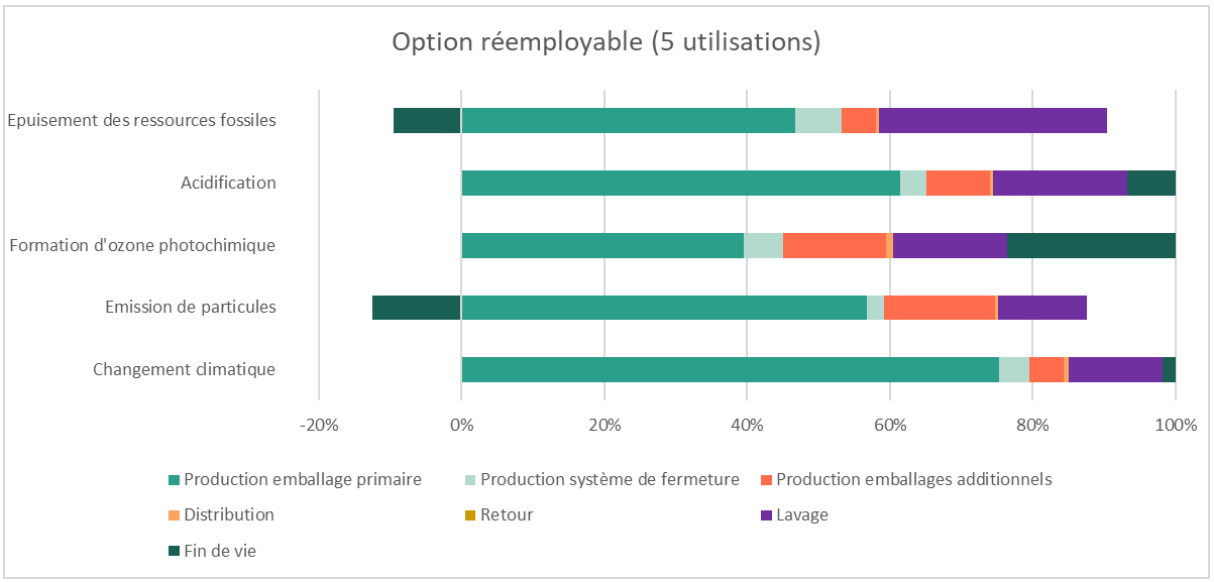


Figure 51 : Scénario 8 – Barquette en verre réemployable lavée par le restaurateur (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

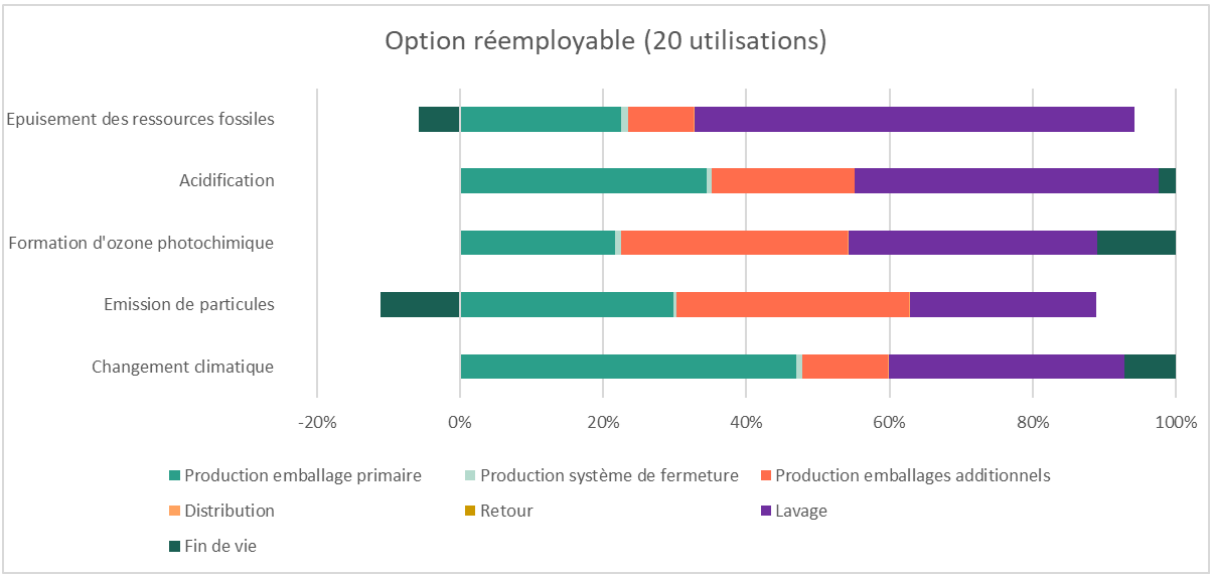


Figure 52 : Scénario 8 – Barquette en verre réemployable lavée par le restaurateur (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.4.1.2. Barquette en PP à usage unique

Le Tableau 67 et la Figure 53 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie de la **barquette de restauration en polypropylène à usage unique** aux principales catégories d'impact étudiées.

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.4.3, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



- L'étape du cycle de vie la plus contributrice pour la barquette en polypropylène à usage unique est la production de l'emballage primaire.

  Elle représente entre 45 et 62 % de la contribution suivant la catégorie d'impact considérée.
- Les autres étapes du cycle de vie contribuent plus faiblement :
  - Entre 15 et 25 % pour la production du système de fermeture
  - Entre 7 et 35% pour la fin de vie
- Les étapes de distribution et de production des emballages additionnels contribuent peu (quelque %).

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif
Epuisement des ressources fossiles	MJ	3.70^{E}+00
Acidification	Moles H+ -eq.	4.42^{E}-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	4.59^{E}-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	4.87^{E}-09
Changement climatique	kg CO2-eq.	1.86^{E}-01

Tableau 67 : Scénario 8 – Barquette en PP à usage unique - Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

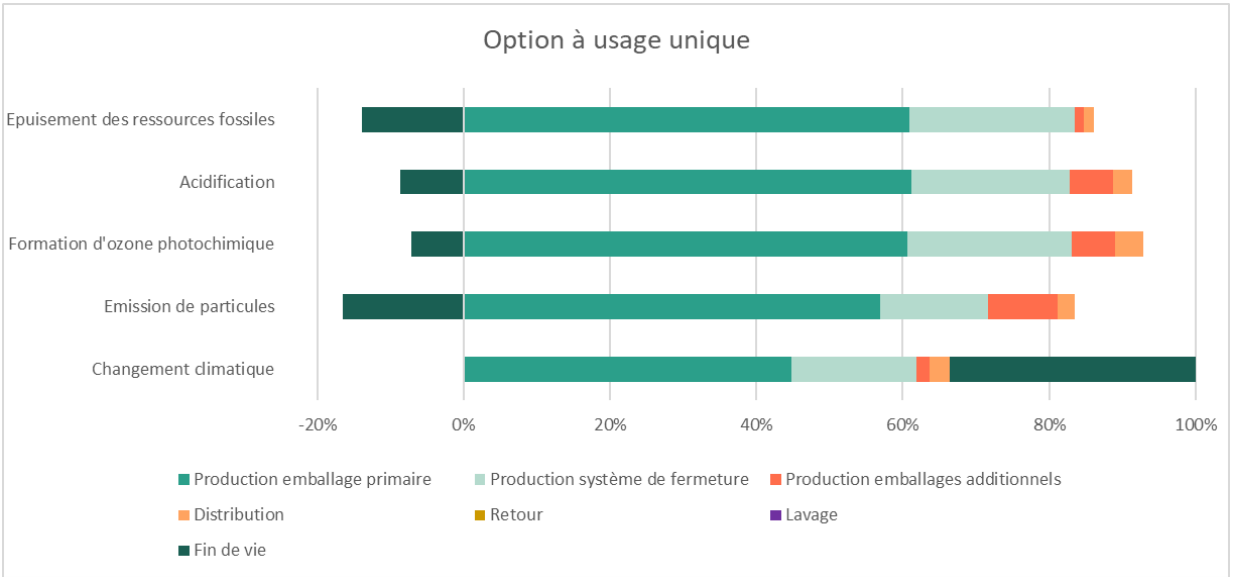


Figure 53 : Scénario 8 – Barquette en PP à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.4.2. Résultats selon les gammes de valeur établies - Identification des paramètres influents

Dans cette étude, les paramètres influents sont par définition des paramètres d'entrée variables (modélisés par des gammes de valeurs).

D'autres paramètres d'entrée fixes peuvent contribuer fortement aux résultats mais ne pas apparaître dans les tableaux de paramètres influents. Il est cependant estimé (sur base des contributions des étapes du cycle de vie) que l'influence des paramètres fixes sur les résultats est secondaire.

Le Tableau 68 reprend les paramètres dont la variabilité (via la modélisation de gammes de valeurs) influence le plus les contributions de chaque solution d'emballage aux catégories de changement climatique, d'épuisement des ressources fossiles, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'émission de particules.

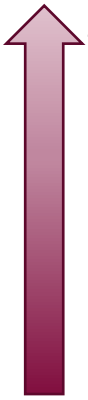
Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées *l'épuisement des ressources minérales et métalliques)*		
Option à usage unique en PP 		**Option réemployable en verre** 
Masse de l'emballage primaire Masse du système de fermeture		Nombre d'utilisations de l'emballage primaire Masse de l'emballage primaire

Tableau 68 : Scénario 8 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources minérales et métalliques)



Pour les 5 catégories d'impact principales étudiées, les **masses de la barquette en polypropylène** et de son **système de fermeture** (en polypropylène également) sont les seuls paramètres dont la variabilité influence de manière significative les performances de l'option à usage unique.



Le **nombre d'utilisations** et la **masse de l'emballage primaire en verre** sont les paramètres influents principaux de l'option réemployable, pour la plupart des catégories d'impact étudiées.
A noter que contrairement au cas des options réemployables des scénarios 6 et 7, la variabilité des distances de transport n'a pas d'influence significative sur les performances de l'option réemployable, du fait que la distribution n'a lieu que lors de l'approvisionnement des établissements CHR, en amont de la première utilisation de la barquette réemployable. Ces impacts sont ainsi amortis au fil des utilisations subséquentes.

8.4.3. Résultats selon les gammes de valeur établies - Comparaison entre l'option réemployable et l'option à usage unique

8.4.3.1. Contribution au changement climatique, à l'épuisement des ressources fossiles et à la formation d'ozone photochimique

Dans le cadre des comparaisons liées au scénario 8, les tendances suivies par la catégorie d'impacts de formation d'ozone photochimiques sont semblables à celles suivies par les indicateurs de changement climatique et d'épuisement des ressources fossiles.

La Figure 54 représente la contribution des deux options d'emballage en fonction du nombre d'utilisations de l'alternative réemployable, à l'égard de l'indicateur de changement climatique.

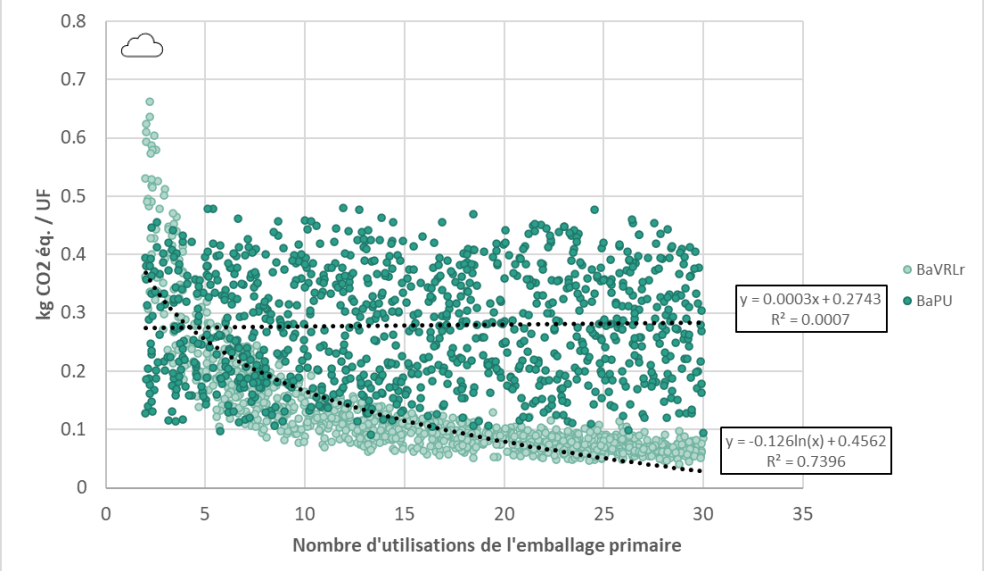


Figure 54 : Scénario 8 - Contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLr) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range"

Les deux nuages de points se confondant, il est nécessaire d'avoir recours à un graphe "range-delta", représenté dans la Figure 55.

Celui-ci permet de tirer des premiers enseignements mais il est cependant pertinent d'affiner ces résultats, notamment au regard de nombres d'utilisations plus faibles, pour identifier des points de basculement correspondant à des situations spécifiques.

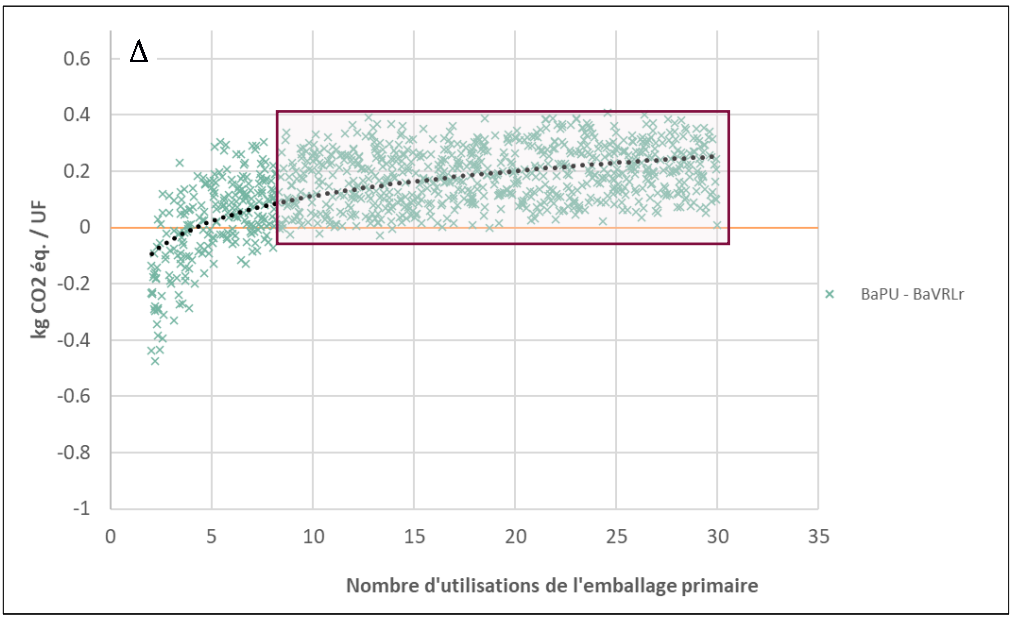


Figure 55 : Scénario 8 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLr) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta"









- Le **nombre d'utilisations de l'emballage primaire** (de par l'amortissement des impacts de la production des emballages primaire et de regroupement ainsi que de la distribution au fil des cycles de réemploi) **influence fortement les comparaisons entre les options à usage unique et réemployable**.
- L'option à usage unique n'est pas influencée par ce paramètre. La variabilité induisant la dispersion verticale du nuage de points pour cette solution est principalement liée à la masse de l'emballage primaire en polypropylène.
- **L'option réemployable est généralement plus avantageuse** que l'option à usage unique **dès sa 8ème utilisation** vis-à-vis de l'indicateur de changement climatique, à l'exception de quelques itérations de calcul menant à des différences marginales entre les impacts des deux solutions d'emballage.

La Figure 56 reprend le diagramme en arbre développé dans le cadre des comparaisons entre barquettes de restauration à usage unique en PP et barquettes de restauration réemployables en verre, lavées sur site par le professionnel, à l'égard du changement climatique et de l'épuisement des ressources fossiles.

Ce diagramme en arbre a été construit sur base de l'établissement et de l'analyse de différents graphes range et/ou range delta selon la pertinence des enrichissements qu'ils apportent.









- Pour toutes les valeurs modélisées et toutes les situations considérées, l'option réemployable est **plus avantageuse** pour un **nombre d'utilisations supérieur à 8**.

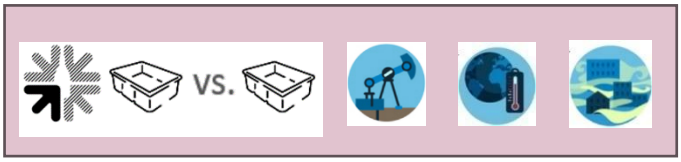
  Cette valeur seuil est cependant plus basse :

  - si la barquette en verre considérée a une masse **inférieure à 600 g/L** : favorable dès sa **5ème utilisation**.

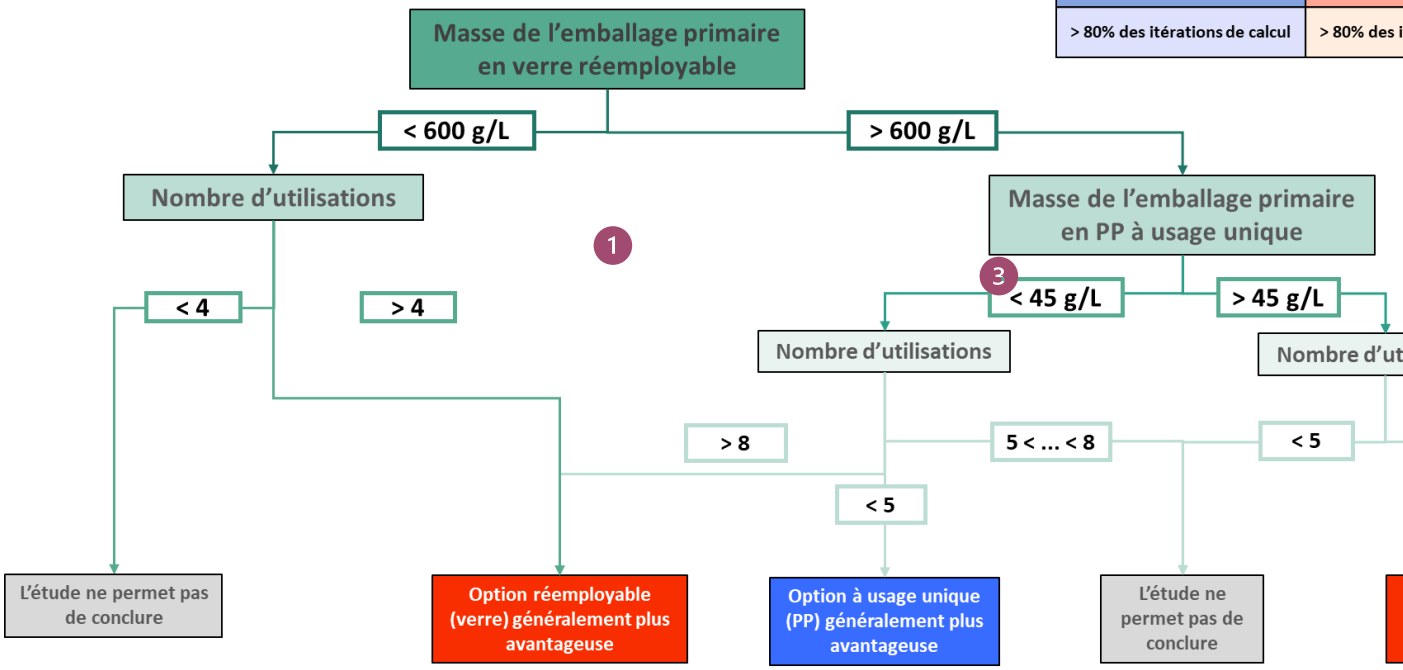
    En pratique, la majorité des emballages en verre réemployables échantillonnés ont des masses **inférieures à 600 g/L.**
  - ou si la barquette en verre considérée a une masse **supérieure à 600 g/L** et qu'elle substitue une barquette en PP à usage unique de **plus de 45 g/**L : favorable dès sa 6ème utilisation

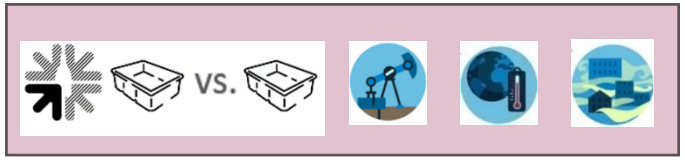
  En pratique, la majorité des contenants spécifiquement destinés au réemploi par les restaurateurs dans les données échantillonnées ont des masses inférieures à 600 g/L.

  A l'égard de ces catégories d'impact, une **barquette en PP** à usage unique **de moins de 45 g/L** est cependant généralement **plus avantageuse** qu'une **barquette en verre réemployable** de plus de 600 g/L tant que cette dernière est utilisée moins de 5 fois.



En faveur de l'usage unique	En faveu
100% des itérations de calcul	100% des it
> 95% des itérations de calcul	> 95% des i
> 80% des itérations de calcul	> 80% des i





En faveur de l'usage unique	En faveur du réemploi
100% des itérations de calcul	100% des itérations de calcul
> 95% des itérations de calcul	> 95% des itérations de calcul
> 80% des itérations de calcul	> 80% des itérations de calcul

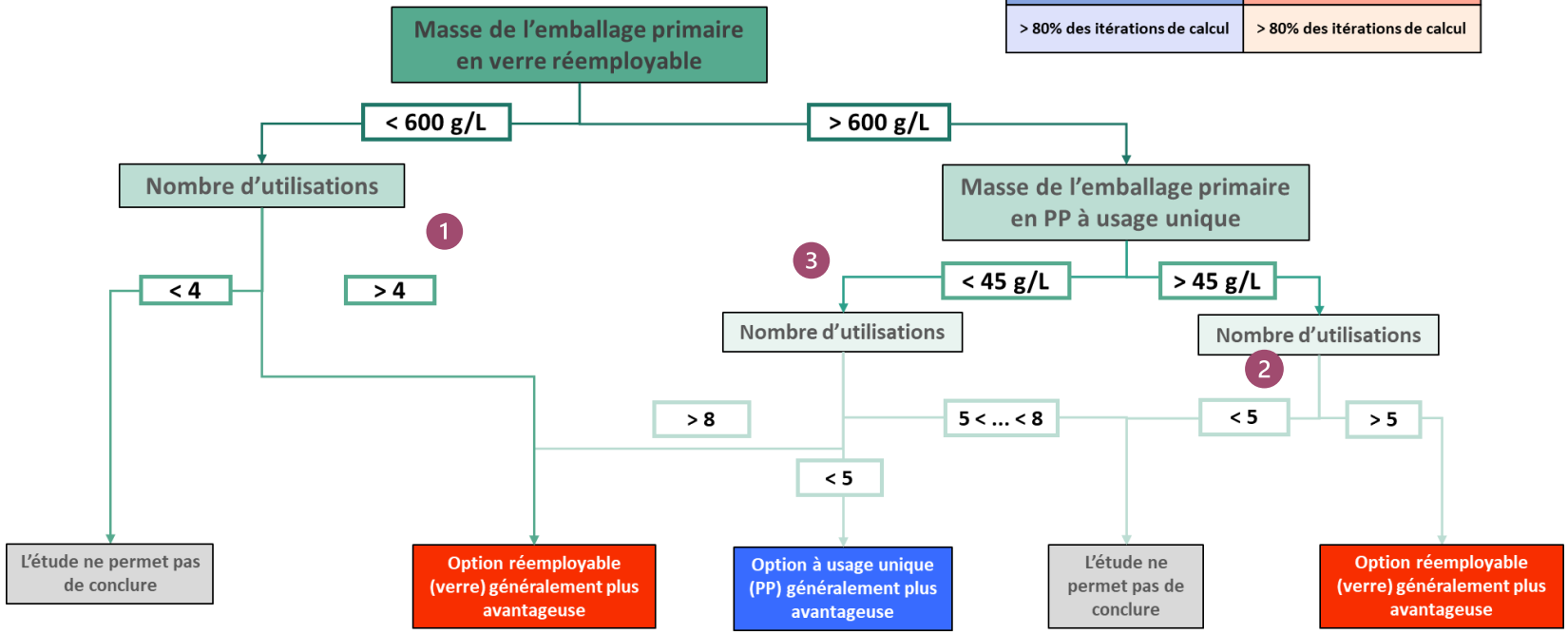


Figure 56 : Scénario 8 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique, d'épuisement de ressources fossiles et de formation d'ozone photochimique

Les points de basculement sont déterminés sur la base du résultat des différentes itérations de calcul prenant en compte la variabilité de l'ensemble des paramètres opérationnels modélisés dans les scénarios. Pour chaque itération, la détermination du caractère plus avantageux d'une solution sur l'autre n'est pas nécessairement significative compte tenu des sources d'incertitudes autres que celles modélisées. De ce fait, il convient d'interpréter avec prudence la valeur de ces points de basculement (voir section 7.3.)

Les paragraphes suivants explicitent les graphiques qui ont été analysés pour élaborer le diagramme en arbre.

1 Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 57 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement les itérations de calcul correspondant à la prise en compte d’une masse inférieure à 600 g/L pour la barquette en verre réemployable de celles supérieures à 600 g/L.

Ce graphe révèle que ces emballages réemployables sont généralement plus performants que les (ou à minima équivalents aux) emballages à usage unique en PP dès leur 5ème utilisation.

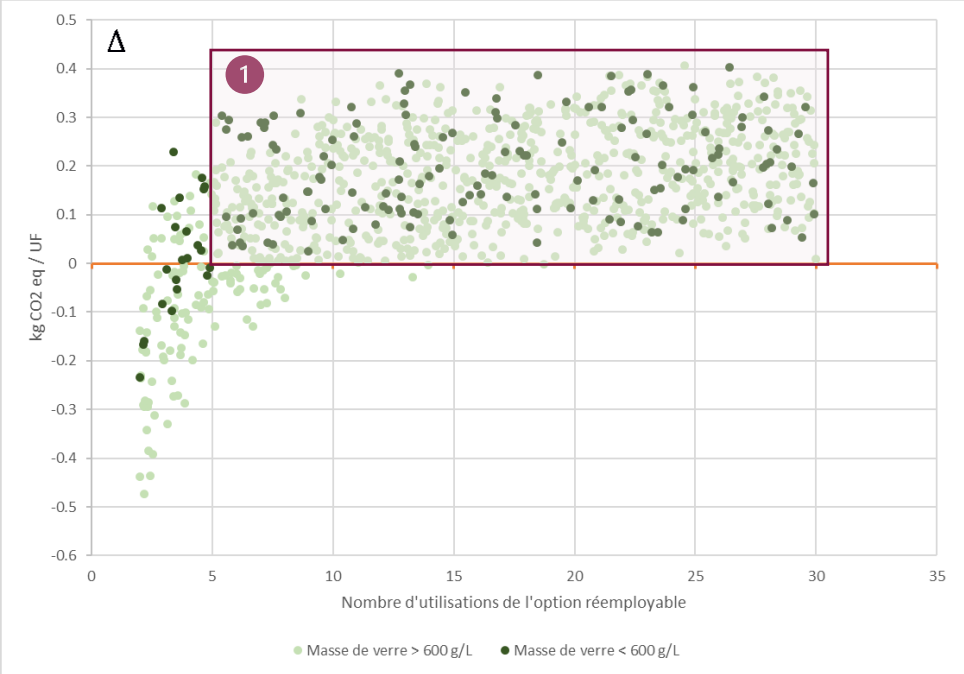


Figure 57 : Scénario 8 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique et réemployable à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations et la masse de l’emballage primaire réemployable – graphe “range delta”

Hormis le point de basculement à la 8ème utilisation représenté en Figure 55 l’établissement de points de basculement pour des nombres d’utilisations plus faibles liés à des masses de barquettes en verre plus élevées (supérieures à 600 g/L) n’est pas possible sans prendre en compte d’autres paramètres sensibles. L’influence de la masse des emballages en PP à usage unique comparés est alors considérée.

En pratique, la majorité des contenants spécifiquement destinés au réemploi par les restaurateurs dans les données échantillonnées ont des masses inférieures à 600 g/L (cf. Figure 200).

2 Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 58 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement les itérations de calcul correspondant à des masses de barquettes à usage unique en polypropylène supérieures ou inférieures à 45 g/L.

Cette sous-scénarisation des résultats révèle que comparées à des barquettes de masses supérieures à cette valeur seuil, l’option réemployable est généralement favorable dès sa 6ème utilisation.

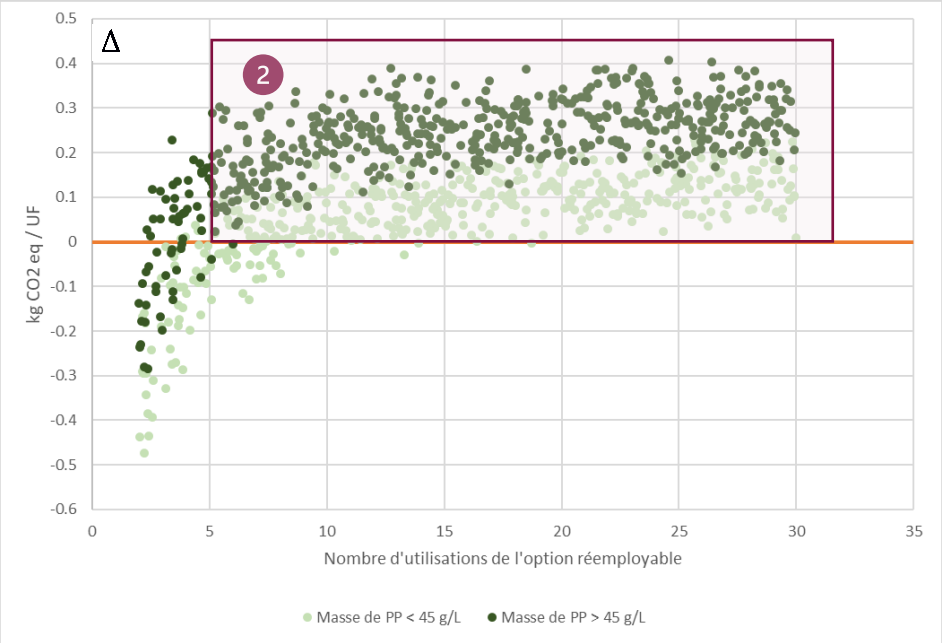


Figure 58 : Scénario 8 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique et le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range delta »

Cette observation est valable pour toutes les masses de barquettes en verre réemployables, mais permet notamment l'identification d'un point de basculement applicable à une comparaison entre barquettes en verre lourdes (> 600 g/L) et barquettes en PP lourdes (> 45 g/L).

3	Analyse du graphe "range delta" ayant permis d'élaborer le diagramme en arbre

La Figure 59 présente un graphe "range-delta" isolant graphiquement (en rouge) les points correspondant à des itérations qui combinent une masse de PP inférieure à 45 g/L, et une masse de verre supérieure à 600 g/L.

Ce graphe indique que pour ces masses et pour des nombres d'utilisation de l'option réemployable inférieurs à 5, l'option à usage unique est généralement plus avantageuse.

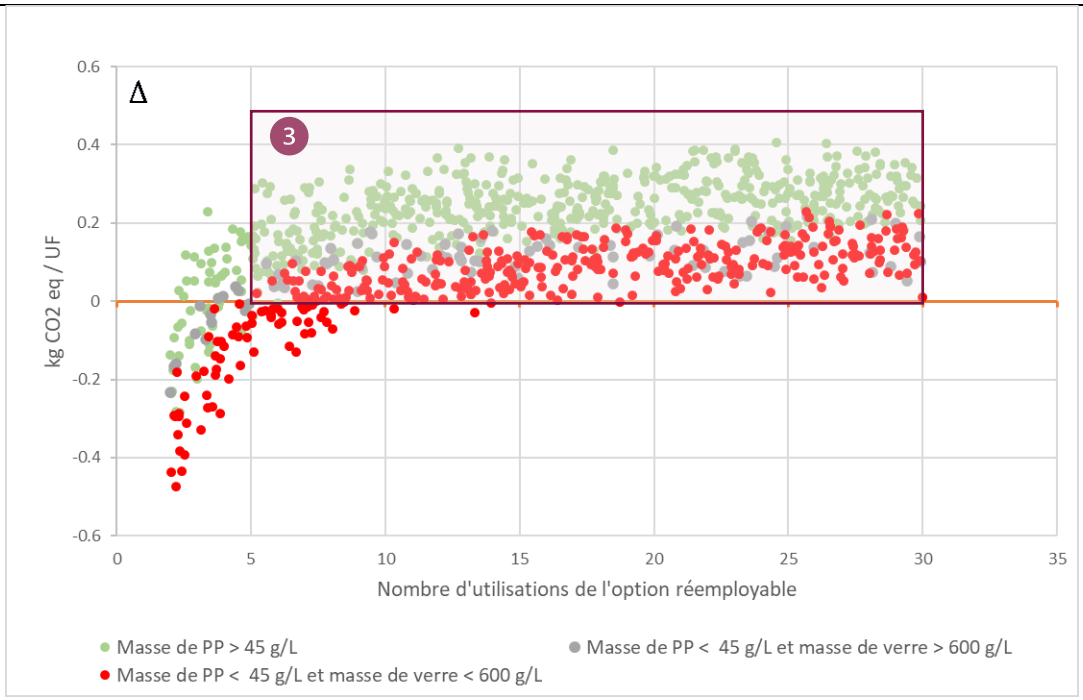


Figure 59 : Scénario 8 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations et les masses des emballages primaires – graphe "range delta »

8.4.3.2. Contributions aux autres catégories d'impact

La Figure 60 représente la contribution des deux options d'emballage en fonction de la masse d'emballage primaire réemployable en verre, à l'égard de l'indicateur d'émission de particules.

Seul l'indicateur "Emission de particules" est présenté ci-dessous car il est considéré que les tendances observées pour celui-ci sont représentatives de celles observées pour l'indicateur d'acidification, pour les mêmes paramètres.

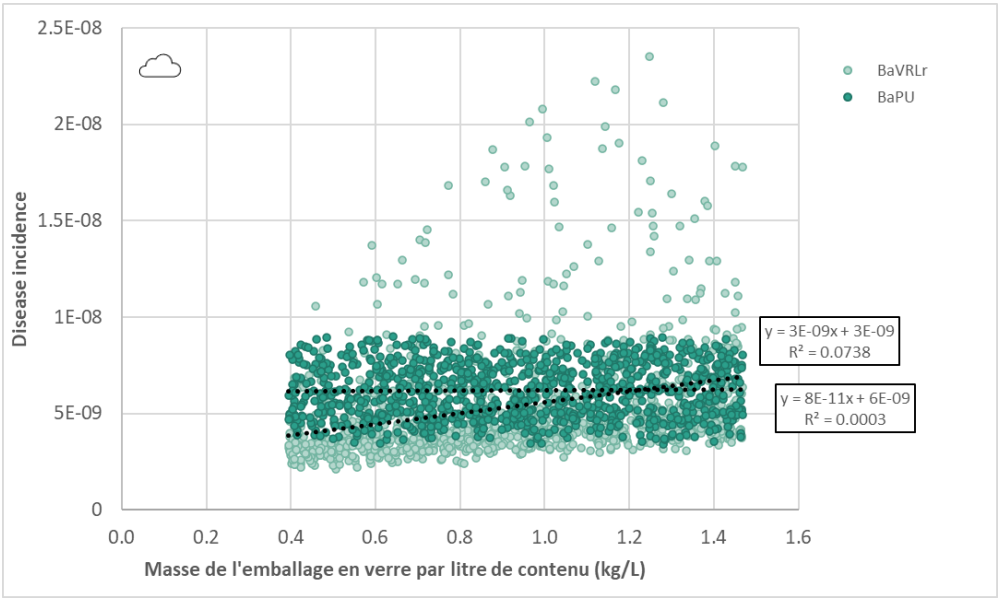


Figure 60 : Scénario 8 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLr) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire réemployable – graphe "range"

Les deux nuages de points se confondant, il est nécessaire d'avoir recours à un graphe "range-delta", représenté dans la Figure 61.

Celui-ci permet de tirer des premiers enseignements mais il est cependant pertinent d'affiner ces résultats, notamment au regard de nombres d'utilisations plus faibles, pour identifier des points de basculement correspondant à des situations spécifiques.

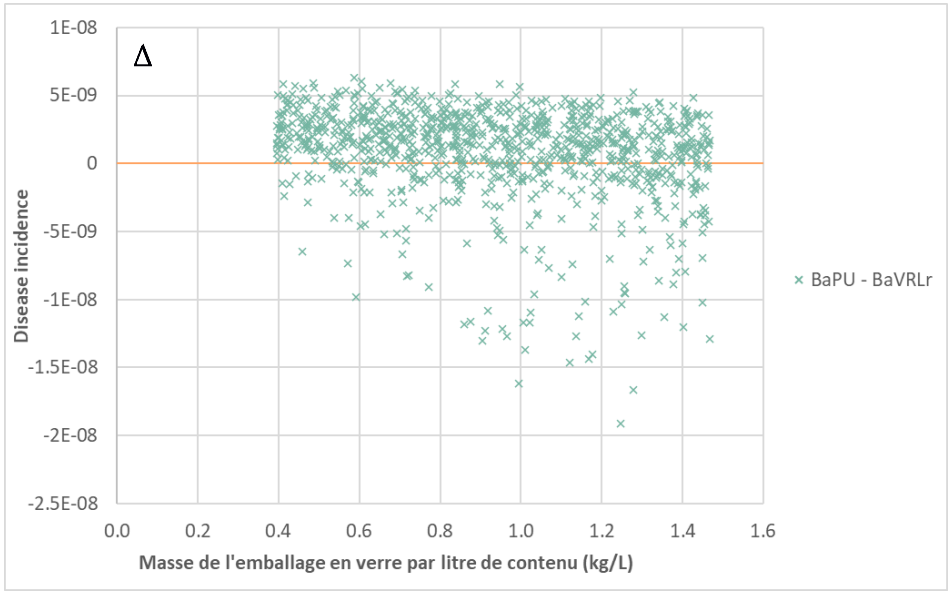


Figure 61 : Scénario 8 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLr) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta"

La Figure 62 reprend le diagramme en arbre développé dans le cadre des comparaisons entre barquettes de restauration à usage unique en PP et barquettes de restauration réemployables en verre, lavées sur site par le professionnel, à l'égard de l'indicateur « Emission de particules » et « Acidification de l'air ».

Ce diagramme en arbre a été construit sur base de l'établissement et de l'analyse de différents graphes range et/ou range delta selon la pertinence des enrichissements qu'ils apportent.

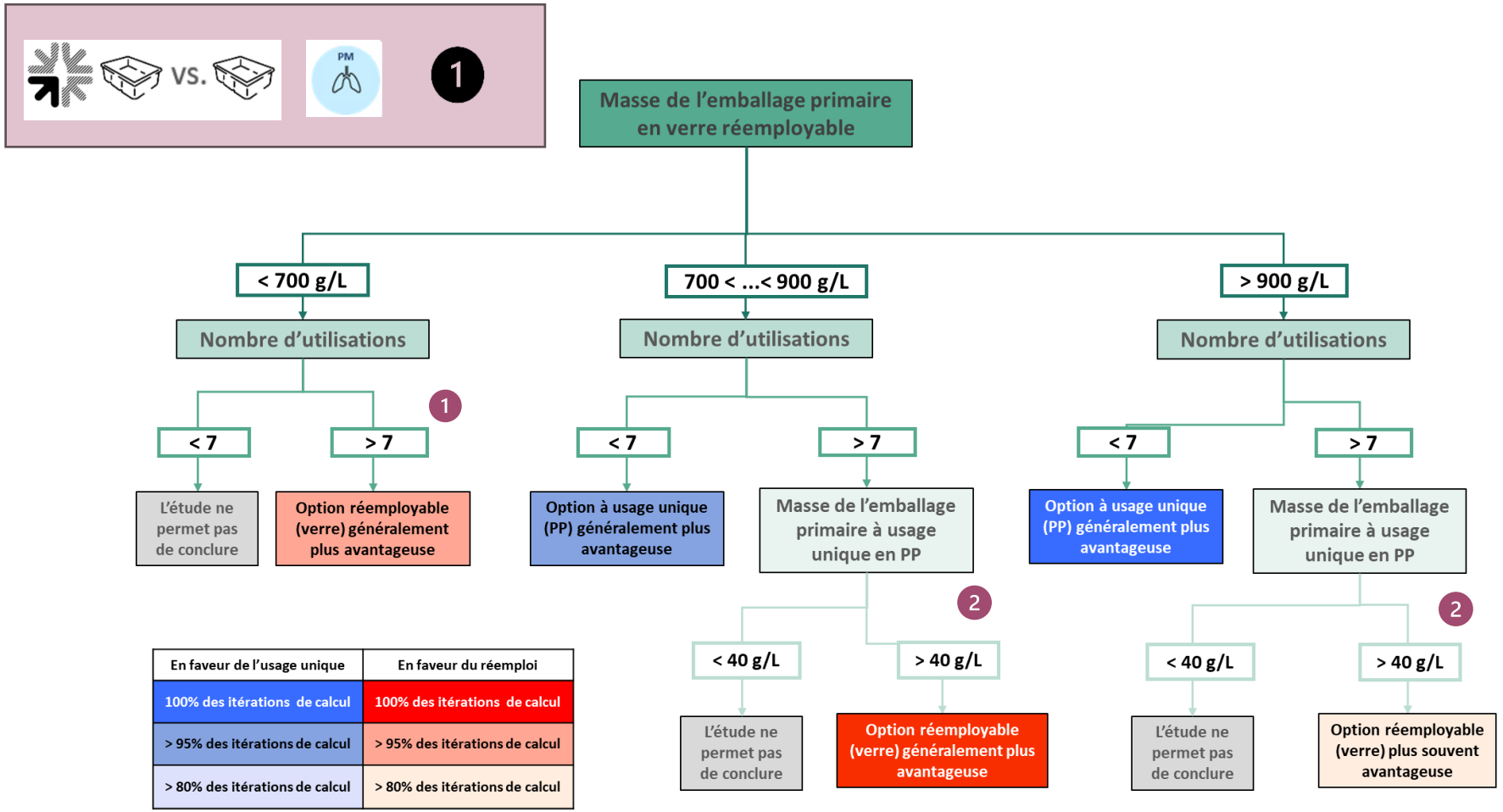


Figure 62 : Scénario 8 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories d'émission de particules et d'acidification

Les points de basculement sont déterminés sur la base du résultat des différentes itérations de calcul prenant en compte la variabilité de l'ensemble des paramètres opérationnels modélisés dans les scénarios. Pour chaque itération, la détermination du caractère plus avantageux d'une solution sur l'autre n'est pas nécessairement significative compte tenu des sources d'incertitudes autres que celles modélisées. De ce fait, il convient d'interpréter avec prudence la valeur de ces points de basculement (voir section 7.3.)

Les paragraphes suivants explicitent les graphiques qui ont été analysés pour élaborer le diagramme en arbre.

1	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 63 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement les itérations correspondant à des nombres d’utilisations supérieurs ou inférieurs à 7.

Cette sous-scénarisation indique que l’option réemployable est globalement plus avantageuse lorsque le nombre d’utilisations est supérieur à 7, pour des masses d’emballages en verre inférieures à 700 g/L. Pour des masses supérieures à 700 g/L (et notamment à 900 g/L), l’option à usage unique est globalement plus avantageuse pour des nombres d’utilisations inférieurs à 7.

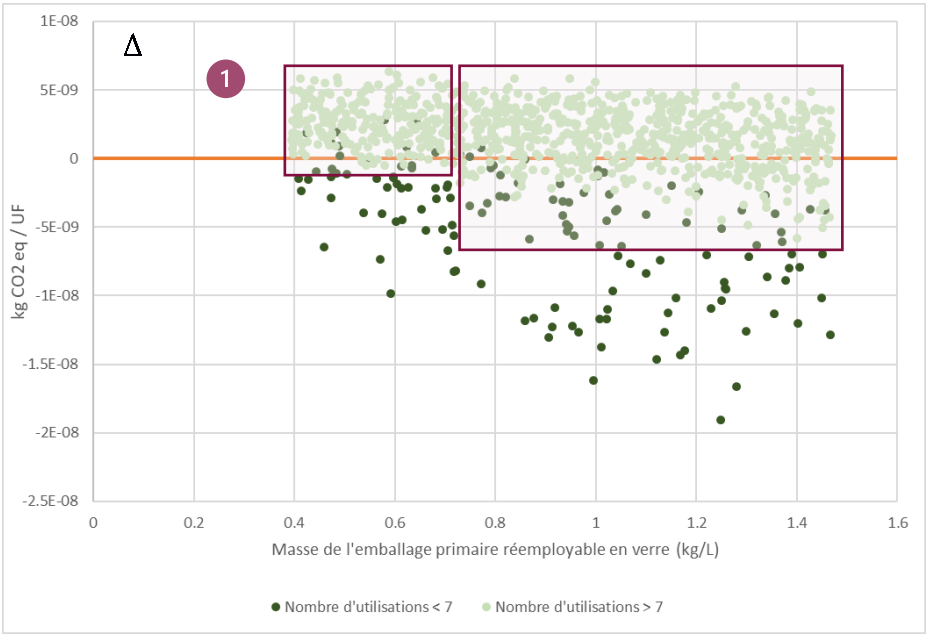


Figure 63 : Scénario 8 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique et réemployable à l’indicateur d’émission de particules selon la masse et le nombre d’utilisations de l’emballage primaire réemployable en verre – graphe “range delta”

2	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 64 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement les itérations de calcul correspondant à des masses de barquettes à usage unique en polypropylène supérieures ou inférieures à 40 g/L. Cette sous-scénarisation des résultats permet de faire apparaître des points de basculement supplémentaires, notamment pour des masses de verre plus élevées.

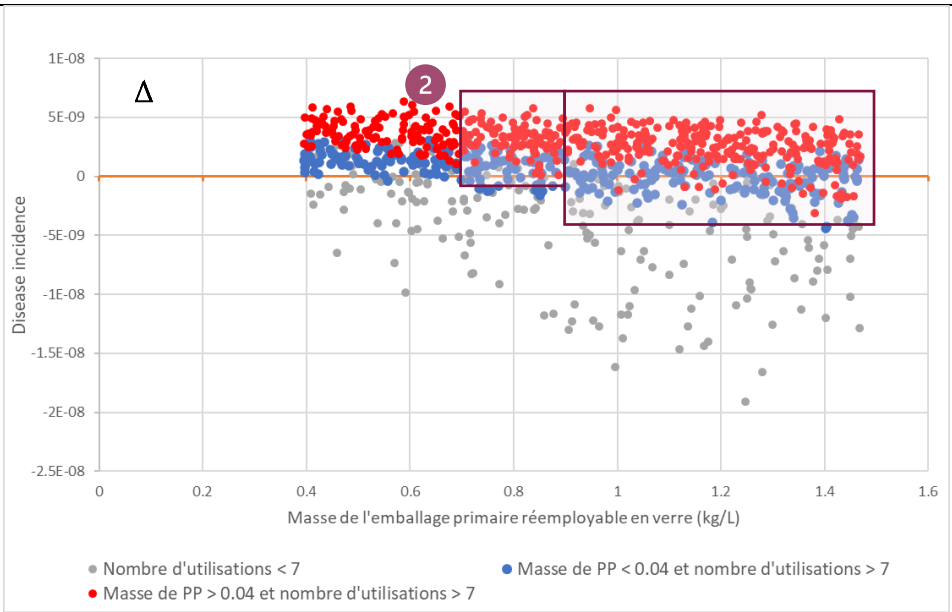


Figure 64 : Scénario 8 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur d'émission de particules selon la masse et le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable en verre – graphe "range delta"

En comparaison avec des barquettes à usage unique en PP de plus de 40 g/L, l'option réemployable est généralement plus avantageuse dès sa 8ème utilisation si elle pèse entre 700 et 900 g/L, et plus avantageuse dans la majorité des cas dès sa 8ème utilisation si elle pèse plus de 900 g/L.

8.4.3.3. Conclusions transversales

Lorsque les barquettes en verre réemployables sont lavées par le restaurateur/traiteur sur site. Elles sont généralement plus avantageuses que l'option à usage unique en PP à l'égard des indicateurs de *changement climatique* et *d'épuisement des ressources fossiles* **dès leur 5ème utilisation** lorsqu'elles ont une **masse inférieure à 600 g/L** (hors système de fermeture, la masse de ce dernier n'influençant pas significativement cette conclusion). Il est à noter que les masses échantillonnées pour les barquettes en verre spécifiquement destinées au réemploi par les professionnels ont toutes une masse inférieure à 600 g/L. Des barquettes en verre de masse supérieures à 600 g/L sont généralement favorables **dès leur 9ème utilisation si elles substituent des barquettes en polypropylène légères** (inférieures à 45 g/L), ou dès leur **6ème utilisation si elles substituent des barquettes en polypropylène plus lourdes**. Dans le cadre d'un lavage par les restaurateurs, l'utilisation de barquettes en verre de masse inférieure à 600 g/L jumelée avec l'optimisation de leur taux de réemploi (pour atteindre au moins 9 utilisations) permettrait de rendre l'option réemployable favorable dans la grande majorité (voire la totalité) des cas de figure, au regard du *changement climatique* et de *l'épuisement des ressources fossiles* (voir Figure 56).

L'analyse des catégories d'impact de *formation d'ozone photochimique*, *d'acidification* et *d'émission de particules* ne permet pas d'aboutir à des conclusions tranchées vis-à-vis du réemploi ou de l'option à usage unique, les deux solutions s'avérant plus avantageuses dans des situations spécifiques (notamment extrêmes). Elles ne vont cependant pas à l'encontre des conclusions exprimées pour le *changement climatique* et *l'épuisement des ressources fossiles*, exprimant qu'une **masse de verre légère et un nombre d'utilisations élevés favorisent le réemploi**.

Concernant les emballages en plastique, les aspects relevant des impacts sur la biodiversité et la santé humaine constituent un enjeu majeur à part entière mais ne sont pas pris en compte dans cette étude. Ces impacts liés à la pollution plastique font l'objet de nombreuses études scientifiques (voir préambule).

8.5. Scénario 9



Comparaison des emballages utilisés par les restaurateurs, entre :

- une **barquette en verre réemployable** lavée **en centre de lavage dédié** et distribuée avec un emballage de regroupement en carton
- une **barquette en en polypropylène à usage unique** distribuée aux établissements CHR avec un emballage de regroupement en carton

(voir Chapitre 5.1.3).

NB : Ce scénario se différencie du précédent car il étudie un lavage en centre industriel dédié, tandis que le scénario 8 étudie un lavage sur le site du restaurateur (CHR).

8.5.1. Résultats totaux et contributions par étape du cycle de vie

8.5.1.1. Barquette en verre réemployable

Le Tableau 69, la Figure 65 et la Figure 66 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie de la **barquette de restauration en verre réemployable** aux principales catégories d'impact étudiées.



Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.5.2, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



Les étapes du cycle de vie les plus contributrices pour la **barquette en verre réemployable varient en fonction des catégories d'impact étudiées.**

- Les contributions relatives des phases de production de l'emballage primaire et du système de fermeture (réemployé avec l'emballage primaire) diminuent avec le nombre d'utilisations.
- La phase de distribution est limitée à l'approvisionnement des établissements CHR en barquettes neuves, avant leur première utilisation. Les impacts de ce transport sont donc faibles, et sont également amortis à chaque utilisation des barquettes.
- Les impacts absolus du lavage et du transport vers les centres de lavage sont les mêmes à chaque cycle, leur contribution relative par UF augmente donc avec le nombre d'utilisations. Ils restent cependant moins élevés que les impacts de la production des caisses en PEhd permettant le transport des barquettes vers et depuis le lavage (donc la contribution relative augmente également avec le nombre d'utilisations).

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif - 5 utilisations	Cas illustratif - 20 utilisations
Epuisement des ressources fossiles	MJ	3.36E+00	2.11E+00
Acidification	Moles H+ -eq.	8.31E-04	4.16E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	5.73E-04	3.21E-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	7.48E-09	4.17E-09
Changement climatique	kg CO2-eq.	2.07E-01	1.06E-01

Tableau 69 : Scénario 9 – Barquette en verre réemployable, lavée en centre de lavage dédié - Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

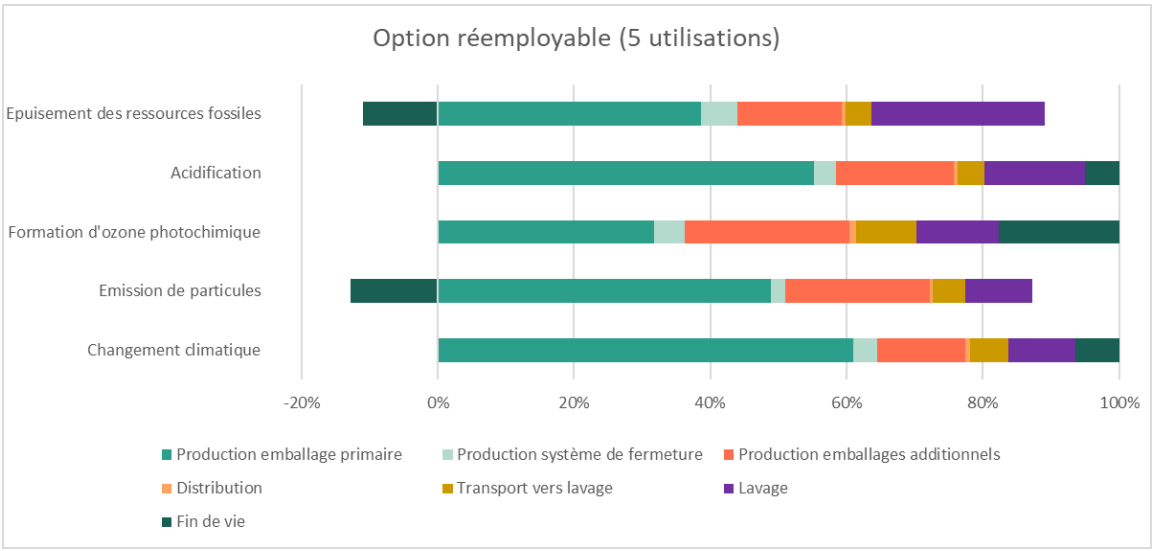


Figure 65 : Scénario 9 – Barquette en verre réemployable lavée en centre de lavage dédié (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

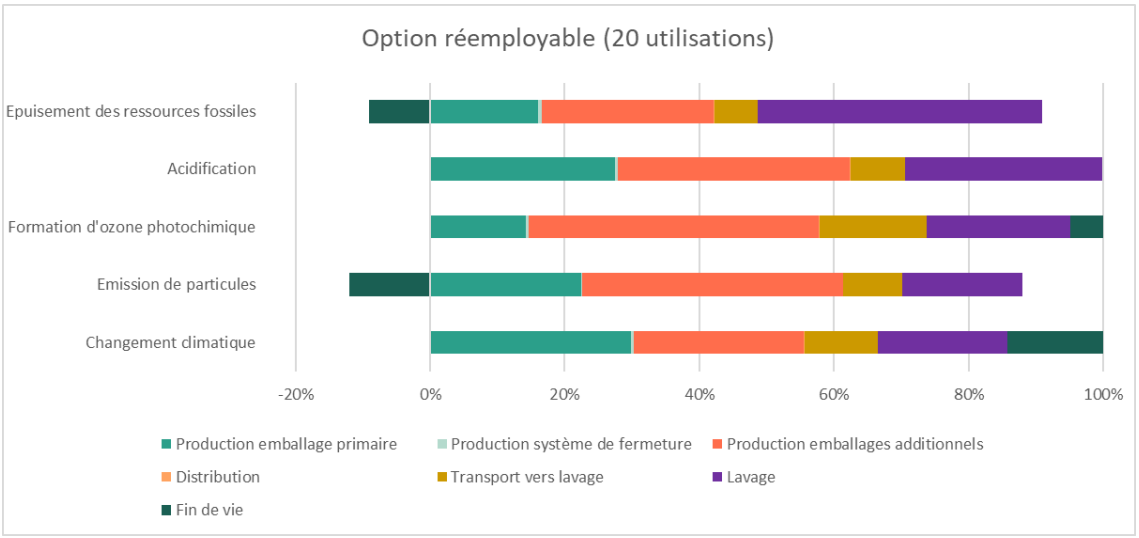


Figure 66 : Scénario 9 – Barquette en verre réemployable lavée en centre de lavage dédié (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.5.1.2. Barquette en PP à usage unique

Le Tableau 70 et la Figure 67 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie de la **barquette de restauration en polypropylène à usage unique** aux principales catégories d'impact étudiées.

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.5.2, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



- L'étape du cycle de vie la plus contributrice pour la barquette en polypropylène à usage unique est la production de l'emballage primaire.

  Elle représente entre 65-85% de la contribution suivant la catégorie d'impact considérée.
- Les autres étapes du cycle de vie contribuent plus faiblement :
  - Entre 15 et 25 % pour la production du système de fermeture
  - Entre 7 et 35% pour la fin de vie
- Les étapes de distribution et de production des emballages additionnels contribuent peu (quelque %).

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif
Epuisement des ressources fossiles	MJ	3.70E+00
Acidification	Moles H+ -eq.	4.42E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	4.59E-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	4.87E-09
Changement climatique	kg CO2-eq.	1.86E-01

Tableau 70 : Scénario 9 – Barquette en PP à usage unique - Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

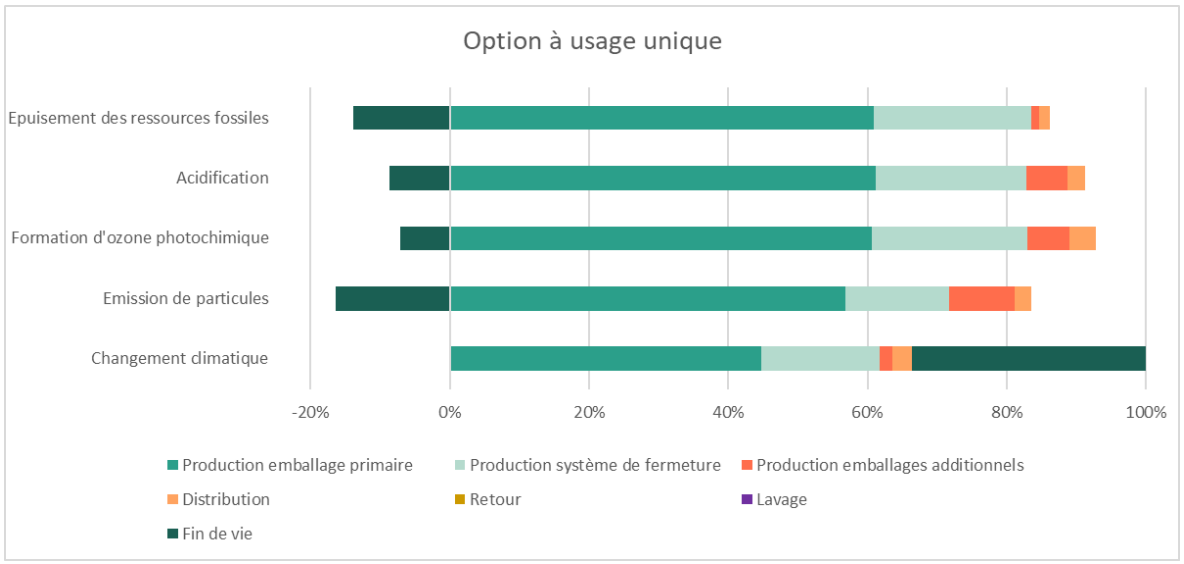


Figure 67 : Scénario 9 – Barquette en PP à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.5.2. Résultats selon les gammes de valeur établies - Identification des paramètres influents

Dans cette étude, les paramètres influents sont par définition des paramètres d'entrée variables (modélisés par des gammes de valeurs).

D'autres paramètres d'entrée fixes peuvent contribuer fortement aux résultats mais ne pas apparaître dans les tableaux de paramètres influents. Il est cependant estimé (sur base des contributions des étapes du cycle de vie) que l'influence des paramètres fixes sur les résultats est secondaire.

Le Tableau 71 reprend les paramètres dont la variabilité (via la modélisation de gammes de valeurs) influence le plus les contributions de chaque solution d'emballage aux catégories de changement climatique, d'épuisement des ressources fossiles, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'émission de particules.

Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées *l'épuisement des ressources minérales et métalliques)*		
Option à usage unique en PP 		**Option réemployable en verre** 
Masse de l'emballage primaire	+ + +	Nombre d'utilisations de l'emballage primaire
Masse du système de fermeture	+ +	Masse de l'emballage primaire
	+	Passage ou non par un centre de distribution avant lavage
	Degré d'influence	

Tableau 71 : Scénario 9 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources minérales et métalliques)



Pour toutes les catégories d'impact étudiées, les **masses de la barquette en polypropylène** et de son **système de fermeture** (en polypropylène également) sont les seuls paramètres dont la variabilité influence de manière significative les performances de l'option à usage unique.



Le **nombre d'utilisations** et la **masse de l'emballage primaire en verre** sont les paramètres influents principaux de l'option réemployable, pour la plupart des catégories d'impact étudiées. Le **passage par un centre de distribution avant le lavage** influence également les résultats de comparaison, mais dans une moindre mesure.

8.5.3. Résultats selon les gammes de valeur établies - Comparaison entre l'option réemployable et l'option à usage unique

8.5.3.1. Contribution au changement climatique et à l'épuisement des ressources fossiles

La Figure 68 représente la contribution des deux options d'emballage en fonction du nombre d'utilisations de l'alternative réemployable, à l'égard de l'indicateur de changement climatique.

Les impacts de cette dernière sont fortement influencés par le nombre d'utilisations de l'emballage primaire, de par l'amortissement des impacts de la production des emballages primaire et de regroupement ainsi que de la distribution au fil des cycles de réemploi.

L'option à usage unique n'est pas influencée par ce paramètre. La variabilité induisant la dispersion verticale du nuage de points pour cette solution est principalement liée à la masse de l'emballage primaire en polypropylène.

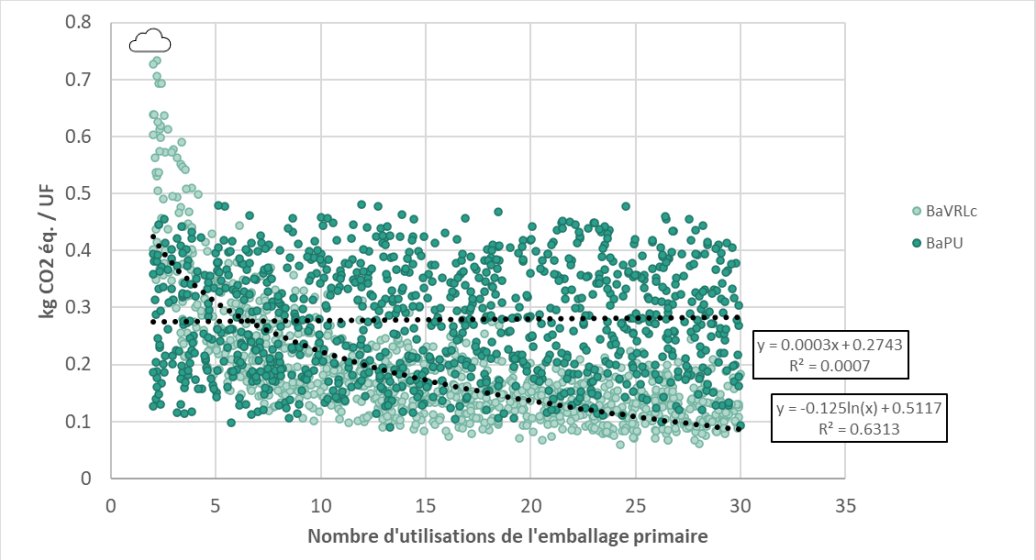


Figure 68 : Scénario 9 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range"

Les deux nuages de points se confondant, il est nécessaire d'avoir recours à un graphe "range-delta", représenté dans la Figure 69.

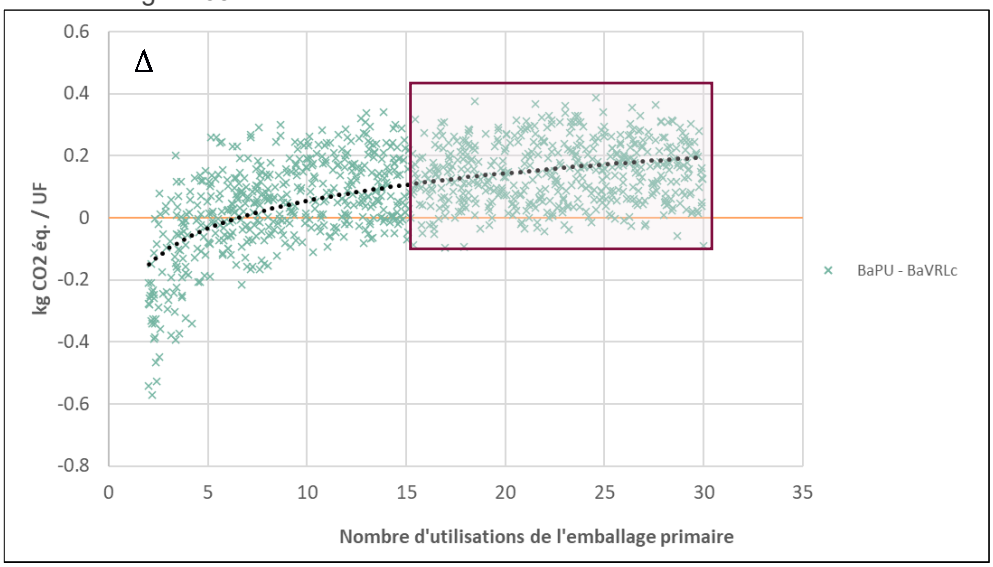


Figure 69 : Scénario 9 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range-delta"





- Le **nombre d'utilisations de l'emballage primaire** (de par l'amortissement des impacts de la production des emballages primaire et de regroupement ainsi que de la distribution au fil des cycles de réemploi) **influence fortement les comparaisons** entre les options à usage unique et réemployable.
- L'option à usage unique n'est pas influencée par ce paramètre. La variabilité induisant la dispersion verticale du nuage de points pour cette solution est principalement liée à la masse de l'emballage primaire en polypropylène.
- **L'option réemployable** est **meilleure** que l'option à usage unique dans la majorité des situations modélisées **dès sa 15ème utilisation** environ, vis-à-vis de l'indicateur de changement climatique. Il est cependant pertinent d'affiner ces résultats, notamment au regard de nombres d'utilisations plus faibles, pour identifier des points de basculement correspondant à des situations spécifiques.

Afin d'affiner les conclusions liées à ces comparaisons, une sous-scénarisation des résultats sur base des masses d'emballages modélisées est nécessaire. La recherche de points de basculement associés à diverses masses d'emballage primaire en verre réemployable a été réalisée et a mené au développement de la Figure 70.

La Figure 70 reprend le diagramme en arbre développé dans le cadre des comparaisons entre barquettes de restauration à usage unique en PP et barquettes de restauration réemployables en verre, lavées en centre de lavage dédié, à l'égard du changement climatique et de l'épuisement des ressources fossiles.

Ce diagramme en arbre a été construit sur base de l'établissement et de l'analyse de différents graphes range et/ou range delta selon la pertinence des enrichissements qu'ils apportent.





- Pour des masses de verre inférieures à 900 g/L, les barquettes en verre réemployables sont globalement plus avantageuse que l'option à usage unique en PP dès leur 7ème utilisation, et généralement plus performante dès leur 9ème utilisation.

  En pratique, la majorité des emballages en verre réemployables échantillonnés ont des masses inférieures à 600 g/L, et la majorité des contenants spécifiquement destinés au réemploi par les restaurateurs dans les données échantillonnées ont des masses inférieures à 900 g/L.
- Pour des masses de verre supérieures à **900 g/L** :
  - l'option réemployable est plus performante dès sa 7ème utilisation par rapport à une barquette en PP à usage unique de masse supérieure à 45 g/L. Pour des nombres d'utilisations de 5 ou moins cependant, les barquettes à usage unique de plus de 45g/L sont généralement plus performantes.
  - L'avantage du réemploi est observable à partir de la 13ème utilisation lorsque des barquettes à usage unique de 30 à 45 g/L sont considérées.
    - Les barquettes en PP à usage unique de **masses faibles (30 g/L ou moins)** sont généralement plus avantageuses que des barquettes en verre réemployables lourdes (900 g/L ou plus), tant que ces dernières sont utilisées moins de 13 fois.

  En pratique, la médiane des barquettes en PP dans les données échantillonnées est de 30 g/L

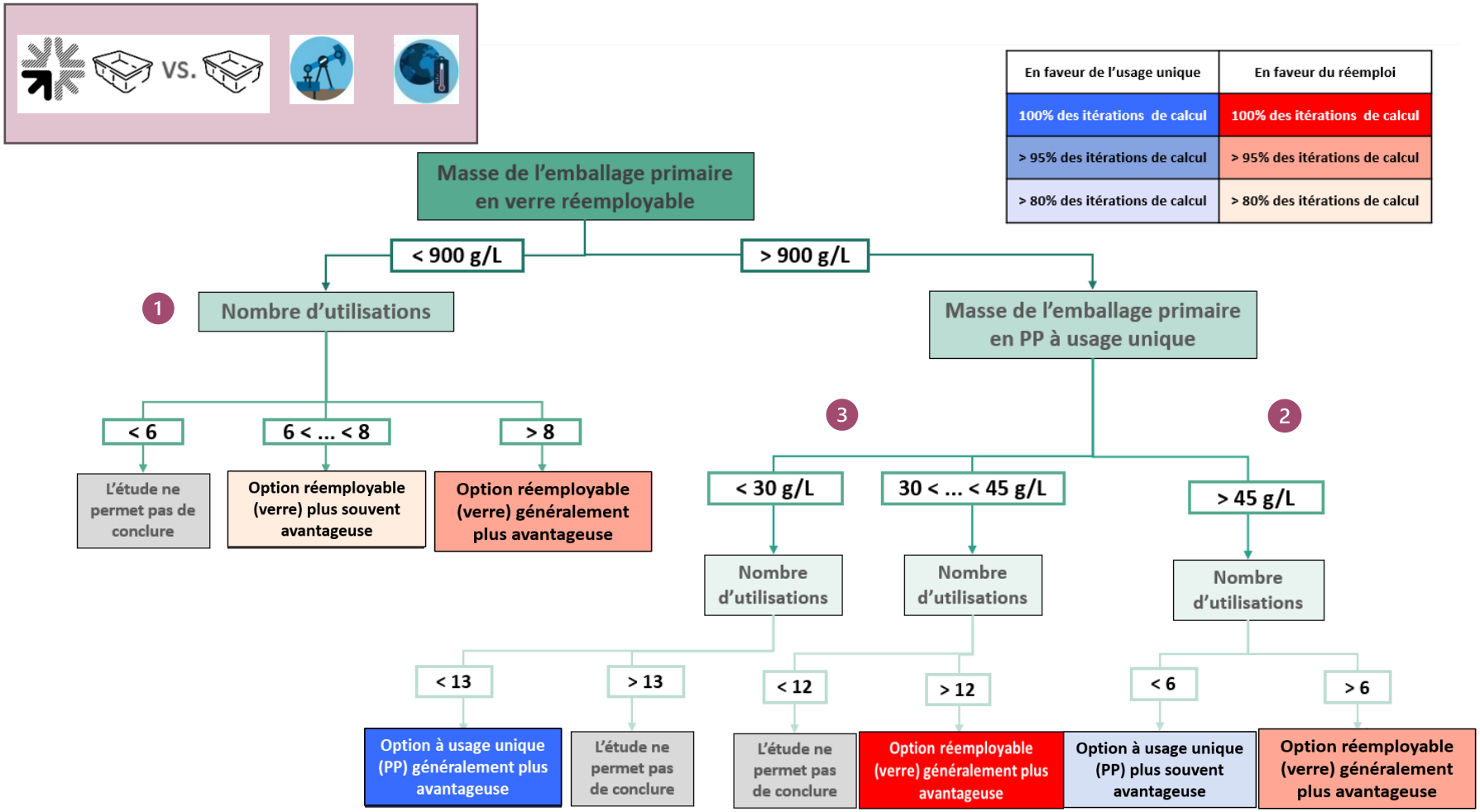


Figure 70 : Scénario 9 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique et d'épuisement de ressources fossiles

Les points de basculement sont déterminés sur la base du résultat des différentes itérations de calcul prenant en compte la variabilité de l'ensemble des paramètres opérationnels modélisés dans les scénarios. Pour chaque itération, la détermination du caractère plus avantageux d'une solution sur l'autre n'est pas nécessairement significative compte tenu des sources d'incertitudes autres que celles modélisées. De ce fait, il convient d'interpréter avec prudence la valeur de ces points de basculement (voir section 7.3.)

Les paragraphes suivants explicitent les graphiques qui ont été analysés pour élaborer le diagramme en arbre.

1 Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 71 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement les itérations de calcul correspondant à la prise en compte d’une masse inférieure à 900 g/L pour la barquette en verre réemployable de celles supérieures à 900 g/L.

Ce graphe révèle que pour des masses de barquettes en verre inférieures à 900 g/L, l’option réemployable est globalement plus avantageuse que l’option à usage unique en PP au regard du changement climatique pour un nombre d’utilisations supérieur à 6, et est généralement plus performante dès sa 9ème utilisation, et ce pour toutes les masses modélisées pour l’option à usage unique (jusqu’à 90 g/L).

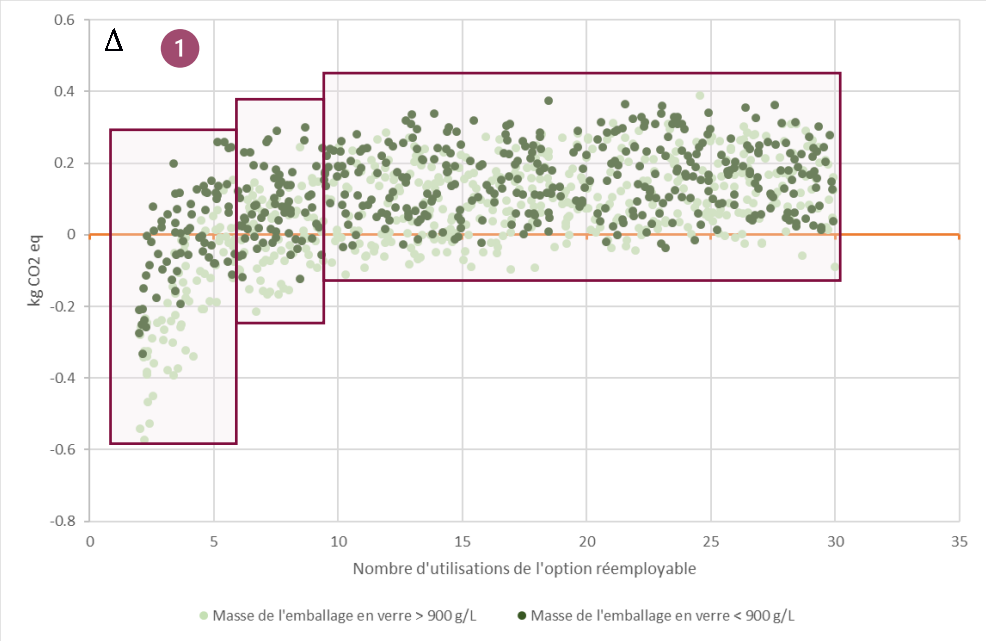


Figure 71 : Scénario 9 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations et la masse de l’option réemployable – graphe “range-delta”

En pratique, la majorité des contenants spécifiquement destinés au réemploi par les restaurateurs dans les données échantillonnées ont des masses inférieures à 900 g/L (cf. Figure 200).

En vue de conclure pour des masses de barquettes en verre plus élevées, il est nécessaire de prendre en considération la masse de la barquette en PP à usage unique.

2 Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 72 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement (en rouge) les itérations de calcul correspondant à des masses de verre supérieures à 900 g/L (pour l’option réemployable), et à des masses de PP supérieures à 45 g/L (pour l’option à usage unique).

Ce graphe révèle que les barquettes en verre de plus de masses supérieures à 900 g/L sont généralement plus avantageuses que les barquettes en PP de 45 g/L ou plus lorsqu’elles sont utilisées plus de 6 fois.

Pour des nombres d’utilisations inférieurs à 6 en revanche, l’option à usage unique est globalement plus avantageuse.

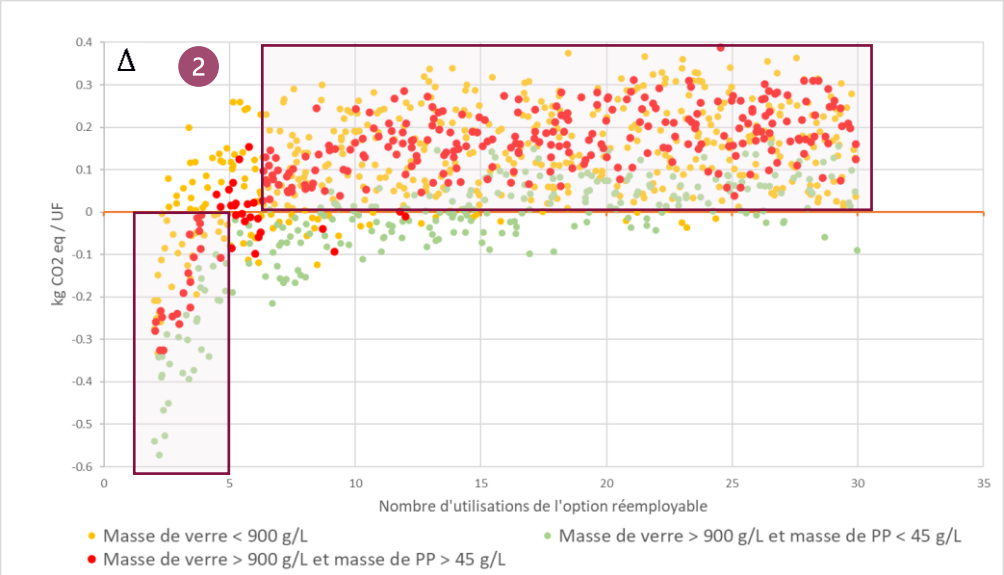


Figure 72 : Scénario 9 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations et la masse des options réemployable et à usage unique – graphe "range-delta"

Le point de basculement lié au nombre d'utilisations de l'option réemployable (toujours pour des masses de verre supérieures à 900 g/L) est ensuite étudié pour une valeur seuil de masse plus faible pour les barquettes en PP, soit 30 g/L

En pratique, la médiane des barquettes en PP dans les données échantillonnées est de 30 g/L (cf. Figure 200).

3 Analyse du graphe "range delta" ayant permis d'élaborer le diagramme en arbre

La Figure 73 reprend le graphe "range-delta" en isolant graphiquement (en rouge) les itérations de calcul correspondant à des masses de verre supérieures à 900 g/L et à des masses de PP supérieures à 30 g/L.

Les résultats révèlent que dans le contexte de la modélisation réalisée, l'option réemployable est généralement meilleure que l'option à usage unique pour ces valeurs de masse, pour des nombres d'utilisation supérieurs à 12.

Le graphe permet par ailleurs d'identifier (en bleu) les itérations de calcul correspondant à des masses de verre supérieures à 900 g/L et à des masses de PP inférieures à 30 g/L. Il est alors possible de constater que l'option à usage unique est généralement plus avantageuse que l'option réemployable dans ce contexte-ci, lorsque cette dernière est utilisée moins de 13 fois.

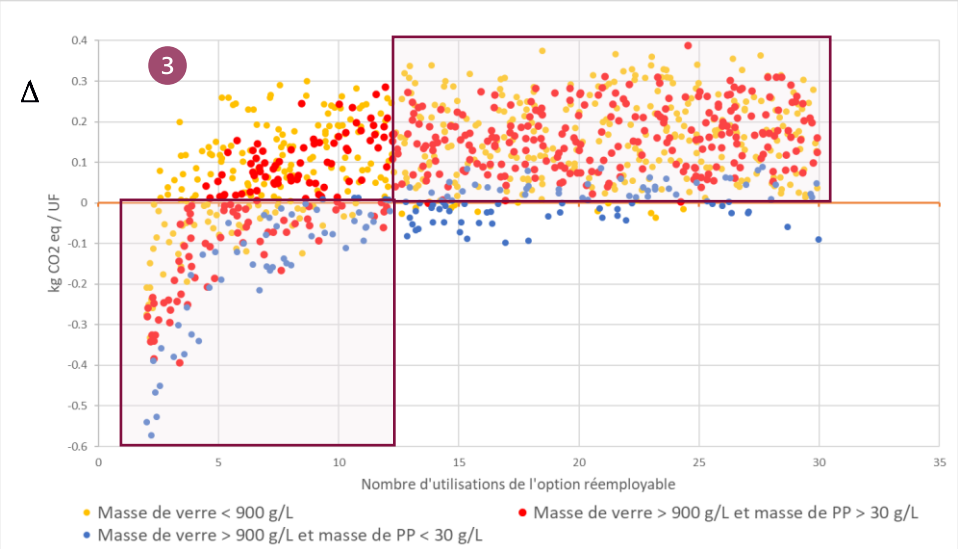


Figure 73 : Scénario 9 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations et la masse des options réemployable et à usage unique – graphe "range-delta"

8.5.3.2. Contributions aux autres catégories d'impacts

La Figure 74 et la Figure 75 représentent la contribution à l'égard de l'indicateur d'émission de particules des deux options d'emballage en fonction de respectivement :

- la masse d'emballage primaire à usage unique,
- la masse de l'emballage réemployable.

Seul l'indicateur "Emission de particules" est présenté ci-dessous car il est considéré que les tendances observées pour celui-ci sont représentatives de celles observées pour l'indicateur d'acidification et de formation d'ozone photochimique, pour les mêmes paramètres.

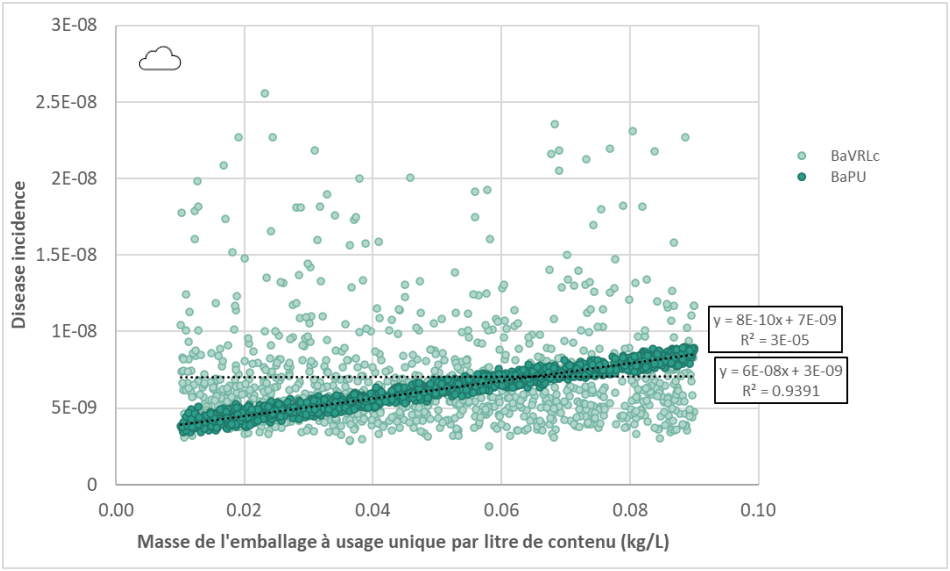


Figure 74 : Scénario 9 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire à usage unique – graphe "range"

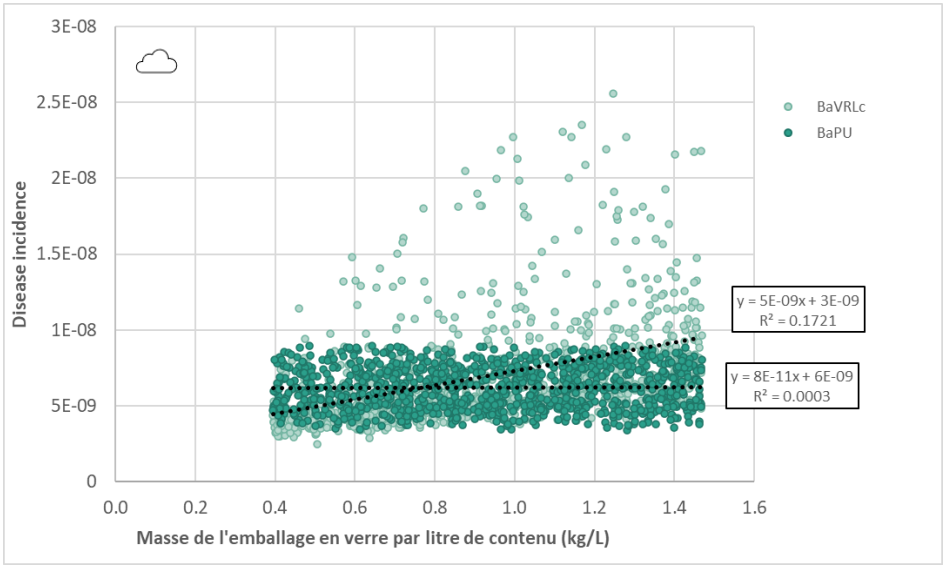


Figure 75 : Scénario 9 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire réemployable – graphe "range"

Aucun des deux graphes "range" ne permet l'identification de points de basculement, les nuages de points associés aux deux solutions d'emballage se recouvrant.

Les graphes "range-delta" issus de ces graphes et associés aux mêmes paramètres sont donc présentés en Figure 76 et en Figure 77.

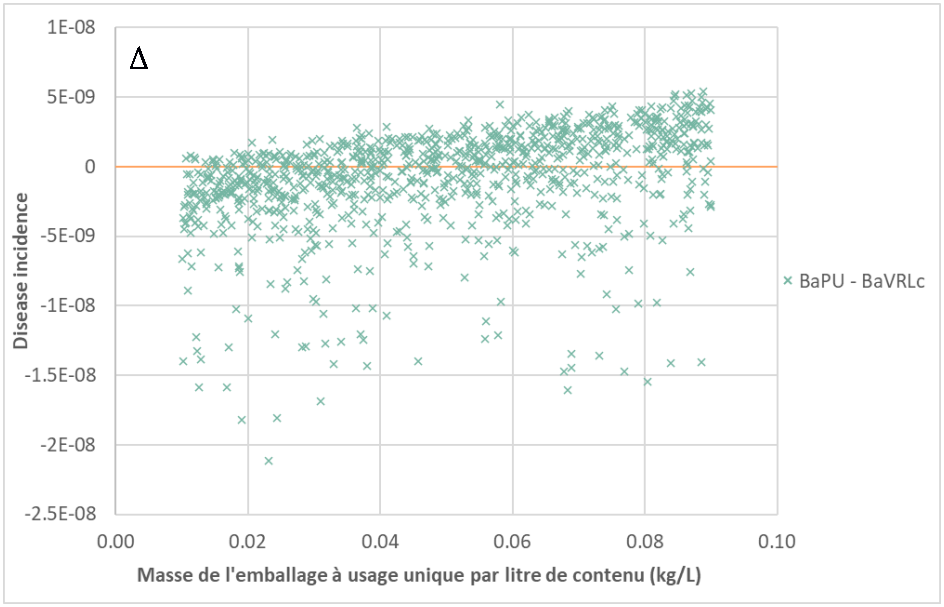


Figure 76 : Scénario 9 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire à usage unique – graphe "range-delta"

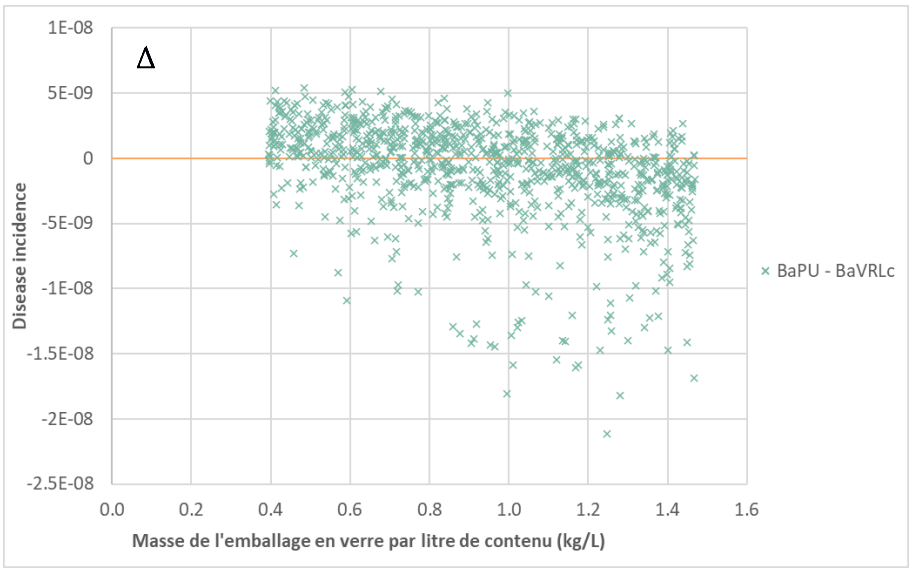


Figure 77 : Scénario 9 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire réemployable – graphe "range-delta"

La Figure 78 reprend le diagramme en arbre développé dans le cadre des comparaisons entre barquettes de restauration à usage unique en PP et barquettes de restauration réemployables en verre, lavées en centre de lavage dédié, à l'égard de l'indicateur « Emission de particules », « Formation d'ozone photochimique » et « Acidification de l'air ».

Ce diagramme en arbre a été construit sur base de l'établissement et de l'analyse de différents graphes range et/ou range delta selon la pertinence des enrichissements qu'ils apportent.

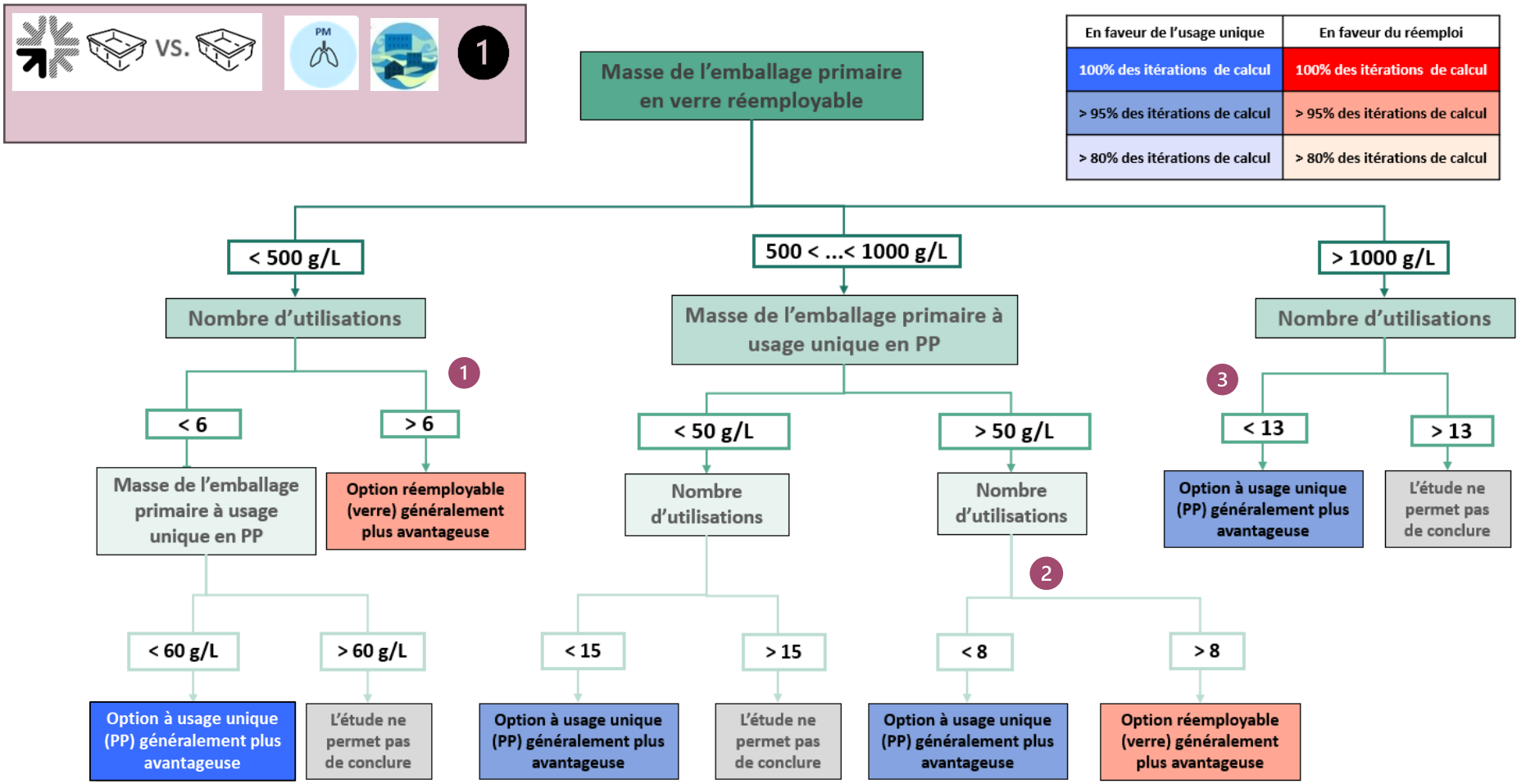


Figure 78 : Scénario 9 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories d'émission de particules, d'acidification et de formation d'ozone photochimique

Les points de basculement sont déterminés sur la base du résultat des différentes itérations de calcul prenant en compte la variabilité de l'ensemble des paramètres opérationnels modélisés dans les scénarios. Pour chaque itération, la détermination du caractère plus avantageux d'une solution sur l'autre n'est pas nécessairement significative compte tenu des sources d'incertitudes autres que celles modélisées. De ce fait, il convient d'interpréter avec prudence la valeur de ces points de basculement (voir section 7.3.)

Les paragraphes suivants explicitent les graphiques qui ont été analysés pour élaborer le diagramme en arbre.

1	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 79 reprend le graphe “range-delta” présenté en Figure 76, en isolant graphiquement les itérations associées :

- aux nombres d’utilisations supérieurs et inférieurs à 6
- et à des masses de barquettes en verre supérieurs et inférieures à 500 g/L.

Cette sous-scénarisation indique que l’option réemployable est plus avantageuse à l’égard de l’émission de particules pour une grande majorité d’itérations impliquant des masses de barquettes en verre inférieures à 500g/L, dès leur 7ème utilisation (et pour toutes les gammes de barquettes en PP considérées).

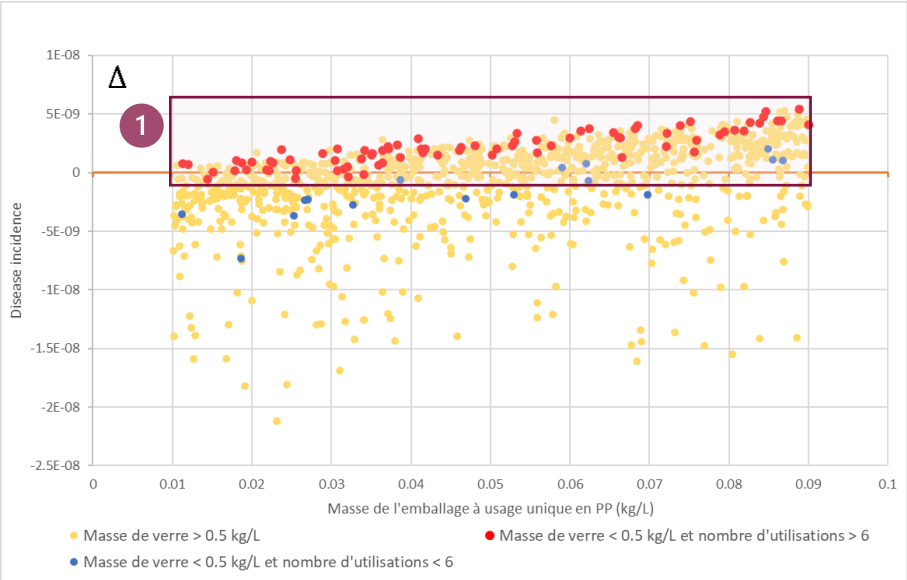


Figure 79 : Scénario 9 – Comparaison des contributions de l’option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l’indicateur d’émission de particules, selon la masse de l’emballage primaire à usage unique et la masse et le nombre d’utilisations de l’emballage primaire réemployable – graphe “range-delta”

2	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 80 reprend le graphe présenté en Figure 76, en isolant graphiquement les itérations de calcul associées :

- à des nombres d’utilisations inférieurs et supérieurs à 8 pour l’option réemployable,
- et à des masses de barquettes en PP supérieures et inférieures à 50 g/L.

Cette sous-scénarisation indique que pour des masses de verre comprises entre 500 g/L et 1000 g/L et pour des masses de PP supérieures à 50 g/L,

- l’option réemployable est généralement plus avantageuse pour des nombres d’utilisations supérieurs à 8,
- l’option à usage unique est généralement plus avantageuse pour des nombres d’utilisations inférieurs à 8. Cet avantage n’est cependant marqué qu’à partir d’une masse de verre supérieure à 600 g/L environ.

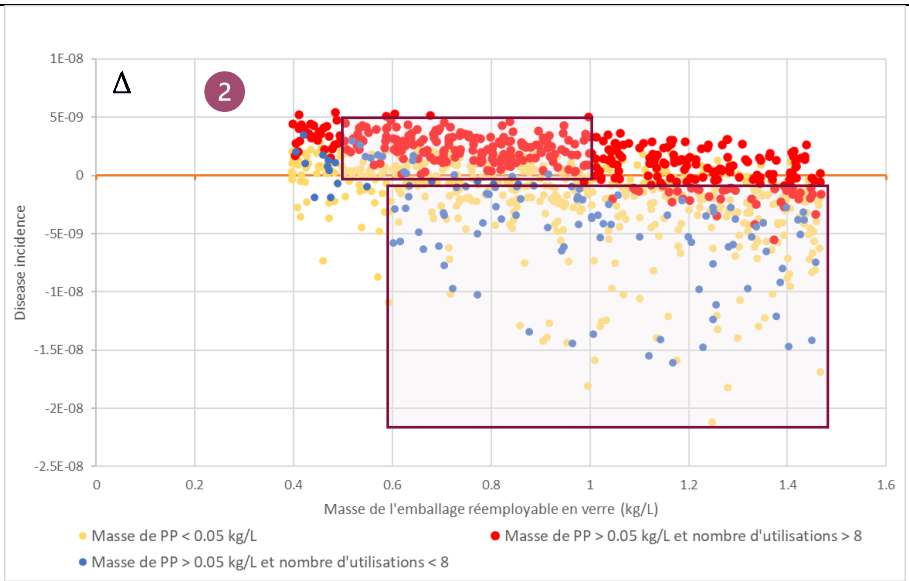


Figure 80 : Scénario 9 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire à usage unique et la masse et le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range-delta"

3	Analyse du graphe "range delta" ayant permis d'élaborer le diagramme en arbre

La Figure 81 reprend également le graphe "range-delta" présenté en Figure 76, en isolant graphiquement les itérations de calcul correspondant à des nombres d'utilisations supérieurs ou inférieurs à 13.

Cette sous-scénarisation indique que l'option à usage unique est généralement plus avantageuse que l'option réemployable pour des masses de verre supérieures à 1 kg/L, tant que la 13ème utilisation n'a pas été atteinte.

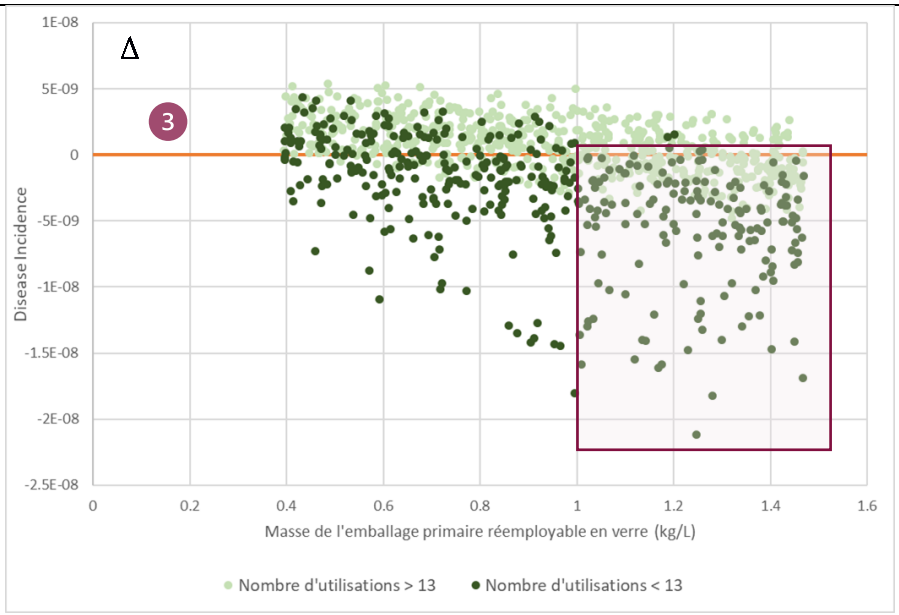


Figure 81 : Scénario 9 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur d'émission de particules, la masse et le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range-delta"

8.5.3.3. Conclusions transversales

Les conclusions associées au scénario 9 (qui concerne un lavage des barquettes réemployables en centre de lavage dédié) sont moins tranchées, quant aux indicateurs de *changement climatique* et *d'épuisement des ressources fossiles*. D'après l'arbre Figure 70, l'option réemployable reste cependant plus avantageuse dans une majorité de situations :

- L'utilisation de barquettes en verre de **masses inférieures à 900 g/L** permet de rendre l'alternative réemployable plus favorable **dès la 7 ème utilisation**, quelle que soit la masse des barquettes en polypropylène substituées (l'usage unique n'étant pas globalement plus avantageux pour des nombres d'utilisations plus faibles).

- Les barquettes à usage unique en **PP légères (moins de 30 g/L)** sont quant à elles plus avantageuses que des barquettes réemployables en **verre lourdes (plus de 900 g/L)** si ces dernières ont été **utilisées moins de 14 fois.** Au-delà de 14 utilisations, l'étude ne permet pas de conclure quant à un avantage relatif d'une solution.

A l'instar du cas de figure concernant un lavage par le restaurateur, le recours à des barquettes en verre légères et l'optimisation de leur réemploi permettrait donc de rendre favorable le réemploi dans une grande majorité de situations. L'étude a par ailleurs permis d'identifier un point de basculement pour une masse de verre de 900 g/L (pour les indicateurs de *changement climatique* et *d'épuisement des ressources fossiles*) mais il est probable qu'une masse de barquette en verre plus faible (par exemple avoisinant 500-600 g/L) rendre l'option réemployable généralement avantageuse pour des nombres d'utilisations plus facilement atteignables.

L'analyse des catégories d'impact de *formation d'ozone photochimique*, *d'acidification* et *d'émission de particules* ne permet pas d'aboutir à des conclusions tranchées vis-à-vis du réemploi ou de l'option à usage unique, les deux solutions s'avérant plus avantageuses dans des situations spécifiques (notamment extrêmes). Elles ne vont cependant pas à l'encontre des conclusions exprimées pour le *changement climatique* et *l'épuisement des ressources fossiles*, exprimant qu'une **masse de verre légère et un nombre d'utilisations élevés favorisent le réemploi**. Il est toutefois à noter pour ces indicateurs qu'une masse supérieure à 500 g/L pour les barquettes réemployables mène à un avantage global de l'option à usage unique en polypropylène pour des nombres d'utilisations peu élevés (inférieurs à 8, voire à 13 si la barquette en verre a une masse supérieure à 1000 g/L).

Concernant les emballages en plastique, les aspects relevant des impacts sur la biodiversité et la santé humaine constituent un enjeu majeur à part entière mais ne sont pas pris en compte dans cette étude. Ces impacts liés à la pollution plastique font l'objet de nombreuses études scientifiques (voir préambule).

8.6. Scénario 10



Comparaison des emballages conditionnant des **boissons** distribuées **aux particuliers** entre :

- une **bouteille en verre réemployable** vendue avec un emballage de regroupement à usage unique en carton et
- une **canette en aluminium à usage unique** vendue avec un emballage de regroupement en film plastique PEbd

(voir Chapitre 5.1.3).

8.6.1. Résultats totaux et contributions par étape du cycle de vie (cas illustratifs)

8.6.1.1. Bouteille en verre réemployable

Le Tableau 72, la Figure 82 et la Figure 83 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie de la **bouteille en verre réemployable** aux principales catégories d'impact étudiées, pour 5 et 20 utilisations.

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.3.2, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



Les étapes du cycle de vie les plus contributrices pour la **bouteille en verre réemployable varient en fonction des catégories d'impact étudiées.**

- La contribution relative de la phase de production de l'emballage primaire diminue lorsque le nombre d'utilisations augmente.
- Les impacts absolus de la distribution, de la production d'emballages additionnels et des systèmes de fermeture sont les mêmes à chaque cycle. A l'inverse, les impacts relatifs de ces 3 phases augmentent avec le nombre d'utilisations :
- Les emballages additionnels et les systèmes de fermeture étant à usage unique, leur production est donc répétée à chaque cycle de réemploi, contrairement à celle de l'emballage primaire.
- La contribution relative des étapes de transport (distribution et retour) augmente également lorsque l'on passe de 5 à 20 utilisations, mais en proportions moins significatives que les emballages additionnels et systèmes de fermeture.

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif - 5 utilisations	Cas illustratif - 20 utilisations
Epuisement des ressources fossiles	MJ	4.04E+00	2.69E+00
Épuisement des ressources minérales et métalliques	kg Sb-eq	9.71E-07	8.62E-07
Acidification	Moles H+ -eq.	1.28E-03	7.54E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	1.08E-03	7.34E-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	1.42E-08	1.04E-08
Changement climatique	kg CO2-eq.	2.51E-01	1.64E-01

Tableau 72 : Scénario 10 – Bouteille en verre réemployable – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

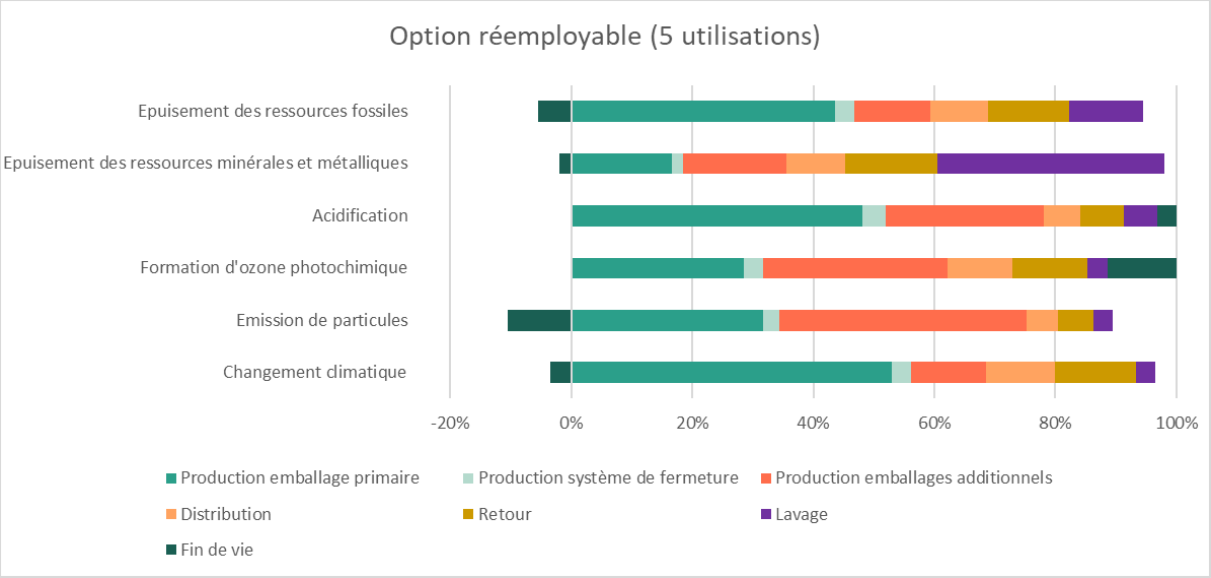


Figure 82 : Scénario 10 – Bouteille en verre réemployable (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

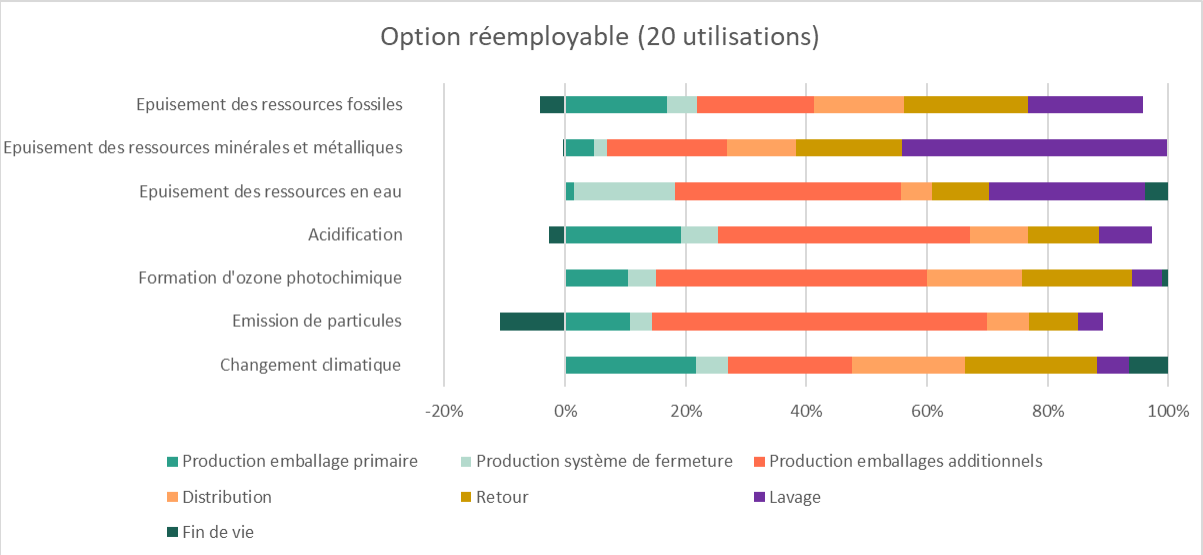


Figure 83 : Scénario 10 – Bouteille en verre réemployable (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.6.1.2. Canette en aluminium à usage unique

Le Tableau 73 et la Figure 84 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie de la **canette en aluminium à usage unique** aux principales catégories d'impact étudiées.

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.3.2, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



- L'étape du cycle de vie la plus contributrice pour la canette en aluminium à usage unique est la production de l'emballage primaire.
- Elle représente entre 62% et 82% de la contribution positive suivant la catégorie d'impact considérée (hors épuisement des ressources minérales et métalliques).
- L'étape du cycle de vie présentant la deuxième plus grande contribution positive aux différentes catégories d'impact (hors épuisement des ressources minérales et métalliques) est la **fin de vie** qui présente une contribution négative significative (don des bénéfices environnementaux) à toutes les catégories d'impact étudiées, de par l'évitement d'impacts liés à la production de matière vierge.
- L'étape de **production des emballages additionnels** contribue de 4 à 10%.
- L'étape de **distribution** contribue peu (1 à 3% selon les catégories d'impact).

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif
Epuisement des ressources fossiles	MJ	3.15^{E}+00
Épuisement des ressources minérales et métalliques	kg Sb-eq	1.31^{E}-06
Acidification	Moles H+ -eq.	1.64^{E}-03
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	1.02^{E}-03
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	1.62^{E}-08
Changement climatique	kg CO2-eq.	2.53^{E}-01

Tableau 73 : Scénario 10 – Bouteille en aluminium à usage unique – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

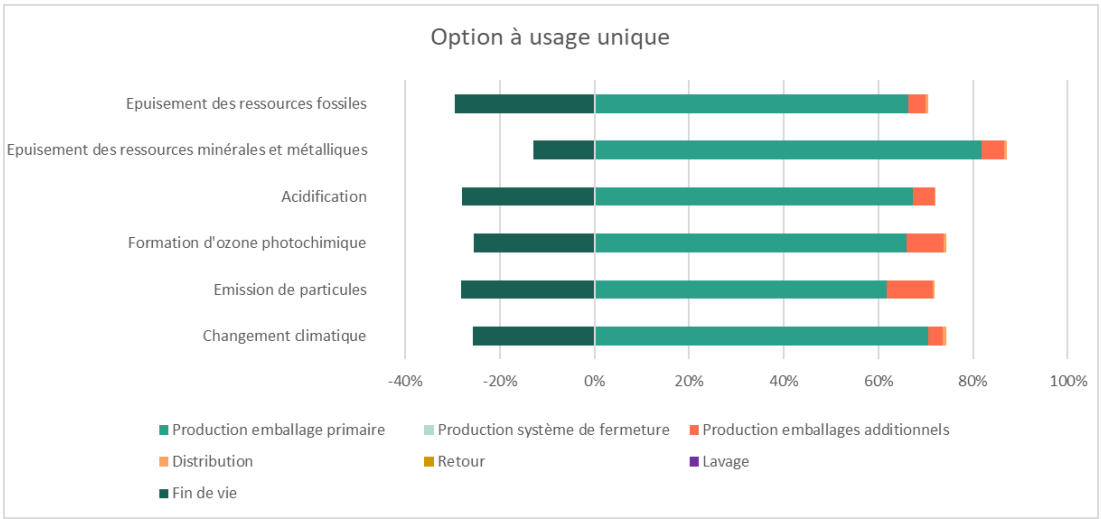


Figure 84 : Scénario 10 – Canette en aluminium à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.6.2. Résultats selon les gammes de valeur établies - Identification des paramètres influents

Dans cette étude, les paramètres influents sont par définition des paramètres d'entrée variables (modélisés par des gammes de valeurs).

D'autres paramètres d'entrée fixes peuvent contribuer fortement aux résultats mais ne pas apparaître dans les tableaux de paramètres influents. Il est cependant estimé (sur base des contributions des étapes du cycle de vie) que l'influence des paramètres fixes sur les résultats est secondaire.

Le Tableau 74 reprend les paramètres dont la variabilité (via la modélisation de gammes de valeurs) influence le plus les contributions de chaque solution d'emballage aux catégories de changement climatique, d'épuisement des ressources fossiles, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'émission de particules.

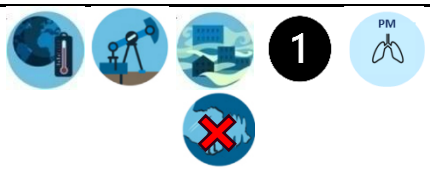
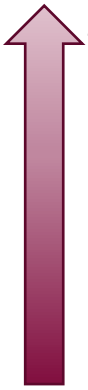
Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées *l'épuisement des ressources minérales et métalliques)*		
Option à usage unique 		**Option réemployable en verre** 
Masse de l'emballage primaire		Nombre d'utilisations de l'emballage primaire Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution Masse de l'emballage primaire

Tableau 74 : Scénario 10 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources minérales et métalliques)

Le Tableau 75 reprend les paramètres dont la variabilité (via la modélisation de gammes de valeurs) influence le plus les contributions de chaque solution d'emballage aux catégories de changement climatique, d'épuisement des ressources fossiles, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'émission de particules.

Paramètres influents (pour l'épuisement *des ressources minérales et métalliques*)		
Option à usage unique 		**Option réemployable en verre** 
Masse de l'emballage primaire	+ + + Degré d'influence + + +	Consommation d'électricité liée au lavage Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution Masse de l'emballage primaire Nombre d'utilisations de l'emballage primaire

Tableau 75 : Scénario 10 - Paramètres influents pour l'épuisement des ressources minérales et métalliques



Pour toutes les catégories d'impact étudiées, la variabilité associée à la **masse de la canette en aluminium** est la principale influence sur les variations de contributions aux différentes catégories d'impacts, pour la solution d'emballage à usage unique.



Comme pour les autres scénarios, le **nombre d'utilisations** et la **masse de l'emballage primaire en verre** ainsi que la **distance moyenne de transport amont** sont les principaux paramètres influents pour la solution d'emballage réemployable.

La **consommation en électricité liée au lavage** et la **distance de transport amont** influencent par ailleurs les contributions aux indicateurs **d'épuisement des ressources minérales et métalliques** de l'option réemployable.
Les impacts de l'option réemployable à l'égard de cette catégorie d'impacts découlent principalement de la **production des infrastructures** (de lavage, et de transport notamment). Les paramètres précités influencent donc l'amortissement de ces impacts de production à travers les procédés modélisés.

8.6.3. Résultats selon les gammes de valeur établies - Comparaison entre l'option réemployable et l'option à usage unique

8.6.3.1. Contribution au changement climatique, à l'épuisement des ressources fossiles et à la formation d'ozone photochimique

Dans le cadre des comparaisons effectuées pour le scénario 10, les tendances observées pour la catégorie d'impacts de formation d'ozone photochimique sont semblables à celles associées au changement climatique et à l'épuisement des ressources fossiles.

La Figure 85 représente la contribution des deux options d'emballage en fonction du nombre d'utilisations de l'alternative réemployable, à l'égard de l'indicateur de changement climatique. Les impacts de cette dernière sont fortement influencés par le nombre d'utilisations de l'emballage primaire, de par l'amortissement des impacts de la production de l'emballage primaire au fil des cycles de réemploi.

L'option à usage unique n'est pas influencée par ce paramètre. La variabilité induisant la dispersion verticale du nuage de points pour cette solution est principalement liée à la masse de l'emballage primaire en aluminium.

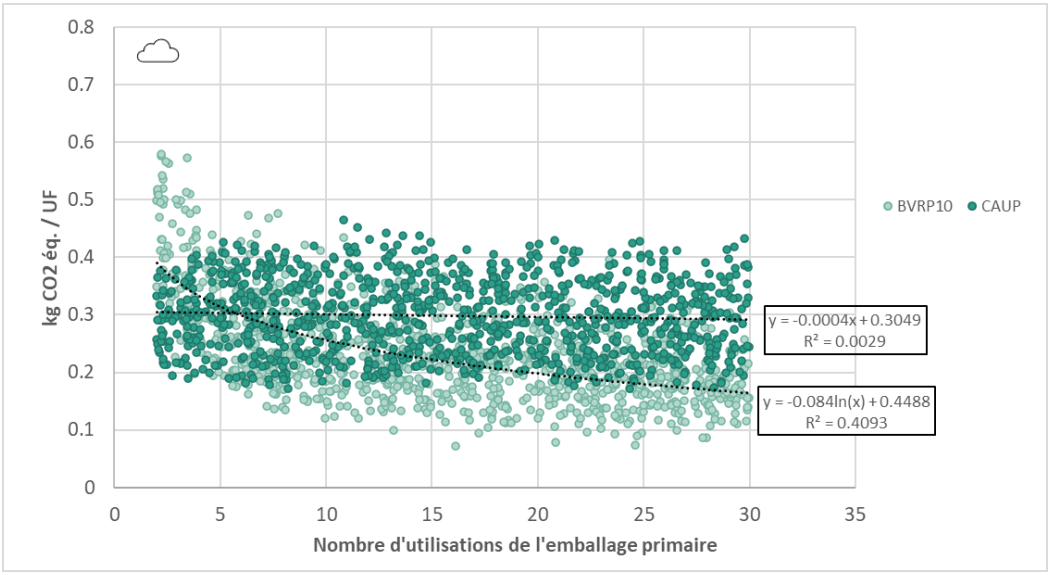


Figure 85 : Scénario 10 - Contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range"

Les nuages de points associés aux deux solutions d'emballage étant confondus, il est nécessaire de départager les deux alternatives à l'aide d'un graphe "range-delta" qui permettra d'éliminer la variabilité commune aux deux options. Ce graphe est présenté en Figure 86.

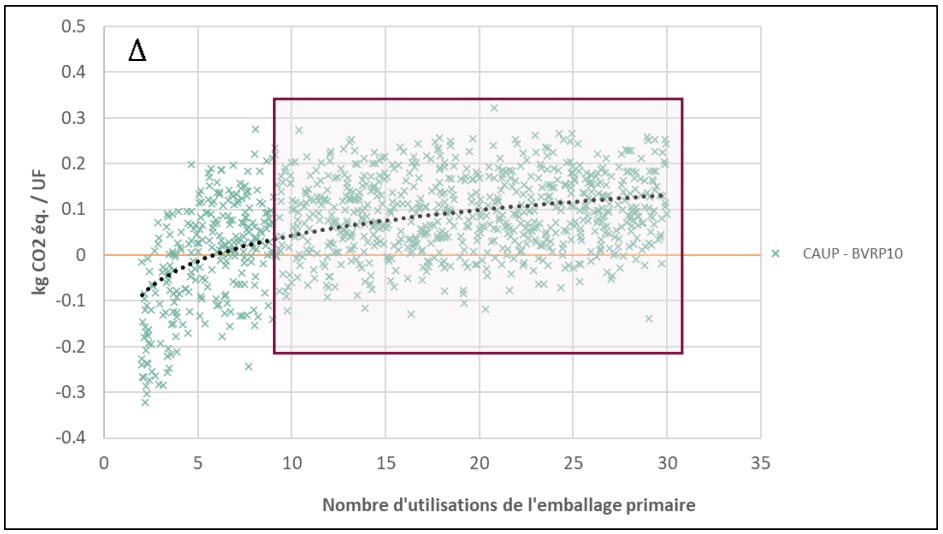


Figure 86 : Scénario 10 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta".





- Une majorité des itérations de calcul aboutissent à un avantage relatif du réemploi pour des nombres d'utilisations supérieurs à 10, quant à l'indicateur de changement climatique.
- Cet avantage n'est cependant pas général (un nombre significatif d'itérations ayant abouti à des impacts moins élevés pour l'option à usage unique). Il est donc pertinent de sous-scénariser ces résultats en isolant des situations spécifiques sur base des valeurs prises par les autres paramètres sensibles
- Afin d'affiner les conclusions liées à ces comparaisons, une sous-scénarisation des résultats sur base des masses d'emballages modélisées est nécessaire.

La Figure 87 reprend le diagramme en arbre développé dans le cadre des comparaisons entre les canettes en aluminium à usage unique et les bouteilles en verre réemployables, à l'égard du changement climatique et de l'épuisement des ressources fossiles.

Ce diagramme en arbre a été construit sur base de l'établissement et de l'analyse de différents graphes range et/ou range delta selon la pertinence des enrichissements qu'ils apportent.





- Comparées à des canettes en aluminium de **plus de 35 g/L** :
  - Les bouteilles en verre de **moins de 800 g/L** sont généralement favorables **dès leur 5ème utilisation**, et généralement favorables (notamment pour toutes les distances modélisées) après 12 utilisations.
  - Les bouteilles en verre de **plus de 800 g/L** sont favorables pour des **nombres d'utilisations élevés** (plus de 15), mais généralement défavorables avant leur **4ème utilisation**.
- Pour des **canettes de moins de 35 g/L**, les bouteilles en verre de **moins de 800 g/L** sont également plus performantes dès leur **8ème utilisation**.

  Pour des nombres d'utilisations **inférieurs à 7** cependant, les canettes de **moins de 35 g/**L sont globalement plus performantes que les bouteilles réemployables, quelles que soient les masses de ces dernières.

  A noter que les canettes en aluminium de masses comprises entre 35g/L et 40 g/L représentent la majorité du marché et de l'échantillon collecté.

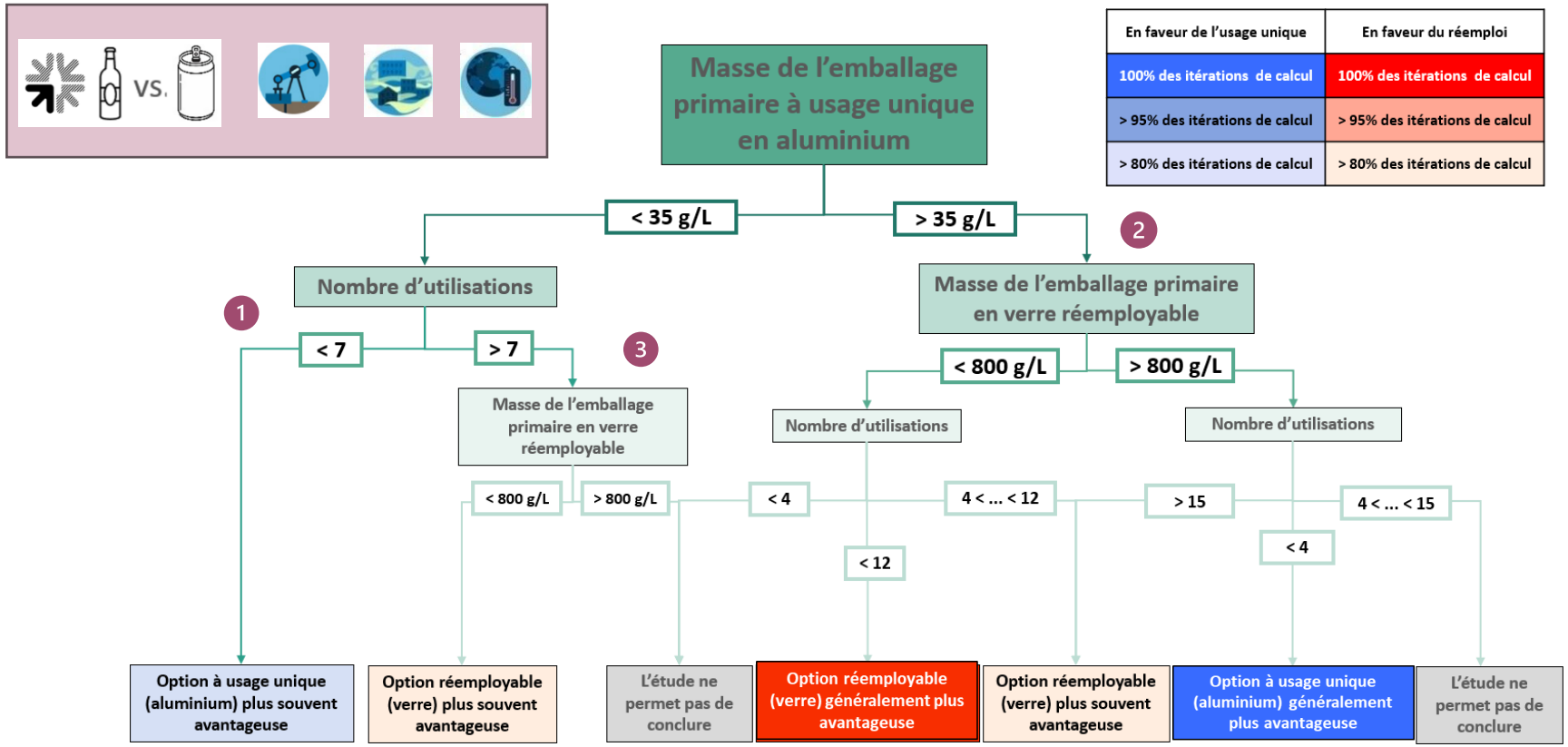


Figure 87 : Scénario 10 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique, d'épuisement de ressources fossiles et de formation d'ozone photochimique

Les points de basculement sont déterminés sur la base du résultat des différentes itérations de calcul prenant en compte la variabilité de l'ensemble des paramètres opérationnels modélisés dans les scénarios. Pour chaque itération, la détermination du caractère plus avantageux d'une solution sur l'autre n'est pas nécessairement significative compte tenu des sources d'incertitudes autres que celles modélisées. De ce fait, il convient d'interpréter avec prudence la valeur de ces points de basculement (voir section 7.3.)

Les paragraphes suivants explicitent les graphiques qui ont été analysés pour élaborer le diagramme en arbre.

1 Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 88 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement les points correspondant à des itérations de calcul pour lesquelles la masse de l’emballage primaire à usage unique en aluminium est supérieure (en vert foncé) ou inférieure (en vert clair) à 35 g/L.

Ce graphe révèle que l’option à usage unique est généralement plus avantageuse que l’alternative réemployable pour des nombres d’utilisations inférieurs à 7 lorsque la masse d’aluminium est inférieure à 35 g/L (correspondant notamment à des canettes de 50 cL de contenance, typiquement).

Il est en outre à noter que dès la 6ème utilisation de la bouteille en verre, celle-ci est globalement plus avantageuse, sur base des situations modélisées. Cet avantage devient particulièrement notable à partir de la 15ème utilisation, à partir de laquelle les itérations pour lesquelles l’option à usage unique est plus performante deviennent marginales.

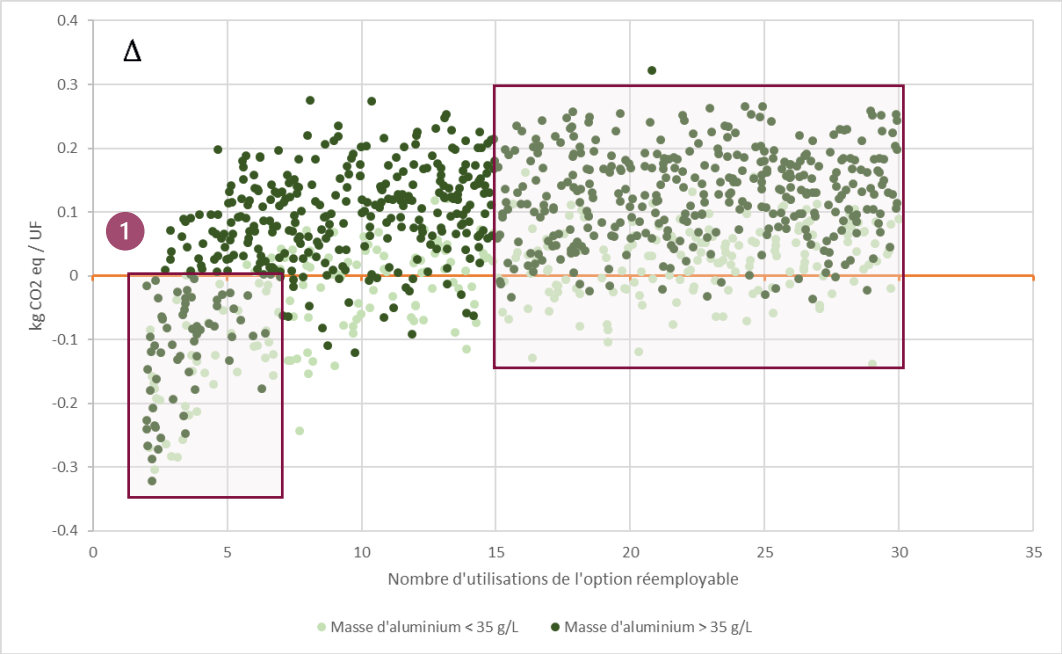


Figure 88 : Scénario 10 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations de l’emballage primaire réemployable et la masse de l’emballage primaire à usage unique – graphe “range delta”.

La canette aluminium de 35g représente la majorité du marché et de l’échantillon collecté pour cette étude.

Pour affiner les points de basculement liés aux nombres d’utilisations, il convient toutefois de sous-scénariser les résultats obtenus sur base de paramètres influents supplémentaires (aussi bien pour les canettes présentant des masses supérieures qu’inférieures à 35 g/L). Pour ce faire, des masses de bouteilles en verre plus spécifiques sont étudiées.

2 Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 89 présente un graphe “range-delta” distinguant graphiquement, pour les cas où la masse d’aluminium excède 35 g/L, les itérations de calcul pour lesquelles la masse de la bouteille en verre est inférieure (en bleu) ou supérieure (en rouge) à 800 g/L.

Ce graphe indique notamment que:

- Lorsque la masse de l’emballage en verre réemployable est inférieure à 800 g/L et que la masse de la canette en aluminium est supérieure à 35 g/L, l’option réemployable est plus avantageuse pour presque toutes les situations modélisées dès la 4ème utilisation, et généralement meilleure au-delà de 12 utilisations
- Lorsque la masse de l’emballage en verre réemployable est supérieure à 800 g/L et que la masse de la canette en aluminium est supérieure à 35 g/L :
    - l’option réemployable est plus avantageuse pour la majorité des situations modélisées à partir de la 15ème utilisation.
    - l’option à usage unique est quant à elle généralement plus performante si le nombre d’utilisations est inférieur à 4.

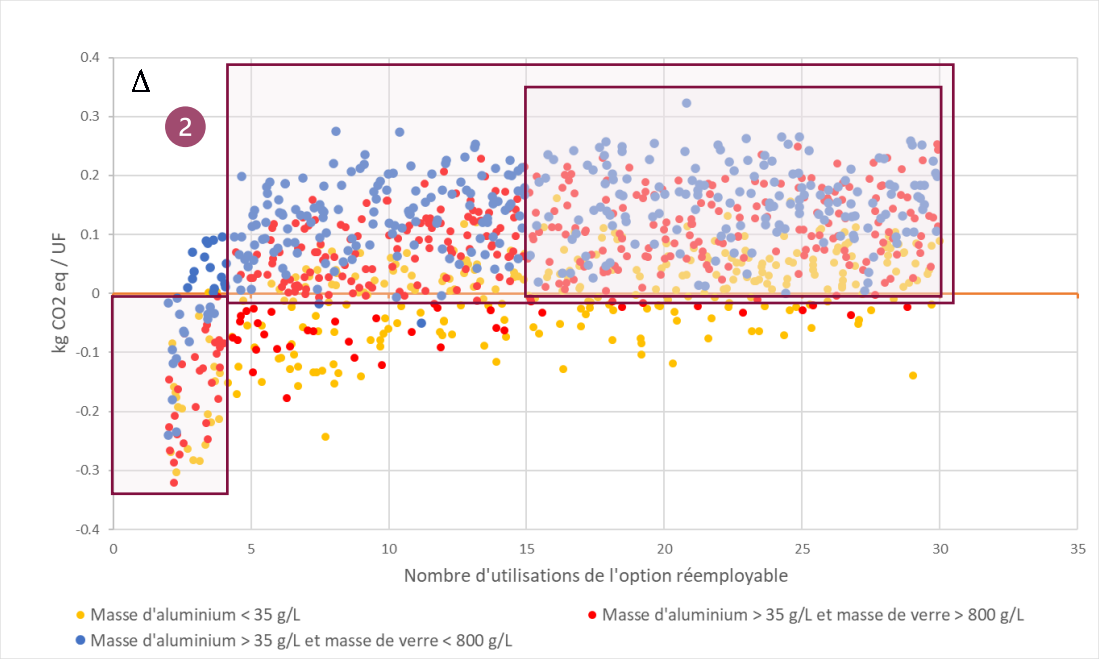


Figure 89 : Scénario 10 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique et réemployable à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations de l’emballage primaire réemployable et la masse des emballages primaires réemployable et à usage unique – graphe “range-delta”

3 Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 90 présente un graphe “range-delta” distinguant graphiquement, pour les cas où la masse d’aluminium est inférieure à 35 g/L, les itérations de calcul pour lesquelles la masse de la bouteille en verre est inférieure (en bleu) ou supérieure (en vert) à 800 g/L.

Le graphe indique que lorsque la masse d’aluminium est inférieure à 35 g/L et que la masse de verre est inférieure à 800 g/L, l’option réemployable est généralement plus avantageuse au-delà de 7 utilisations.

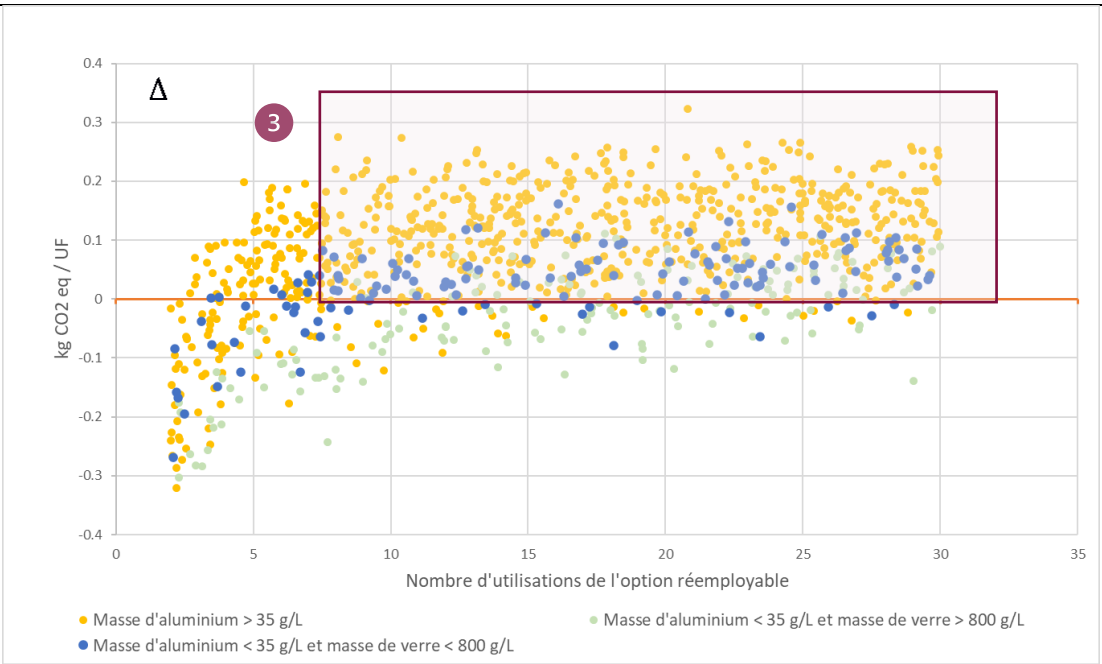


Figure 90 : Scénario 10 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable et la masse des emballages primaires réemployable et à usage unique – graphe "range-delta"

8.6.3.2. Contribution à l'épuisement des ressources minérales et métalliques

Etant donnée la nature du matériau constitutive de l'option à usage unique dans le scénario 10 (l'aluminium), une comparaison des deux options étudiées au regard de la catégorie d'impact d'épuisement des ressources minérales et métalliques est considérée. Les contributions des deux solutions d'emballage à cette catégorie sont présentées dans la Figure 91 et la Figure 92.

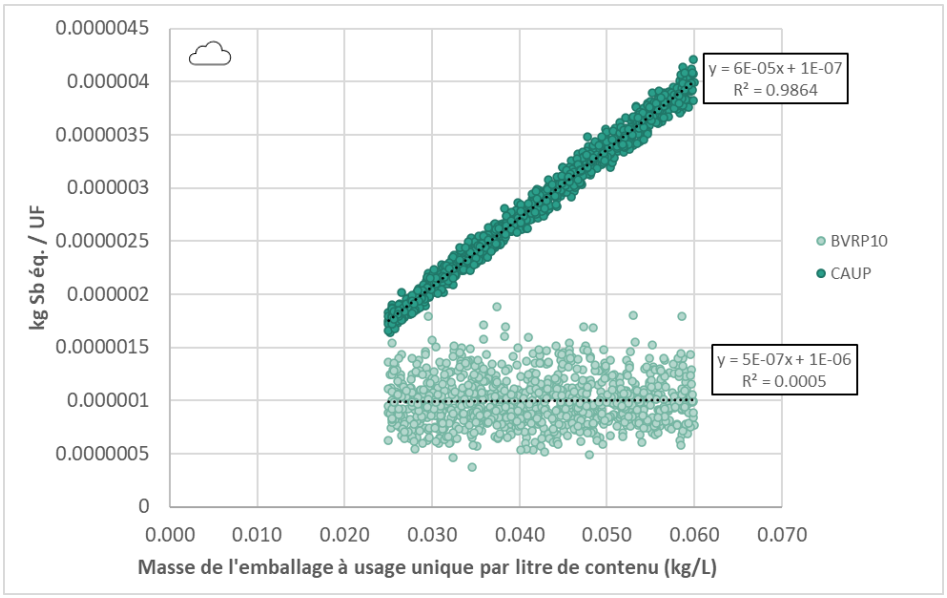


Figure 91 : Scénario 10 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur d'épuisement des ressources minérales et métalliques selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en aluminium – graphe "range "

Les contributions de l'option à usage unique à cette catégorie d'impact sont très fortement influencées par la masse de la canette en aluminium (paramètre en abscisse). Ce paramètre n'influence pas l'option réemployable en verre.

Le nuage de points présenté dans le graphe "range-delta" ci-dessous tient cependant compte de toutes les masses et distances ainsi que de tous les nombres d'utilisations modélisées pour l'alternative réemployable.

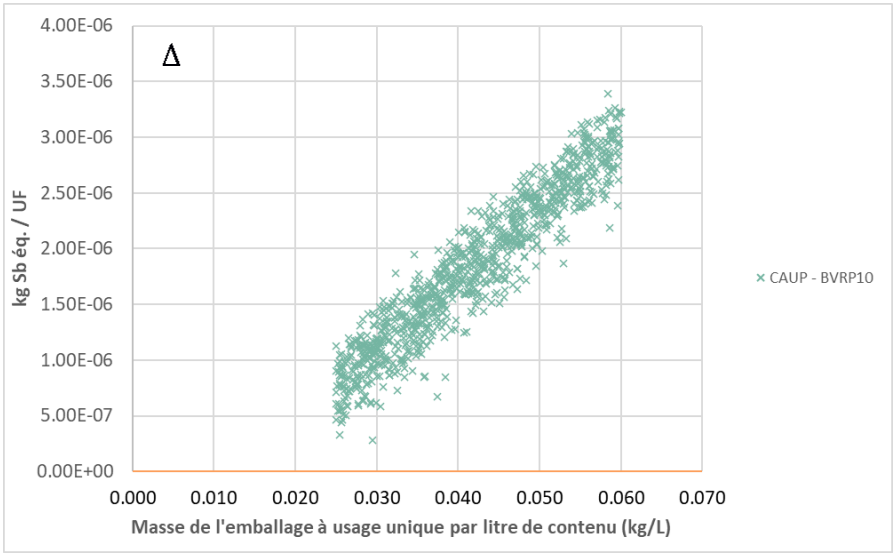


Figure 92 : Scénario 10 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur d'épuisement des ressources minérales et métalliques selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en aluminium – graphe "range-delta"

Il est ainsi observable que pour chaque valeur de masse modélisée pour la canette en aluminium, cette dernière présente des impacts plus importants que son alternative réemployable en verre.
Cette observation est commune à tous les paramètres étudiés, les impacts de l'option à usage unique étant plus importants au regard de cet indicateur pour chaque itération calculée.



- **L'option réemployable est généralement plus performante que l'option à usage unique** à l'égard de l'épuisement des ressources minérales et métalliques, selon la modélisation réalisée.

8.6.3.3. Contributions aux autres catégories d'impacts

La Figure 93 représente les contributions des deux solutions d'emballage à la catégorie d'impact d'émission de particules, en fonction du nombre d'utilisations de l'option réemployable. Ce paramètre influence de manière notable les impacts de l'option réemployable, mais n'influence pas les résultats associés à l'option à usage unique.

Seul l'indicateur "Emission de particules" est présenté ci-dessous car il est considéré que les tendances observées pour celui-ci sont représentatives de celles observées pour l'indicateur d'acidification, pour les mêmes paramètres.

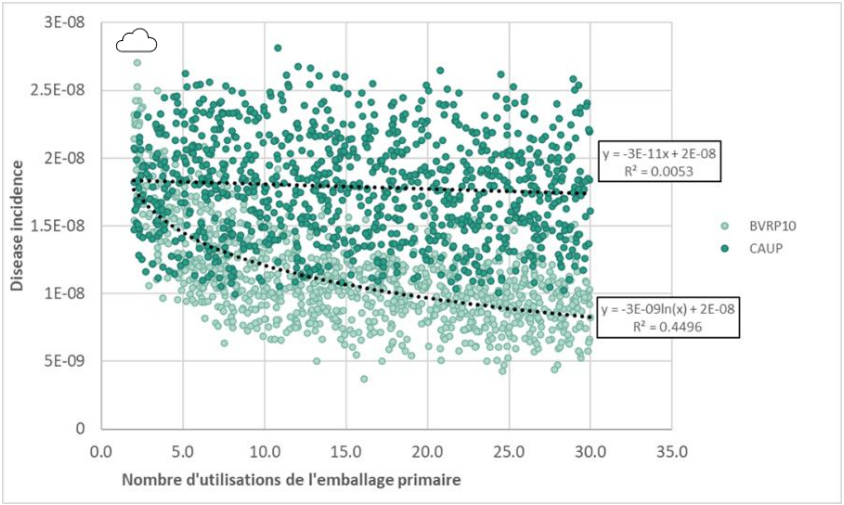


Figure 93 : Scénario 10 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur d'émission de particules selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range"

Les deux nuages de points se confondant, il est nécessaire de recourir à une comparaison via graphe "range-delta". Celui-ci est présenté en Figure 94.

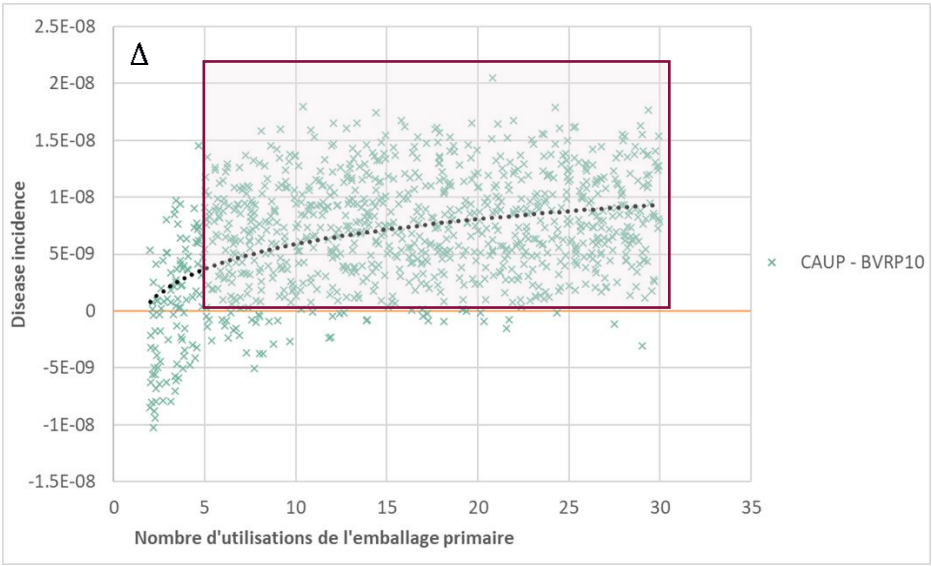


Figure 94 : Scénario 10 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur d'émission de particules selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range-delta"

La comparaison réalisée révèle que l'option réemployable est plus avantageuse dans une majorité de situations au-delà de 5 utilisations environ. Une sous-scénarisation supplémentaire est toutefois réalisée pour affiner ces conclusions.

La Figure 95 reprend le diagramme en arbre développé dans le cadre des comparaisons entre canettes en aluminium à usage unique et bouteilles réemployables en verre, à l'égard des catégories d'émission de particules et d'acidification.

Ce diagramme en arbre a été construit sur base de l'établissement et de l'analyse de différents graphes range et/ou range delta (voir section à adapter) selon la pertinence des enrichissements qu'ils apportent.

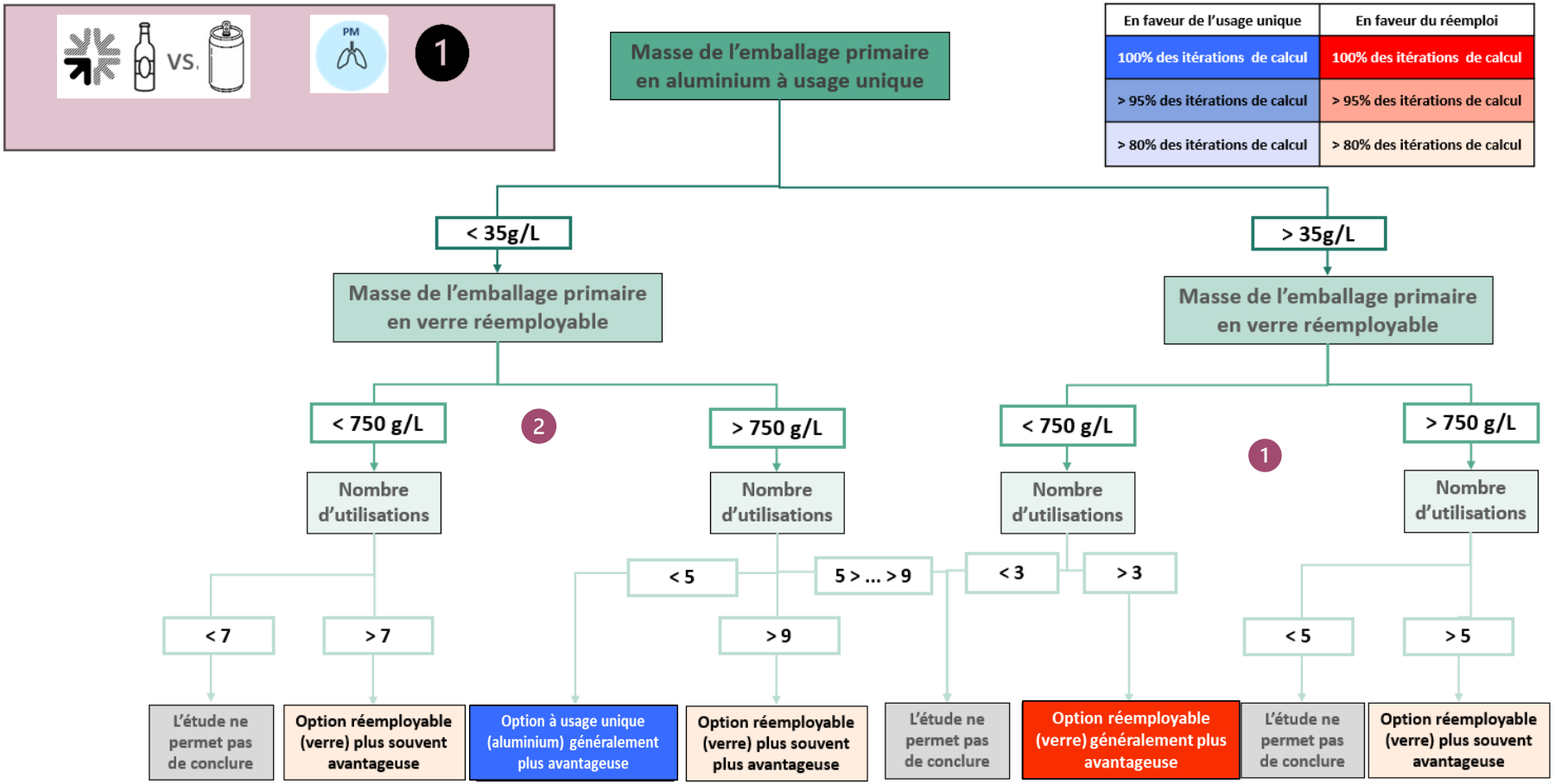


Figure 95 : Scénario 10 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories d'émission de particules et d'acidification

Les points de basculement sont déterminés sur la base du résultat des différentes itérations de calcul prenant en compte la variabilité de l'ensemble des paramètres opérationnels modélisés dans les scénarios. Pour chaque itération, la détermination du caractère plus avantageux d'une solution sur l'autre n'est pas nécessairement significative compte tenu des sources d'incertitudes autres que celles modélisées. De ce fait, il convient d'interpréter avec prudence la valeur de ces points de basculement (voir section 7.3.)

Les paragraphes suivants explicitent les graphiques qui ont été analysés pour élaborer le diagramme en arbre.

1 2	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 96 et la Figure 97 représentent le graphe “range-delta” présenté en Figure 94, en isolant graphiquement les itérations correspondant :

- à des masses d’aluminium supérieures et inférieures à 35 g/L pour l’emballage primaire à usage unique,
- et à des masses de verre supérieures et inférieures à 750 g/L pour l’emballage primaire réemployable.

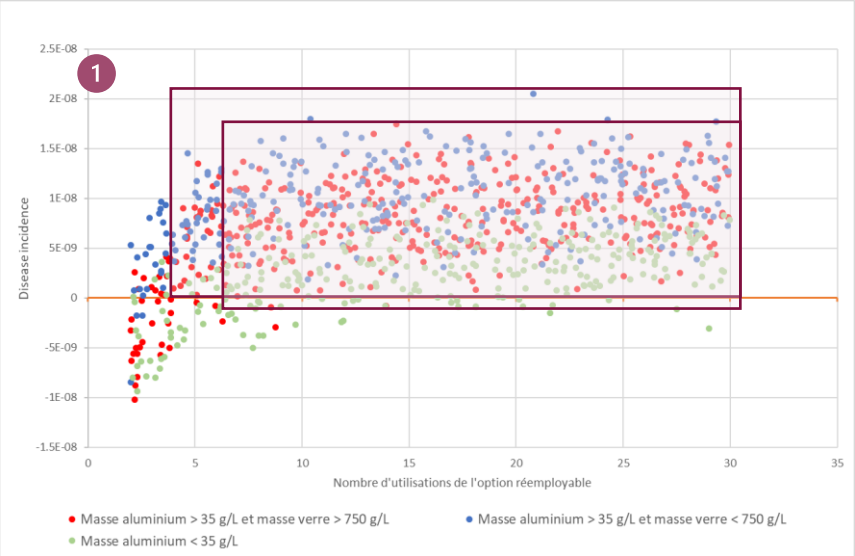


Figure 96 : Scénario 10 – Comparaison des contributions de l’option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l’indicateur d’émission de particules selon le nombre d’utilisations et la masse de l’emballage primaire réemployable, et la masse de l’emballage primaire à usage unique – graphe “range-delta”

Cette sous-scénarisation indique que, comparées à des canettes en aluminium de plus de 35 g/L (qui représentent la majorité de l’échantillon collecté), les bouteilles en verre de masse inférieure à 750 g/L sont généralement plus avantageuses dès leur 4ème utilisation, et les bouteilles en verre de masse supérieure à 750 g/L sont globalement plus avantageuses dès leur 6ème utilisation (Figure 96).

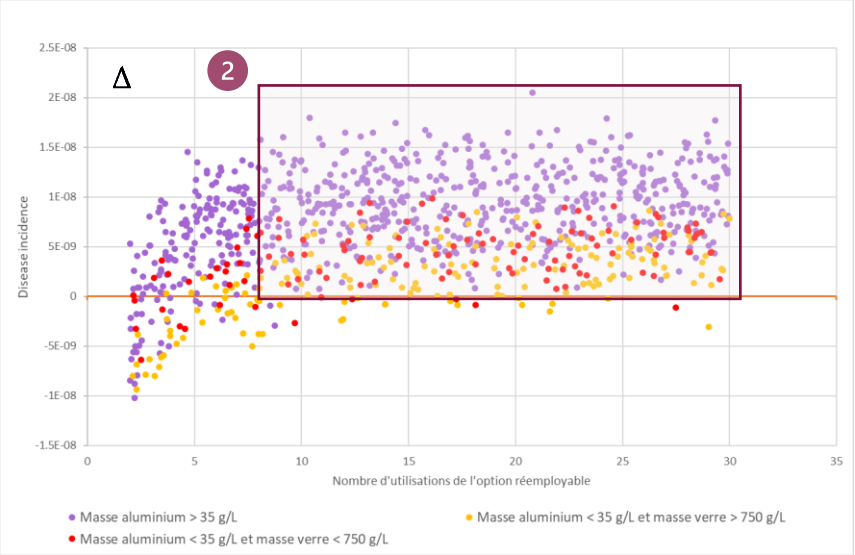


Figure 97 : Scénario 10 – Comparaison des contributions de l’option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l’indicateur d’émission de particules selon le nombre d’utilisations et la masse de l’emballage primaire réemployable, et la masse de l’emballage primaire à usage unique – graphe “range-delta”

Elle indique par ailleurs qu’à l’égard de l’indicateur d’émission de particules les bouteilles en verre réemployables sont globalement plus avantageuses que les canettes en aluminium de moins de 35 g/L dès leur 8ème utilisation lorsque leur masse est inférieure à 750 g/L, et dès leur 10ème utilisation lorsque leur masse est supérieure à 750 g/L (Figure 97).

8.6.3.4. Conclusions transversales

Les points de basculement identifiés suggèrent un avantage général de l'option réemployable par rapport aux canettes en aluminium de masses supérieures à 35 g/L (soit la majorité de l'échantillon collecté et des canettes mises en marché), pour des nombres d'utilisations élevés. Ce constat est d'autant plus net pour les catégories d'impact de changement climatique et d'épuisement des ressources fossiles (qui représentent la majorité des impacts normalisés et pondérés), et cet avantage est d'autant plus marqué lorsque des bouteilles en verre légères sont considérées (moins de 800 g/L, par exemple).

La production de la canette en aluminium contribuant de manière significative à la catégorie d'impacts d'épuisement des ressources minérales et métalliques, l'option réemployable est par ailleurs plus avantageuse que l'option à usage unique à l'égard de cet indicateur, pour toutes les situations modélisées.

8.7. Scénario 11



Comparaison des emballages conditionnant des **boissons** distribuées **aux particuliers** entre :

- une **bouteille en PET réemployable** vendue avec un emballage de regroupement réemployable (caisse en PEhd) et
- une **bouteille en PET à usage unique** vendue avec un emballage de regroupement en film plastique PEbd.

8.7.1. Résultats totaux et contributions par étape du cycle de vie (cas illustratifs)

8.7.1.1. Bouteille en PET réemployable

Le Tableau 76, la Figure 98 et la Figure 99 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie de la **bouteille en PET réemployable** aux principales catégories d'impact étudiées, pour 5 et 15 utilisations.

⚠

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 7, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



Les étapes du cycle de vie les plus contributrices pour la **bouteille en PET réemployable varient en fonction des catégories d'impact étudiées.**

- La contribution relative de la phase de production de l'emballage primaire diminue lorsque le nombre d'utilisations augmente.
- Les impacts absolus de la distribution, de la production d'emballages additionnels et des systèmes de fermeture sont les mêmes à chaque cycle. A l'inverse, les impacts relatifs de ces 3 phases augmentent avec le nombre d'utilisations.
- Les emballages de transport et les systèmes de fermeture étant à usage unique, leur production est donc répétée à chaque cycle de réemploi, contrairement à celle de l'emballage primaire et de l'emballage de regroupement.
- La contribution relative des étapes de transport (distribution et retour) et de lavage augmente également lorsque l'on passe de 5 à 15 utilisations, mais en proportions moins significatives que celle des emballages additionnels et systèmes de fermeture.
- Les contributions **absolues** de l'emballage en PET aux impacts de fin de vie sont de 65% pour 5 utilisations, et de 42% pour 15 utilisations (la fin de vie de la caisse en PEhd représente alors 24% des impacts de l'étape de fin de vie).

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif – 5 utilisations	Cas illustratif – 15 utilisations
Epuisement des ressources fossiles	MJ	2.92E+00	1.75E+00
Acidification	Moles H+ -eq.	4.96E-04	2.98E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	4.72E-04	2.91E-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	4.47E-09	2.75E-09
Changement climatique	kg CO2-eq.	1.39E-01	8.76E-02

Tableau 76 : Scénario 11 – Bouteille en PET réemployable – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

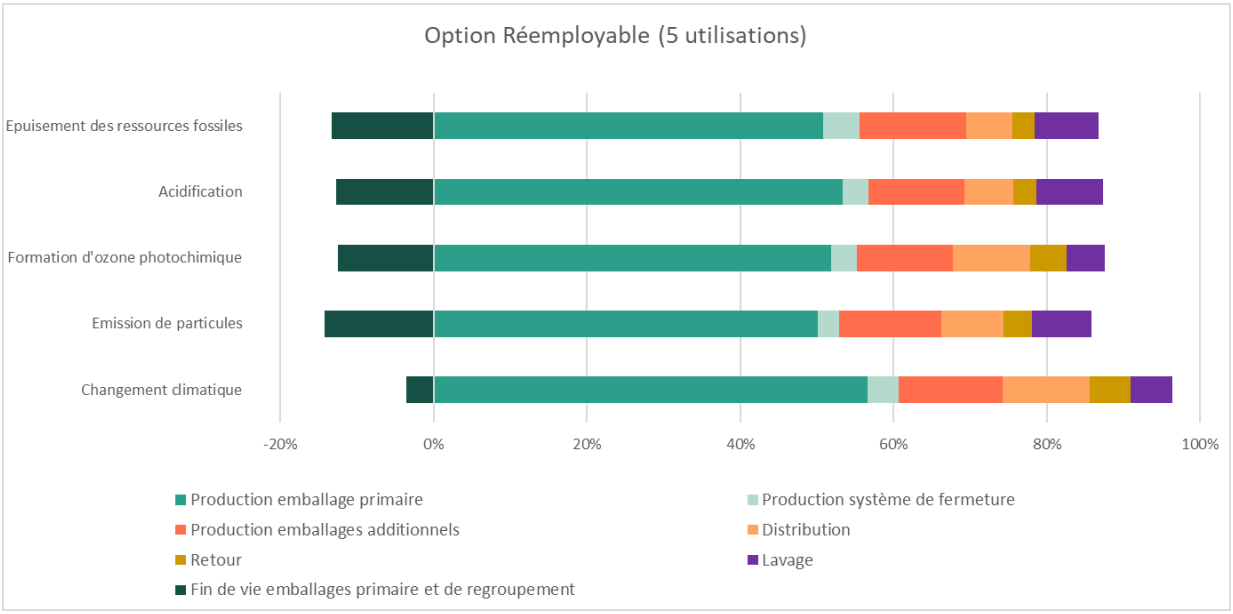


Figure 98 : Scénario 11 – Bouteille en PET réemployable (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

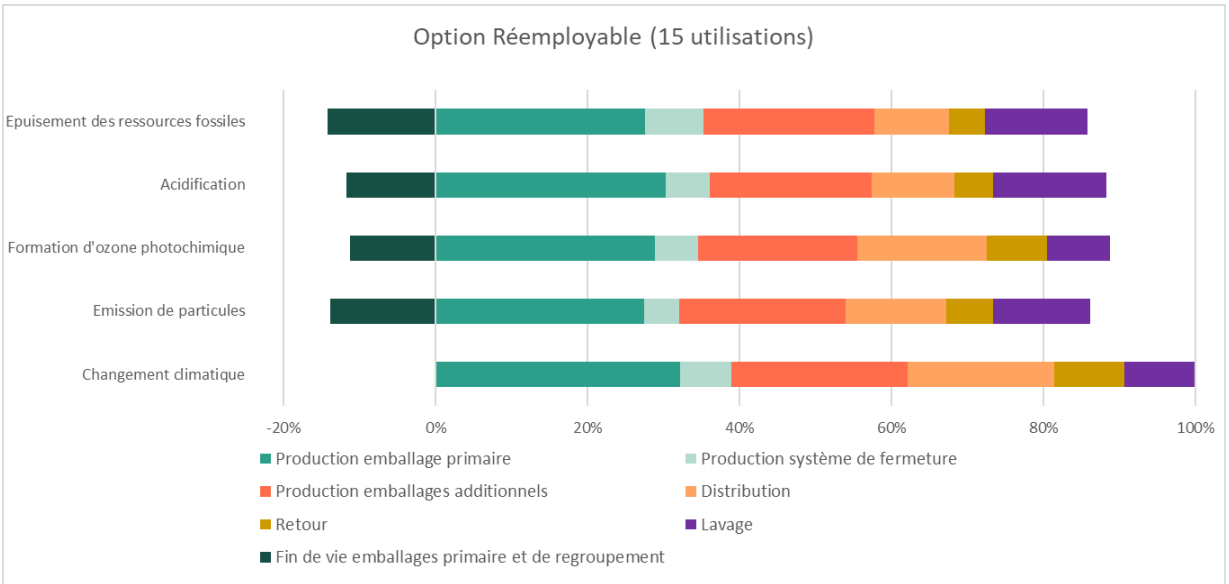


Figure 99 : Scénario 11 – Bouteille en PET réemployable (15 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.7.1.2. Bouteille en PET à usage unique

Le Tableau 77 et la Figure 100 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie de la **bouteille en PET à usage unique** aux principales catégories d'impact étudiées.

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 7, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



- L'étape du cycle de vie la plus contributrice pour la bouteille en PET à usage unique est la production de l'emballage primaire.

  Elle représente entre 70% et 79% de la contribution suivant la catégorie d'impact considérée. Au sein de cette phase de production les contributions des différents procédés se déclinent comme suit pour la catégorie d'impact de changement climatique (cette répartition étant proche de celles observées pour les indicateurs d'épuisement des ressources fossiles, d'acidification, de formation d'ozone photochimique et d'émission de particules) :

  - 51% des impacts sont liés à la production européenne de PET (qui représente 77.5% de la production totale modélisée)
  - 28% des impacts sont liés aux processus d'injection et de soufflage des préformes
  - 15% des impacts sont liés à la production hors Europe de PET (qui représente 22.5% de la production totale modélisée)
  - 3% des impacts sont liés à la production de PET recyclé, aussi bien en France que dans le reste de l'Europe
  - 2% des impacts sont liés au transport des préformes de PET entre leur site de production et leur site de soufflage et de remplissage
- L'étape de fin de vie (représentée à environ 80% par la fin de vie de l'emballage primaire, et à 10% par la fin de vie de l'emballage de regroupement) contribue entre 10% et 17% aux impacts absolus des différentes catégories d'impacts.
- Les étapes de production des emballages additionnels, systèmes de fermeture et de distribution contribuent peu.

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif
Epuisement des ressources fossiles	MJ	2.02E+00
Acidification	Moles H+ -eq.	3.90E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	3.79E-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	4.46E-09
Changement climatique	kg CO2-eq.	9.67E-02

Tableau 77 : Scénario 11 – Bouteille en PET à usage unique – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

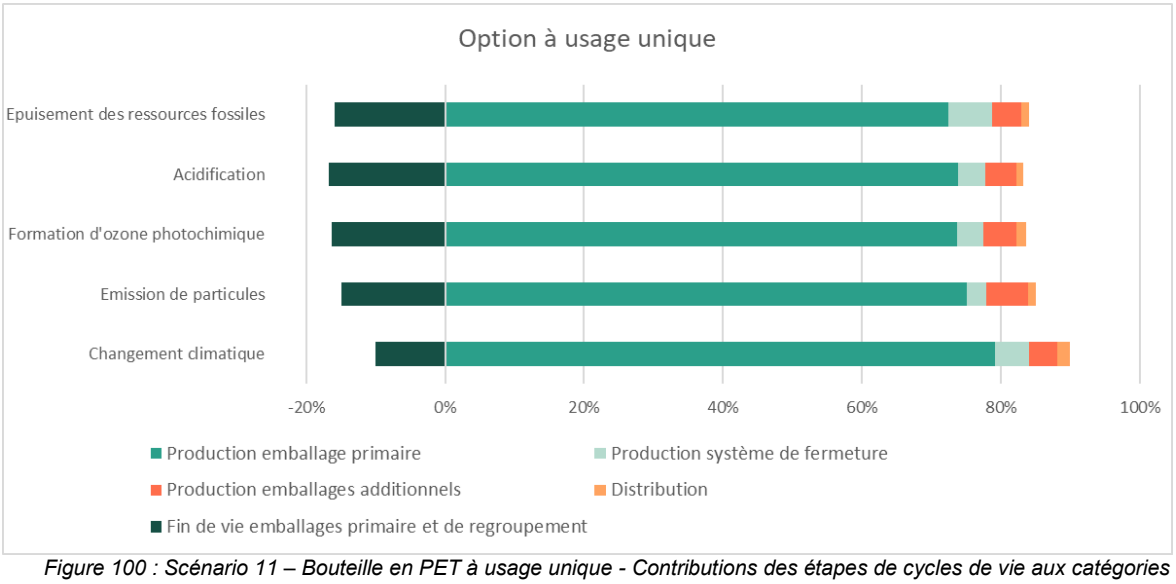


Figure 100 : Scénario 11 – Bouteille en PET à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.7.2. Résultats selon les gammes de valeur établies - Identification des paramètres influents

Dans cette étude, les paramètres influents sont par définition des paramètres d'entrée variables (modélisés par des gammes de valeurs).

D'autres paramètres d'entrée fixes peuvent contribuer fortement aux résultats mais ne pas apparaître dans les tableaux de paramètres influents. Il est cependant estimé (sur base des contributions des étapes du cycle de vie) que l'influence des paramètres fixes sur les résultats est secondaire.

Le Tableau 78 reprend les paramètres dont la variabilité (via la modélisation de gammes de valeurs) influence le plus les contributions de chaque solution d'emballage aux catégories de changement climatique, d'épuisement des ressources fossiles, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'émission de particules.

Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées *l'épuisement des ressources minérales et métalliques)*		
Option à usage unique en PET 	+ + + + + + Degré d'influence	**Option réemployable en PET** 
Masse de l'emballage primaire		Nombre d'utilisations de l'emballage primaire Taux de recyclage de l'emballage primaire Masse de l'emballage primaire Caractéristiques de la caisse en PEhd Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution

Tableau 78 : Scénario 11 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptée l'épuisement des ressources minérales et métalliques)



Pour toutes les catégories d'impact étudiées, la **masse de l'emballage primaire** est le paramètre dont la variabilité influence le plus les résultats associés à l'option à usage unique.

Les paramètres dont la variabilité influence le plus les impacts de l'option réemployable sont :

- le **nombre d'utilisations de l'emballage primaire** (principalement)

  L'augmentation du nombre d'utilisations permet l'amortissement de ses impacts de production, en répartissant ses impacts entre plusieurs unités fonctionnelles (qui correspondent à plusieurs cycles de réemploi).

- Le **taux de recyclage de l'emballage primaire**

  De par la mobilisation de matière secondaire au lieu de l'extraction, de l'acheminement et (partiellement) de la transformation de matière première, l'incorporation de matière recyclée et le recyclage en fin de vie permettent l'évitement d'impacts de production par ailleurs

- la **masse de l'emballage primaire en PET**

  La masse influence directement les impacts associés à sa production, mais contribue aussi (à un degré moindre) aux impacts associés au transport en augmentant la masse chargée.

- Le **nombre d'utilisations, le volume et la masse de la caisse en PEHD**

- la **distance moyenne de transport amont** (entre le site de remplissage et le centre de distribution)

  Cette distance est directement corrélée aux diverses émissions associées au transport routier par camion et à la production et consommation de diesel.

8.7.3. Résultats selon les gammes de valeur établies - Comparaison entre l'option réemployable et l'option à usage unique

8.7.3.1. Contribution au changement climatique, à l'acidification, à la formation d'ozone photochimique et à l'épuisement des ressources fossiles

Dans le cadre des comparaisons liées au scénario 11, les tendances suivies par la catégorie d'impacts de changement climatique sont semblables à celles suivies par les indicateurs de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'épuisement des ressources fossiles.

La Figure 101 présente les contributions des deux solutions d'emballage à la catégorie d'impact de changement climatique en fonction du nombre d'utilisations de l'alternative réemployable.

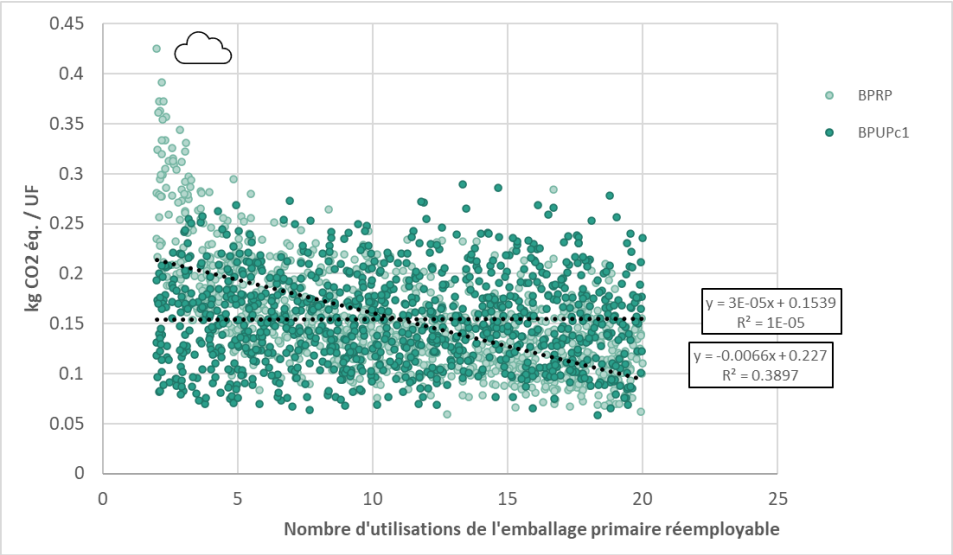


Figure 101 : Scénario 11 - Contributions de l'option à usage unique (BPUPc1) et réemployable (BPRP) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range"

Les deux nuages de points se confondant, il est nécessaire d'avoir recours à un graphe "range-delta", représenté dans la Figure 102.

Celui-ci permet difficilement de tirer des premiers enseignements et il est donc pertinent d'affiner ces résultats, notamment au regard de nombres d'utilisations plus faibles, pour identifier des points de basculement correspondant à des situations spécifiques.

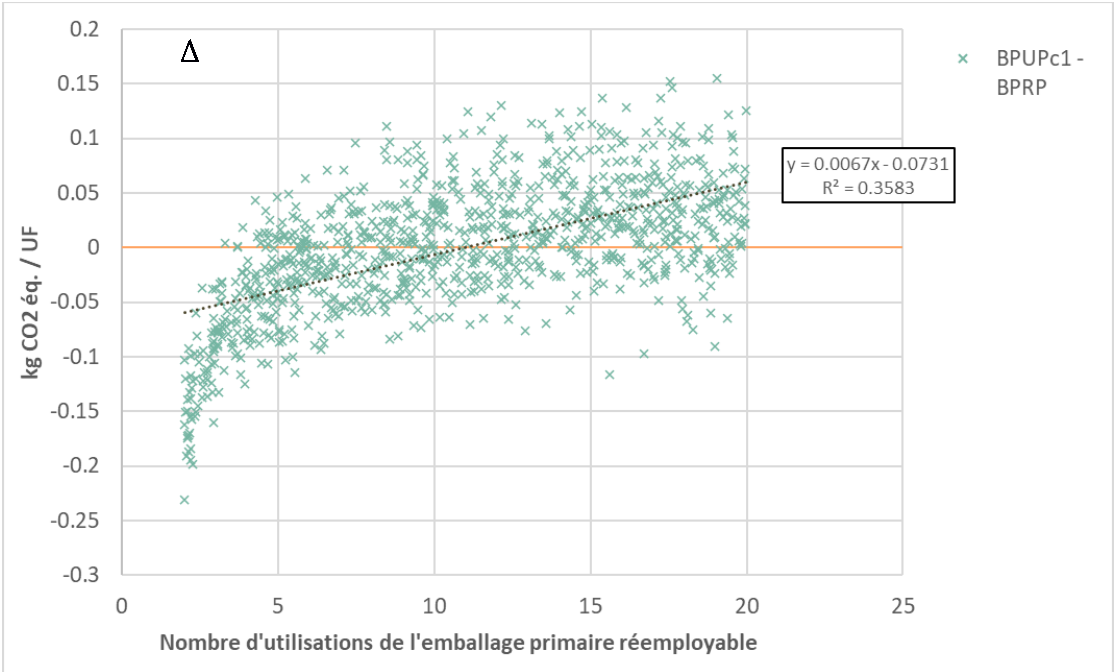


Figure 102 : Scénario 11 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUPc1) et réemployable (BPRP) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta"



- Le **nombre d'utilisations de l'emballage primaire** (de par l'amortissement des impacts de la production des emballages primaire et de regroupement ainsi que de la distribution au fil des cycles de réemploi) **influence fortement les comparaisons entre les options à usage unique et réemployable**.
- L'option à usage unique n'est pas influencée par ce paramètre. La variabilité induisant la dispersion verticale du nuage de points pour

cette solution est principalement liée à la masse de l'emballage primaire en PET.

Afin d'affiner les conclusions liées à ces comparaisons, une sous-scénarisation des résultats sur base des masses d'emballages modélisées est nécessaire. La recherche de points de basculement associés à diverses masses d'emballage primaire en PET réemployable a été réalisée et a mené au développement de la Figure 105, qui reprend le diagramme en arbre développé dans le cadre des comparaisons entre bouteilles en PET à usage unique et bouteilles en PET réemployables, à l'égard du changement climatique, de l'acidification, de la formation d'ozone photochimique et de l'épuisement des ressources fossiles.

Ce diagramme en arbre a été construit sur base de l'établissement et de l'analyse de différents graphes range et/ou range delta (voir Section 6.1) selon la pertinence des enrichissements qu'ils apportent.



- Pour des masses de l'emballage primaire à usage unique en PET **inférieures à 28 g/**L :
  - Les bouteilles en PET à usage unique sont plus souvent avantageuses que l'option réemployable pour des nombres d'utilisations **inférieurs à 12** ;
  - Les bouteilles en PET réemployables sont plus souvent avantageuses que les bouteilles en PET à usage unique après leur **12ème utilisation**, lorsqu'elles sont distribuées via des caisses en PEhd* utilisées 20 fois et sur des distances de transport inférieures à 150 km après remplissage.

Ces deux situations concernent une majorité du marché des eaux (en particulier l'eau plate), ainsi qu'une partie des sodas et jus.

En pratique, la majorité des emballages en PET à usage unique échantillonnés ont des masses inférieures à 28 g/L pour des contenances supérieures ou égales à 1L.

- Pour des masses de l'emballage primaire à usage unique en PET **supérieures à 28 g/L** :
  - L'option réemployable est généralement plus performante dès sa **12ème utilisation** par rapport à l'option à usage unique ;
  - L'option réemployable est par ailleurs plus souvent avantageuse que ces mêmes bouteilles dès leur 9ème utilisation lorsque la distance entre site de remplissage et centre de distribution est inférieure à 400 km.

Ces deux situations concernent tous les secteurs couverts, et principalement les sodas et jus.



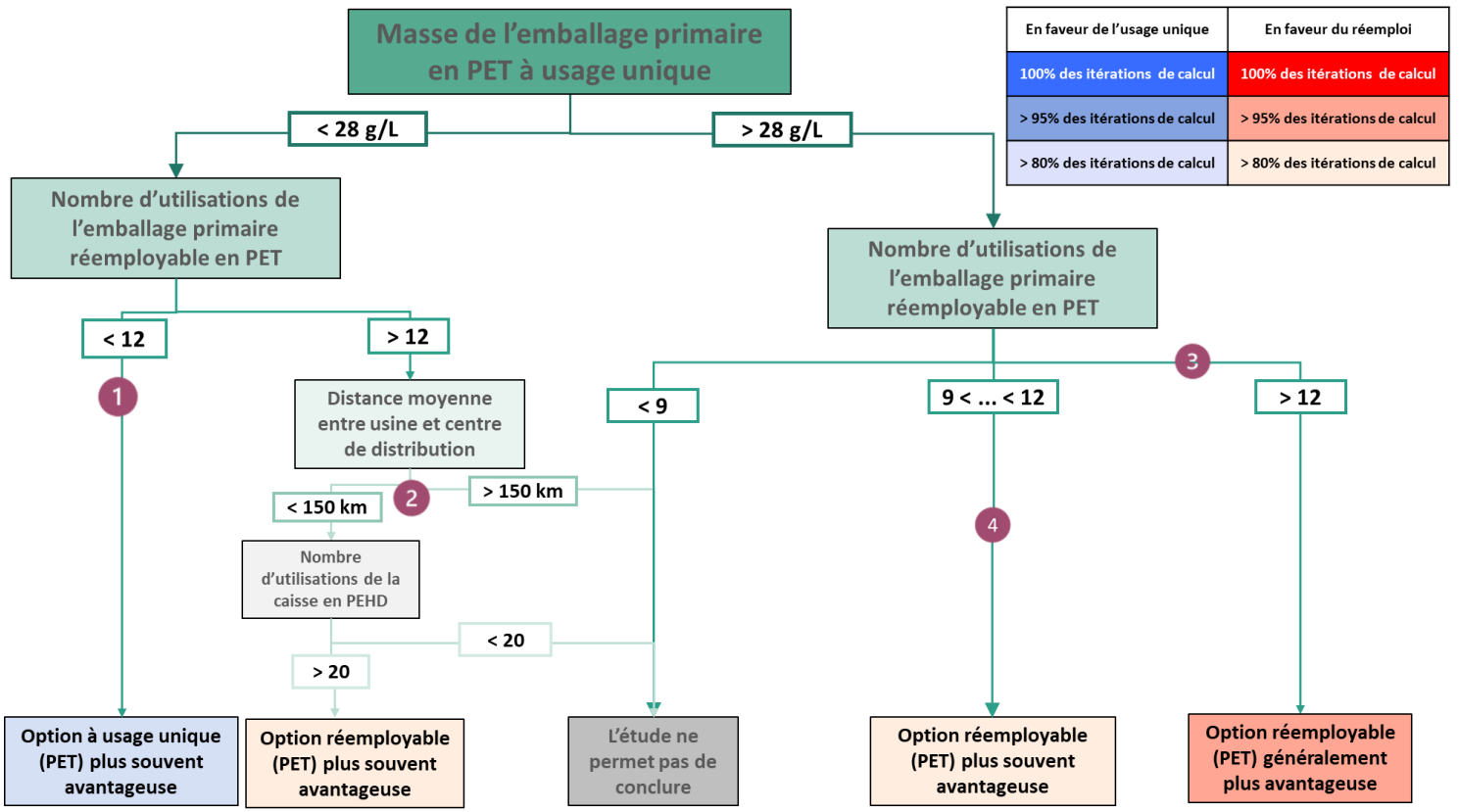


Figure 103 : Scénario 11 - Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'épuisement de ressources fossiles

** Dans un cas industriel pratique, la distance correspond à la moyenne pondérée des distances de transport amont (site de remplissage à centre de distribution) sur l'ensemble des circuits de transport concernés (voir 7.5.2).*

Les points de basculement sont déterminés sur la base du résultat des différentes itérations de calcul prenant en compte la variabilité de l'ensemble des paramètres opérationnels modélisés dans les scénarios. Pour chaque itération, la détermination du caractère plus avantageux d'une solution sur l'autre n'est pas nécessairement significative compte tenu des sources d'incertitudes autres que celles modélisées. De ce fait, il convient d'interpréter avec prudence la valeur de ces points de basculement (voir section 7.3.)

Les paragraphes suivants explicitent les graphiques qui ont été analysés pour élaborer le diagramme en arbre.

1	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 71 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement les itérations de calcul correspondant à la prise en compte d’une masse inférieure à 28 g/L (vert foncé) pour la bouteille en PET de celles supérieures à 28 g/L (vert clair).

Ce graphe révèle que pour des masses de PET inférieures à 28 g/L, l’option à usage unique est plus souvent avantageuse que l’option réemployable pour un nombre d’utilisations inférieur à 12.

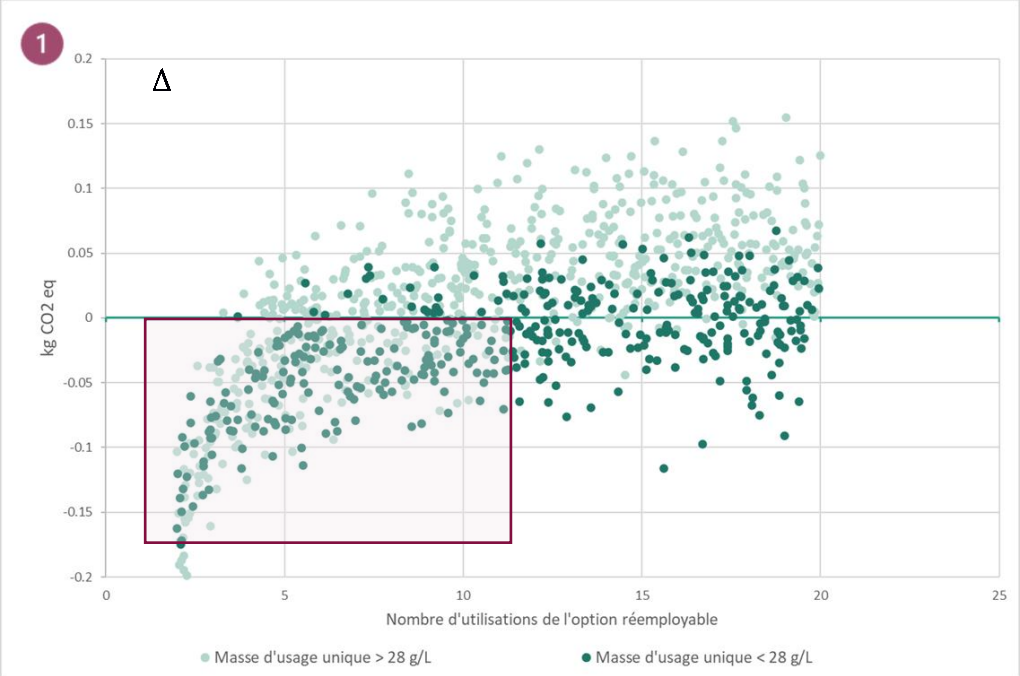


Figure 104 : Scénario 11 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique et réemployable à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations et la masse de l’option réemployable – graphe “range-delta”

En pratique, la majorité des emballages en PET à usage unique échantillonnés ont des masses inférieures à 28 g/L pour des contenances supérieures ou égales à 1L. Pour de contenances plus faibles (inférieures ou égales à 0.9L), la plupart des masses des emballages à usage unique échantillonnés sont supérieures à 28g/L (cf. section 11.8.2).

En vue de conclure pour des nombres d’utilisations plus élevés, il est nécessaire de prendre en considération la distance moyenne de transport amont ainsi que le nombre d’utilisations des caisses en PEHD.

2	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 105 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement les itérations de calcul correspondant à des bouteilles de masses de PET inférieures à 28 g/L,, distribuées via des distances amont moyennes inférieures à 150 km dans des caisses en PEH réemployées au moins 20 fois.

Ce graphe révèle que pour ces distances de transport amont et nombres de réutilisation de la caisse, les bouteilles en PET réemployables sont plus souvent avantageuses que les bouteilles à usage unique de masses inférieures à 28 g/L lorsqu’elles sont utilisées au moins 12 fois.

Pour des distances supérieures à 150 km ou des nombres d’utilisations de la caisse en PEHD inférieurs à 20, l’étude ne permet pas de conclure.

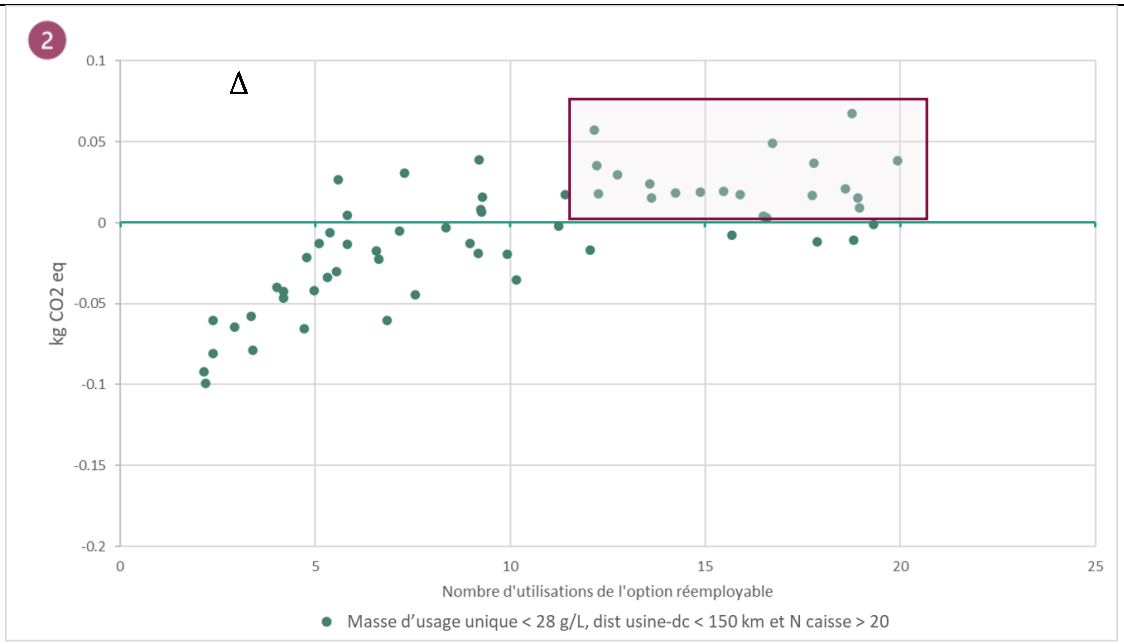


Figure 105 : Scénario 11 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUPc1) et réemployable (BPRP) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire, celui des caisses en PEHD et la masse des options réemployable et à usage unique – graphe "range-delta"

En vue de conclure pour des masses de PET plus élevés, il est nécessaire de sous-scénariser en prenant en considération le nombre d'utilisations des emballages primaires.

3	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 106 présente un graphe “range-delta” en isolant graphiquement (en vert clair) les itérations de calcul correspondant à des masses de PET supérieures à 28 g/L.

Les résultats révèlent que l’option réemployable est généralement plus performante que l’option à usage unique de masse supérieure à 28 g/L pour des nombres d’utilisation supérieurs à 12.

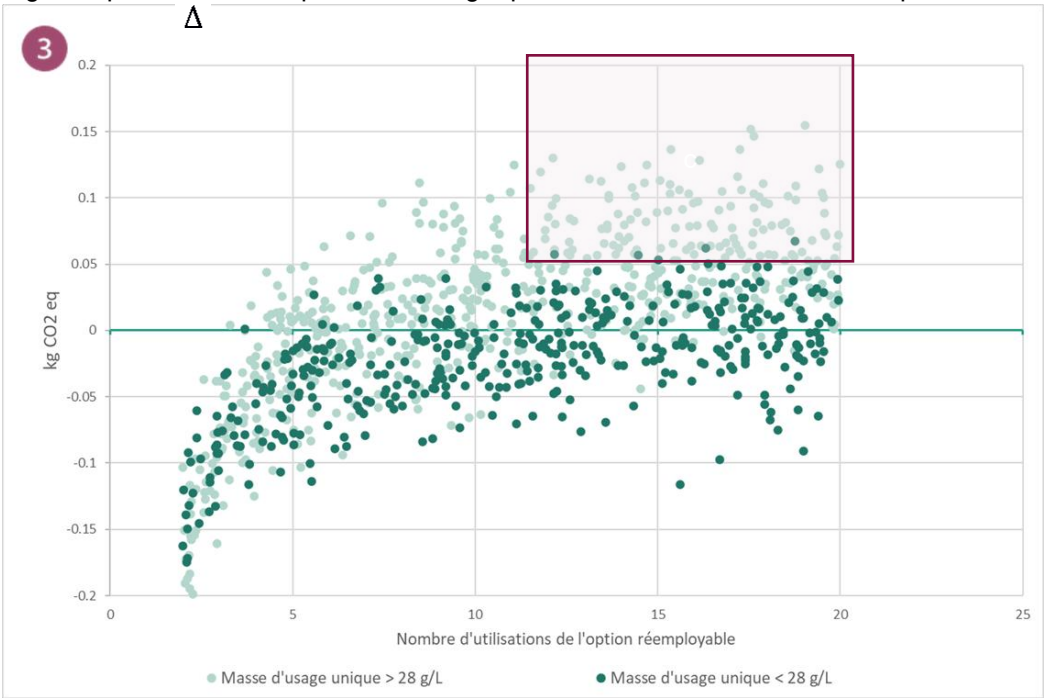


Figure 106 : Scénario 11 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique et réemployable à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations et la masse des options réemployable et à usage unique – graphe “range-delta”

En vue de conclure pour des nombres d’utilisations plus faibles, il convient de sous-scénariser en prenant en considération la distance amont moyenne de transport entre l’usine et le centre de distribution.

4	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 107 présente un graphe “range-delta” en isolant graphiquement les itérations de calcul correspondant à des masses de PET supérieures à 28 g/L.

Les résultats révèlent que l’option réemployable pour ces valeurs de masse est souvent plus avantageuse que l’option à usage unique pour des nombres d’utilisation compris entre 9 et 12. En-deçà de 9 utilisations, l’étude ne permet pas de conclure.

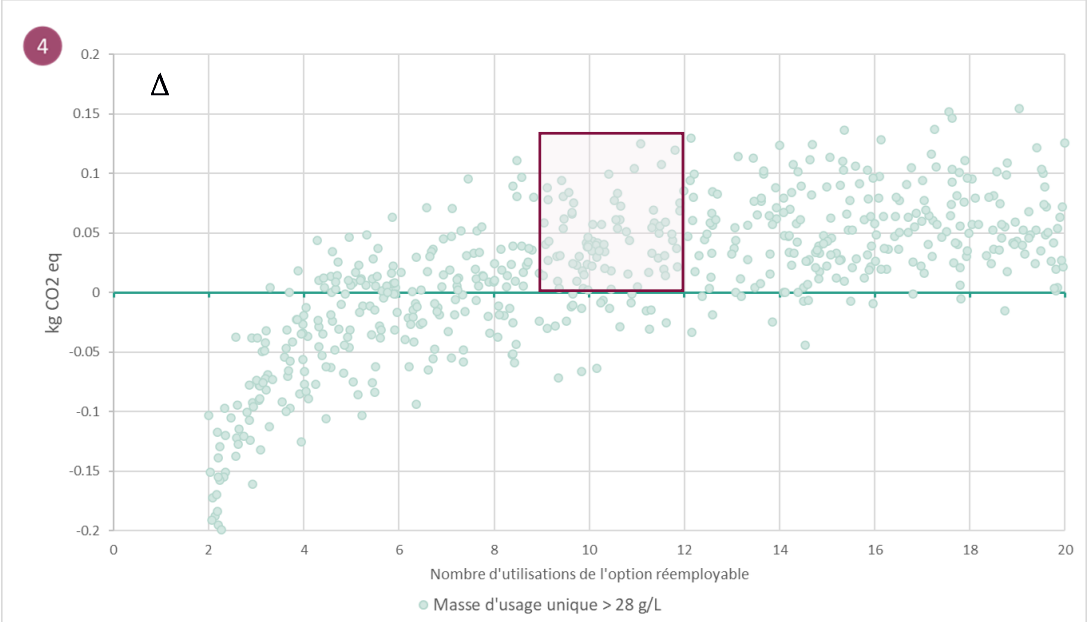
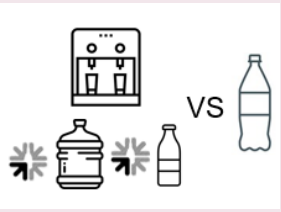


Figure 107 : Scénario 11 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique et réemployable à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations, la masse des options réemployable et à usage unique et la distance de transport amont – graphe “range-delta”

Pour la **catégorie des émissions de particules**, les résultats sont davantage prononcés en faveur du réemploi mais la tendance générale observée est identique à celle des autres catégories d’impacts détaillées dans la présente section.

La contribution de cette catégorie d’impacts aux résultats normalisés et pondérés étant faible par rapport aux autres catégories (5-7%), elle n’a pas été considérée comme essentielle à l’interprétation des résultats d’impacts et par conséquent, il n’y a pas d’arbre de décision propre à la catégorie des émissions de particules pour le scénario 11.

8.8. Scénario 12



Comparaison des emballages conditionnant des **boissons** distribuées **aux particuliers** entre :

- un **système de reremplissage** en magasin **d'une bouteille en verre consignée via bonbonnes en PET** réemployables et
- une **bouteille en PET à usage unique** vendue avec un emballage de regroupement en film plastique PEbd.

8.8.1. Résultats totaux et contributions par étape du cycle de vie (cas illustratifs)

8.8.1.1. Système de reremplissage d'une bouteille en verre consignée via bonbonnes en PET

Le Tableau 79, la Figure 108 et la Figure 109 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie **du système de reremplissage via bonbonnes en PET** aux principales catégories d'impact étudiées, pour 5 et 20 utilisations de la bouteille en verre utilisée pour le reremplissage.

Rappel terminologique concernant l'option réemployable :

- *Emballage primaire = la bouteille en verre réemployable*
- *Emballage de distribution = la bonbonne en PET réemployable*
- *Emballages additionnels = emballages de regroupement (absents pour l'option réemployable de ce scénario) et de transport (palettisation)*
- *(sauf mention contraire) Système de fermeture = le système de fermeture de la bouteille en verre réemployable*

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.8.3, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



Les étapes du cycle de vie les plus contributrices pour **le système de reremplissage via bonbonnes en PET varient en fonction des catégories d'impact étudiées.**

- La contribution relative des phases de production de l'emballage primaire (bouteille en verre) diminue lorsque le nombre d'utilisations augmente.

  Les impacts absolus de la distribution, de la production d'emballages additionnels et de distribution (bonbonnes) et des systèmes de fermeture sont les mêmes à chaque cycle. A l'inverse, les impacts relatifs de ces 4 phases augmentent avec le nombre d'utilisations de la bouteille en verre, étant donné que la contribution relative de la production des bouteilles diminue.
- Les systèmes de fermeture étant à usage unique, leur production est donc répétée à chaque cycle de réemploi, contrairement à celle de l'emballage primaire et de l'emballage de distribution.
- La contribution relative des étapes de transport (distribution et retour) et de lavage augmente également lorsque l'on passe de 5 à 20 utilisations de la bouteille en verre pour reremplissage, mais en proportions moins

significatives que celle des emballages additionnels et systèmes de fermeture.

- Les contributions **absolues de l'emballage en verre** aux impacts de fin de vie sont de 68% pour 5 utilisations, et de 35% pour 20 utilisations (la fin de vie du système de fermeture en acier représente alors 50% des impacts de l'étape de fin de vie).

A noter que :

- Le nombre d'utilisations fixé en cas illustratif pour la bonbonne en PET (25 utilisations) est indépendant du nombre d'utilisations (5 ou 20) considéré pour la bouteille en verre pour reremplissage. La contribution absolue de la production des bonbonnes ne varie donc pas entre ces deux cas illustratifs.
- Les systèmes de fermeture des bonbonnes en PET sont inclus dans la phase de production des emballages de distribution. Dans le cas des emballages primaires (bouteilles en verre réemployables), ils sont modélisés dans une phase séparée.
- Les étapes de fin de vie prennent en compte les impacts liés au traitement de l'emballage primaire et de son système de fermeture, ainsi que des emballages de transport.

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif – 5 utilisations	Cas illustratif – 20 utilisations
Epuisement des ressources fossiles	MJ	3.40E+00	2.25E+00
Acidification	Moles H+ -eq.	9.25E-04	5.32E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	7.35E-04	4.93E-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	8.72E-09	5.44E-09
Changement climatique	kg CO2-eq.	2.02E-01	1.24E-01

Tableau 79 : Scénario 12 – Système de reremplissage via bonbonnes en PET – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

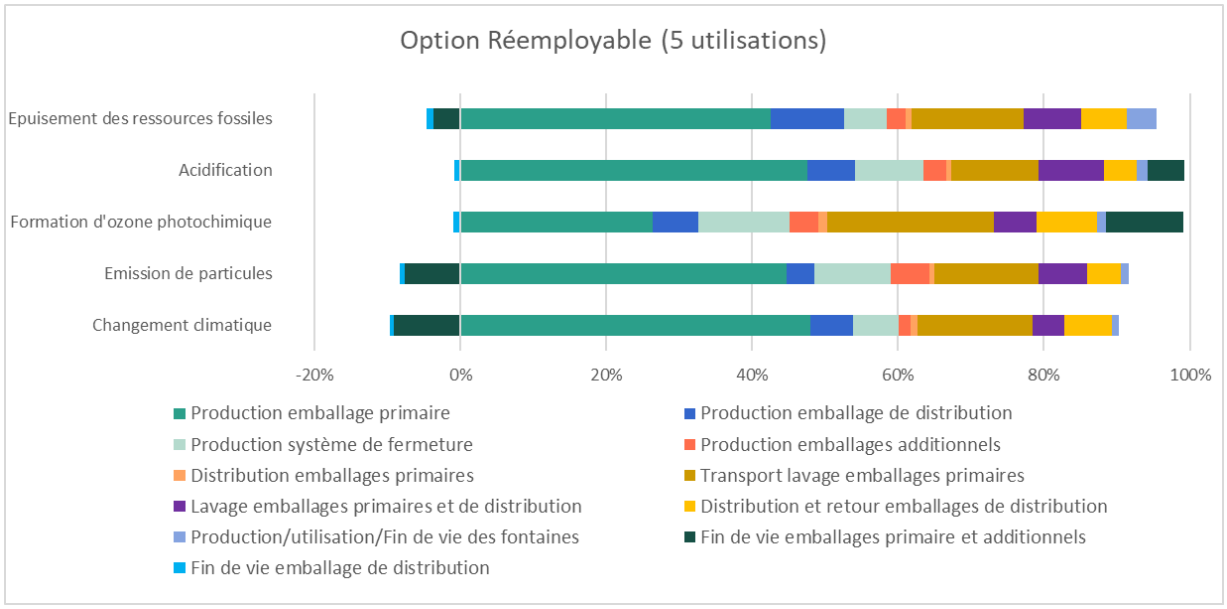


Figure 108 : Scénario 12 – Système de reremplissage via bonbonnes en PET (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

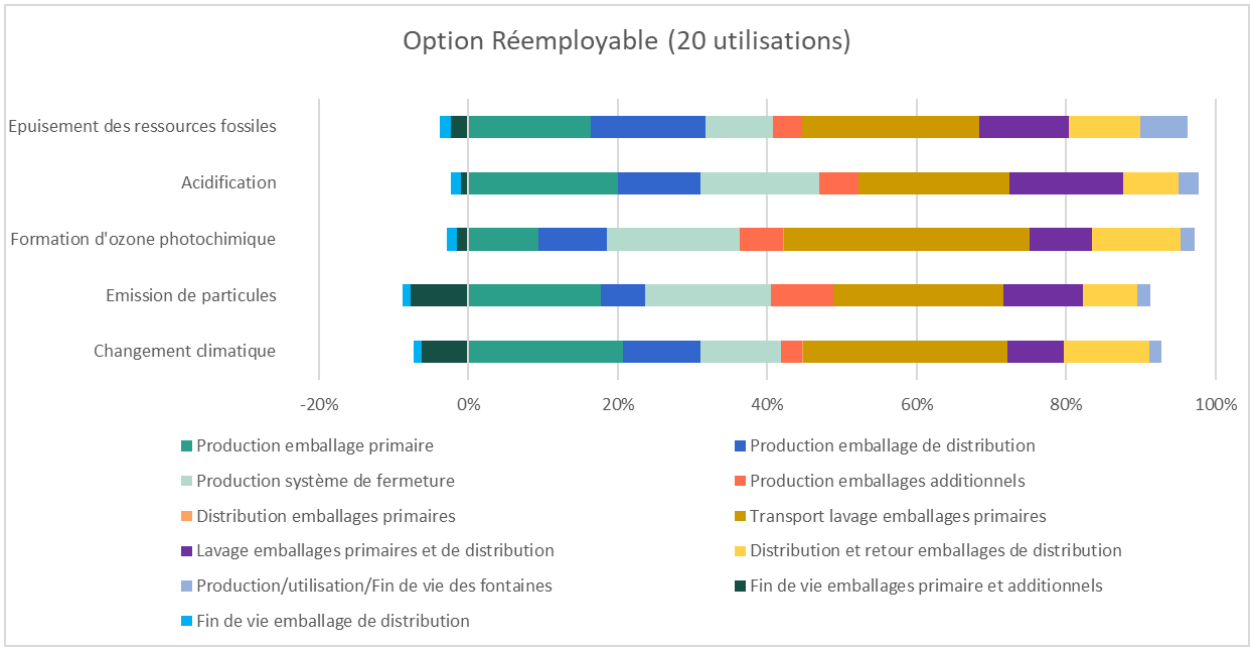


Figure 109 : Scénario 12 – Système de reremplissage via bonbonnes en PET (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.8.1.2. Bouteille en PET à usage unique

Le Tableau 80 et la Figure 110 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie de la **bouteille en PET à usage unique** aux principales catégories d'impact étudiées.

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.8.3 les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



- L'étape du cycle de vie la plus contributrice pour la bouteille en PET à usage unique est la production de l'emballage primaire.

  Elle représente entre 72% et 80% de la contribution suivant la catégorie d'impact considérée. Au sein de cette phase de production les contributions des différents procédés se déclinent comme suit pour la catégorie d'impact de changement climatique (cette répartition étant proche de celles observées pour les indicateurs d'épuisement des ressources fossiles, d'acidification, de formation d'ozone photochimique et d'émission de particules) :

  - 51% des impacts sont liés à la production européenne de PET (qui représente 77.5% de la production totale modélisée)
  - 28% des impacts sont liés aux processus d'injection et de soufflage des préformes
  - 15% des impacts sont liés à la production hors Europe de PET (qui représente 22.5% de la production totale modélisée)
  - 3% des impacts sont liés à la production de PET recyclé, aussi bien en France que dans le reste de l'Europe
  - 2% des impacts sont liés au transport des préformes de PET entre leur site de production et leur site de soufflage et de remplissage
- L'étape de fin de vie (représentée à environ 80% par la fin de vie de l'emballage primaire, et à 10% par la fin de vie de l'emballage de regroupement) contribue entre 9% et 17% aux différentes catégories d'impacts.
- Les étapes de production des emballages additionnels, systèmes de fermeture et de distribution contribuent peu.

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif
Epuisement des ressources fossiles	MJ	2.09E+00
Acidification	Moles H+ -eq.	4.03E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	3.92E-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	4.54E-09
Changement climatique	kg CO2-eq.	1.02E-01

Tableau 80 : Scénario 12 – Bouteille en PET à usage unique – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

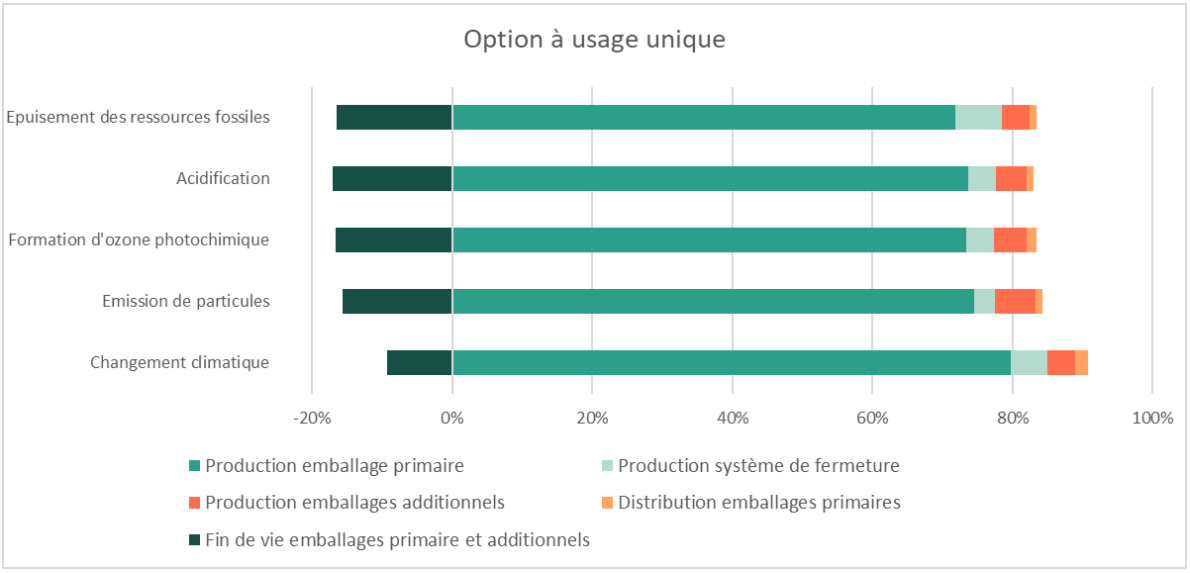


Figure 110 : Scénario 12 – Bouteille en PET à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.8.2. Résultats selon les gammes de valeur établies - Identification des paramètres influents

Dans cette étude, les paramètres influents sont par définition des paramètres d'entrée variables (modélisés par des gammes de valeurs).

D'autres paramètres d'entrée fixes peuvent contribuer fortement aux résultats mais ne pas apparaître dans les tableaux de paramètres influents. Il est cependant estimé (sur base des contributions des étapes du cycle de vie) que l'influence des paramètres fixes sur les résultats est secondaire.

Le Tableau 81 reprend les paramètres dont la variabilité (via la modélisation de gammes de valeurs) influence le plus les contributions de chaque solution d'emballage aux catégories de changement climatique, d'épuisement des ressources fossiles, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'émission de particules.

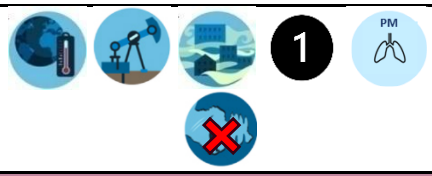
Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptée *l'épuisement des ressources minérales et métalliques)*		
Option à usage unique en PET 		**Option réemployable** 
Masse de l'emballage primaire		Nombre d'utilisations de l'emballage primaire (bouteille en verre) Masse de l'emballage primaire (bouteille en verre)

Tableau 81 : Scénario 12 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptée l'épuisement des ressources minérales et métalliques)



Pour toutes les catégories d'impact étudiées, la **masse de l'emballage primaire** est le paramètre dont la variabilité influence le plus les résultats associés à l'option à usage unique.

Les paramètres dont la variabilité influence le plus les impacts de l'option réemployable sont :

- le **nombre d'utilisations de l'emballage primaire en verre** (principalement)

  L'augmentation du nombre d'utilisations permet l'amortissement de ses impacts de production, en répartissant ses impacts entre plusieurs unités fonctionnelles (qui correspondent à plusieurs cycles de réemploi).

- la **masse de l'emballage primaire en verre**

  La masse influence directement les impacts associés à sa production, mais contribue aussi (à un degré moindre) aux impacts associés au transport en augmentant la masse chargée.

8.8.3. Résultats selon les gammes de valeur établies - Comparaison entre l'option réemployable et l'option à usage unique

8.8.3.1. Contribution au changement climatique, à la formation d'ozone photochimique, à l'acidification et à l'puisement des ressources fossiles

Dans le cadre des comparaisons liées au scénario 12, les tendances suivies par la catégorie d'impacts de changement climatique sont semblables à celles suivies par les indicateurs de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'épuisement des ressources fossiles.

La Figure 111 présente les contributions des deux solutions d'emballage à la catégorie d'impact de changement climatique en fonction du nombre d'utilisations de l'alternative réemployable.

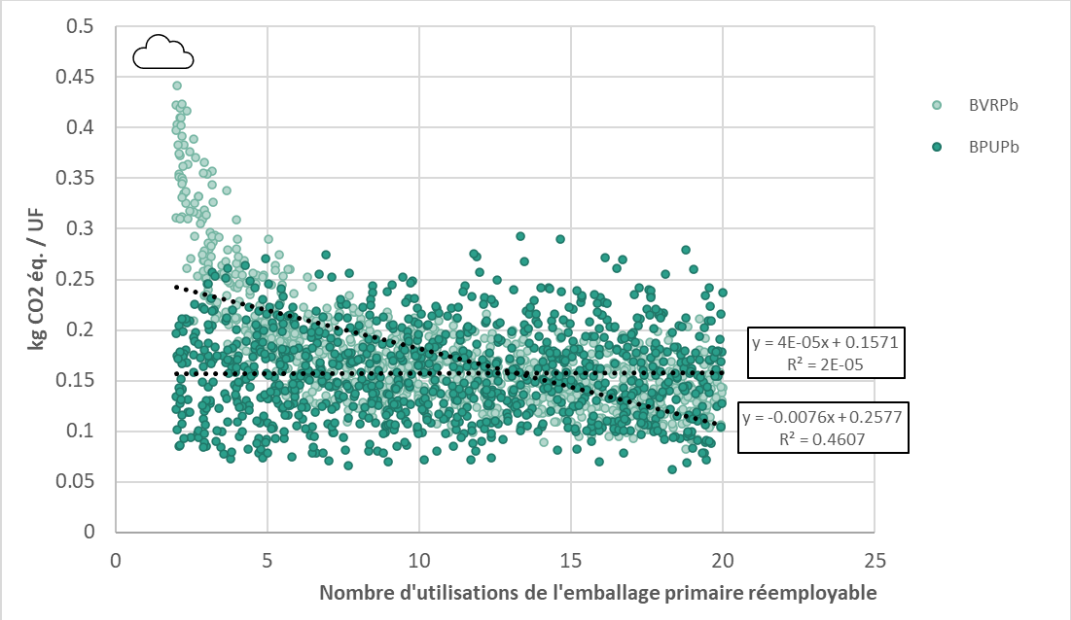


Figure 111 : Scénario 12 - Contributions de l'option à usage unique (BVRPb) et réemployable (BPUPb) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range" Figure 55.

Les deux nuages de points se confondant, il est nécessaire d'avoir recours à un graphe "range-delta", représenté dans la Figure 112.

Celui-ci permet difficilement de tirer des premiers enseignements et il est donc pertinent d'affiner ces résultats, notamment au regard de nombres d'utilisations plus faibles, pour identifier des points de basculement correspondant à des situations spécifiques.

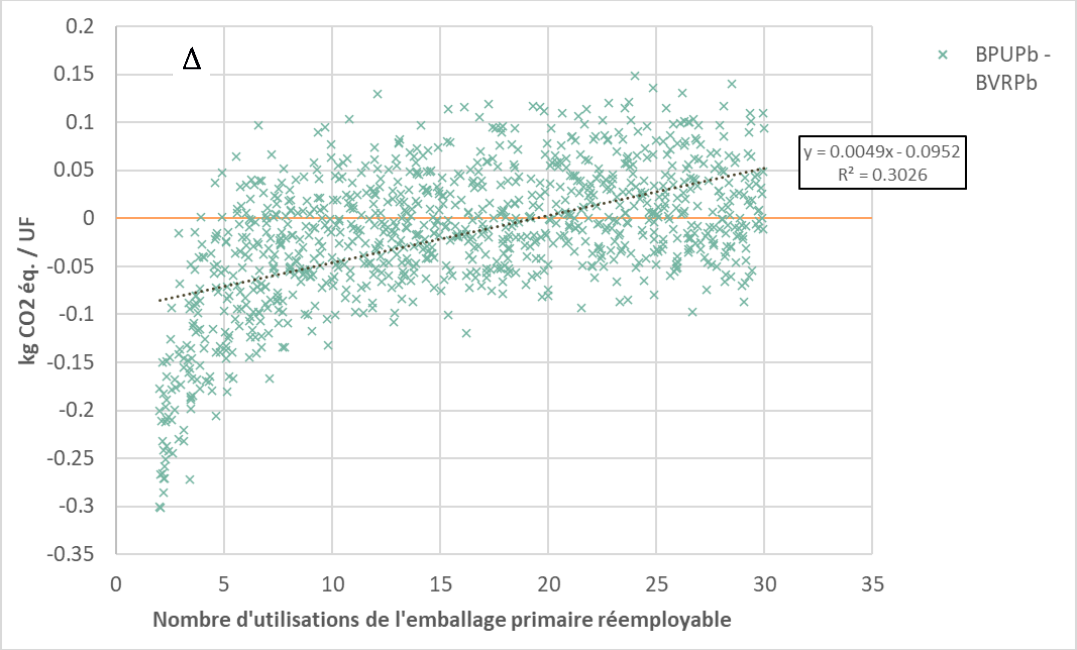


Figure 112 : Scénario 12 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVRPb) et réemployable (BPUPb) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta"







- Le **nombre d'utilisations de l'emballage primaire** (de par l'amortissement des impacts de la production des emballages primaire et de regroupement ainsi que de la distribution au fil des cycles de réemploi) **influence fortement les comparaisons entre les options à usage unique et réemployable**.
- L'option à usage unique n'est pas influencée par ce paramètre. La variabilité induisant la dispersion verticale du nuage de points pour cette solution est principalement liée à la masse de l'emballage primaire en polypropylène.
- Afin d'affiner les conclusions liées à ces comparaisons, une sous-scénarisation des résultats sur base des masses d'emballages modélisées est nécessaire.

Afin d'affiner les conclusions liées à ces comparaisons, une sous-scénarisation des résultats sur base des masses d'emballages modélisées est nécessaire. La recherche de points de basculement associés à diverses masses d'emballage primaire en verre réemployable a été réalisée et a mené au développement de la Figure 113, qui reprend le diagramme en arbre développé dans le cadre des comparaisons entre un système de reremplissage d'une bouteille en verre consignée via bonbonnes en PET réemployables et une bouteille en PET à usage unique, à l'égard du changement climatique, de l'acidification, de la formation d'ozone photochimique et de l'épuisement des ressources fossiles.

Ce diagramme en arbre a été construit sur base de l'établissement et de l'analyse de différents graphes range et/ou range delta (voir Chapitre 6.1) selon la pertinence des enrichissements qu'ils apportent.





- Pour des masses de l'emballage primaire à usage unique en PET **inférieures à 20 g/L**, les bouteilles en PET à usage unique sont généralement plus avantageuses que l'option réemployable.

  En pratique, la majorité des emballages en PET à usage unique échantillonnés pour ce scénario ont des masses inférieures à 35 g/L. Les emballages échantillonnés pour lesquels ces masses dépassent les 35g/L sont principalement des bouteilles de jus de petite contenance (inférieure à 1L).

- Pour des masses de l'emballage primaire à usage unique en PET comprises entre **20 et 35 g/L** :
  - L'option à usage unique est généralement plus avantageuse lorsque l'option réemployable est remplie moins de 11 fois sur le lieu de vente.
  - L'option réemployable est généralement plus performante dès sa 11ème utilisation et lorsqu'elle est lavée à moins de 100 km de son point de collecte par rapport à la bouteille à usage unique.

  La gamme modélisée pour la distance de transport moyenne entre le magasin et le centre de lavage est de 50 à 200km.

- Pour des masses de l'emballage primaire à usage unique en PET **supérieures à 35 g/L** et pour des masses de l'emballage primaire en verre **inférieures à 750 g/L** :
  - L'option à usage unique est généralement plus avantageuse lorsque le nombre d'utilisations de l'option réemployable est inférieur à 5.
  - L'option réemployable est généralement plus performante dès sa 8ème utilisation.

- Pour des masses de l'emballage primaire à usage unique en PET **supérieures à 35 g/L** et pour des masses de l'emballage primaire en verre **supérieures à 750 g/L,** l'option réemployable est généralement plus avantageuse lorsqu'elle est utilisée au moins 8 fois et lavée à moins de 150 km de son point de collecte.

  En pratique, la totalité des emballages en verre réemployables échantillonnés pour les eaux et les jus ont des masses inférieures à 750 g/L.

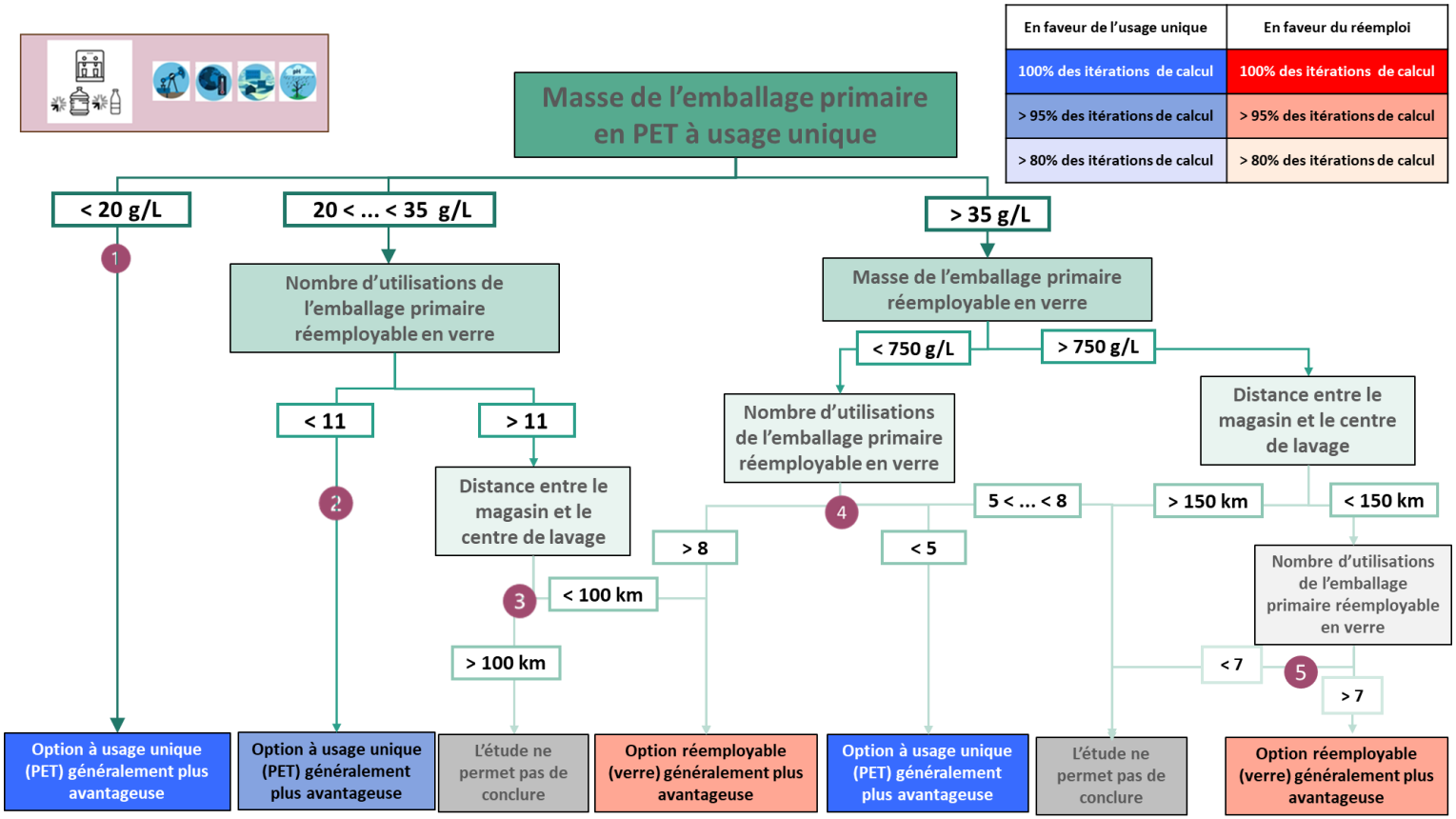


Figure 113 : Scénario 12 - Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'épuisement de ressources fossiles

** Dans un cas industriel pratique, la distance correspond à la moyenne pondérée des distances de transport amont (site de remplissage à centre de distribution) sur l'ensemble des circuits de transport concernés (voir 7.5.2).*

Les points de basculement sont déterminés sur la base du résultat des différentes itérations de calcul prenant en compte la variabilité de l'ensemble des paramètres opérationnels modélisés dans les scénarios. Pour chaque itération, la détermination du caractère plus avantageux d'une solution sur l'autre n'est pas nécessairement significative compte tenu des sources d'incertitudes autres que celles modélisées. De ce fait, il convient d'interpréter avec prudence la valeur de ces points de basculement (voir section 7.3.)

Les paragraphes suivants explicitent les graphiques qui ont été analysés pour élaborer le diagramme en arbre.

1	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 114 présente un graphe “range-delta” sur lequel l’axe horizontal correspond à la masse de l’emballage en PET à usage unique par litre de contenu.

Ce graphe révèle que pour des masses de l’emballage à usage unique en PET inférieures à 20 g/L, l’option à usage unique est généralement plus avantageuse que l’option réemployable

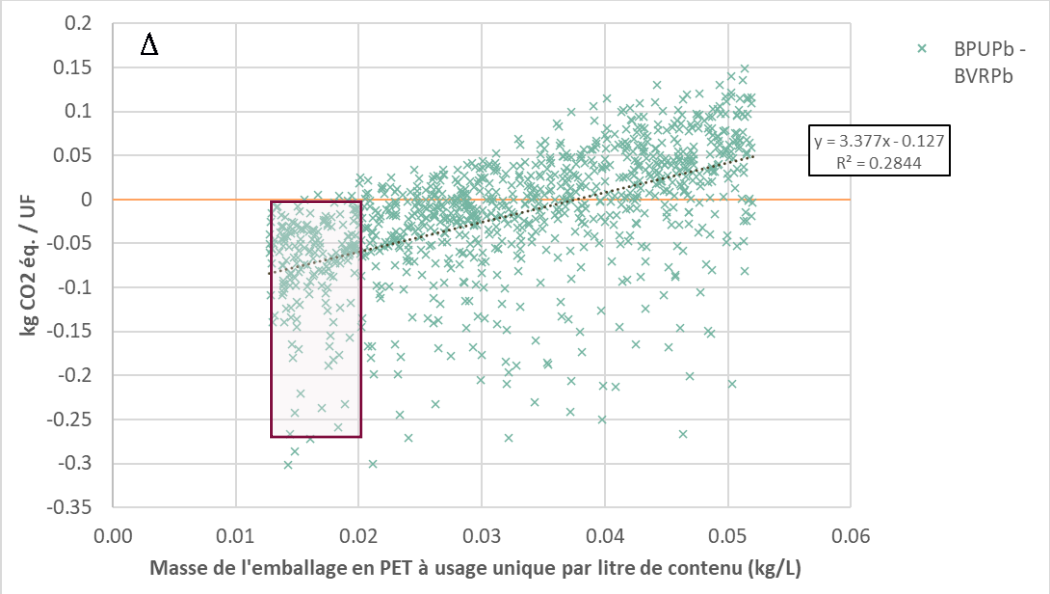


Figure 114 : Scénario 12 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique (BPUPb) et réemployable (BVRPb) à l’indicateur de changement climatique selon la masse de l’option à usage unique – graphe “range-delta”

En pratique, la majorité des emballages en PET à usage unique échantillonnés pour ce scénario (pour le marché des eaux) ont des masses inférieures à 35 g/L. Les emballages échantillonnés pour lesquels ces masses dépassent les 35g/L sont principalement des bouteilles de jus de contenance inférieure à 1L (cf. section 11.8.2).

En vue de conclure pour des masses de PET plus élevées, il est nécessaire de prendre en considération le nombre d’utilisations de l’emballage primaire réemployable ainsi que la distance de transport entre le magasin et le centre de lavage.

2	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 116 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement (en vert foncé) les itérations de calcul correspondant à des nombres d’utilisations l’emballage primaire réemployable inférieurs à 11. L’axe horizontal représente la masse de l’option à usage unique en PET.

Ce graphe révèle que pour des nombres d’utilisations inférieurs à 11, l’option à usage unique en PET de masse comprise entre 20 et 35g/L est généralement plus avantageuse que l’option réemployable.

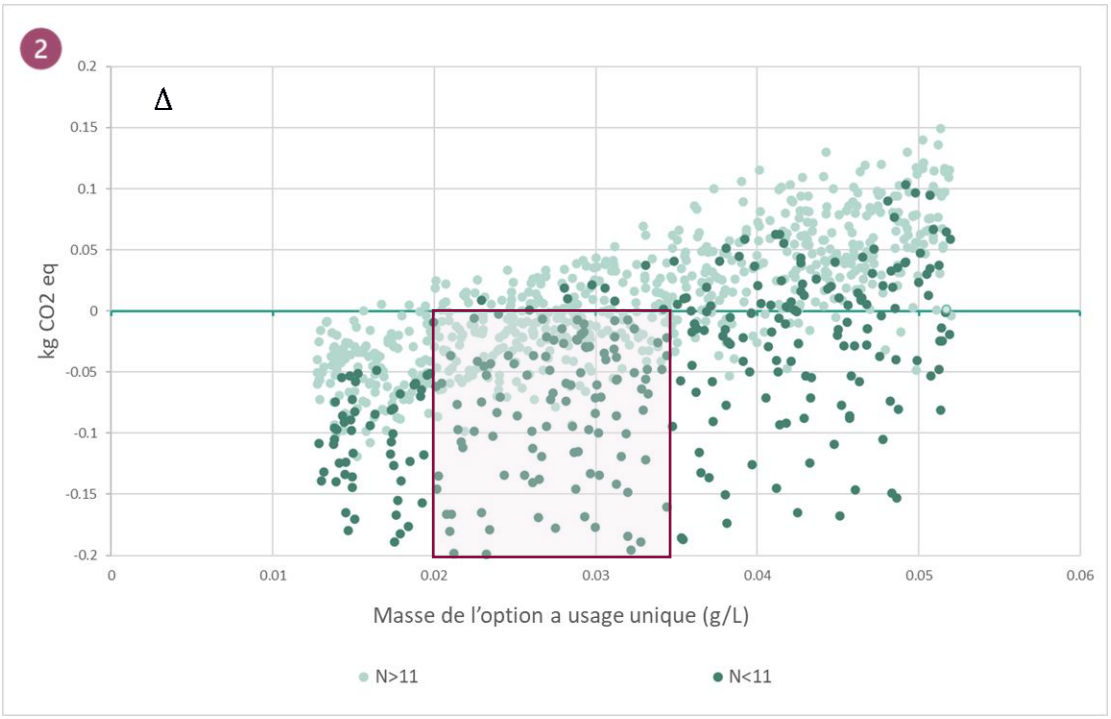


Figure 115 : Scénario 12 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique et réemployable à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations de l’emballage primaire réemployable et la masse de l’option à usage unique– graphe “range-delta”

3	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 116 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement (en vert foncé) les itérations de calcul correspondant à des nombres d’utilisations l’emballage primaire réemployable supérieurs à 11 et à des distances de transport entre le magasin et le centre de lavage inférieures à 100km. L’axe horizontal représente la masse de l’option à usage unique en PET.

Ce graphe révèle que pour ces nombres d’utilisations et ces distances de transport, les emballages réemployables sont généralement plus avantageux que ceux à usage unique pour des masses de PET à usage unique comprises entre 20 et 35g/L.

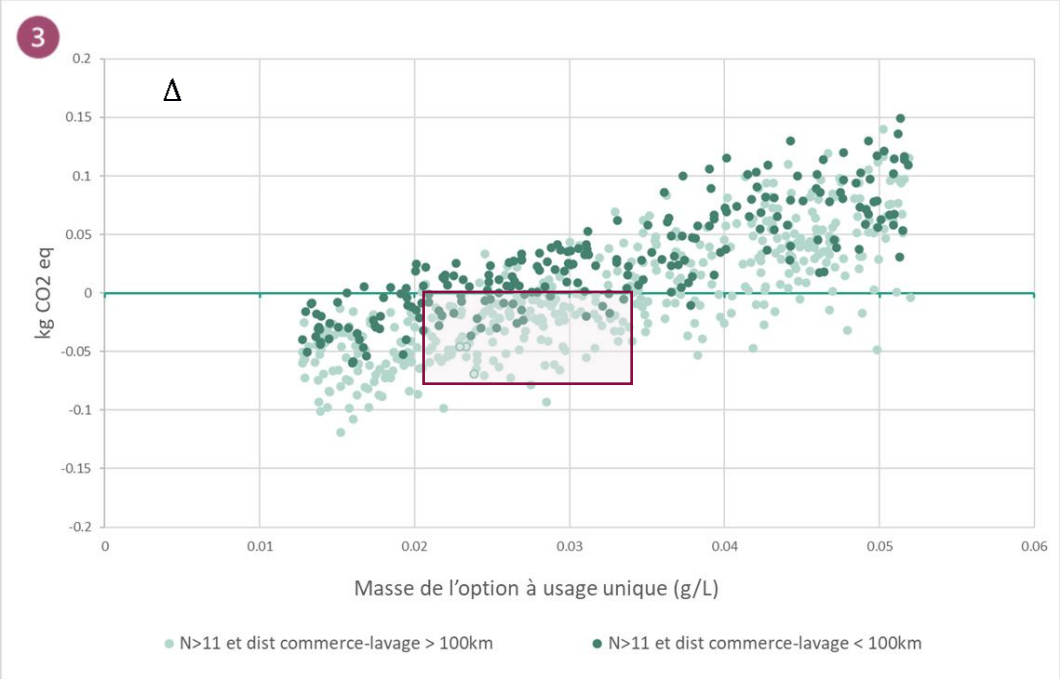


Figure 116 : Scénario 12 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique et réemployable à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations de l’emballage primaire, la distance de transport entre le commerce et le centre de lavage et la masse de l’option à usage unique – graphe “range-delta”

La gamme modélisée pour la distance de transport moyenne entre le magasin et le centre de lavage est de 50 à 200km.

Afin de conclure pour des masses de PET plus élevées, il est pertinent de prendre en compte la masse de verre de l’emballage primaire réemployable.

4 Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 117 présente un graphe “range-delta” en isolant graphiquement (en vert foncé) les itérations de calcul correspondant à des masses de PET pour l’usage unique supérieures à 35 g/L et à des masses d’emballage primaire réemployable en verre inférieures à 750 g/L.

Les résultats révèlent que, pour ces valeurs de masse, l’option à usage unique est généralement plus avantageuse pour des nombres d’utilisation inférieurs à 5. A partir de sa 8ème utilisation, l’emballage réemployable en verre est généralement plus avantageux que l’option à usage unique. Pour des nombres d’utilisations compris entre 5 et 8, l’étude ne permet pas de conclure.

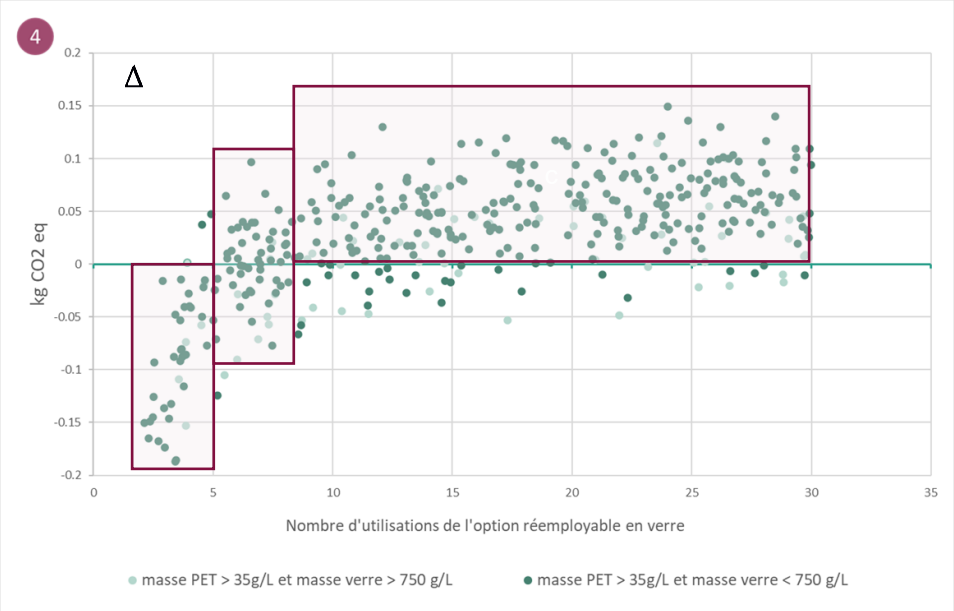


Figure 117 : Scénario 12 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique (BPUPb) et réemployable (BVRPb) à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations et la masse des options réemployable et à usage unique – graphe “range-delta”

En pratique, la grande majorité des emballages en verre réemployables échantillonnés ont des masses inférieures à 750 g/L (cf. section 11.8.2).

5 Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 118 présente un graphe “range-delta” en isolant graphiquement (en vert foncé) les itérations de calcul correspondant à des masses de PET supérieures à 35 g/L, à des masses de verre supérieures à 750 g/L ainsi qu’à une distance de transport entre le commerce et le centre de lavage inférieure à 150km.

Les résultats révèlent que l’option réemployable pour ces valeurs de masse et de transport est souvent plus avantageuse que l’option à usage unique au-delà de 7 utilisations. En deçà, l’étude ne permet de conclure.

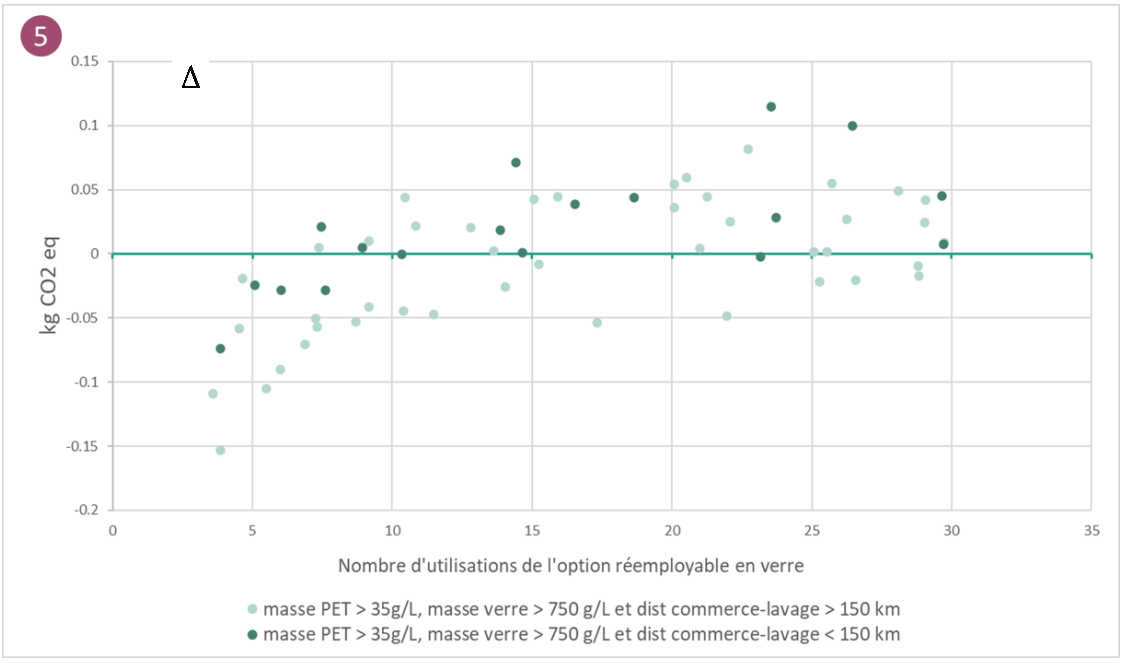


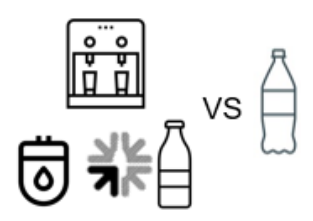
Figure 118 : Scénario 12 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique (BPUPb) et réemployable (BVRPb) à l’indicateur de changement climatique selon la masse de l’option à usage unique et les distance de transport usine-distribution et commerce-lavage – graphe “range-delta”

La gamme modélisée pour la distance de transport moyenne entre le magasin et le centre de lavage est de 50 à 200km.

Pour la **catégorie des émissions de particules**, les résultats sont les résultats sont légèrement plus disputés entre l’option réemployable et l’option à usage unique, mais la même tendance générale observée est identique à celle des autres catégories d’impacts détaillées dans la présente section.

La contribution de cette catégorie d’impacts aux résultats normalisés et pondérés étant faible par rapport aux autres catégories (< 8%), elle n’a pas été considérée comme essentielle à l’interprétation des résultats d’impacts et par conséquent, il n’y a pas d’arbre de décision propre à la catégorie des émissions de particules pour le scénario 12.

8.9. Scénario 13



Comparaison des emballages conditionnant des **boissons** distribuées **aux particuliers** entre :

- un **système de reremplissage** en magasin **d'une bouteille en verre consignée via bag-in-box à usage unique en plastique multimatériaux et en carton**, et
- une **bouteille en PET à usage unique** distribuée avec un emballage de regroupement en film plastique PEbd.

8.9.1. Résultats totaux et contributions par étape du cycle de vie (cas illustratifs)

8.9.1.1. Système de reremplissage d'une bouteille en verre consignée via bag-in-box

Rappel terminologique concernant l'option réemployable :

- *Emballage primaire = la bouteille en verre réemployable*
- *Emballage de distribution = la bonbonne en PET réemployable*
- *Emballages additionnels = emballages de regroupement (absents pour l'option réemployable de ce scénario) et de transport (palettisation)*
- *(sauf mention contraire) Système de fermeture = le système de fermeture de la bouteille en verre réemployable*

Le Tableau 82, la Figure 119 et la Figure 120 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie du système de reremplissage via bonbonnes en PET aux principales catégories d'impact étudiées, pour 5 et 20 utilisations.

⚠

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.9.3, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



Les étapes du cycle de vie les plus contributrices pour **le système de reremplissage via bag-in-box multimatériaux varient en fonction des catégories d'impact étudiées.**

- La contribution relative des phases de production de l'emballage primaire (bouteille en verre) diminue lorsque le nombre d'utilisations augmente.

  Les impacts absolus de la distribution, de la production d'emballages additionnels, d'emballages de distribution (bag-in-box) et des systèmes de fermeture sont les mêmes à chaque cycle. A l'inverse, les impacts relatifs de ces 4 phases augmentent avec le nombre d'utilisations de la bouteille en verre.
- Les emballages de transport, de distribution et les systèmes de fermeture étant à usage unique, leur production est donc répétée à chaque cycle de réemploi, contrairement à celle de l'emballage primaire.
- La contribution relative des étapes de transport (distribution et retour) et de lavage augmente également lorsque l'on passe de 5 à 20 utilisations,

mais en proportions moins significatives que celle des emballages additionnels et systèmes de fermeture.

- Les contributions **absolues de l'emballage en verre** aux impacts de fin de vie sont de 78% pour 5 utilisations, et de 47% pour 20 utilisations (la fin de vie du système de fermeture en acier représente alors 31% des impacts de l'étape de fin de vie).

A noter que :

- Les systèmes de fermeture sont inclus dans la phase de production des emballages de distribution. Dans le cas des emballages primaires, ils sont modélisés dans une phase séparée.
- Les étapes de fin de vie prennent en compte les impacts liés au traitement de l'emballage et de son système de fermeture.

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif – 5 utilisations	Cas illustratif – 20 utilisations
Epuisement des ressources fossiles	MJ	3.04E+00	1.86E+00
Acidification	Moles H+ -eq.	8.91E-04	4.86E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	7.22E-04	4.74E-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	8.93E-09	5.56E-09
Changement climatique	kg CO2-eq.	1.98E-01	1.18E-01

Tableau 82 : Scénario 13 – Système de reremplissage via bag-in-box – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

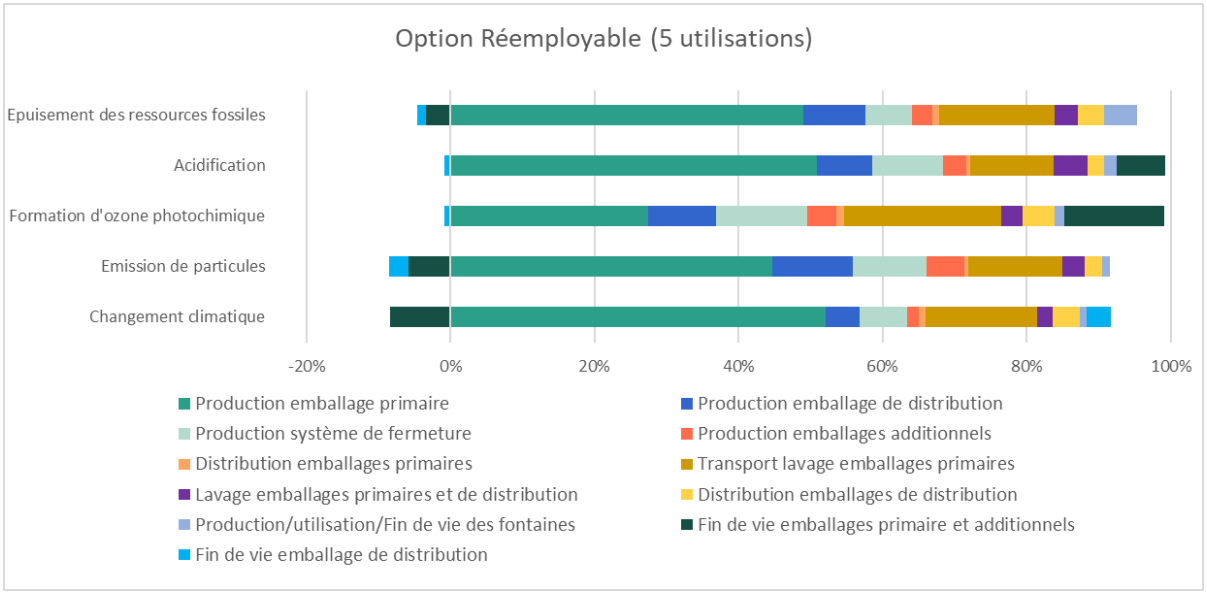


Figure 119 : Scénario 13 – Système de reremplissage via bag-in-box (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

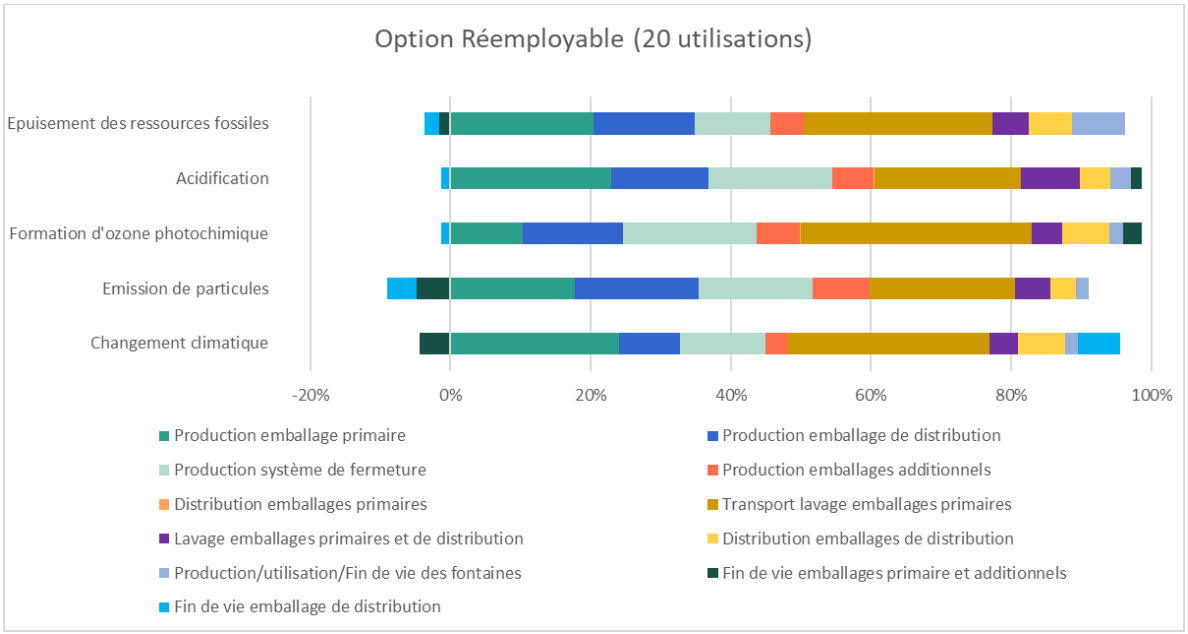


Figure 120 : Scénario 13 – Système de reremplissage via bag-in-box (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.9.1.2. Bouteille en PET à usage unique

Le Tableau 83 et la Figure 121 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie de la **bouteille en PET à usage unique** aux principales catégories d'impact étudiées.

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.9.3, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



- L'étape du cycle de vie la plus contributrice pour la bouteille en PET à usage unique est la production de l'emballage primaire.

  Elle représente entre 74% et 81% de la contribution suivant la catégorie d'impact considérée. Au sein de cette phase de production les contributions des différents procédés se déclinent comme suit pour la catégorie d'impact de changement climatique (cette répartition étant proche de celles observées pour les indicateurs d'épuisement des ressources fossiles, d'acidification, de formation d'ozone photochimique et d'émission de particules) :

  - 51% des impacts sont liés à la production européenne de PET (qui représente 77.5% de la production totale modélisée)
  - 28% des impacts sont liés aux processus d'injection et de soufflage des préformes
  - 15% des impacts sont liés à la production hors Europe de PET (qui représente 22.5% de la production totale modélisée)
  - 3% des impacts sont liés à la production de PET recyclé, aussi bien en France que dans le reste de l'Europe
  - 2% des impacts sont liés au transport des préformes de PET entre leur site de production et leur site de soufflage et de remplissage
- L'étape de fin de vie (représentée à environ 80% par la fin de vie de l'emballage primaire, et à 10% par la fin de vie de l'emballage de regroupement) contribue entre 10% et 18% aux différentes catégories d'impacts.
- Les étapes de production des emballages additionnels, systèmes de fermeture et de distribution contribuent peu.

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif
Epuisement des ressources fossiles	MJ	2.54E+00
Acidification	Moles H+ -eq.	4.78E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	4.63E-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	5.21E-09
Changement climatique	kg CO2-eq.	1.22E-01

Tableau 83 : Scénario 13 – Bouteille en PET à usage unique – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

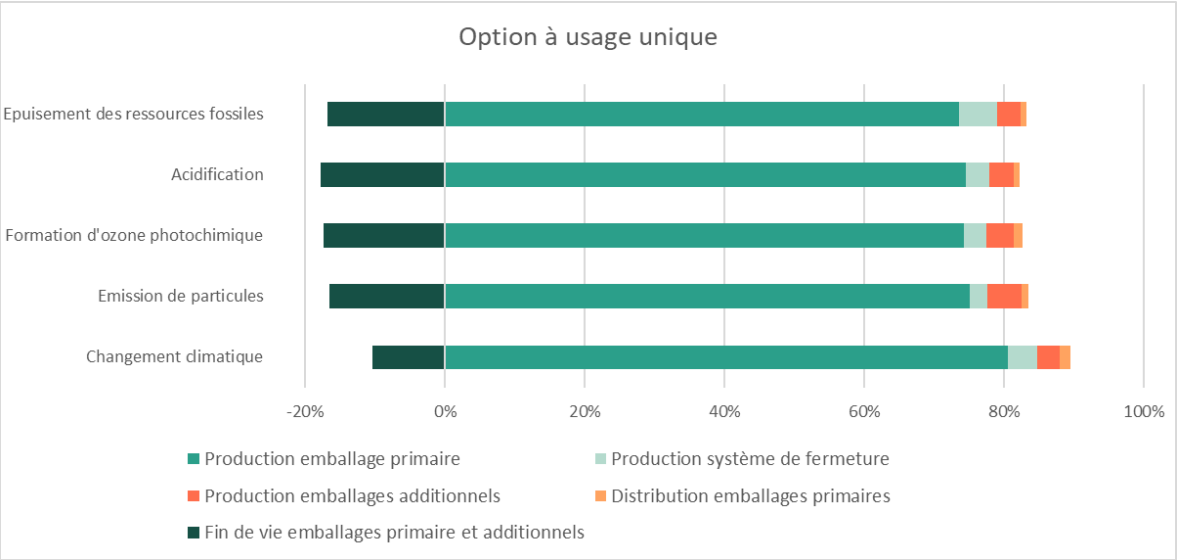


Figure 121 : Scénario 13 – Bouteille en PET à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.9.2. Résultats selon les gammes de valeur établies - Identification des paramètres influents

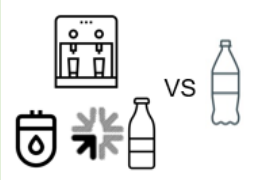
Dans cette étude, les paramètres influents sont par définition des paramètres d'entrée variables (modélisés par des gammes de valeurs).

D'autres paramètres d'entrée fixes peuvent contribuer fortement aux résultats mais ne pas apparaître dans les tableaux de paramètres influents. Il est cependant estimé (sur base des contributions des étapes du cycle de vie) que l'influence des paramètres fixes sur les résultats est secondaire.

Le Tableau 84 reprend les paramètres dont la variabilité (via la modélisation de gammes de valeurs) influence le plus les contributions de chaque solution d'emballage aux catégories de changement climatique, d'épuisement des ressources fossiles, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'émission de particules.

Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptée *l'épuisement des ressources minérales et métalliques)*		
Option à usage unique en PET		**Option réemployable**
Masse de l'emballage primaire	+ + + + + + Degré d'influence	Nombre d'utilisations de l'emballage primaire (en verre) Masse de l'emballage primaire (en verre) Distance entre le commerce et le centre de lavage

Tableau 84 : Scénario 13 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptée l'épuisement des ressources minérales et métalliques)



Pour toutes les catégories d'impact étudiées, la **masse de l'emballage primaire** est le paramètre dont la variabilité influence le plus les résultats associés à l'option à usage unique.

Les paramètres dont la variabilité influence le plus les impacts de l'option réemployable sont :

- le **nombre d'utilisations de l'emballage primaire en verre** (principalement)

  L'augmentation du nombre d'utilisations permet l'amortissement de ses impacts de production, en répartissant ses impacts entre plusieurs unités fonctionnelles (qui correspondent à plusieurs cycles de réemploi).

- la **masse de l'emballage primaire en verre**

  La masse influence directement les impacts associés à sa production, mais contribue aussi (à un degré moindre) aux impacts associés au transport en augmentant la masse chargée.

- la **distance moyenne de transport** (entre le commerce et le centre de lavage)

  Cette distance est directement corrélée aux diverses émissions associées au transport routier par camion et à la production et consommation de diesel.

8.9.3. Résultats selon les gammes de valeur établies - Comparaison entre l'option réemployable et l'option à usage unique

8.9.3.1. Contribution au changement climatique, à la formation d'ozone photochimique, à l'acidification et à l'puisement des ressources fossiles

Dans le cadre des comparaisons liées au scénario 13, les tendances suivies par la catégorie d'impacts de changement climatique sont semblables à celles suivies par les indicateurs de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'épuisement des ressources fossiles.

La Figure 122 présente les contributions des deux solutions d'emballage à la catégorie d'impact de changement climatique en fonction du nombre d'utilisations de l'alternative réemployable.

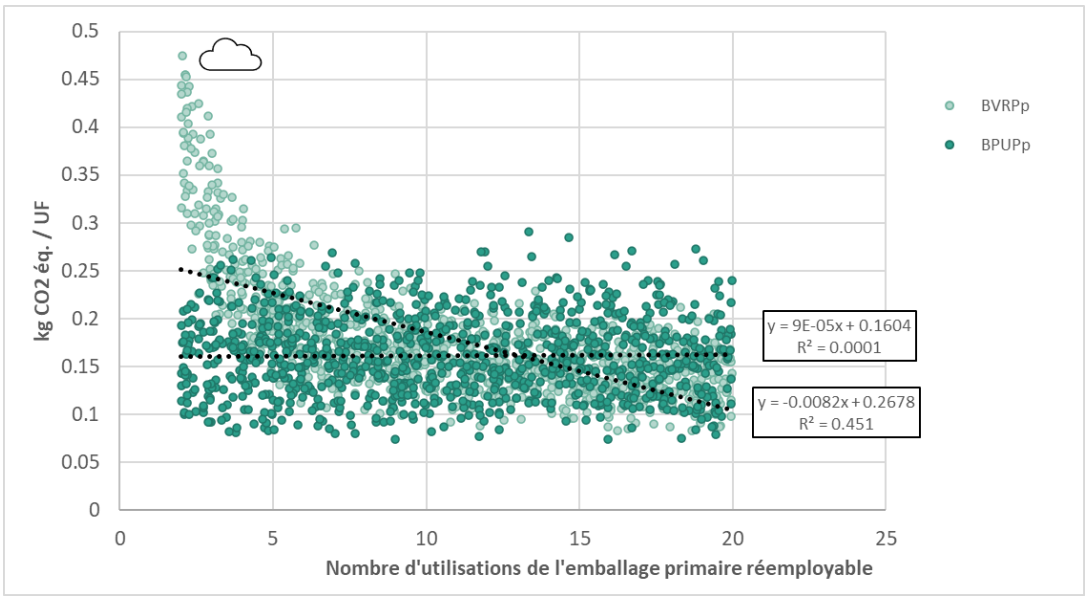


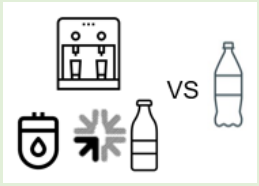
Figure 122 : Scénario 13 - Contributions de l'option à usage unique (BVRPp) et réemployable (BPUPp) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range"

Les deux nuages de points se confondant, il est nécessaire d'avoir recours à un graphe "range-delta", représenté dans la Figure 123.

Celui-ci permet difficilement de tirer des premiers enseignements et il est donc pertinent d'affiner ces résultats, notamment au regard de nombres d'utilisations plus faibles, pour identifier des points de basculement correspondant à des situations spécifiques.



Figure 123 : Scénario 13 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVRPp) et réemployable (BPUPp) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta"



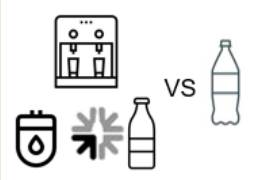




- Le **nombre d'utilisations de l'emballage primaire** (de par l'amortissement des impacts de la production des emballages primaire et de regroupement ainsi que de la distribution au fil des cycles de réemploi) **influence fortement les comparaisons entre les options à usage unique et réemployable**.
- L'option à usage unique n'est pas influencée par ce paramètre. La variabilité induisant la dispersion verticale du nuage de points pour cette solution est principalement liée à la masse de l'emballage primaire en polypropylène.
- Afin d'affiner les conclusions liées à ces comparaisons, une sous-scénarisation des résultats sur base des masses d'emballages modélisées est nécessaire.

Afin d'affiner les conclusions liées à ces comparaisons, une sous-scénarisation des résultats sur base des masses d'emballages modélisées est nécessaire. La recherche de points de basculement associés à diverses masses d'emballage primaire en verre réemployable a été réalisée et a mené au développement de la Figure 124, qui reprend le diagramme en arbre développé dans le cadre des comparaisons entre un système de reremplissage d'une bouteille en verre consignée via bag-in-box à usage unique et une bouteille en PET à usage unique, lavées par le conditionneur, à l'égard du changement climatique, de l'acidification, de la formation d'ozone photochimique et de l'épuisement des ressources fossiles.

Ce diagramme en arbre a été construit sur base de l'établissement et de l'analyse de différents graphes range et/ou range delta (voir Chapitre 6.1) selon la pertinence des enrichissements qu'ils apportent.



- Pour des masses de l'emballage primaire à usage unique en PET **inférieures à 22 g/L**, les bouteilles en PET à usage unique sont généralement plus avantageuses que l'option réemployable pour des nombres d'utilisations inférieurs à 12.

  En pratique, la majorité des emballages en PET à usage unique échantillonnés pour ce scénario (jus et sodas) ont des masses supérieures à 22 g/L. Ces bouteilles concernent ainsi une minorité des jus et sodas (couverts par ce scénario).

- Pour des masses de l'emballage primaire à usage unique en PET **supérieures à 22 g/L,** et pour des masses de l'emballage réemployable en verre **inférieures à 700 g/L** :
  - L'option à usage unique est généralement plus avantageuse lorsque l'option réemployable est réutilisée moins de 5 fois et est lavée à moins de 150 km de son point de collecte. Cette conclusion est valable jusqu'à 7 utilisations de la bouteille en verre, à condition qu'elle soit lavée à plus de 150 km de son lieu de collecte.
  - L'option réemployable est généralement plus performante que l'option à usage unique, et ce dès sa 10ème utilisation et si elle est lavée à moins de 150 km de son point de collecte

La gamme de valeurs modélisée pour les distances de transport moyennes entre le commerce et le centre de lavage est comprise entre 50 et 200 km.



Les bouteilles en PET de masse supérieure à 22 g/L concernent une majorité des jus et sodas couverts par ce scénario.

- Pour des masses de l'emballage primaire à usage unique en PET **supérieures à 22 g/L,** et pour des masses de l'emballage réemployable en verre **supérieures à 700 g/L** :
  - L'option réemployable est plus souvent avantageuse au-delà de 20 utilisations et pour des distances de transport entre le commerce et le centre de lavage inférieures à 150 km. En deçà de 10 utilisations, l'option à unique est généralement plus avantageuse.
  - Lorsque la distance de transport entre le commerce et le centre de lavage est supérieure à 150 km, l'option à usage unique est généralement plus avantageuse en comparaison à l'option réemployable réutilisée moins de 8 fois.

  En pratique, les emballages en verre réemployables conditionnant des jus et des sodas de masse inférieure à 700 g/L existent sur le marché.



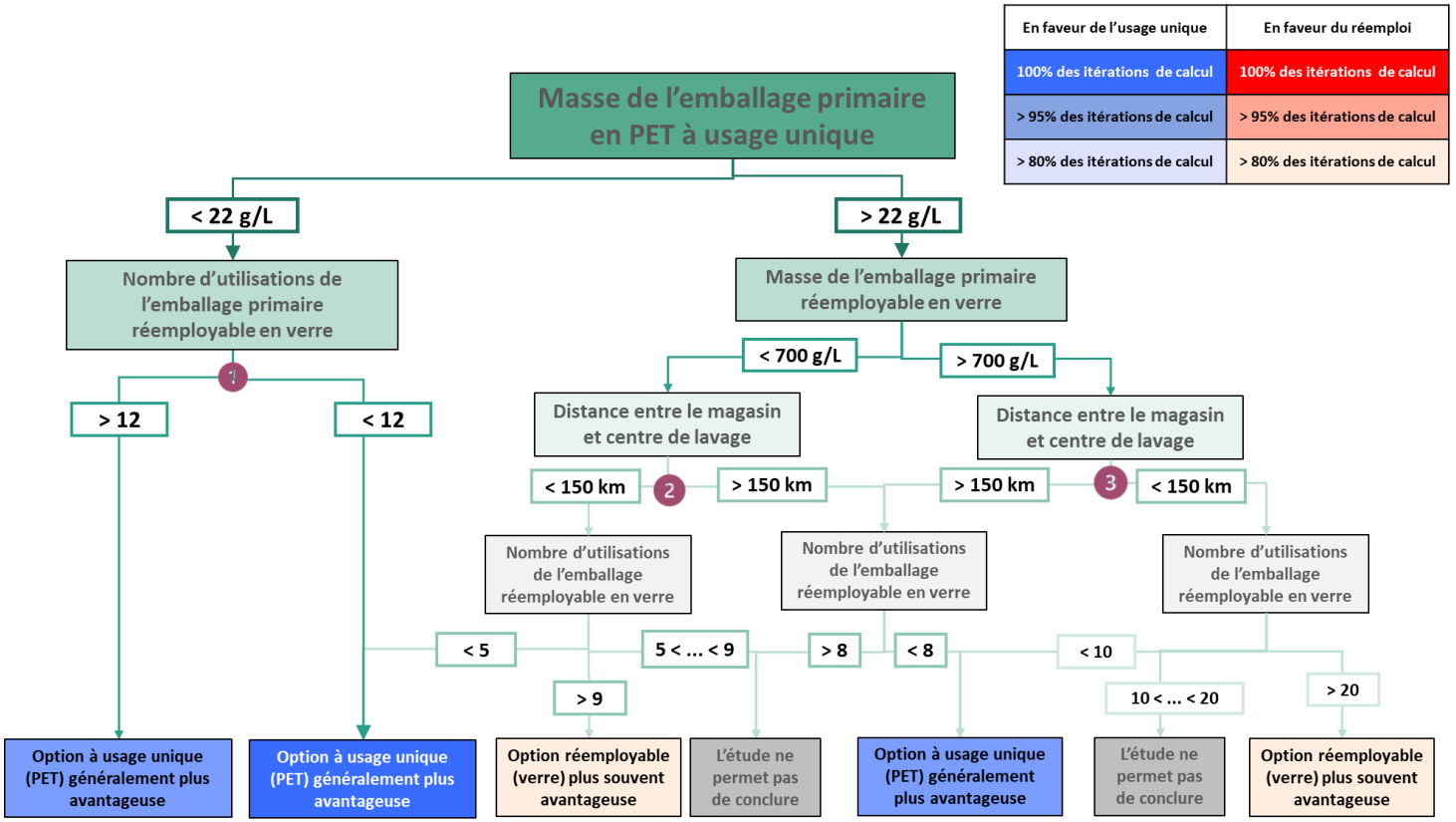


Figure 124 : Scénario 13 - Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'épuisement de ressources fossiles

** Dans un cas industriel pratique, la distance correspond à la moyenne pondérée des distances de transport amont (site de remplissage à centre de distribution) sur l'ensemble des circuits de transport concernés (voir 7.5.2).*

Les points de basculement sont déterminés sur la base du résultat des différentes itérations de calcul prenant en compte la variabilité de l'ensemble des paramètres opérationnels modélisés dans les scénarios. Pour chaque itération, la détermination du caractère plus avantageux d'une solution sur l'autre n'est pas nécessairement significative compte tenu des sources d'incertitudes autres que celles modélisées. De ce fait, il convient d'interpréter avec prudence la valeur de ces points de basculement (voir section 7.3.)

Les paragraphes suivants explicitent les graphiques qui ont été analysés pour élaborer le diagramme en arbre.

1	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 125 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement les itérations de calcul correspondant à des masses d’emballage en PET à usage unique inférieures à 22 g/L.

Ce graphe révèle que pour des masses de l’emballage à usage unique en PET inférieures à 22 g/L, l’option à usage unique est généralement plus avantageuse que l’option réemployable au regard du changement climatique.

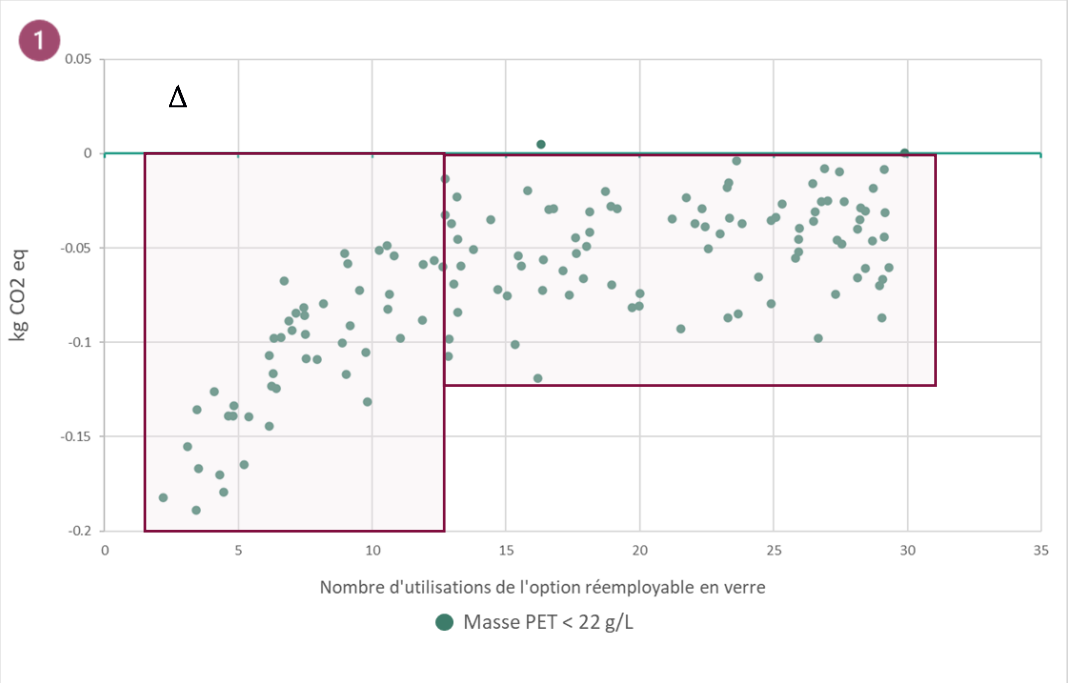


Figure 125 : Scénario 13 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique et réemployable à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations de l’option réemployable et la masse de l’option à usage unique – graphe “range-delta”

En pratique, la majorité des emballages en PET à usage unique échantillonnés pour ce scénario (jus et sodas) ont des masses supérieures à 22 g/L (cf. section 11.8.2). Ces bouteilles concernent ainsi une minorité des jus et sodas (couverts par ce scénario).

En vue de conclure pour des masses de PET plus élevées, il est nécessaire de prendre en considération la masse de l’emballage primaire en verre réemployable.

2 Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 126 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement (en vert foncé) les itérations de calcul correspondant à des masses d’emballage à usage unique et réemployable qui sont respectivement supérieures à 22g/L (PET) et inférieures à 700 g/L (verre), ainsi qu’à des distances moyennes de transport entre le commerce et le centre de lavage inférieures à 150 km.

Ce graphe révèle que pour ces masses d’emballage et ces distances de transport, l’option à usage unique est généralement plus avantageuse en dessous de 5 utilisations. Au-delà de 9 utilisations, c’est l’option réemployable qui devient souvent plus avantageuse. Entre 5 et 8 utilisations, l’étude ne permet pas clairement de conclure.

Pour des distances de transports entre le commerce et le centre de lavage supérieures à 150 km (en vert clair), l’option à usage unique est généralement plus avantageuse en deçà de 8 utilisations (carré vert sur la Figure).

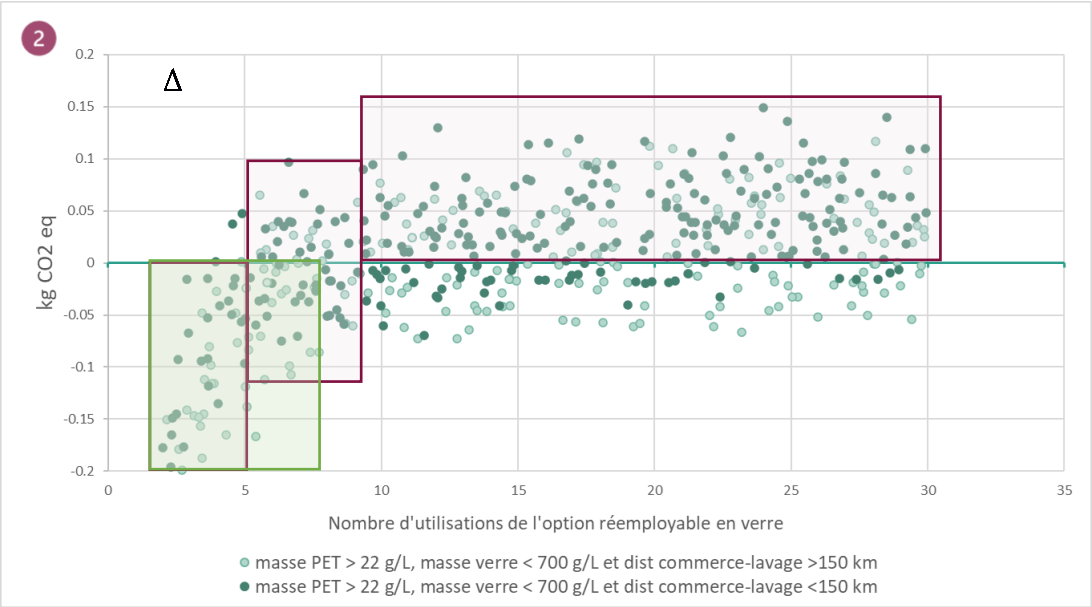


Figure 126 : Scénario 13 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique et réemployable à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations de l’emballage primaire, la masse des options à usage unique et réemployable, et la distance entre le commerce et le centre de lavage – graphe “range-delta”

La gamme de valeurs modélisée pour les distances de transport moyennes entre le commerce et le centre de lavage est comprise entre 50 et 200 km.
Les bouteilles en PET de masse supérieure à 22 g/L concernent une majorité des jus et sodas couverts par ce scénario.
En pratique, les emballages en verre réemployables conditionnant des jus et des sodas de masse inférieure à 700 g/L existent sur le marché.

3	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 127 présente un graphe “range-delta” en isolant graphiquement (en vert foncé) les itérations de calcul correspondant à des masses de verre pour l’option réemployable supérieures à 700 g/L, à des masses de PET pour l’option à usage unique supérieures à 22g/L et à des distances de transport entre le commerce et le centre de lavage inférieures à 150 km.

Les résultats révèlent que, pour ces valeurs de masse et de distance de transport, l’option réemployable est plus souvent avantageuse pour des nombres d’utilisations supérieurs à 20. En-deçà de 10 utilisations, l’option à usage unique est généralement plus avantageuse. Entre 10 et 20 utilisations, l’étude ne permet pas de conclure.

Les itérations en vert clair représentent des distances de transport entre le commerce et le centre de lavage supérieures à 150 km. Pour ces dernières, l’option à usage unique est généralement plus avantageuse au-dessus de 8 utilisations (carré vert), et l’étude ne permet pas de conclure en dessous de ce seuil.

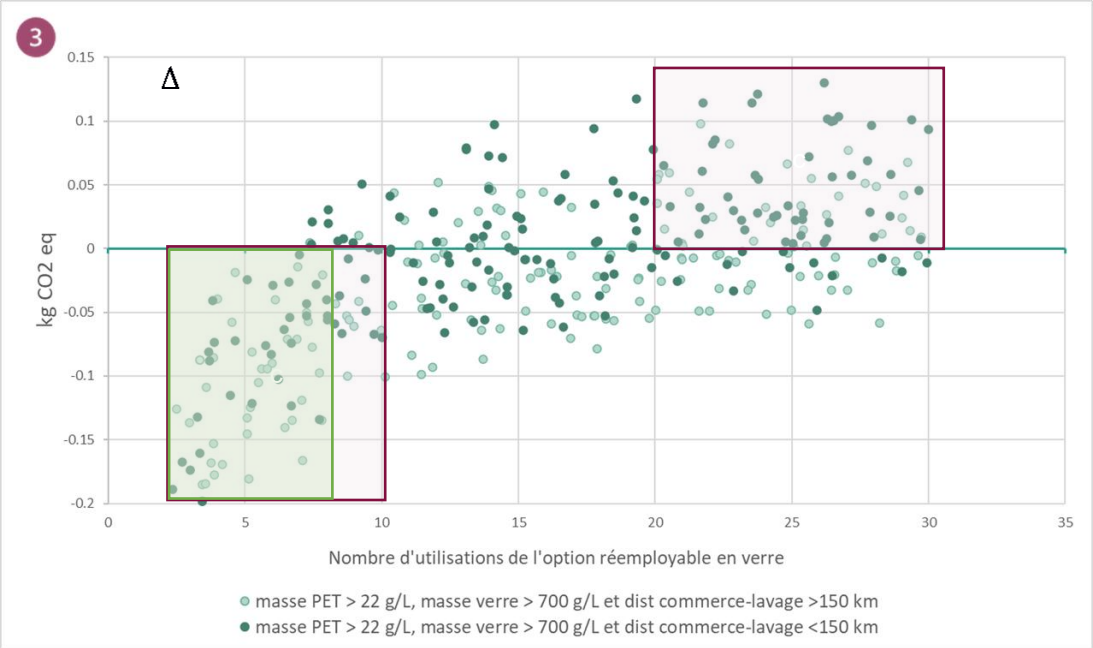


Figure 127 : Scénario 13 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique et réemployable à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations, la distance commerce-centre de lavage et la masse des options à usage unique et réemployable – graphe “range-delta”

Pour la **catégorie des émissions de particules**, les résultats sont plus disputés entre l’option réemployable et l’option à usage unique, mais la tendance générale observée est identique à celle des autres catégories d’impacts détaillées dans la présente section.

La contribution de cette catégorie d’impacts aux résultats normalisés et pondérés étant faible par rapport aux autres catégories, elle n’a pas été considérée comme essentielle à l’interprétation des résultats d’impacts et par conséquent, il n’y a pas d’arbre de décision propre à la catégorie des émissions de particules pour le scénario 13.

8.10. Scénario 14



Comparaison des emballages conditionnant des **denrées alimentaires** distribuées **aux particuliers** entre :

- un **pot en verre réemployable** vendu sans emballage de regroupement et
- une **boîte de conserve en acier** vendue sans emballage de regroupement.

8.10.1. Résultats totaux et contributions par étape du cycle de vie (cas illustratifs)

8.10.1.1. Pot en verre réemployable

Le Tableau 85, la Figure 128 et la Figure 129 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie du **pot en verre réemployable** aux principales catégories d'impact étudiées, pour 5 et 20 utilisations.

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.10.3, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



Les étapes du cycle de vie les plus contributrices pour le **pot en verre réemployable varient en fonction des catégories d'impact étudiées.**

- La contribution relative de la phase de production de l'emballage primaire diminue lorsque le nombre d'utilisations augmente.
- Les impacts absolus de la distribution, de la production d'emballages additionnels et des systèmes de fermeture sont les mêmes à chaque cycle. A l'inverse, les impacts relatifs de ces 3 phases augmentent avec le nombre d'utilisations.
- La contribution relative de la production du système de fermeture en acier augmente lorsque le nombre d'utilisations augmente (20 par rapport à 5). Ce système de fermeture étant à usage unique, sa production est donc répétée à chaque cycle de réemploi, contrairement à celle de l'emballage primaire. Elle devient alors la principale phase contributrice.
- La contribution relative des étapes de transport (distribution et retour) augmente également lorsque l'on passe de 5 à 20 utilisations, mais en proportions moins significatives.
- Les contributions **absolues** aux impacts de fin de vie de l'emballage en verre sont de 25% pour 5 utilisations, et de 8% pour 20 utilisations (**la fin de vie du système de fermeture à usage unique en acier représente alors 89%** des impacts de l'étape de fin de vie).

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif – 5 utilisations	Cas illustratif – 20 utilisations
Epuisement des ressources fossiles	MJ	4.49E+00	3.40E+00
Épuisement des ressources minérales et métalliques	kg Sb-eq	1.84E-05	1.83E-05
Acidification	Moles H+ -eq.	1.27E-03	9.00E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	1.02E-03	7.99E-04
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	1.29E-08	9.70E-09
Changement climatique	kg CO2-eq.	2.46E-01	1.71E-01

Tableau 85 : Scénario 14 – Pot en verre réemployable – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

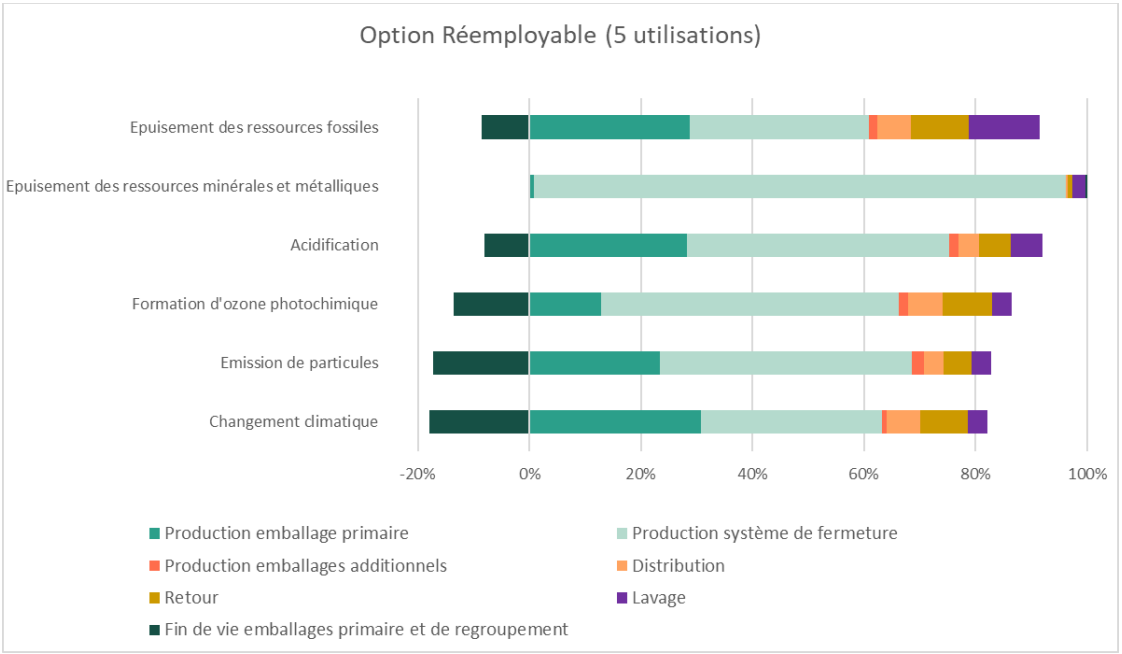


Figure 128: Scénario 14 – Pot en verre réemployable (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

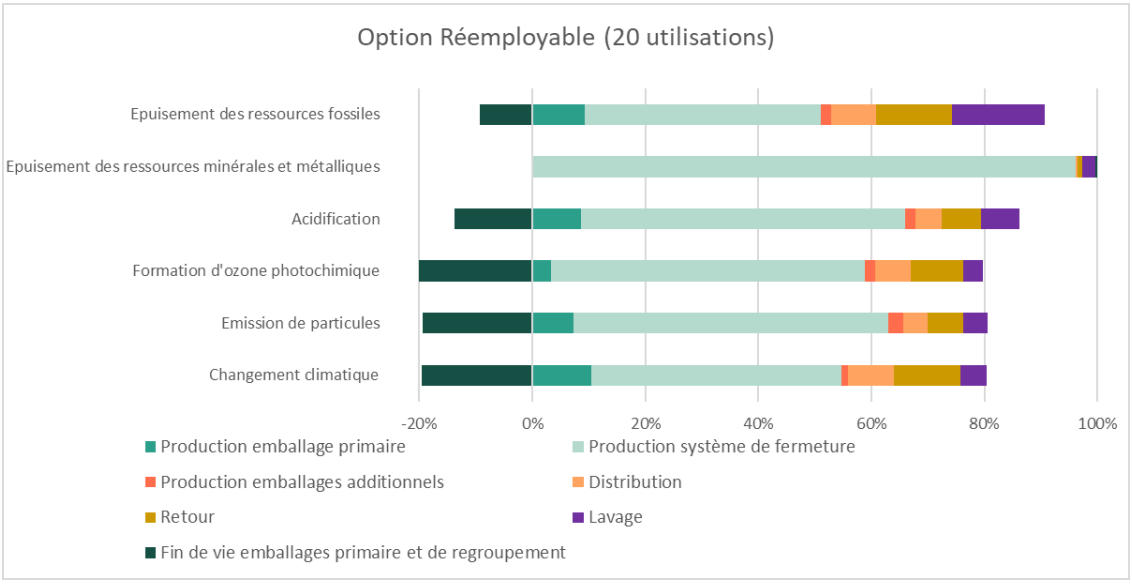


Figure 129 : Scénario 14 – Pot en verre réemployable (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.10.1.2. Boîte de conserve en acier à usage unique

Le Tableau 86 et la Figure 130 reprennent respectivement la contribution totale et les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie de la boîte de conserve en acier à usage unique aux principales catégories d'impact étudiées.

Ces contributions sont calculées sur base des données de modélisation associées aux *cas illustratifs* (voir section 7.1 pour plus d'explications).

En ce sens, ils ne sont pas censés représenter des contributions moyennes des modélisations considérées en section 8.10.3, les valeurs de certains paramètres sensibles ayant été arbitrairement fixées selon des objectifs à l'horizon 2025, ou pour représenter des situations de marché spécifiques.



- L'étape du cycle de vie la plus contributrice pour la boîte de conserve en acier à usage unique est la **production de l'emballage primaire**. Elle représente entre 84% et près de 100% de la contribution suivant la catégorie d'impact considérée.
- Les autres étapes du cycle de vie contribuent plus faiblement aux différentes catégories d'impacts.
    - L'étape de **fin de vie** contribue à hauteur de 7 à 15 % ;
    - Les étapes de **production des emballages additionnels** et de **distribution** contribuent peu (quelques %).

Catégorie d'impact	Unité	Cas illustratif
Epuisement des ressources fossiles	MJ	5.61E+00
Épuisement des ressources minérales et métalliques	kg Sb-eq	5.94E-05
Acidification	Moles H+ -eq.	2.17E-03
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	2.08E-03
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	2.59E-08
Changement climatique	kg CO2-eq.	3.47E-01

Tableau 86 : Scénario 14 – Boîte de conserve en acier à usage unique – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

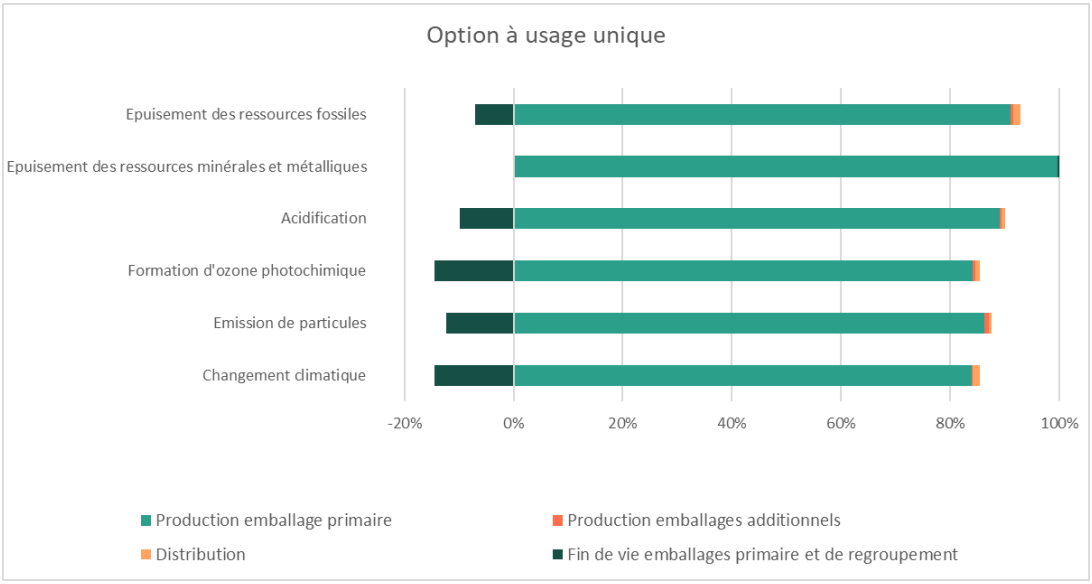


Figure 130 : Scénario 14 – Boîte de conserve en acier à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)

8.10.2. Résultats selon les gammes de valeur établies - Identification des paramètres influents

Dans cette étude, les paramètres influents sont par définition des paramètres d'entrée variables (modélisés par des gammes de valeurs).

D'autres paramètres d'entrée fixes peuvent contribuer fortement aux résultats mais ne pas apparaître dans les tableaux de paramètres influents. Il est cependant estimé (sur base des contributions des étapes du cycle de vie) que l'influence des paramètres fixes sur les résultats est secondaire.

Le Tableau 87 reprend les paramètres dont la variabilité (via la modélisation de gammes de valeurs) influence le plus les contributions de chaque solution d'emballage aux catégories de changement climatique, d'épuisement des ressources fossiles, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'émission de particules.

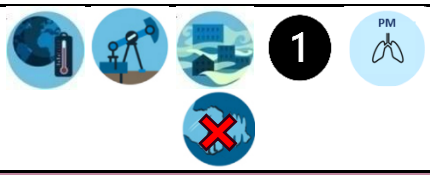
Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptée *l'épuisement des ressources minérales et métalliques)*		
Option à usage unique en acier 		**Option réemployable en verre** 
Masse de l'emballage primaire	+ + + + + + Degré d'influence	Nombre d'utilisations de l'emballage primaire Masse du système de fermeture Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution Masse de l'emballage primaire

Tableau 87 : Scénario 14 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptée l'épuisement des ressources minérales et métalliques)



Pour toutes les catégories d'impact étudiées, la **masse de l'emballage primaire** est le paramètre dont la variabilité influence le plus les résultats associés à l'option à usage unique

Les paramètres dont la variabilité influence le plus les impacts de l'option réemployable sont :

- le **nombre d'utilisations de l'emballage primaire** (principalement)

  L'augmentation du nombre d'utilisations permet l'amortissement de ses impacts de production, en répartissant ses impacts entre plusieurs unités fonctionnelles (qui correspondent à plusieurs cycles de réemploi).

- la **masse du système de fermeture en acier**
  Les impacts liés à la production de l'opercule en acier ne sont pas amortis avec le nombre d'utilisations car il s'agit d'un opercule à usage unique.
- la **distance moyenne de transport amont** (entre le site de remplissage et le centre de distribution)

  Cette distance est directement corrélée aux diverses émissions associées au transport routier par camion et à la production et consommation de diesel.
- la **masse de l'emballage primaire en verre**

  La masse influence directement les impacts associés à sa production, mais contribue aussi (à un degré moindre) aux impacts associés au transport en augmentant la masse chargée.

8.10.3. Résultats selon les gammes de valeur établies - Comparaison entre l'option réemployable et l'option à usage unique

8.10.3.1. Contribution au changement climatique et à l'épuisement des ressources fossiles

Dans le cadre des comparaisons liées au scénario 14, les tendances suivies par la catégorie d'impacts de changement climatique sont semblables à celles suivies par l'indicateur d'épuisement des ressources fossiles.

La Figure 131 présente les contributions des deux solutions d'emballage à la catégorie d'impact de changement climatique en fonction du nombre d'utilisations de l'alternative réemployable.

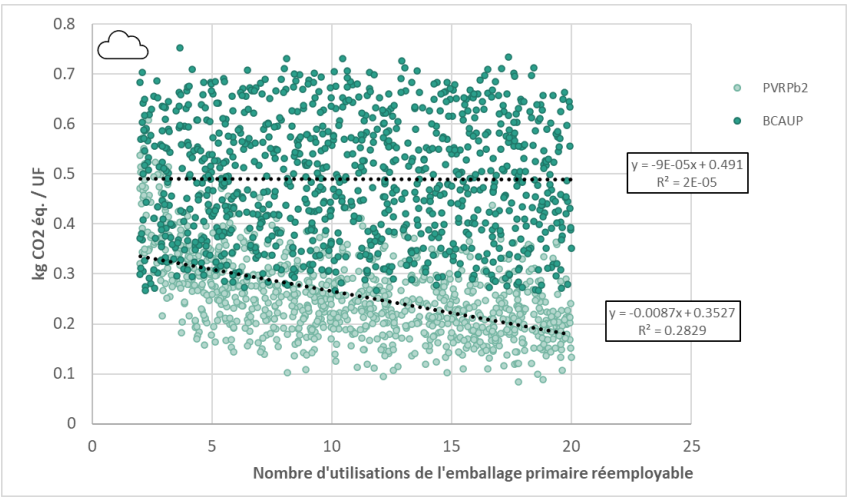


Figure 131 : Scénario 14 - Contributions de l'option à usage unique (BCAUP) et réemployable (PVRPb2) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range"

Les deux nuages de points se confondant, il est nécessaire d'avoir recours à un graphe "range-delta", représenté dans la Figure 132.

Celui-ci permet de tirer des premiers enseignements mais il est important d'affiner ces résultats, notamment au regard de nombres d'utilisations plus faibles, pour identifier des points de basculement correspondant à des situations spécifiques.

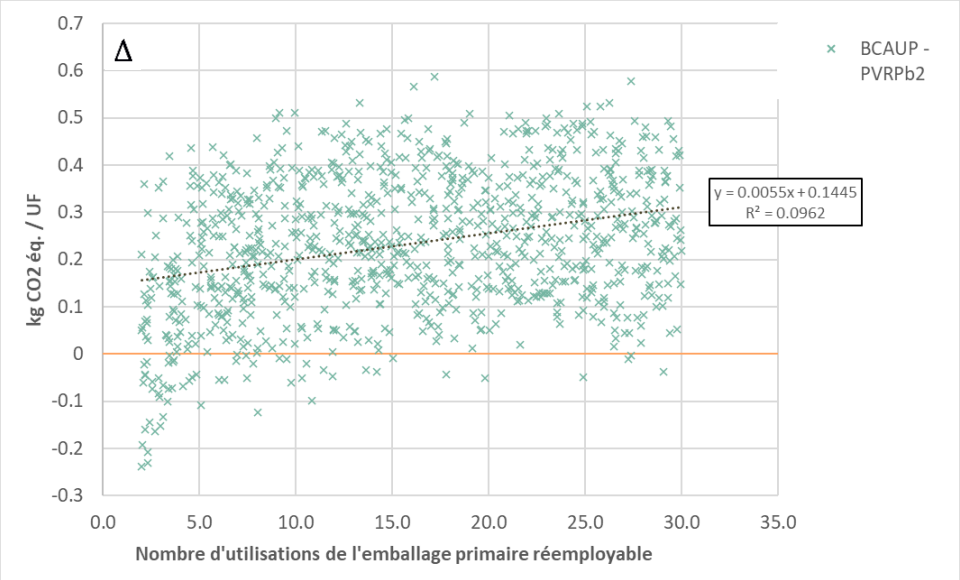


Figure 132 : Scénario 14 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PVRPb2) et réemployable (BCAUP) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta"





- Le **nombre d'utilisations de l'emballage primaire** (de par l'amortissement des impacts de la production des emballages primaire et de regroupement ainsi que de la distribution au fil des cycles de réemploi) **influence fortement les comparaisons entre les options à usage unique et réemployable**.
- L'option à usage unique n'est pas influencée par ce paramètre. La variabilité induisant la dispersion verticale du nuage de points pour cette solution est principalement liée à la masse de l'emballage primaire en polypropylène.
- L'option réemployable est généralement plus avantageuse que l'option à usage unique dès sa **5ème utilisation** vis-à-vis de l'indicateur de changement climatique, à l'exception de quelques itérations de calcul menant à des différences marginales entre les impacts des deux solutions d'emballage.

Afin d'affiner les conclusions liées à ces comparaisons, une sous-scénarisation des résultats sur base des masses d'emballages modélisées est nécessaire. La recherche de points de basculement associés à diverses masses d'emballage primaire en verre réemployable a été réalisée et a mené au développement de la Figure 133 qui reprend le diagramme en arbre développé dans le cadre des comparaisons entre boîtes de conserve en acier à usage unique et pots en verre réemployables, lavés par le conditionneur ou en centre de lavage dédié, à l'égard du changement climatique et de l'épuisement des ressources fossiles.

Ce diagramme en arbre a été construit sur base de l'établissement et de l'analyse de différents graphes range et/ou range delta (voir Chapitre 6.1) selon la pertinence des enrichissements qu'ils apportent.



- Pour des masses de l'emballage primaire à usage unique en acier **inférieures à 120 g/L :**
  - L'option à usage unique en acier est souvent plus performante si le nombre d'utilisations de l'option réemployable est très bas, c'est-à-dire inférieur à 5.




- L'option réemployable en verre est généralement plus avantageuse que l'option à usage lorsqu'elle est réutilisée plus de 11 fois. Pour des nombres d'utilisations compris entre 5 et 11, l'option réemployable est également plus souvent avantageuse à condition qu'elle soit distribuée via une distance de transport amont moyenne (entre le site de remplissage et le centre de distribution) inférieure à 300 km

En pratique, les emballages en acier à usage unique échantillonnés avec des masses inférieures à 120g/L représentent principalement des emballages avec une contenance élevée (environ supérieure à 400 mL). A l'inverse, les emballages en acier à usage unique échantillonnés avec des masses supérieures à 120g/L représentent principalement des emballages avec une contenance environ inférieure à 400 mL.

- Pour des masses de l'emballage primaire à usage unique en acier **supérieures à 120 g/L,** et pour des masses de l'emballage primaire réemployable en verre **supérieures à 700 g/L** :
  - L'option réemployable est généralement plus performante au-delà de 3 utilisations ;
  - L'option réemployable reste souvent plus performante en-dessous de 3 utilisations.
- Pour des masses de l'emballage primaire à usage unique en acier **supérieures à 120 g/L,** et pour des masses de l'emballage primaire réemployable en verre **inférieures à 700 g/L,** l'option réemployable est généralement plus avantageuse au-delà de 5 utilisations, et l'étude ne permet pas de conclure en-deçà de cette valeur.

  En pratique, les emballages en verre réemployables échantillonnés avec des masses inférieures à 700g/L représentent principalement des emballages avec une contenance élevée (environ supérieure à 300 mL). A l'inverse, les emballages en verre réemployables échantillonnés avec des masses supérieures à 700g/L représentent principalement des emballages avec une contenance environ inférieure à 300 mL.



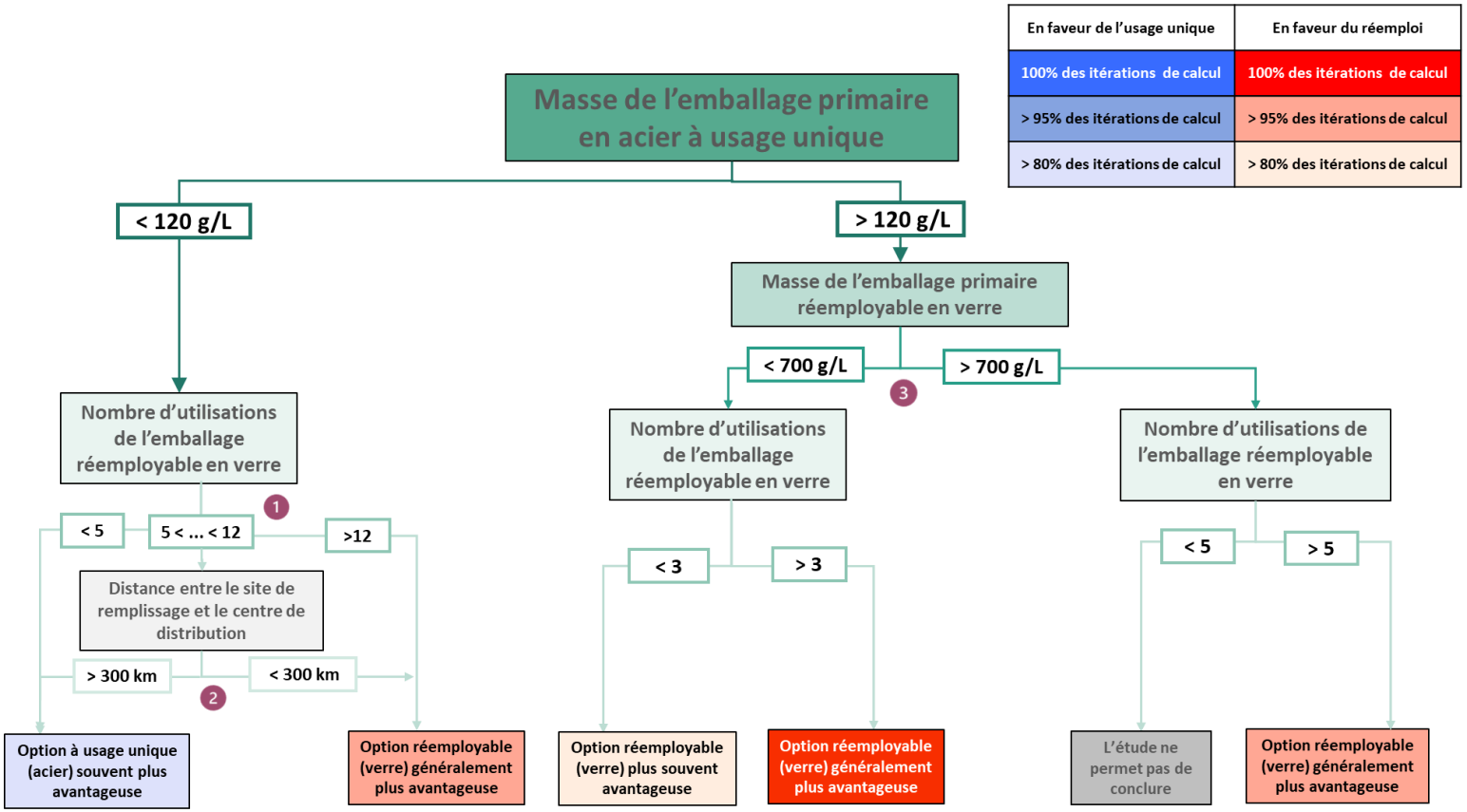


Figure 133 : Scénario 14 - Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique et d'épuisement de ressources fossiles

** Dans un cas industriel pratique, la distance correspond à la moyenne pondérée des distances de transport amont (site de remplissage à centre de distribution) sur l'ensemble des circuits de transport concernés (voir 7.5.2).*

Les points de basculement sont déterminés sur la base du résultat des différentes itérations de calcul prenant en compte la variabilité de l'ensemble des paramètres opérationnels modélisés dans les scénarios. Pour chaque itération, la détermination du caractère plus avantageux d'une solution sur l'autre n'est pas nécessairement significative compte tenu des sources d'incertitudes autres que celles modélisées. De ce fait, il convient d'interpréter avec prudence la valeur de ces points de basculement (voir section 7.3.)

Les paragraphes suivants explicitent les graphiques qui ont été analysés pour élaborer le diagramme en arbre.

1	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 134 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement les itérations de calcul (en vert clair) correspondant à la prise en compte d’une masse inférieure à 120 g/L pour l’emballage en acier à usage unique.

Ce graphe révèle que pour des masses d’acier inférieures à 120 g/L, l’option à usage unique est généralement plus avantageuse que l’option à usage réemployable au regard du changement climatique pour un nombre d’utilisations inférieur à 5. Pour des nombres d’utilisations supérieurs à 11, l’option réemployable est plus souvent avantageuse par rapport à l’usage unique.

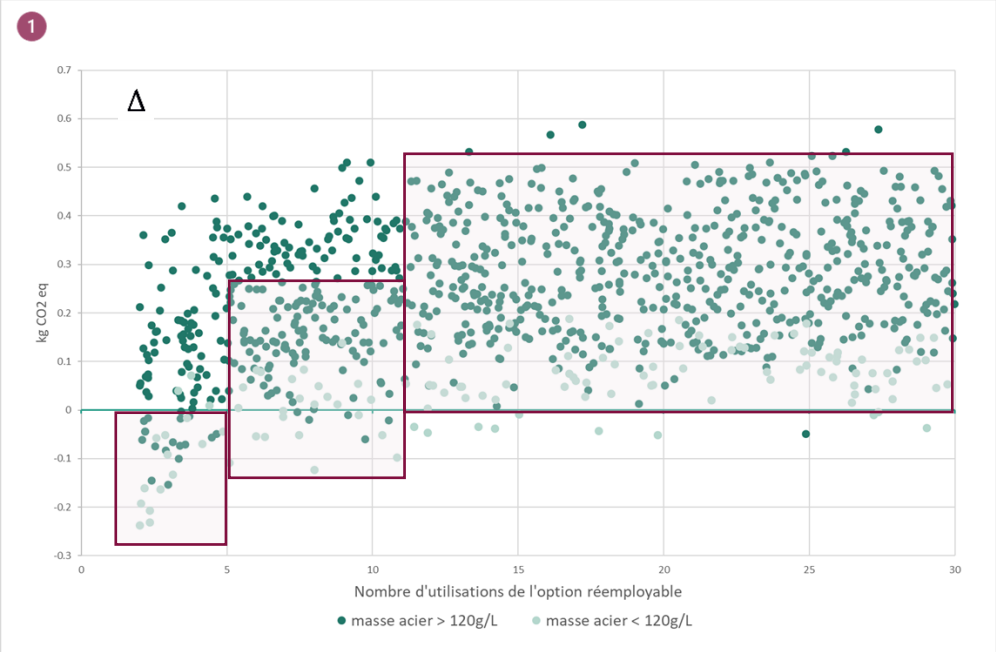


Figure 134 : Scénario 14 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique et réemployable à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations de l’option réemployable et la masse de l’option à l’usage unique – graphe “range-delta”

En pratique, les emballages en acier à usage unique échantillonnés avec des masses inférieures à 400g/L représentent principalement des emballages avec une contenance élevée (environ supérieure à 400 mL). A l’inverse, les emballages en acier à usage unique échantillonnés avec des masses supérieures à 400g/L représentent principalement des emballages avec une contenance environ inférieure à 400 mL (cf. section 11.8.2).

En vue de conclure pour des nombres d’utilisations compris entre 5 et 11, il est nécessaire de prendre en considération la distance de transport entre le site de remplissage et le centre de distribution.

2	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 135 présente un graphe “range-delta” isolant graphiquement (en vert clair) les itérations de calcul correspondant à des masses d’emballages en acier à usage unique inférieures à 120 g/L et à des distances de transport entre le site de remplissage et le centre de distribution inférieures à 300 km.

Ce graphe révèle que pour ces masses d’emballages à usage unique et distances de transport, et pour des nombres d’utilisations compris entre 5 et 11, l’option réemployable est généralement plus avantageuse que celle à usage unique. Au-delà de 300km, l’option à usage uniques est souvent plus avantageuse.

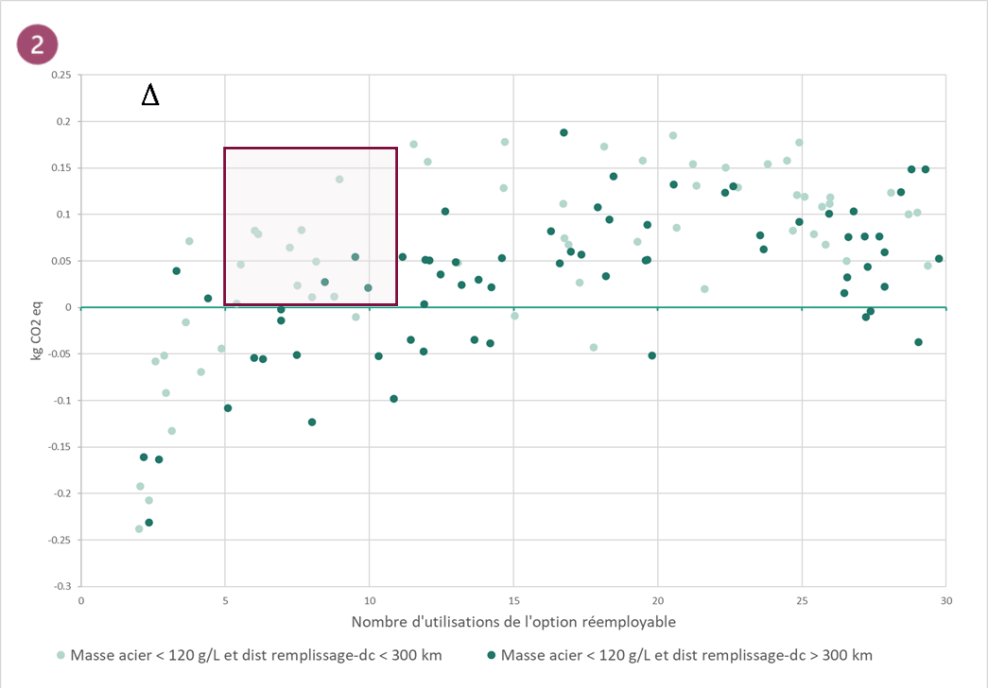


Figure 135 : Scénario 14 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique et réemployable à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations de l’emballage primaire réemployable, la distance de transport amont et la masse de l’option à usage unique – graphe “range-delta”

En vue de conclure pour des masses d’acier plus élevées, il est nécessaire de sous-scénariser en prenant en considération la masse de l’emballage réemployable en verre.

3	Analyse du graphe “range delta” ayant permis d’élaborer le diagramme en arbre

La Figure 136 présente un graphe “range-delta” en isolant graphiquement (en vert clair) les itérations de calcul correspondant à des correspondant à des masses d’emballages en acier à usage unique supérieures à 120 g/L et à des masses d’emballages réemployables en verre inférieures à 700 g/L.

Les résultats révèlent que l’option réemployable pour ces valeurs de masse est généralement plus avantageuse lorsqu’elle est utilisée plus de 3 fois, et souvent plus avantageuse lorsqu’elle est réutilisée moins de 3 fois.

Les itérations représentants des masses de pots en verre supérieures à 700 g/L (vert foncé) montrent que ces derniers sont généralement plus performants que les boîtes de conserve lorsqu’ils sont réutilisés au moins 5 fois. En deçà de 5 utilisations, l’étude ne permet pas de conclure.

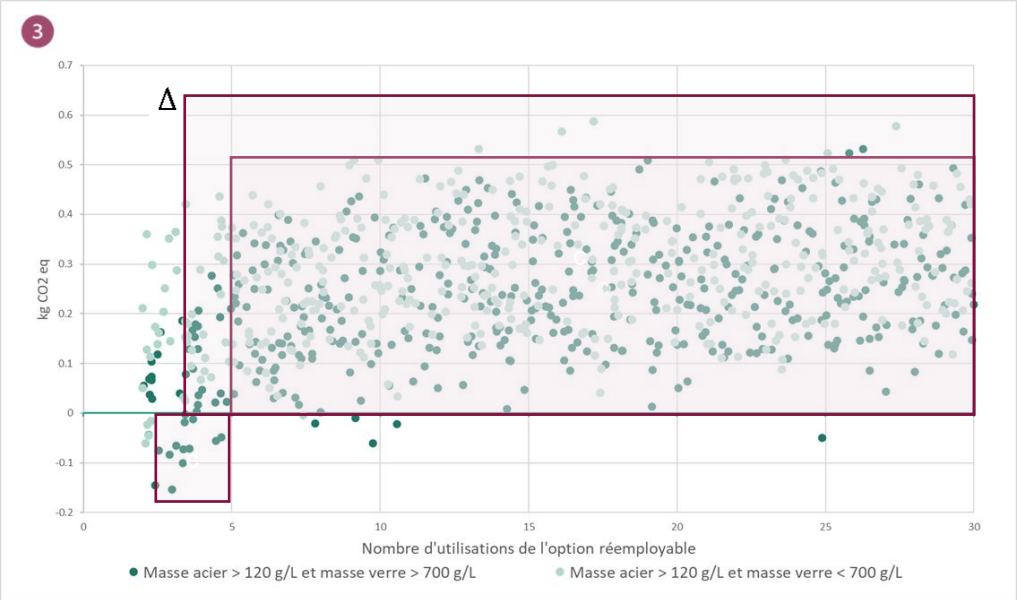


Figure 136 : Scénario 14 - Comparaison des contributions de l’option à usage unique et réemployable à l’indicateur de changement climatique selon le nombre d’utilisations et la masse des options réemployable et à usage unique – graphe “range-delta”

En pratique, les emballages en verre réemployables échantillonnés avec des masses inférieures à 700g/L représentent principalement des emballages avec une contenance élevée (environ supérieure à 300 mL). A l’inverse, les emballages en verre réemployables échantillonnés avec des masses supérieures à 700g/L représentent principalement des emballages avec une contenance environ inférieure à 700 mL (cf section 11.8.2).

Pour les **catégories des émissions de particules** et **de l’acidification**, les résultats sont encore plus prononcés en faveur du réemploi, avec seulement quelques itérations de calcul (correspondant à des nombres d’utilisations très faibles) en faveur de l’option à usage unique.
La contribution de ces deux catégories d’impacts aux résultats normalisés et pondérés n’étant pas majoritaires par rapport aux autres catégories (< 9%), elles n’ont pas été considérées comme essentielles à l’interprétation des résultats d’impacts du scénario 14 et par conséquent, il n’y a pas d’arbre de décision propre à aux catégories des émissions de particules et de l’acidification pour ce scénario.

Pour la **catégorie d’impacts de l’utilisation des ressources minérales et métalliques**, les résultats sont en faveur de l’option réemployable par rapport à l’option à usage unique pour toutes les situations modélisées (aucune itération de calcul n’est en faveur de l’usage unique). Il n’est par conséquent pas nécessaire de faire un arbre de décision spécifique à cette catégorie d’impacts pour ce scénario.

8.11. Evaluation de l'incertitude liée aux modèles associés aux méthodes de caractérisation des impacts

8.11.1. Approche méthodologique

L'approche considérée pour tenir compte des incertitudes sur les comparaisons réalisées est basée sur la méthode Empreinte Projet de l'ADEME . Dans celle-ci, l'ADEME recommande d'observer un écart significatif entre deux résultats d'impacts (en l'occurrence, entre charges et bénéfices environnementaux des solutions d'emballage) pour conclure d'une supériorité environnementale.

Ce niveau de recommandation a été interprété comme une manière d'évaluer l'incertitude des facteurs de caractérisation d'un indicateur d'impacts. Ces écarts sont fixés en fonction du niveau de recommandation des méthodes de caractérisation par l'initiative EF (incertitude faible pour un indicateur de niveau I, incertitude élevée pour un indicateur de niveau III).

Ils permettent en outre de fixer pour chaque indicateur environnemental une **valeur-seuil « T ».**

Les écarts et les valeurs-seuils T fixées pour chaque catégorie d'impacts (tel que dans la méthode Empreinte Projet) sont repris dans le Tableau 88. Les indicateurs présentés **en gras** correspondent aux principales catégories d'impacts détaillées dans les résultats du présent rapport.

Degré de robustesse (définis selon l'initiative EF)	Indicateurs	Ecart minimal nécessaire	Valeur du seuil T
Niveau I	**Changement climatique** Appauvrissement de la couche d'ozone **Emission de particules** **Epuisement des ressources fossiles ***	20 %	0.091
Niveau II	Radiations ionisantes **Formation d'ozone photochimique** **Acidification** Eutrophisation terrestre Eutrophisation d'eaux douces Eutrophisation marine	30 %	0.130
Niveau III	Usage des sols Utilisation des ressources en eau Utilisation des ressources minérales et métalliques	100 % (2 fois plus élevés)	0.333
Indicateurs de toxicité	Toxicité humaine Ecotoxicité	100 fois plus élevés	0.980

Tableau 88 : Ecarts minimaux considérés pour les indicateurs dans le cadre de l'analyse d'incertitudes réalisée

** Dans le cadre posé par la méthode Empreinte Projet, un écart minimal nécessaire de 20% est considéré pour la catégorie d'épuisement des ressources fossiles, bien qu'elle soit intégrée au Niveau III de robustesse dans la méthode EF présentée par le JRC de la Commission Européenne.*

Toujours sur base de la méthode Empreinte Projet, pour chaque comparaison des itérations de calcul réalisées pour les options d'emballage, l'indice de tendance « t » est déterminé selon la méthode suivante :

$$t = \frac{(\mathrm{Bi} - \mathrm{Ai})}{(Bi + Ai)}$$

Où :

- B = les valeurs d'impacts pour chaque catégorie de l'option à usage unique pour une itération de calcul donnée
- A = les valeurs d'impacts pour chaque catégorie de l'option réemployable pour une itération de calcul donnée
- i = nombre de catégories d'impacts (i = 5 dans cette étude)

Sur base de cet indice de tendance, et de la valeur seuil T considérée pour chaque catégorie d'impacts (voir Tableau 88), il est possible d'estimer la significativité des différences relatives entre options d'emballages :

1• Si t ≤ −T, alors A est significativement supérieur à B

2• Si t ≥ T, alors B est significativement supérieur à A

3• Si −T < t < T, alors l'écart entre A et B n'est pas suffisamment significatif pour pouvoir conclure.

Exemple fictif tenant compte d'une comparaison entre deux options d'emballage, basée sur la catégorie d'impacts de changement climatique :

Itération de calcul	*Impacts de l'option A (kgCO2eq)*	*Impacts de l'option B (kgCO2eq)*	*Indice de tendance t*	*Valeur seuil T pour le changement climatique*	*Résultat de la comparaison*
1	***0.54***	***0.30***	*0.279*	*0.091*	*L'impact de A est significativement plus élevé que celui de B*
2	***0.29***	***0.34***	*0.084*	*0.091*	*L'écart d'impacts n'est pas suffisamment significatif pour conclure*
3	***0.35***	***0.53***	*0.205*	*0.091*	*L'impact de B est significativement plus élevé que celui de A*
…	*…*	*…*	*…*	*…*	*…*

8.11.2. Scénarios considérés pour l'analyse d'incertitude additionnelle

Les deux scénarios considérés pour cette analyse complémentaire sont les scénarios 6 et 7. Ceux-ci ont été choisis sur base de leurs tendances contrastées (le scénario 6 présentant des résultats globalement favorables à l'option à usage unique, tandis que le scénario 7 est plus disputé, mais présente cependant certains résultats favorables au réemploi).

Les graphes range-delta (voir section 6.1) produits pour ces scénarios sont donc présentés en identifiant graphiquement les itérations de calcul ayant abouti à des résultats jugés trop incertains pour distinguer les options d'emballage via leurs impacts.

Dans le cadre de cette analyse complémentaire, les résultats pour les scénarios 6 et 7 sont donc produits selon les mêmes données de modélisation que celles présentées dans le corps du rapport (présentées dans la section 7), mais toutes les itérations de calcul ne remplissant pas les conditions 1 et 2 ci-dessus (se retrouvant donc dans la situation 3) sont mises en évidence, et il est considéré qu'elles ne permettent pas de hiérarchiser les solutions d'emballage comparées. Il est donc considéré que seules les itérations de calcul présentant un haut degré de certitude sont prises en compte pour identifier un avantage relatif d'une des deux options.

8.11.3. Résultats

8.11.3.1. Scénario 6

8.11.3.1.1. Changement climatique

La Figure 137 présente les résultats comparatifs associés à l'indicateur de changement climatique pour le scénario 6, sur base de la masse de la bouteille à usage unique en PET. Ces résultats sont identiques à ceux présentés en Figure 28, mais permettent l'identification visuelle (en bleu) des itérations de calcul menant à des résultats ne permettant pas d'identifier d'avantage relatif d'une des deux options, sur base des seuils d'incertitude considérés (troisième cas de figure explicité en section 8.11.1).

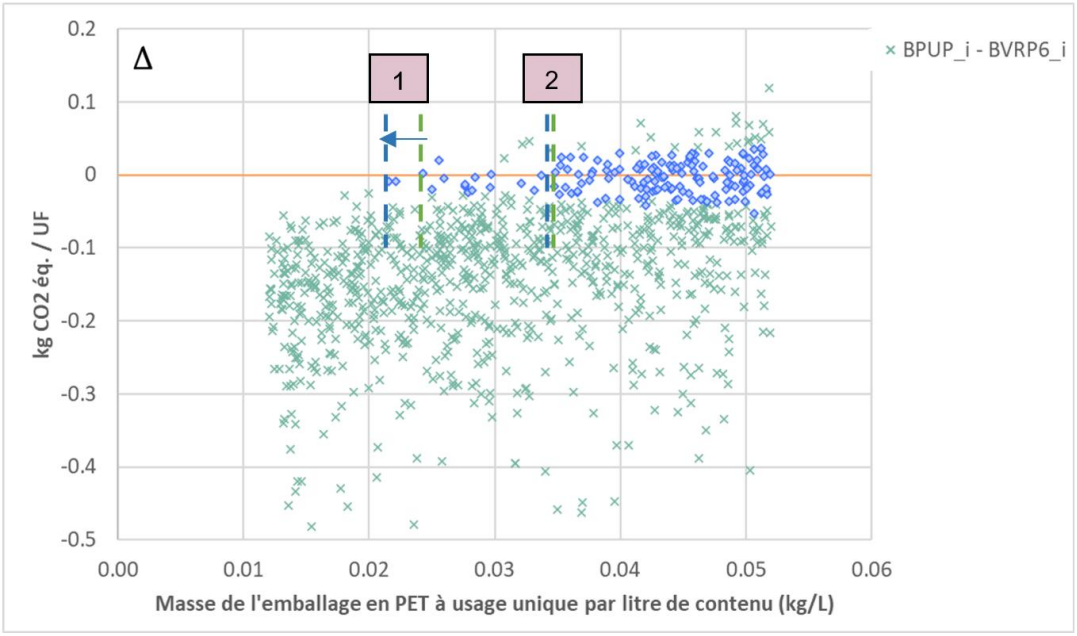


Figure 137 : Scénario 6 - Comparaison des contributions des options à usage unique (BPUP_i) et réemployable (BVRP6_i) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PET – graphe "range delta" avec prise en compte graphique des itérations de calcul jugées incertaines

Pour ce scénario, considérer les itérations incertaines comme n'étant pas liées à un avantage relatif d'une des deux options peut mener aux conclusions suivantes :

- **Un déplacement du point de basculement associé à 100% d'itérations de la valeur 25 g/L à 21 g/L (1)**

  Un déplacement du point de basculement associé à 100% des itérations de calcul, menant à une option d'emballage « généralement plus avantageuse » qu'une autre (ici, seules les

itérations pour des masses d'emballage de 21 g/L ou moins mènent systématiquement à un avantage certain de l'option à usage unique).

- **Pas de déplacement du point de basculement associé à 95% d'itérations de calcul, à 35 g/L (2)**

  De par la distribution des résultats obtenus et la forme du nuage de points associé au graphe range/delta, la prise en compte des incertitudes ne mène pas à un déplacement du point de basculement fixé à 35 g/L, en dessous duquel l'option à usage unique est généralement plus avantageuse. Cette observation est toutefois possiblement circonstancielle, et l'analyse d'autres paramètres (ou d'autres scénarios) pourrait mener à un déplacement de tels points de basculement.

- **Les tendances générales associées à ce scénario** (un avantage relatif de l'option en PET à usage unique, notamment pour des masses de PET relativement basses ou des nombres d'utilisations faibles de l'option en verre) **restent quant à elles inchangées** lorsque les incertitudes sont prises en compte dans l'interprétation des résultats.



8.11.3.1.2. Acidification de l'air

La Figure 138 présente les résultats comparatifs associés à l'indicateur d'acidification pour le scénario 6, sur base de la masse de la bouteille à usage unique en PET. Au même titre que la formation d'ozone photochimique, cet indicateur est sujet à une valeur-seuil d'incertitude plus élevée que celle associée au changement climatique (voir Tableau 88).

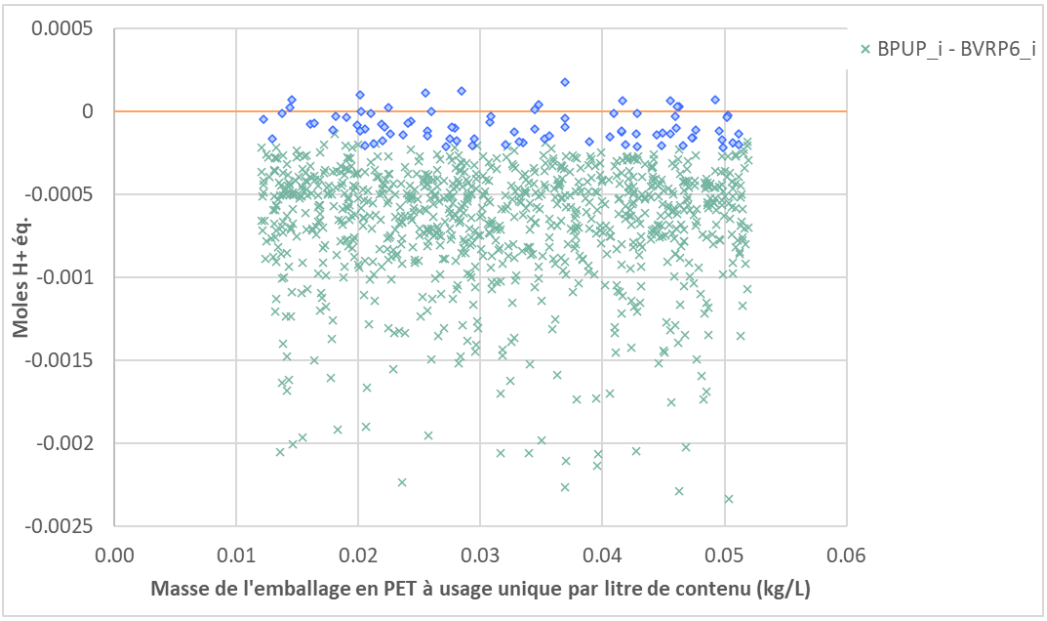


Figure 138 : Scénario 6 - Comparaison des contributions des options à usage unique (BPUP_i) et réemployable (BVRP6_i) à l'indicateur d'acidification selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PET – graphe "range delta" avec prise en compte graphique des itérations de calcul jugées incertaines

Pour ce scénario, considérer les itérations incertaines comme n'étant pas liées à un avantage relatif d'une des deux options mène à la conclusion suivante :

- **L'option en verre réemployable n'est jamais significativement plus avantageuse que l'option à usage unique en PET.**

  Lorsque l'incertitude liée au modèle de caractérisation n'était pas prise en compte, l'option en verre réemployable était avantageuse pour 1.5% des itérations de calcul, sans qu'aucun point

de basculement n'ait pu être identifié. La prise en compte des incertitudes mène à une absence totale d'itérations pour lesquelles l'option réemployable est significativement avantageuse. Elle ne mène donc pas à l'apparition de nouveaux points de basculement ou de déplacement de ceux-ci, mais renforce l'avantage relatif de l'option à usage unique.

Les tendances générales associées à ce scénario restent inchangées.

8.11.3.2. Scénario 7



8.11.3.2.1. Changement climatique

La Figure 139 présente les résultats comparatifs associés à l'indicateur de changement climatique pour le scénario 7, sur base de la masse du pot en PS à usage unique. Ces résultats sont identiques à ceux présentés en Figure 42, mais permettent l'identification visuelle (en bleu) des itérations de calcul menant à des résultats ne permettant pas d'identifier d'avantage relatif d'une des deux options, sur base des seuils d'incertitude considérés.

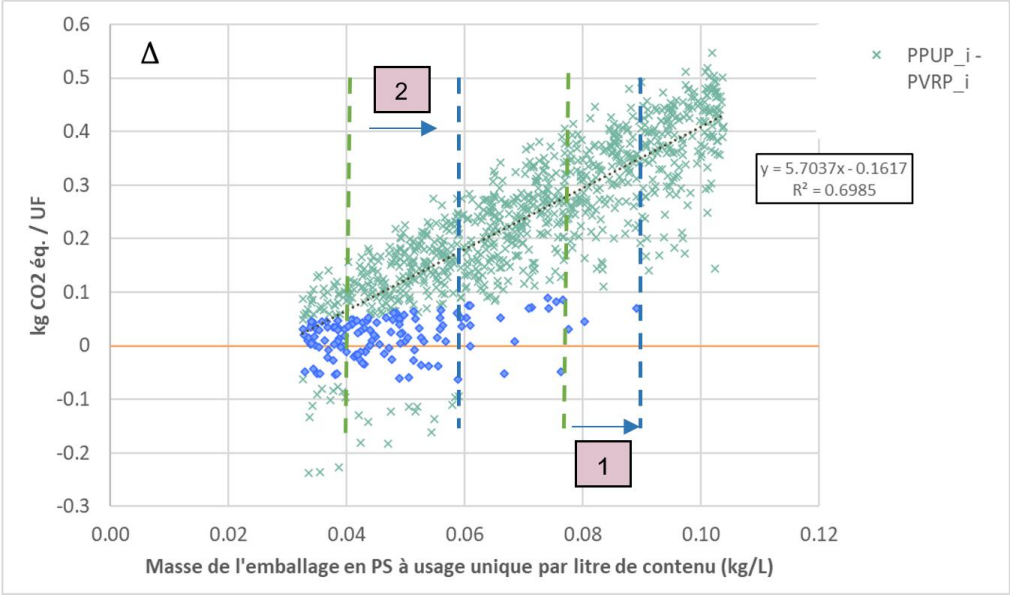


Figure 139 : Scénario 7 - Comparaison des contributions des options à usage unique (PPUP_i) et réemployable (PVRP_i) à l'indicateur de changement climatique selon la masse du pot en PS à usage unique – graphe "range delta" avec prise en compte graphique des itérations de calcul jugées incertaines

L'analyse de cette figure permet de déduire que la prise en compte des incertitudes mène aux conclusions suivantes :

- **Un déplacement du point de basculement associé à 100% d'itérations de la valeur 75 g/L à 90 g/L (1)**

  Un déplacement du point de basculement associé à 100% des itérations de calcul, menant à une option d'emballage « généralement plus avantageuse » qu'une autre (ici, seules les itérations pour des masses d'emballage de 90 g/L ou plus mènent systématiquement à un avantage certain de l'option réemployable).

- **Un déplacement probable des points de basculement découlant des sous-scénarisations (2)**

  La distribution des résultats obtenus et la forme du nuage de points associé au graphe range/delta supposent un déplacement des points de basculement associés aux masses de PS comprises entre 40 et 75 g/L. Des analyses supplémentaires (impliquant une sous-

scénarisation spécifique tenant compte des incertitudes) permettraient de quantifier plus précisément l'ampleur de ces changements. Il est toutefois considéré à dire d'expert et sur base du nuage de points que la prise en compte des incertitudes pourraient déplacer ces points de basculement à des masses d'emballage comprises entre 60 et 90 g/L, environ.

- **Un avantage moins marqué des emballages réemployables**

  Du fait de la distribution particulièrement hétérogène des données associées aux masses d'emballage en PS (une plus grande proportion d'emballages de moins de 60 g/L, proches de la borne minimale de masse), la prise en compte des incertitudes pourrait mener à un avantage relatif moins marqué des pots en verre réemployables.

8.11.3.2.2. Formation d'ozone photochimique

La Figure 140 présente les résultats comparatifs associés à l'indicateur de formation d'ozone photochimique pour le scénario 7, sur base de la masse du pot à usage unique en PS. Au même titre que l'acidification, cet indicateur est sujet à une valeur-seuil d'incertitude plus élevée que celle associée au changement climatique (voir Tableau 88).

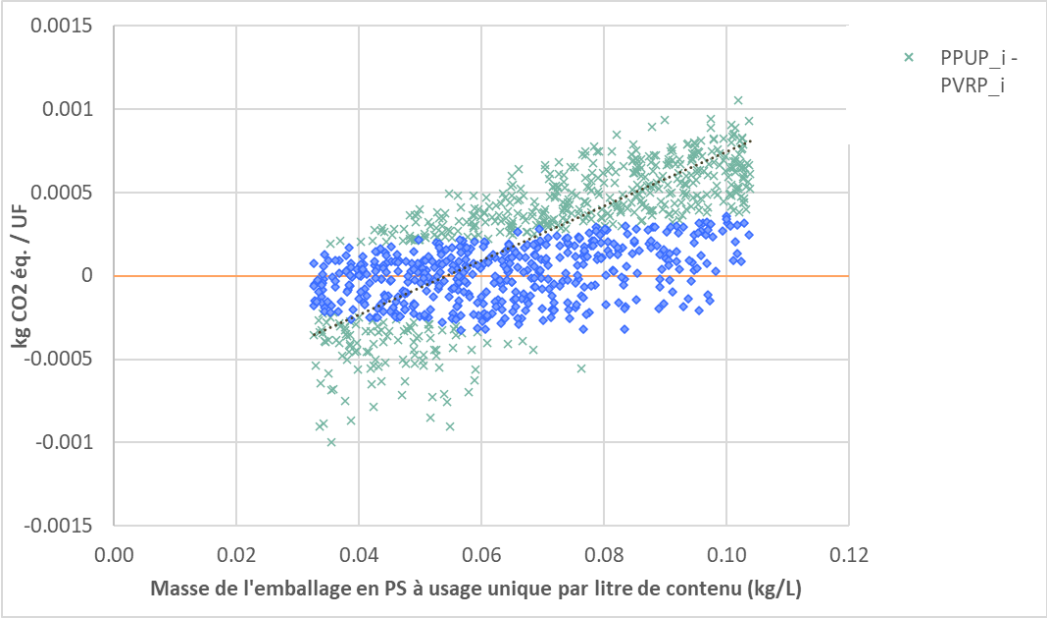


Figure 140 : Scénario 7 - Comparaison des contributions des options à usage unique (PPUP_i) et réemployable (PVRP_i) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations du pot en verre réemployable – graphe "range delta" avec prise en compte graphique des itérations de calcul jugées incertaines

La valeur de seuil plus élevée associée à cet indicateur mène à une proportion significative d'itérations de calcul menant à des résultats incertains (proportion jugée également représentative des autres catégories d'impact de niveau II, tel que repris dans le Tableau 88). Bien que cette analyse ne permette pas d'évaluer précisément l'influence des incertitudes sur les points de basculement (cette évaluation nécessiterait de sous-scénariser les résultats), cette observation invite à une prudence particulière à l'égard des conclusions tirées quant aux points de basculement associés à ces catégories d'impact.

8.11.4. Conclusions transversales et extrapolations

Les analyses réalisées sur les résultats des scénarios 6 et 7 permettent de mettre en perspective l'importance et l'influence potentielle des incertitudes autour des méthodes de caractérisation des catégories d'impact utilisées sur les résultats produits dans le cadre de cette étude. Il est de fait considéré que **l'influence de la prise en compte de ces incertitudes dans l'analyse et la lecture**

des résultats dépendrait des scénarios considérés, et de la mise en perspective de celles-ci avec les données collectées (par exemple quant à la distribution des masses d'emballage).

Il est cependant probable que la prise en compte des itérations incertaines (comme ne permettant pas de départager les options d'emballage) **puisse mener à un déplacement de certains points de basculement, ou à des changements dans la robustesse des points de basculement identifiés** (retranscrite via le code couleur employé dans les diagrammes en arbre). En outre, la prise en compte de ces incertitudes mènerait à un plus grand nombre de situations de modélisation pour lesquelles il est impossible de conclure. L'influence de la prise en compte de ces incertitudes est par ailleurs d'autant plus marquée pour les catégories d'impact jugées comme ayant une robustesse relativement moindre, notamment l'acidification et la formation d'ozone photochimique (reprises dans les catégories d'impact principales analysées dans cette étude).



Globalement, cette analyse complémentaire invite à une lecture prudente des diagrammes en arbre présentés dans ce rapport, et à considérer les points de basculement qui y sont associés comme des tendances globales et des valeurs indicatives, plutôt que comme des valeurs « couperet », strictes et absolues.

8.12. Résultats liés à l'utilisation d'eau

8.12.1. Contexte et limites

Différentes ressources (ex : rivière, lac, nappe souterraine) peuvent être mobilisées pour satisfaire les besoins en eau des activités humaines. Ces prélèvements reviennent à soustraire de l'eau aux milieux naturels, alors même que la disponibilité de l'eau (et donc sa rareté) peut être variable selon les régions ou encore selon les périodes de l'année. Selon les cas, ils sont donc susceptibles de contribuer au phénomène de déficit hydrique.

En raison de différentes limites exprimées ci-dessous, il n'est pas possible d'effectuer une évaluation pertinente entre options réemployables et à usage unique des différents scénarios pour la catégorie d'impacts « Epuisement des ressources en eau » telle que recommandée par la méthode PEF. En effet, le principe actuel d'évaluation de la catégorie d'épuisement des ressources en eau en ACV repose sur un certain nombre d'éléments méthodologiques qui présentent certaines limites.

La catégorie d'impacts ne prend notamment pas en considération tout prélèvement d'eau douce (par exemple issu de nappes phréatiques ou de rivières) qui serait intégralement restitué aux eaux superficielles, même si l'eau restituée a été polluée chimiquement, biologiquement, ou thermiquement. Les seuls prélèvements d'eaux douces considérés dans le cadre des impacts calculés sont donc ceux étant l'objet d'un processus d'évaporation directe ou indirecte (par exemple dans le cas de cultures végétales), ou d'un rejet en milieu marin. La catégorie d'impacts ne tient par ailleurs pas compte de prélèvements d'eau de mer. Ces considérations mènent typiquement à une sur-représentation (pour cette catégorie d'impacts) des processus agricoles et industriels (intrants d'origine végétale, ou production d'électricité), dont la consommation d'eau est mesurée du fait de phénomènes d'évapotranspiration ou d'évaporation dans le cadre de procédés de refroidissement.

A travers les facteurs de caractérisation employés, le modèle AWARE recommandé pour la catégorie d'impacts « Epuisement de la ressource en eau » par la méthode PEF repose sur une logique de régionalisation des flux d'eau prélevés et restitués à l'environnement, la maille géographique retenue pour cette méthode est le pays (ex : France, Espagne, Maroc, etc.). Cela permet de tenir compte du fait que la disponibilité en eau n'est pas la même d'un pays à un autre et donc que le prélèvement (ou la restitution) d'un m3 en rivière, en lac, ou en nappe souterraine n'a pas la même valeur selon le pays. Par contre, la méthode AWARE mise en œuvre dans le PEF n'est pas appliquée à l'échelle des bassins versants, rendant peu spécifique certaines conclusions associées à cette catégorie d'impacts. En outre, la catégorie d'impacts ne tient donc pas compte de phénomènes de pénurie géographique ou saisonnière.

Enfin, l'un des enjeux majeurs de l'étude du réemploi à l'égard de la ressource en eau concerne les processus de lavage. Ceux-ci font l'objet de limites spécifiques à la collecte de données réalisées en vue d'effectuer la modélisation. Les jeux de données de lavage envoyés par les acteurs contactés dans les délais associés à l'étude sont en nombre relativement restreint. Indépendamment de ce nombre restreint de jeux de données collectées, les gammes de valeurs associées aux consommations d'électricité, de détergent, et d'eau (qui correspondent à des paramètres potentiellement critiques quant aux comparaisons effectuées) sont relativement larges, et englobent en outre toutes les données de littérature ayant pu être identifiées. Cependant cette collecte ne permet pas de statuer sur le caractère extrême ou marginal des bornes minimales et maximales utilisées dans la construction des gammes de valeurs, par exemple pour les consommations liées au lavage.

Les gammes de valeurs modélisées tiennent compte de différents processus de lavage distincts, étant donné que les différents acteurs ayant contribué à la collecte de données sont chacun spécialisés selon divers types de contenants réemployables (bouteilles, pots, barquettes, bacs...). Toutefois le nombre restreint de jeux de données recueillis auprès des acteurs de lavage n'a pas permis de modéliser finement plusieurs processus de lavage distincts qui seraient spécifiques à des formats d'emballages.

Certains acteurs sollicités sont spécialisés dans le lavage des bouteilles, d'autres dans le lavage des barquettes de restauration, et d'autres encore dans le lavage de pots et bocaux. A ce titre, il n'a donc pas été considéré de modéliser séparément des processus d'aspersion ou d'immersion, qui d'après les acteurs de lavage sollicités, pourraient présenter des différences dans les consommations d'eau et de détergent considérées. Une modélisation commune a donc été établie pour l'ensemble des scénarios considérés. L'influence de processus de lavage spécifiques à un type d'emballage primaire (bouteilles ou pots/bocaux) n'a donc pas pu être étudiée de manière fine et spécifique dans cette étude.

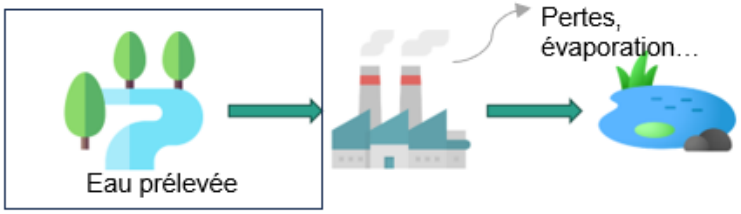
8.12.2. Analyse réalisée dans l'étude

En raison des différentes limites exprimées ci-dessus, il n'est pas possible d'effectuer une **évaluation pertinente** entre options réemployables et à usage unique des différents scénarios pour la catégorie d'impacts « Epuisement des ressources en eau » telle que recommandée par la méthode PEF.

C'est pourquoi, il a été décidé en accord avec l'ADEME et la RC de procéder à une quantification des prélèvements d'eau associés à **la production d'un emballages en verre** et **au lavage d'un emballage en verre réemployable.**

8.12.2.1. Définition et flux élémentaires considérés

Le **prélèvement d'eau** correspond à l'eau utilisée lors d'un processus qui est remise (potentiellement polluée) dans les eaux superficielles, par exemple les lacs et rivières, et l'eau consommée lors du processus (évaporation, pertes…).



Autrement dit, le flux d'eau prélevé en entrée d'un processus est égal à la somme du flux d'eau rejeté en sortie du processus et du flux d'eau consommé pendant le processus.

Les flux d'eau prélevés de la production des emballages et du lavage de ceux-ci sont les flux auxquels est associé un facteur de caractérisation de 1 dans le tableau ci-dessous. Ils correspondent à l'indicateur d'extraction d'eau totale (*« Total water extraction »*) fourni par la base de données EcoInvent 3.10 à travers l'outil EcoQuery. Ce tableau liste les flux élémentaires de l'EF package 3.10 relatif à l'eau :

Compartiment	Sous-compartiment	Flux élémentaire	Facteur de caractérisation
Resources from water	Renewable material resources from water	*Freshwater*	**1**
		Ground water	**1**
		Lake water	**1**
		River water	**1**
		Sea water	**1**
		Water	**1**
		Water (rain water)	**1**
		Green water	**1**
		Water to turbine	**1**
		Water, salt, sole	**1**
		Water to Cooling	**0**

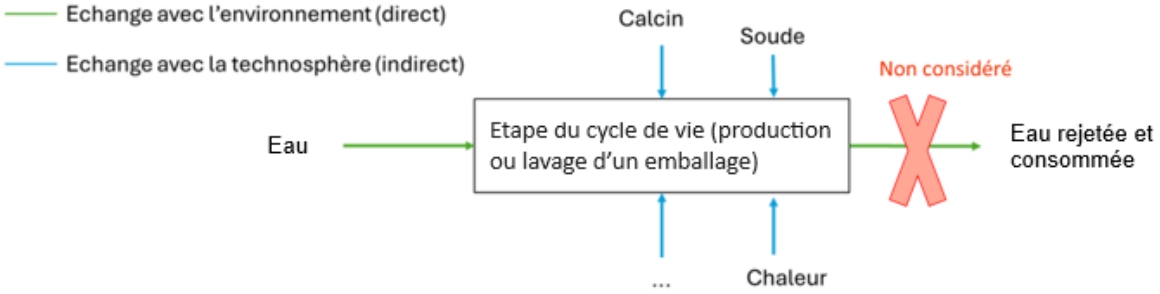
Emissions to air	**Emissions to air, unspecified**	*Water (evapotranspiration)*	**0**
		water vapour	**0**
Emissions to water	**Emissions to fresh water**	*Water*	**0**
		Water (rain water)	**0**
		Water from cooling	**0**
		Water from turbine	**0**
	Emissions to sea water	*Water*	**0**
		water vapour	**0**

Remarque : Les inventaires FEVE n'ont pas été utilisés pour cette analyse des flux d'eau (ces inventaires étant utilisés pour la modélisation de la production d'emballages en verre dans les autres analyses du rapport). En effet d'une part il a été considéré plus cohérent d'utiliser Ecoinvent 3.10 pour la comparaison des prélèvements d'eau des deux étapes de production et du lavage, et d'autre part l'ADEME n'a pas pu disposer des inventaires FEVE désagrégés détaillant les flux élémentaires relatifs aux prélèvements d'eau de l'étape de production du verre.

8.12.2.2. Approche méthodologique

Cette analyse porte sur une bouteille en **verre** de 715 g/L (la valeur médiane des masses de bouteilles en verre collectées pour cette étude, ramenées à l'unité fonctionnelle). Seules **l'étape de production** de la bouteille en verre et **l'étape de lavage** ce celle-ci sont étudiées. Pour ces deux étapes du cycle de vie considérées, une distinction est faite entre :

- les prélèvements dits « indirects », soit liés à des procédés amont, antérieurs à l'étape de cycle de vie modélisée,
- et les prélèvements « directs », qui impliquent une mobilisation d'eau sur site pour l'étape du cycle de vie concernée.



Ces procédés sont notamment les suivants :

- Pour la production des bouteilles :
  - Prélèvements indirects : La **production d'électricité** (qui requiert de l'eau pour le refroidissement des infrastructures de production nucléaire), et **l'extraction et la transformation des matières premières**
  - Prélèvements directs : La mobilisation d'eau liée à **la production de l'emballage primaire** (par exemple pour le refroidissement des fours verriers).
- Pour le lavage des bouteilles :
  - Prélèvements indirects * : La **production d'électricité** (qui requièrent de l'eau pour le refroidissement des infrastructures de production nucléaire, et pour l'irrigation des cultures végétales permettant la production des tensio-actifs, respectivement), et **des composés chimiques** (détergent, soude, antitartre) impliqués dans le lavage des emballages.
  - Prélèvements directs : L'utilisation directe d'**eau pour le lavage**

Les flux d'eau liés à la production, au maintien et à la fin de vie des infrastructures de lavage et de production des emballages n'ont pas été pris en compte, la modélisation de ces infrastructures étant basée sur des hypothèses fortes (notamment quant à l'amortissement de leurs impacts). En outre, les bornes minimales, moyennes et maximales des gammes de valeurs (présentées dans le chapitre 5) ont été considérées dans l'analyse des flux associés aux consommations de lavage, pour tenir compte d'une large diversité de réalités industrielles.

8.12.2.3. Résultats

Bouteille en verre		Production d'une bouteille d'1L (715g)			Lavage d'une bouteille d'1L								
		Sources de prélèvements directs d'eau	Sources de prélèvements indirects d'eau	Prélèvement d'eau total	Sources de prélèvements directs d'eau	Sources de prélèvements indirects d'eau							Prélèvement d'eau total
					Consommation directe d'eau de lavage sur site	Consommation d'électricité sur site	Détergent			Soude	Antitartre	Sous-total	
Inventaires considérés pour l'analyse des flux d'eau (EI 3.10)		*packaging glass production, white - RER w/o CH + DE*	*packaging glass production, white - RER w/o CH + DE*		/	*market for electricity, low voltage - FR*	*potassium hydroxide production*	*phosphoric acid production, dihydrate process*	*ethoxylated alcohol (AE3) production, petrochemical*	*market for sodium hydroxide, without water, in 50% solution state*	*market for salt*		
Eau prélevée (L)	Valeur minimale	1.98E+00	1.73E+03	**1732**	3.29E-01	1.70E+01	3.06E-02	2.03E-02	1.78E-05	0.00E+00	1.67E-04	1.70E+01	**17**
	Valeur moyenne				4.55E+00	2.20E+02	9.29E-01	6.16E-01	5.40E-04	4.35E-06	5.05E-03	2.21E+02	**226**
	Valeur maximale				8.77E+00	4.22E+02	1.83E+00	1.21E+00	1.06E-03	5.03E-03	9.94E-03	4.25E+02	**434**

Tableau 89 : Prélèvements d'eau liés à la production et au lavage d'une bouteille en verre

Le Tableau 89 présente les flux d'eau associés aux prélèvements directs et indirects d'eau, pour les processus de production et de lavage d'une bouteille en verre d'1L. Les flux associés à la production d'une bouteille en verre blanc (jugée représentative de verres brun et vert à l'égard des flux d'eau) sont 4 à 100 fois supérieurs à ceux associés au lavage d'une bouteille en verre réemployable, dépendamment des consommations de lavage considérées. Sur base de la modélisation réalisée pour cette étude, **il est donc considéré qu'un cycle de lavage associé au réemploi d'une bouteille en verre n'impliquerait pas la mobilisation d'une quantité d'eau supérieure** à la production d'une bouteille neuve, y compris pour des consommations de lavage élevées.

L'analyse des flux liés aux prélèvements d'eau nécessaires au lavage et à la production d'une bouteille en verre indique également que les **prélèvements indirects sont largement majoritaires** pour ces deux processus (plus de 99% des prélèvements totaux dans le cas de la production, près de 98% dans le cas du lavage). Par ailleurs, **les flux d'eau liés la consommation d'électricité sur le site de lavage contribuent largement** (près de 97%) au total des prélèvements d'eau associés au lavage de la bouteille. Les flux liés à la **consommation d'eau directe pour le lavage sur site contribuent quant à eux à environ 2%** des prélèvements d'eau totaux associés au lavage.



Cette analyse des flux d'eau prélevée ne concerne que deux étapes du cycle de vie des emballages en verre et pas l'entièreté d'un cycle de vie. Cette analyse ne prend pas non plus en compte la territorialisation des enjeux de ressources en eau.

8.13. Analyse des risques de fuites de déchets d'emballages dans l'environnement

Bien que la méthodologie de l'ACV prenne en compte un certain nombre d'impacts environnementaux (changement climatique, utilisation des ressources fossiles…), il en existe d'autres qui ne sont pas quantifiés par cette méthode. Il est recommandé de les investiguer de manière qualitative en parallèle de l'ACV en attendant des avancées méthodologiques permettant leur quantification. C'est notamment le cas des impacts associés aux fuites de déchets d'emballages dans l'environnement. Une évaluation qualitative simplifiée est menée dans ce chapitre à ce sujet, conformément au Cadre de Référence de l'ADEME (fiche n°22) sur les ACV comparatives de solutions d'emballages[10]. A l'instar des analyses effectuées dans le cadre strict de l'ACV, des comparaisons sont effectuées entre les options réemployables et à usage unique des scénarios 6 et 14, **se concentrant sur les emballages primaires**. Le périmètre de cette analyse est identique au périmètre de la présente étude, décrit en section 5.

Les scénarios 8 et 9 – qui correspondent aux comparaisons de barquettes de restauration – et les scénarios 12 et 13 – qui correspondent aux comparaisons de bouteilles en verre réemployables avec des bouteilles en PET à usage unique – seront respectivement jumelés pour cette comparaison, les différences logistiques les concernant n'étant pas d'application pour la présente analyse.

Conformément au cadre de référence de l'ADEME, la première partie de cette analyse qualifie la probabilité de fuites de déchets d'emballages dans l'environnement sur base des caractéristiques des emballages concernés. En deuxième partie, les éventuels effets négatifs des déchets d'emballages sur les écosystèmes marins sont discutés à partir des caractéristiques des emballages discutées en première partie.

8.13.1. Rapide état des connaissances

Les dommages environnementaux causés par les fuites de déchets, notamment de déchets d'emballages, affectent en premier lieu la biodiversité, c'est-à-dire la diversité des espèces et des écosystèmes présents sur Terre. Au-delà de ce phénomène spécifique, la biodiversité est affectée par toutes les activités humaines et leurs conséquences (agriculture, barrages, espèces invasives, etc.). De plus, elle l'est de manière cumulative et simultanée et en tout point de la planète. C'est pourquoi l'ACV présente l'intérêt, pour évaluer les impacts sur la biodiversité, de couvrir l'ensemble de la chaîne de valeur des systèmes, et ainsi d'identifier les transferts d'impacts.

À cette fin, les catégories d'impact en ACV qui font actuellement l'objet d'un consensus scientifique permettent de rendre compte (de manière satisfaisante, bien que perfectible), des impacts d'un système donné sur les écosystèmes terrestres et aquatiques ; en revanche, les écosystèmes marins demeurent un angle mort de l'ACV[107]. Par ailleurs, les débris plastiques marins sont l'un des principaux facteurs de perte de biodiversité marine et qui ne sont pas quantifiés en ACV[109].

Pour pallier ce manque de connaissances qui limite la portée de l'ACV en tant qu'outil d'aide à la décision, de nombreux travaux sont menés depuis plusieurs années, aussi bien en recherche que par des institutions internationales, mais aussi par des entreprises ou des ONG. La plupart de ces travaux portent spécifiquement sur l'atteinte aux écosystèmes marins causée par les débris de plastiques.

En effet, la grande majorité des déchets retrouvés dans le milieu marin sont en plastique (plus de 80 % selon la Commission Européenne[I])[48,50]. Ces déchets plastiques perturbent fortement les écosystèmes marins, à travers différents mécanismes [107] : perturbation du cycle marin du carbone, en affectant la croissance des algues qui captent le CO_2 ; impacts physiques (étouffement, étranglement, etc.) et toxiques sur les espèces marines ; transport de contaminants et d'espèces invasives.

Néanmoins, la pollution des écosystèmes par les abondons de déchets concerne aussi d'autres matériaux que le plastique. La Figure 141 présente les catégories de déchets les plus répandus dans l'environnement terrestre (plages, rivages ou autres) ainsi que ceux recouvrant le fond marin. Parmi eux, plusieurs objets correspondent à des solutions d'emballages retenues dans le cadre de notre étude : emballages alimentaires, emballages en plastique pour boisson, emballages pour la restauration à emporter, mais aussi bouteilles en verre et canettes métalliques.

	Ten most abundant items 'on land'	Ten most abundant items 'on seafloor'
1	cigarette butts	fishing line
2	food wrappers	plastic pieces
3	plastic beverage bottles	glass bottles
4	plastic bottle caps	plastic beverage bottles
5	plastic bags	food wrappers
6	plastic straws	metal cans
7	plastic take-away containers	plastic bags
8	plastic lids	fishing gear
9	foam take-away containers	plastic cutlery
10	plastic pieces (fragments)	rope

Figure 141 : Les dix catégories de débris les plus répandus à travers le monde dans les environnements terrestre et marin (issu de GIZ[47], d'après des données de Hardesty et al [50])

Plusieurs auteurs mettent en évidence une corrélation entre facteurs socio-économiques et composition des déchets abandonnés[50,59], dont certains montrent une importance relative non négligeable de la canette métallique et la bouteille en verre, dans les pays à revenu élevé (Figure 142). Toutefois, les études scientifiques portant sur les conséquences des autres matériaux que le plastique et sur les milieux autres que marins sont encore peu nombreuses[10].

[I] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_18_3909

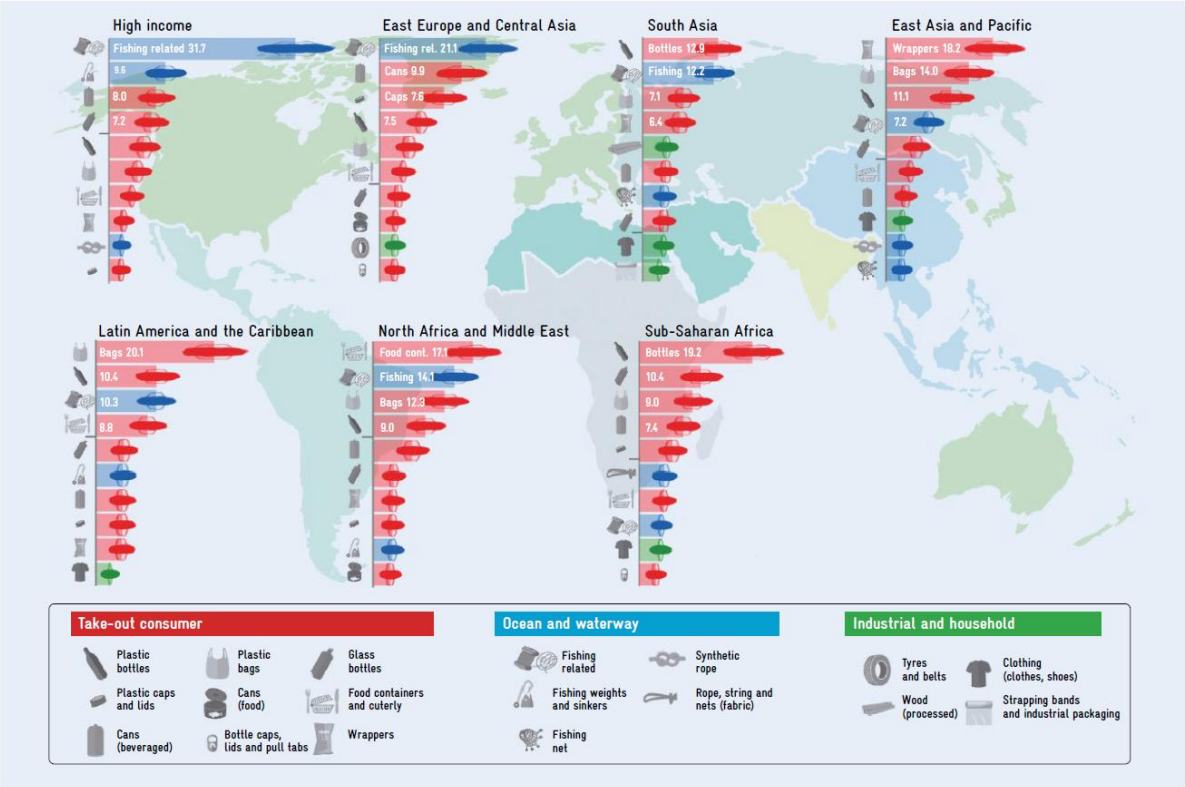


Figure 142 : Composition des déchets marins selon les différentes régions du monde (issu de GIZ[47], d'après des données de Morales-Caselles[59])

8.13.2. Probabilité de rejets dans l'environnement

Tout d'abord, il convient de rappeler que tous les déchets d'emballages devraient être collectés et rejoindre une filière de gestion en fin de vie appropriée. Néanmoins, des déchets d'emballages sont susceptibles d'être rejetés dans l'environnement pour de multiples raisons, volontaires ou involontaires, et ce à plusieurs stades de la gestion de ces déchets. Dans cette section, les probabilités de fuite de déchets d'emballages dans l'environnement des scénarios 6 à 14 sont évaluées (cf. *Tableau 90*), sur la base de différentes caractéristiques d'emballages susceptibles d'être déterminantes.

A noter que cette analyse se focalise sur les emballages primaires de chaque scénario. L'évaluation est relative entre la solution d'emballage à usage unique et celle consignée pour réemploi de chaque scénario, les scénarios n'étant pas comparés entre eux.

Une probabilité de fuite vers l'environnement relative est évaluée pour chaque caractéristique d'emballage dans le *Tableau 90* . Puis une tendance au global est établie par scénario.

De manière générale à tous les scénarios, les emballages avec consigne pour réemploi représentent un risque de fuite dans l'environnement moins élevé que leur homologue à usage unique.

Légende du Tableau 90 :

Probabilité d'abandon ou de rejets
Risque plus élevé pour la solution d'emballage réemployable (r.)
Non discriminant ou indéterminé
Risque plus élevé pour la solution d'emballage à usage unique (uu)

Scénario	Scénario 6		Scénario 7		Scénarios 8 et 9		Scénario 10		Scénario 11		Scénarios 12 et 13****		Scénario 14	
	Bouteille verre r.	Bouteille PET uu	Pot verre r.	Pot PS uu	Barquette verre r.	Barquette PP uu	Bouteille verre r.	Canette alu uu	Bouteille PET r.	Bouteille PET uu	Bouteille verre r.	Bouteille PET uu	Pot verre r.	Conserve acier uu
Masse / densité de l'emballage	Lourd	Léger	Lourd	Léger	Lourd	Léger	Lourd	Léger	Léger	Léger	Lourd	Léger	Lourd	Moyen
Type d'emballage	Bouteille	Bouteille	Pot	Pot	Barquette	Barquette	Bouteille	Canette	Bouteille	Bouteille	Bouteille	Bouteille	Pot	Conserve
Probabilité de rejets	Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Non discriminant		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu	
Nature et nombre d'éléments dissociables	Corps principal	Corps principal + bouchon solidaire	Corps principal	Corps principal	Corps principal	Corps principal	Corps principal	Corps principal	Corps principal	Corps principal + bouchon solidaire	Corps principal	Corps principal + bouchon solidaire	Corps principal	Corps principal
	Système fermeture	Etiquette	Système fermeture	Système fermeture	Système de fermeture	Système de fermeture	Système fermeture	/	Système de fermeture	Etiquette	Système de fermeture	Etiquette	Système de fermeture	Système de fermeture
	Etiquette	/	Etiquette	Etiquette	Etiquette	Etiquette	Etiquette	/	Etiquette	/	/	/	/	Etiquette
Probabilité de rejets	Risque plus élevé pour l'option r.		Non discriminant		Non discriminant		Risque plus élevé pour l'option r.		Risque plus élevé pour l'option r.		Indéterminé		Risque plus élevé pour l'option uu	
Taux de mise en décharge	3-6%	7-11%	3-6%	23-27%	3-6%	23-27%	3-6%	7-11%	3-11%	7-11%	3-6%	7-11%	3-6%	0-6%
Probabilité de rejets	Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Non discriminant		Risque plus élevé pour l'option uu		Non discriminant	
Lieu de consommation *	Domicile	Nomade/Domicile	Domicile	Nomade/Domicile	Domicile	Nomade/Domicile	Domicile	Nomade/Domicile	Nomade/Domicile		Domicile	Nomade/Domicile	Domicile	Domicile
Probabilité de rejets	Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Non discrimant		Risque plus élevé pour l'option uu		Non discriminant	
Recours à une consigne pour réemploi **	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
Probabilité d'abandon	Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu	
Valeur perçue ***	+++	+	+++	+	+++	++	+++	++	+	+	+++	+	+++	++
Probabilité d'abandon	Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Non discriminant		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu	
TENDANCE GLOBALE	Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu	

Tableau 90 : Evaluation relative des risques de fuite dans l'environnement associés aux emballages primaires étudiés pour chaque scénario

** Il est considéré que tous les emballages sont distribués au particulier et que la consommation peut avoir lieu à domicile ou hors domicile. Cependant, il est considéré que les emballages réemployables en verre sont peu sujets à une consommation nomade.*

*** Les emballages en verre, consignés, sont réemployés entre 2 et 30 fois. Les bouteilles en PET, consignées, sont réemployées entre 2 et 20 fois. Les pots et bouteilles en verre consignés sont eux réemployés entre 2 et 30 fois. Les autres emballages étudiés sont à usage unique.*

**** La valeur perçue de l'emballage est évaluée qualitativement, en dehors de la considération d'une consigne monétaire. Selon une étude de 2019 réalisée par ECOGEOS pour l'ADEME et portant sur la caractérisation de la problématique des déchets sauvages, « les raisons de l'incivisme ou de l'habitude peuvent trouver leur source dans la valeur que chacun attribue à l'objet qu'il abandonne : moins l'objet a de valeur pour la société (matériau non noble, pas recyclable, sale, petit), plus il est facile, même pour monsieur tout le monde, de l'abandonner ».*

***** Pour la solution réemployable des scénarios 12 et 13, seul l'emballage rempli est considéré dans cette analyse, et l'emballage de distribution n'est pas pris en compte dans la mesure où son risque d'abandon est fortement limité par le fait que son réemploi soit à la charge du professionnel.*

****** Dans l'ensemble, pour le scénario 11, il a été considéré un risque d'abandon dans la nature plus élevé pour le PET à usage unique en comparaison à la bouteille en PET consignée pour réemploi. En effet, quatre critères sont « Non discriminant », et deux sont en opposition : il est considéré à dire d'expert que le recours à une consigne pour réemploi a plus de poids dans la comparaison car moins incertain. Un rapport de 2022, portant sur le rôle du dispositif des REP dans la prévention des abondons de déchets, basé sur le retour d'expérience de dix pays, tire parmi ses enseignements que la consigne peut se révéler un levier puissant de réduction des abondons de déchets, notamment des déchets d'emballage pour boisson[47].*

8.13.3. Effets négatifs sur les écosystèmes

Outre le risque de fuite des déchets d'emballages dans l'environnement, il est important d'évaluer les effets négatifs potentiels sur les écosystèmes en cas de fuite effective de l'emballage. Pour ce faire, plusieurs effets négatifs issus du Cadre de référence de l'ADEME (fiche n°22) ont été recensés et sont discutés qualitativement ensuite pour chacun des 9 scénarios évalués. Face au manque d'études scientifiques dédiées aux conséquences des fuites de déchets dans l'environnement sur les écosystèmes autres que marins (comme les milieux terrestres, dont les sols et les eaux douces)[10], **cette analyse se limite aux effets négatifs potentiels sur les écosystèmes marins**.

- Aptitude à la formation de particules persistantes

Plus l'emballage est susceptible de former des microparticules, plus la probabilité d'ingestion par des espèces aquatiques est grande. Le cas spécifique des microplastiques est particulièrement documenté dans la littérature scientifique, en tant que facteur d'exposition aux produits chimiques ou additifs, ainsi qu'aux agents pathogènes[64].

- Aptitude à la flottaison et à être transporté sur de longues distances

L'aptitude à la flottaison, en amont de la dégradation de l'emballage, augmente le risque d'impacts physiques pour les espèces marines (étrangement, ingestion, étouffement, etc.)[107,64].
Dans le cas d'un emballage en plastique, s'il est dégradé en microparticules, l'aptitude à la flottaison est un facteur qui favorise la dispersion d'espèces invasives, d'agents pathogènes ou de contaminants chimiques[107,64]. De plus, l'aptitude à la flottaison des débris en plastique favorise leur accumulation dans certains types d'écosystèmes comme les deltas des fleuves ou les mangroves[64] ainsi que dans le compartiment terrestre[47].

- Persistance dans l'environnement

Le caractère dégradable d'un emballage, ainsi que la durée nécessaire à sa décomposition dans l'environnement, sont des paramètres susceptibles d'influencer les impacts sur les écosystèmes en cas de fuite dans l'environnement. Le National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) US a estimé les temps de décomposition de certains types de débris marins (Figure 143), tout en précisant que ces taux de dégradation sont sujets à d'importantes variations, dépendant des caractéristiques des milieux où ils sont rejetés (température, exposition aux UV, pH, présence de micro-organismes, etc.).

Ainsi, la persistance dans l'environnement comme facteur de danger pour les écosystèmes doit être appréhendée en lien avec le caractère inerte ou non du matériau constituant l'emballage.

- Présence de substances écotoxiques ou toxiques (additifs, éléments d'alliages, revêtement, etc.)

Plus le matériau de l'emballage contient des substances toxiques, susceptibles de se retrouver dans les différents compartiments des écosystèmes en cas de rejet, plus le risque d'affecter les écosystèmes est élevé.

- Forme et taille des macrodéchets : Plus la forme et la taille de l'emballage favorisent les risques d'enchevêtrement, d'étranglement ou d'étouffement de la faune sauvage, plus le risque pour les écosystèmes est élevé.



Figure 143 : estimation des durées de décomposition de différents types de débris marins (NOAA, 2015)

Ces cinq caractéristiques sont discutées lors de l'évaluation qualitative pour chacun des 9 scénarios sur base de publications scientifiques et de l'expertise de RDC Environment et de l'ADEME.

8.13.3.1. Scénarios 6, 12 et 13 : bouteille en verre réemployable vs bouteille en PET à usage unique

Les bouteilles en PET sont susceptibles de générer des microplastiques dans l'environnement marin, qui risquent d'être ingérés par les organismes vivants et de véhiculer des contaminants. Les bouteilles en verre présentent quant à elles un potentiel très faible de formation de microparticules dans l'environnement marin (du moins concernant le corps principal).

De plus, comme le PET a une densité proche de celle de l'eau et près de 2 fois moindre que celle du verre, les bouteilles en PET ont un potentiel de flottaison plus grand et sont donc plus susceptibles de dériver sur de longues distances.

En ce qui concerne le risque de persistance dans l'environnement, les deux matériaux ne sont pas biodégradables. La durée de dégradation du PET dans l'environnement est estimée à 450 ans, tandis que celle du verre est indéterminée. Néanmoins, cette durée de décomposition particulièrement longue du verre est inhérente au caractère inerte du matériau, donc associée à un danger moindre, a priori, pour les écosystèmes.

En termes d'éco-toxicité, le PET peut entraîner des effets négatifs : d'une part, par l'ingestion de microparticules de PET par les organismes marins et, d'autre part, par les additifs qu'il peut contenir et susceptibles d'être libérés lors de sa dégradation dans l'environnement[35]. En revanche, le manque de ressources littéraires concernant l'(éco-)toxicité du verre une fois laissé à l'abandon dans l'environnement ne permet pas de conclure quant à l'(éco-)toxicité de la dégradation du matériau en tant que tel.

Les bouteilles en verre et en PET sont de formes similaires. Toutefois, la bouteille en PET étant déformable, contrairement à celle en verre, elle présente un risque plus élevé de causer des impacts physiques sur la faune marine, tels qu'enchevêtrement ou ingestion.

En résumé, les effets négatifs potentiels envers les écosystèmes marins liés aux fuites de bouteilles en verre réemployables dans l'environnement sont estimés moins importants que ceux liés aux bouteilles en PET à usage unique.

8.13.3.2. Scénario 7: pot en verre vs pot en PS

De la même manière que pour le scénario 6, les pots en PS sont davantage susceptibles de générer des microplastiques dans l'environnement et de dériver sur des longues distances que les pots en verre. Les plastiques, lorsqu'ils se décomposent dans l'environnement marin, laissent échapper des substances chimiques, des métaux et des micropolluants qui passent dans les eaux et les sédiments et aboutissent dans les chaînes alimentaires marines[64,46]. Il est ainsi estimé à dire d'expert que les risques en matière d'(éco)-toxicité du PS sont semblables à ceux du PET. Le PS est également un matériau non biodégradable, mais la durée nécessaire à sa dégradation n'est pas connue. Sa persistance dans l'environnement présente, a priori, un danger plus grand pour les écosystèmes que celle du verre, qui est un matériau inerte. Les formes et tailles des pots en verre sont similaires, mais le pot en PS étant déformable, il présente un risque d'impact physique plus élevé envers la faune.

En résumé, les effets négatifs potentiels envers les écosystèmes marins liés aux risques de fuites de pots en verre réemployables dans l'environnement sont estimés moins importants que ceux liés aux pots en PS à usage unique.

8.13.3.3. Scénarios 8 et 9 : barquette en verre vs barquette en PP

Les conclusions quant aux barquettes en verre et en PP sont similaires aux conclusions pour le PET et pour le PS. En effet, les barquettes en PP représentent un risque de formation de microplastiques et de dérive sur de longue distances plus élevé que les barquettes en verre. Le PP est également un matériau non biodégradable, mais la durée nécessaire à sa dégradation n'est pas connue. Sa persistance dans l'environnement présente, a priori, un danger plus grand pour les écosystèmes que celle du verre, qui est un matériau inerte. Pour les mêmes raisons que précédemment, il est estimé que le PP est susceptible de contenir des additifs (éco-)toxiques libérés lors de sa dégradation dans l'environnement marin. Les tailles des barquettes son similaires, en revanche la forme varie selon qu'elle est en verre ou en PP.

En résumé, les effets négatifs potentiels envers les écosystèmes marins liés aux risques de fuites de barquettes en verre réemployables dans l'environnement sont estimés moins importants que ceux liés aux barquettes en PP à usage unique.

8.13.3.4. Scénario 10 : canette en aluminium vs bouteille en verre

Face à une solution d'emballage en verre réemployable, les éléments de comparaison concernant les canettes en aluminium diffèrent de ceux concernant les alternatives en plastiques précédemment décrits.

Le potentiel de formation de microparticules de l'aluminium est peu documenté.

Considérant que l'aluminium et le verre ont des densités proches (de l'ordre de 2.7 g/cm³ en excluant le revêtement en plastique), le risque de dériver sur de longues distances n'est pas retenu comme discriminant d'une solution d'emballage envers l'autre.

L'aluminium présent dans les écosystèmes marins est à la fois d'origine naturelle et issu de diverses activités anthropiques[21]. Il y est présent sous des formes variées, (Al^{3+}, $AlOH^{2+}$, $Al(OH)^{4-}$, etc.), dont certaines sont potentiellement toxiques pour les organismes vivants[20,21]. La contribution spécifique de rejets de canettes à la concentration en ions aluminium dans les écosystèmes marins n'est en revanche pas documentée.

En termes de persistance dans l'environnement, les deux matériaux ne sont pas biodégradables. La durée de dégradation d'une canette en aluminium est estimée à 200 ans[a], tandis que celle du verre est indéterminée. Néanmoins, cette durée de décomposition particulièrement longue du verre est inhérente au caractère inerte du matériau, donc associée à un danger moindre, a priori, pour les écosystèmes.

Les deux alternatives d'emballages n'ont pas la même forme, mais il est estimé que ce critère ne permet pas de juger une solution d'emballage comme meilleure que l'autre.

Les critères d'évaluation retenus dans le cadre de cette analyse étant peu documentés pour les emballages comparés dans ce scénario, ils ne permettent pas de conclure quant à un danger plus élevé envers les écosystèmes marins d'une solution par rapport à l'autre.

8.13.3.5. Scénario 14 : Pots en verre vs conserve en acier

La densité de l'acier étant près de trois fois supérieure à celle du verre, les pots en verre ont un potentiel de flottaison plus grand que les boîtes de conserve en acier et sont donc davantage susceptibles de dériver sur de longues distances.

Le potentiel de formation de microparticules de l'acier n'étant pas suffisamment documenté, il est jugé que ce critère ne permet de juger une solution d'emballage comme meilleure que l'autre.

En ce qui concerne le risque de persistance dans l'environnement, l'acier est également un matériau non biodégradable, et le temps de décomposition dans l'environnement d'une boite de conserve est estimé à 50 ans. Le pot en verre, dont la durée de décomposition est très longue compte tenu du caractère inerte du matériau, est associé à un danger moindre, a priori, pour les écosystèmes.

De même que pour le verre, les études relatives aux effets sur les écosystèmes de l'acier abandonné à l'environnement sont rares et ne permettent pas de conclure quant à l'(éco-)toxicité de ce matériau. Néanmoins, les emballages métalliques alimentaires étant recouverts d'un revêtement interne protecteur (du contact avec les aliments), on peut supposer que ce revêtement contient des substances chimiques susceptibles d'être relarguées à l'environnement en cas de rejet dans la nature[23].

Les conserves en acier et les pots en verre ont des formes proches, ainsi ce critère ne permet-il pas de juger une solution d'emballage comme meilleur que l'autre.

Les critères d'évaluation retenus dans le cadre de cette analyse étant peu documentés pour les emballages comparés dans ce scénario, ils ne permettent pas de conclure quant à un danger plus élevé envers les écosystèmes marins d'une solution par rapport à l'autre.

8.13.3.6. Scénario 11 : Bouteille en PET à usage unique vs bouteille en PET réemployable

Pour les critères étudiés qui sont propres à la nature du matériau lui-même (à savoir : formation de microparticules, flottaison, persistance dans l'environnement et substances écotoxiques ou toxiques), les deux solutions d'emballages sont comparables, étant donné qu'elles sont toutes deux constituées de PET.

De plus, les bouteilles en PET à usage unique et réemployable étant de formes similaires, ce critère ne permet pas de différencier les deux emballages.

En résumé, les effets négatifs potentiels envers les écosystèmes marins liés aux risques de fuites dans l'environnement sont estimés équivalents pour les deux solutions d'emballage.

[a] https://ourworldindata.org/grapher/decomposition-rates-marine-debris

8.13.4. Conclusions générales

Critères d'évaluation	Scénario 6		Scénario 7		Scénarios 8 et 9		Scénario 10		Scénario 11		Scénarios 12 et 13		Scénario 14	
	Bouteille verre r.	Bouteille PET uu	Pot verre r.	Pot PS uu	Barquette verre r.	Barquette PP uu	Bouteille verre r.	Canette alu uu	Bouteille PET r.	Bouteille PET uu	Bouteille verre r.	Bouteille PET uu	Pot verre r.	Conserve acier uu
1. Risque de fuites	Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu		Risque plus élevé pour l'option uu	
2. Danger pour les écosystèmes	Danger plus élevé dans le cas de l'option uu		Danger plus élevé dans le cas de l'option uu		Danger plus élevé dans le cas de l'option uu		L'analyse ne permet pas de départager les deux options		Les deux options présentent un danger similaire		Danger plus élevé dans le cas de l'option uu		L'analyse ne permet pas de départager les deux options	
Tendance globale	Option en verre r. préférable		Option en verre r. préférable		Option en verre r. préférable		Option en verre r. préférable		Option en PET r. préférable		Option en verre r. préférable		Option en verre r. préférable	

De manière générale à tous les scénarios, les emballages avec consigne pour réemploi représentent un risque de fuite dans l'environnement moins élevé que leur homologue à usage unique, et les dangers envers les écosystèmes induits par ces fuites dans l'environnement sont estimés moins importants pour les emballages consignés pour réemploi (ou bien les deux options ne peuvent être départagées dans le cadre de cette analyse). En conclusion, l'analyse qualitative réalisée montre une tendance globale en faveur des emballages consignés pour réemploi.

Ce volet, qualitatif, est complémentaire à l'ACV. Il n'existe pas de méthode qui permettrait de relativiser quantitativement ces résultats par rapport aux conclusions obtenues pour les autres indicateurs normés de la méthode ACV.

8.14. Analyses de sensibilité complémentaires

Outre les résultats produits à partir des gammes de valeurs modélisées pour les paramètres influents (dont les résultats ont été présentés en sections 8.1 à 8.6), des analyses de sensibilité transversales ont été considérées pour étudier l'influence de données de modélisation incertaines ou de partis pris de modélisation sur les résultats associés aux options d'emballage des différents scénarios.

Pour ce faire, chaque paramètre étudié a fait l'objet d'une variabilité explicitée en section 8.14.1, tandis que les valeurs fixes utilisées en cas illustratifs ont été considérées pour tous les autres paramètres d'une option d'emballage étudiée. L'influence de chaque paramètre a été étudiée indépendamment des autres, et les contributions aux catégories d'impact principales pour chaque analyse de sensibilité est comparée avec les contributions associées aux cas illustratifs en section 8.14.1.11. Enfin, une analyse transversale de l'influence de chaque paramètre étudié en sensibilité sur les résultats observés est proposée en section 8.14.3. L'analyse réalisée a pour objectif d'estimer l'influence des éléments de modélisation considérés sur les résultats produits, mais pas de réaliser des comparaisons entre solutions d'emballage sur base de sous-scénarios ou de modélisations alternatifs.

Pour les raisons évoquées en section 6.2.1, les résultats liés à la catégorie d'épuisement des ressources minérales et métalliques n'ont pas été détaillés. Les catégories d'impact suivantes sont donc celles ayant fait l'objet d'analyses approfondies:

- Changement climatique
- Epuisement des ressources fossiles
- Acidification
- Emission de particules
- Formation d'ozone photochimique

8.14.1. Données et paramètres étudiés en analyses de sensibilité

Les paramètres étudiés en analyses de sensibilité transversales sont explicités dans cette section, de même que les options d'emballage pour lesquelles leur influence a été étudiée. Par souci de volumétrie, l'influence de certains paramètres n'a été étudiée que pour certaines options d'emballage. Il a été estimé sur base de l'expertise de RDC Environment que la sensibilité de ces solutions d'emballage aux paramètres étudiés était représentative de celle associée aux solutions d'emballage n'ayant pas été détaillées. En l'occurrence et spécifiquement pour ces analyses de sensibilité transversales, il a été considéré :

- Que la bouteille réemployable en verre étudiée dans le cadre du scénario 6 était représentative des options réemployables des scénarios 7, 10 et 14.
- Que la barquette en verre réemployable étudiée dans le cadre du scénario 9 était représentative de la barquette réemployable en verre étudiée dans le cadre du scénario 8.
- Que la bouteille en PET à usage unique étudiée dans le cadre du scénario 6 était représentative des bouteilles en PET à usage unique des scénarios 11, 12 et 13.

Pour les options d'emballage réemployables, le cas illustratif correspondant à 5 utilisations a par ailleurs été préféré à un cas à 15 ou 20 utilisations, dans une approche conservatrice.

8.14.1.1. Facteur d'allocation (A) des impacts du recyclage

L'influence d'une variabilité du facteur d'allocation des impacts de recyclage (A) est étudiée. En conformité avec le Cadre de Référence ADEME pour ACV comparatives de solutions d'emballages[10], une valeur de **0.5 a été considérée pour le facteur A**, pour tous les matériaux considérés. Selon les études et préconisations méthodologiques suivies (et notamment lorsque les recommandations du PEF sont considérées), ce taux peut cependant prendre des valeurs différenciées pour les différents matériaux considérés.

En analyse de sensibilité, une valeur de 0 a été fixée pour tous les matériaux étudiés. Cette valeur correspond à une allocation des impacts de recyclage exclusivement au producteur de la matière qui est recyclée, et non à son incorporateur.

8.14.1.2. Facteur de substitution Qs/Qp

La détermination des valeurs du facteur de substitution (Qs/Qp) des différents matériaux considérés dans cette étude est basée sur les recommandations du Cadre de Référence de l'ADEME pour ACV comparatives de solutions d'emballage[10]. Ces valeurs sont reprises dans le Tableau 45**.**

En analyse de sensibilité, une valeur de 0.8 est considérée pour tous les matériaux étudiés (représentant un cas de substitution peu optimal du matériau vierge lors du recyclage).

8.14.1.3. Proportion de transport en milieu urbain

La proportion de transport urbain fixée pour les différents trajets modélisés dans cette étude (**voir section Tableau 29**) est basée sur des données de répartition des types de commerces (et d'hypothèses quant à leur situation géographique), et d'hypothèses logistiques discutées et validées en Comité de Suivi auprès d'acteurs sectoriels. Une incertitude et une certaine variabilité potentielle sont donc à noter pour cette donnée. L'utilisation d'autres taux de transport urbain pourraient influer sur les consommations de carburant associées aux étapes logistiques concernées (de par des vitesses de transport différentes) ou sur les impacts sanitaires des émissions liées aux transports, au regard de densités de population différentes.

En analyse de sensibilité, une proportion de 50% de transport urbain a été appliquée de même manière aux trajets entre site de remplissage et centre de distribution, et entre centre de distribution et point de vente. Cette analyse a été réalisée pour tous les matériaux d'emballage étudiés. Une proportion de 50% semble peu réaliste pour la majorité des situations logistiques réelles approchées par cette étude (de surcroît au vu des distances de transport modélisées) mais aura pour but d'évaluer l'influence de cas de congestion extrêmes ou de tournées en régions plus densément peuplées. Les proportions de transport rural et de transport via voies rapides sont calculées pour chaque itération sur base de la fraction restante du transport (selon le raisonnement explicité au point 4.4.1.5.2, et valent respectivement 40% et 10%).

8.14.1.4. Facteur de désoptimisation logistique des taux de chargement

Pour chaque étape de transport spécifique, un facteur de désoptimisation a été appliqué aux taux de chargement volumique. Ces valeurs plafonnent les taux de chargement volumiques pour tenir compte de divers effets (forme et volume des emballages, contraintes de stocks et d'approvisionnement...) empêchant l'atteinte d'un taux de chargement maximal. Celles-ci sont reprises dans le Tableau 27.

Tel qu'expliqué dans la section 4.4.1.2.2, un sous-scénario a été considéré en analyse de sensibilité pour tenir compte d'une logistique particulièrement désoptimisée au regard du remplissage des camions, à travers un plafonnement plus strict des taux de chargement volumiques. Les valeurs appliquées à tous les matériaux pour cette analyse de sensibilité sont celles reprises en rouge dans le Tableau 27.

8.14.1.5. Taux de trajet à vide (TTV)

Par défaut, un taux de trajet à vide de 20% est considéré dans l'étape de distribution des emballages. Une analyse de sensibilité sur l'influence de ce paramètre est réalisée, en fixant ce paramètre à 0 (pour représenter les impacts d'un trajet parfaitement optimisé, par exemple au travers d'une logistique inverse efficace).

8.14.1.6. Utilisation de gaz naturel lors du lavage

Comme explicité au point 7.6.3, la modélisation du lavage industriel (qui comprend aussi bien le lavage des emballages réemployables par le conditionneur qu'en centre de lavage dédié) s'est basée sur la collecte de données spécifiques d'acteurs de lavage français. Bien qu'un champ spécifique à la consommation de gaz naturel ait été inclus dans le questionnaire qui a permis cette collecte de données, aucun des acteurs interrogés en amont de la modélisation n'a fait part d'une telle consommation dans le cadre de ses activités (le chauffage de l'eau étant effectué via consommation électrique).

Aujourd'hui (à l'échelle 2023), les pratiques de lavage exercées par certains acteurs industriels impliquent cependant une consommation de gaz naturel. L'influence de cette distinction sur les impacts des options réemployables des différents scénarios a donc été évaluée en analyse de sensibilité. Pour ce faire, il a été considéré des valeurs fixes de consommation électrique et de consommation de gaz naturel, menant à des échanges thermiques jugés équivalents :

- Consommation électrique : **0.04 kWh** par litre contenu par l'emballage primaire, soit la valeur médiane des données collectées et la valeur fixée en cas illustratifs.
- Consommation de gaz naturel : **0.144 MJ** par litre contenu par l'emballage primaire, valeur calculée sur base de la valeur fixée pour la consommation électrique, selon la conversion suivante:

  Consommation de gaz naturel (MJ) = consommation électrique (kWh) x 3.6

Des acteurs industriels interrogés ultérieurement à la modélisation du lavage ont par ailleurs évoqué des consommations de gaz naturel d'ordres de grandeur similaires à celui de la consommation de gaz naturel évoquée ci-dessus, allant de 0.06 MJ à 0.2 MJ environ.

Cette analyse a été réalisée sur les résultats associés à la bouteille réemployable en verre étudiée dans le scénario 6, étant jugée représentative à cet égard des autres emballages réemployables en verre de l'étude, et les emballages à usage unique n'étant pas soumis à une étape de lavage.

8.14.1.7. Taux de recyclage du polystyrène et du polypropylène (scénarios 7, 8 et 9)

Afin d'évaluer l'influence de scénarios prospectifs de recyclage optimisés sur les impacts calculés pour les options à usage unique des scénarios 7, 8 et 9, un taux de recyclage de 50% a été considéré en analyse de sensibilité pour les matériaux constitutifs de ces emballages (polystyrène pour les pots à usage unique du scénario 7, polypropylène pour les barquettes à usage unique des scénarios 8 et 9).

8.14.1.8. Etape de transport en centre de distribution pour le lavage (scénarios 9, 12 et 13)

Tel qu'explicité et détaillé en section 7.5.3, une analyse de sensibilité visant à évaluer l'influence d'un **transit des barquettes et bouteilles réemployables en verre par le centre de distribution** avant et après leur lavage en centre dédié a été considérée (par opposition au **cas de base considérant un trajet direct vers et depuis le centre de lavage**).

Cette analyse est spécifique aux options réemployables du scénario 9, 12 et 13 (qui considèrent tous un reremplissage de l'emballage primaire à l'échelle du commerce ou de l'établissement CHR).

8.14.1.9. Emballage de regroupement en carton pour les canettes (scénario 10)

Pour tenir compte de la proportion grandissante de canettes en aluminium vendues avec des emballages de regroupement en carton (typiquement des collerettes), l'influence du recours à de tels emballages est étudiée en analyse de sensibilité. Une collerette en carton a donc été modélisée à la place de l'emballage en PEbd étudié en cas de base (selon les dimensionnements explicités en section 7.3.2).

Cette analyse est spécifique à l'option à usage unique du scénario 10.

8.14.1.10. Approvisionnement de canettes vides et distribution régionale (scénario 10)

Dans la modélisation de base, il est considéré une production et une transformation finale des canettes en aluminium à usage unique à proximité du site de remplissage (approvisionnement « wall-to-wall »). Pour tenir compte d'un cas de figure typique de distributeurs à plus petites échelles (par exemple des microbrasseries), un sous-scénario correspondant à un approvisionnement de canettes vides sur une distance plus longue (25 à 600 km) et à une distribution régionalisée (5 à 200 km vers les centres de distribution) a été considérée, tel qu'explicité en section 4.4.2.1.2.

Cette analyse est spécifique à l'option à usage unique du scénario 10.

8.14.1.11. Emballages de regroupement alternatifs pour les bouteilles en PET réemployables (scénario 11)

Pour tenir compte de schémas de distribution différents et étant donné le caractère prospectif du réemploi du PET en France, l'influence du recours à des emballages à usage unique en carton ou en PEbd (film de fardelage) plutôt qu'à une caisse réemployable est étudiée en analyse de sensibilité (selon les dimensionnements explicités en section 5.3.2).

Cette analyse est spécifique à l'option réemployable du scénario 11.

8.14.1.12. Recyclage de la poche plastique (scénario 13)

Dans la modélisation de base et sur base de retours de terrain et d'échantillons collectés, il est considéré que les poches en plastique permettant le transport des produits sous forme de sirops et concentrés dans les bag-in-box ne sont pas recyclables. Pour tenir compte d'une situation alternative de recyclage optimisé de ces poches, une analyse de sensibilité est réalisée sur l'option réemployable du scénario 13 en fixant le taux de recyclage de la poche à 90%.

8.14.1.13. Incorporation d'acier recyclé (scénario 14)

Afin d'évaluer l'influence de scénarios prospectifs d'incorporation de matière recyclée optimisée sur les impacts calculés pour l'option à usage unique du scénario 14, un taux d'incorporation de 50% a été considéré en analyse de sensibilité pour l'acier constitutif des boîtes de conserve. Il a en effet été noté au cours de l'étude que certains acteurs sectoriels annoncent aujourd'hui des taux de 50%, et envisagent de dépasser l'objectif de 60% fixé à l'horizon 2030 dans le cadre du PPWR (« Packaging and Packaging Waste Regulation »)[a].

[a] https://www.ball.com/sustainability/sustainability-reporting/2023-combined-report

8.14.2. Résultats associés aux différentes options d'emballage

8.14.2.1. Bouteille réemployable en verre (scénario 6)

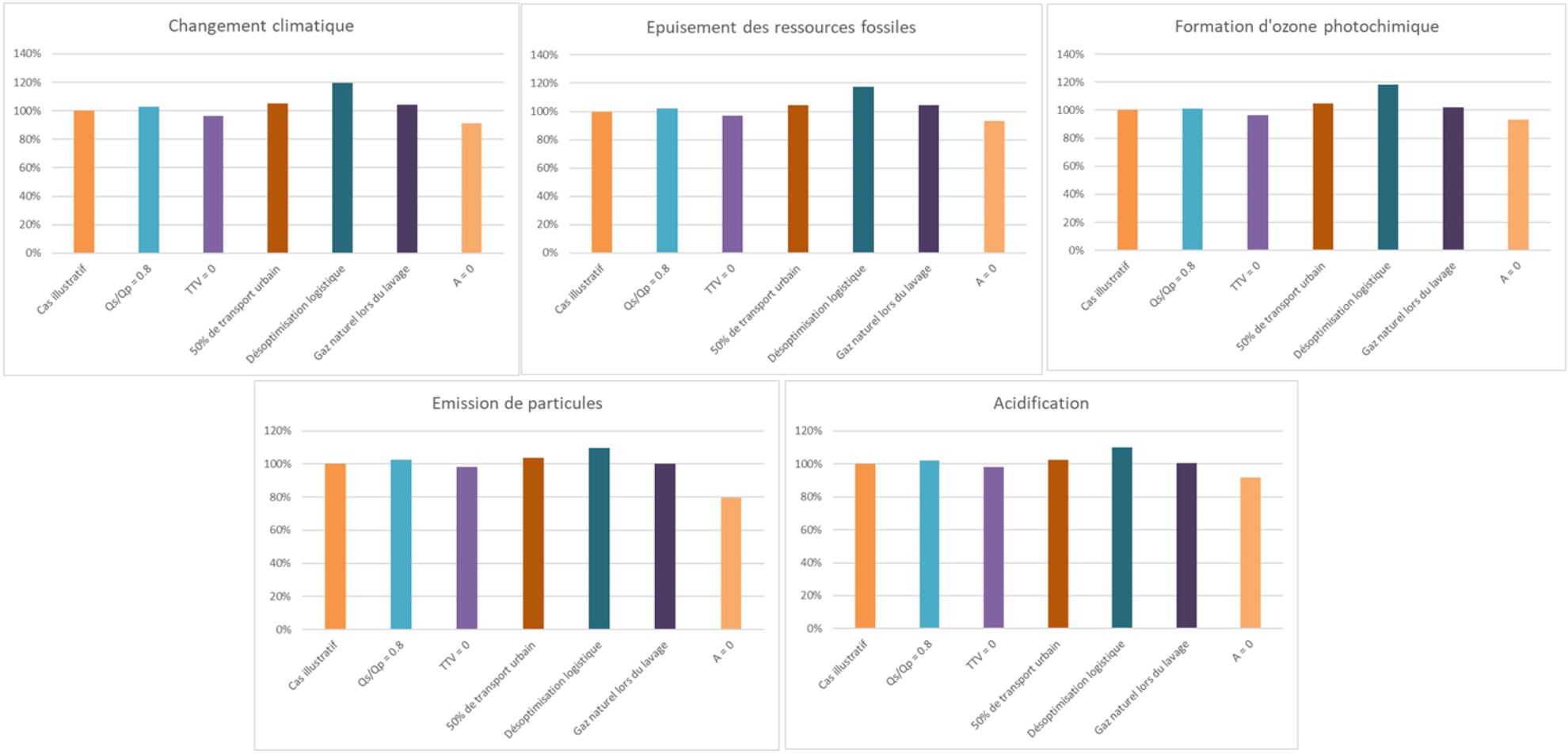


Figure 144 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option réemployable en verre du scénario 6 (5 utilisations) → Résultats également représentatifs de l'option réemployable des scénarios 7, 10 et 14

8.14.2.2. Bouteille à usage unique en PET (scénario 6)

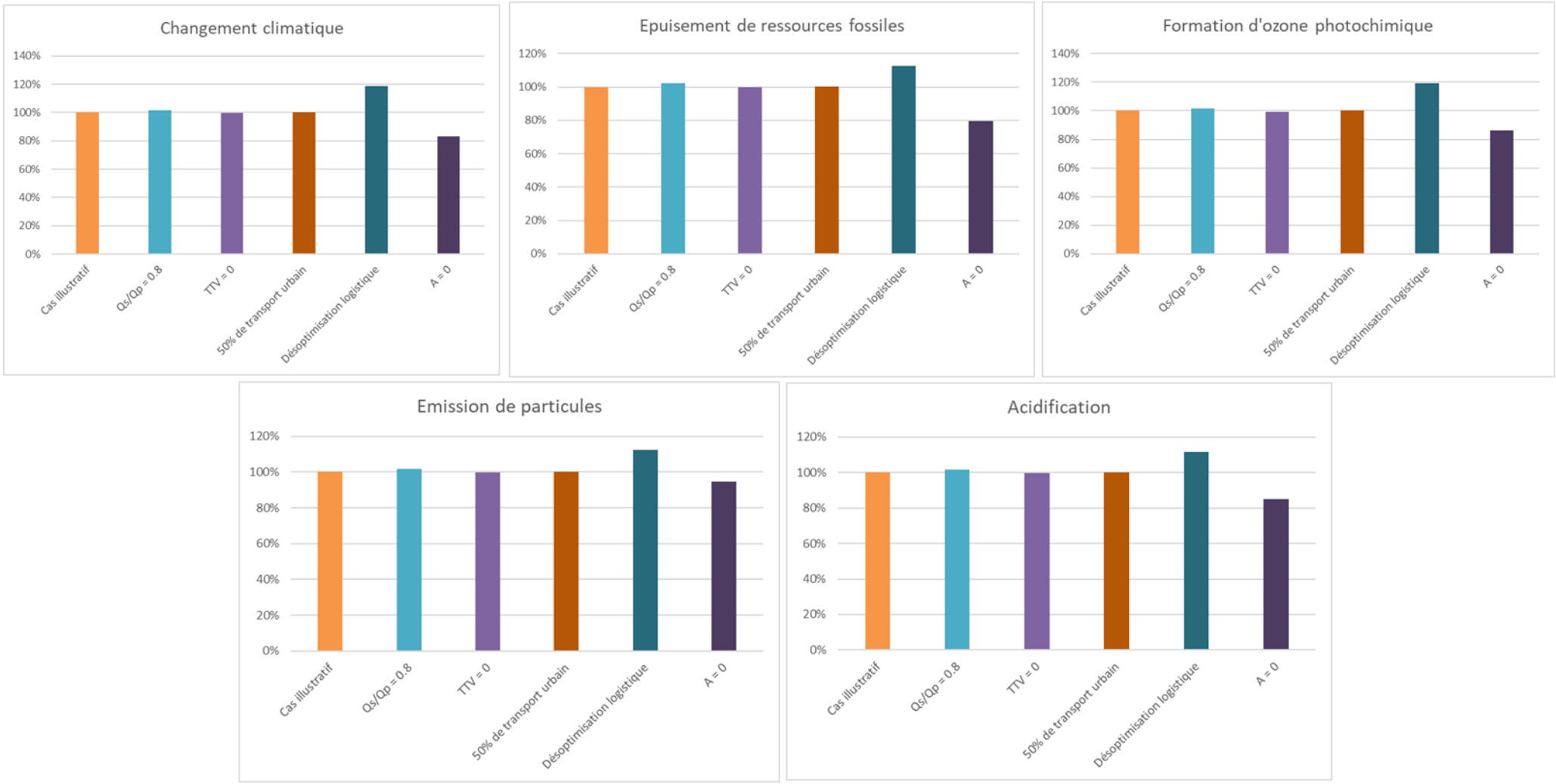


Figure 145 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option à usage unique en PET du scénario 6 → Résultats également représentatifs de l'option à usage unique des scénarios 11, 12, et 13

En plus des contributions relatives étudiées en Figure 144 et en Figure 145 (qui se concentrent sur l'influence des analyses de sensibilité sur les contributions des cas illustratifs), l'analyse de sensibilité liée au facteur d'allocation A a été évaluée à travers un graphe "range-delta", tenant ainsi compte des variations des paramètres influents au sein des gammes de valeurs modélisées. La Figure 146 présente une comparaison des contributions des options réemployable (bouteille en verre) et à usage unique (bouteille en PET) du scénario 6 à l'indicateur de changement climatique en fonction du nombre d'utilisations de l'option réemployable, lorsque le facteur d'allocation A est fixé à une valeur de 0 pour le verre et pour le PET. Cette analyse permet d'évaluer l'influence de la valeur de ce facteur d'allocation sur les comparaisons entre solutions d'emballage.

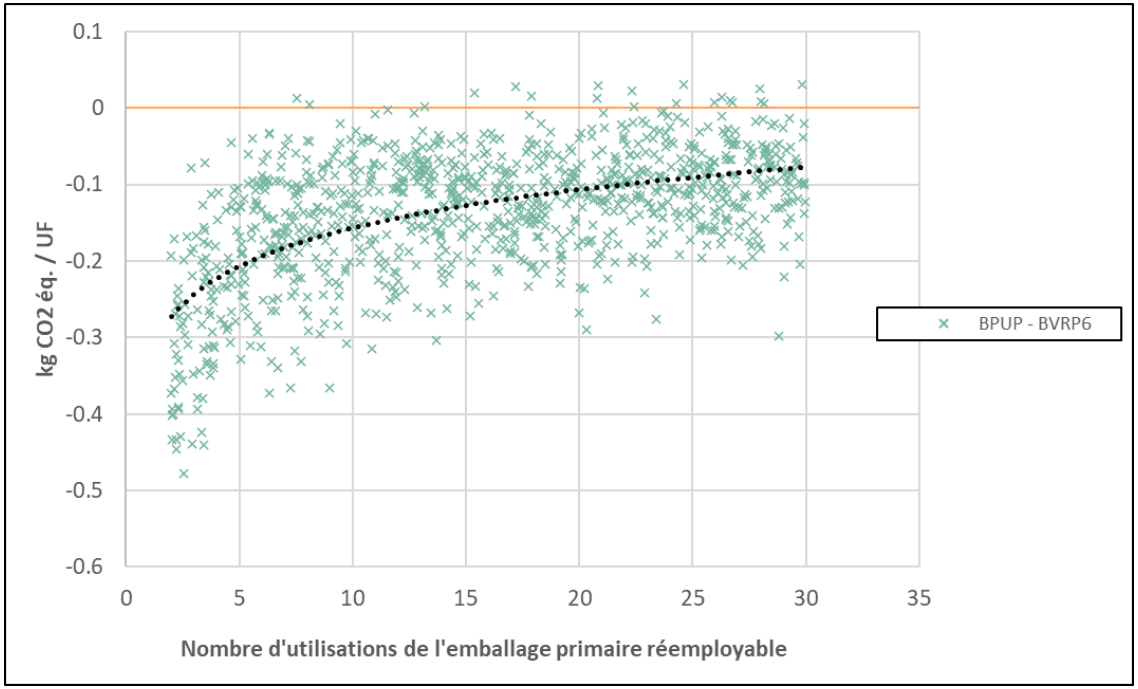


Figure 146 : Scénario 6 - Comparaison des contributions des options à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable (facteur d'allocation A fixé à 0 pour le verre et le plastique) – graphe "range delta"

Il est à noter que les tendances observées à travers la Figure 146 sont très similaires à celles observées pour la Figure 26, qui tenaient compte de la valeur fixée en modélisation de base (soit 0.5 pour le PET et pour le verre).

8.14.2.3. Pot à usage unique en polystyrène (scénario 7)

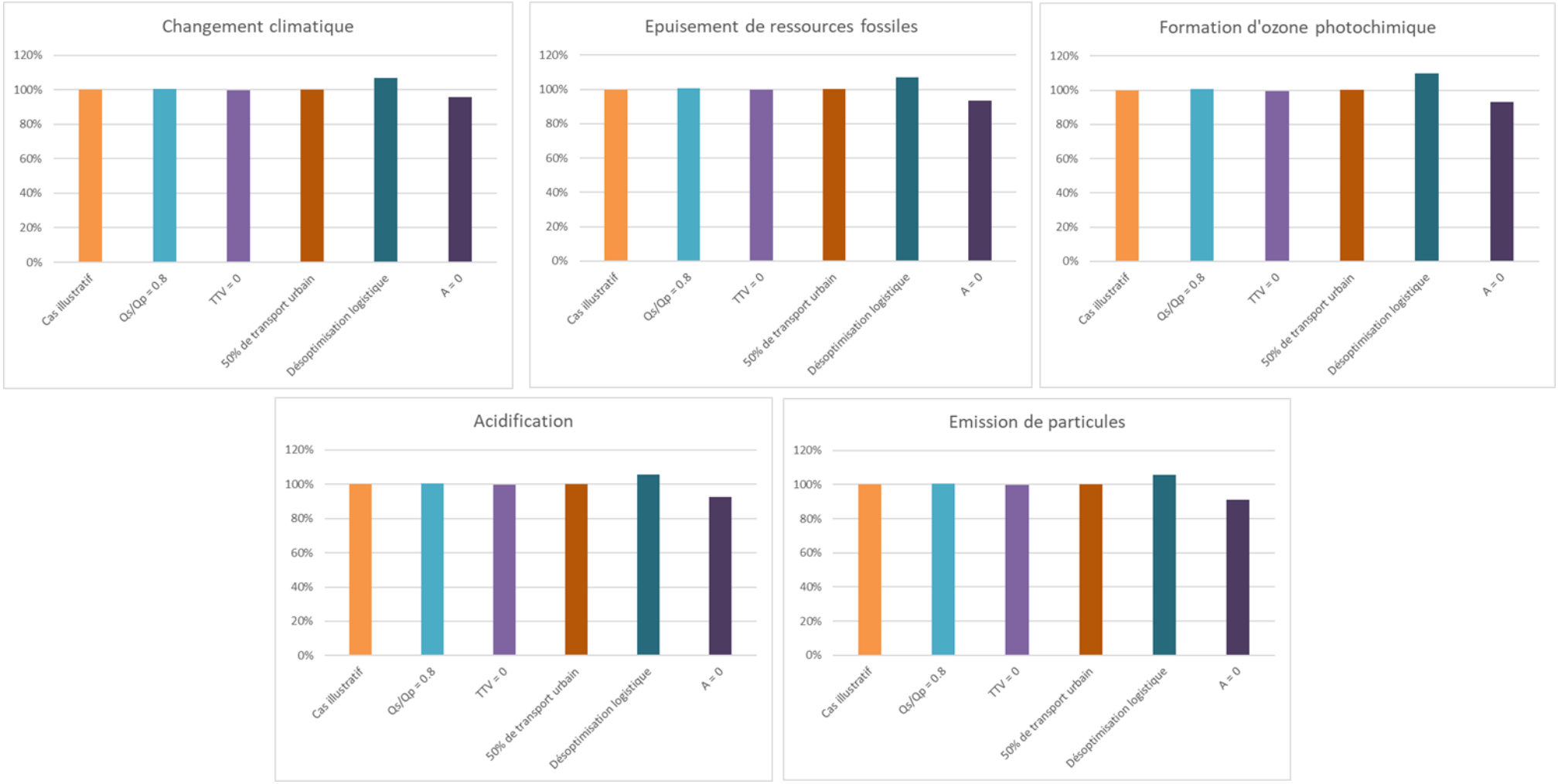


Figure 147 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option à usage unique en PS du scénario 7

8.14.2.4. Barquette à usage unique en polypropylène (scénarios 8 et 9)

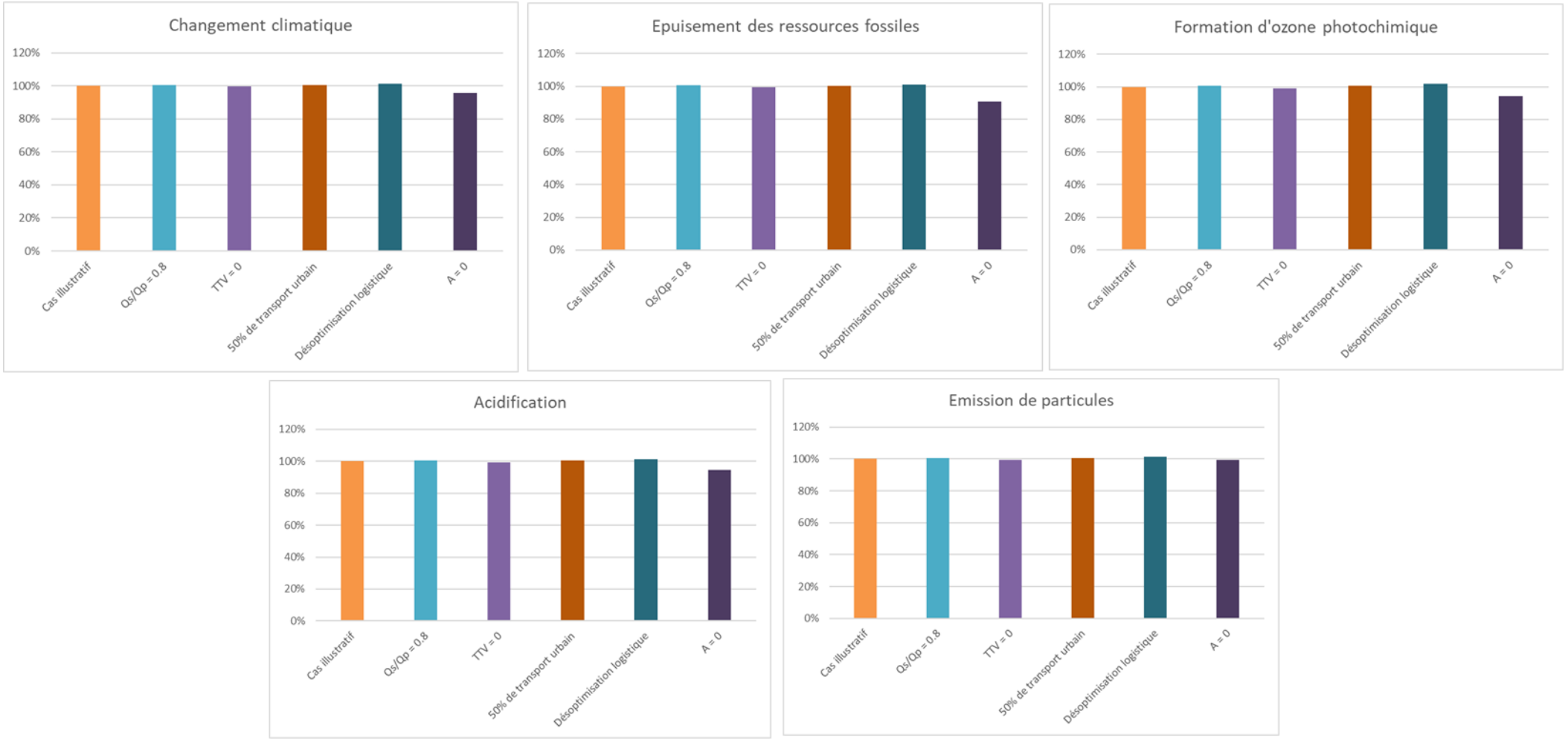
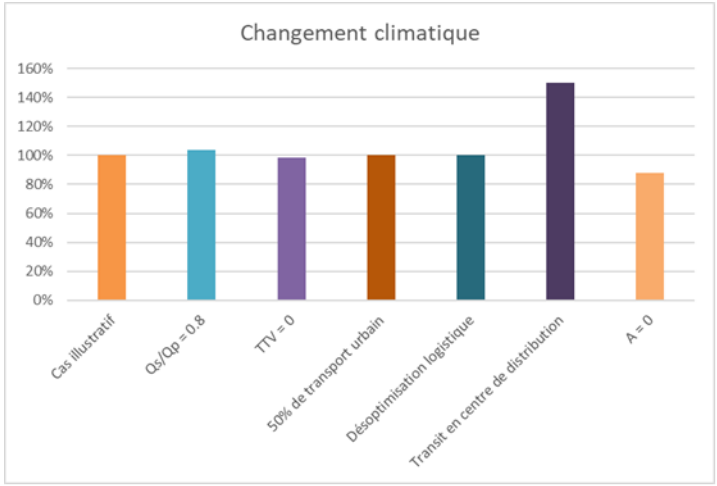
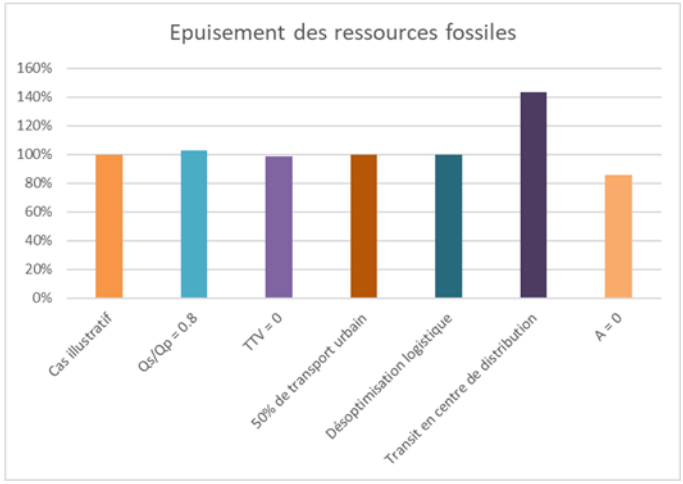
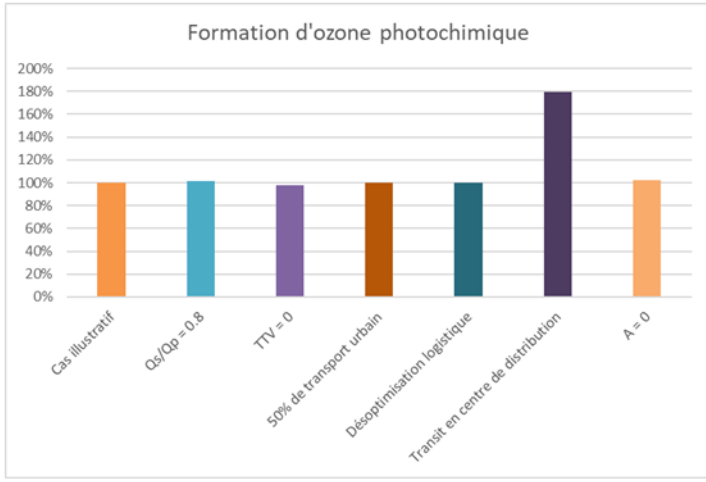


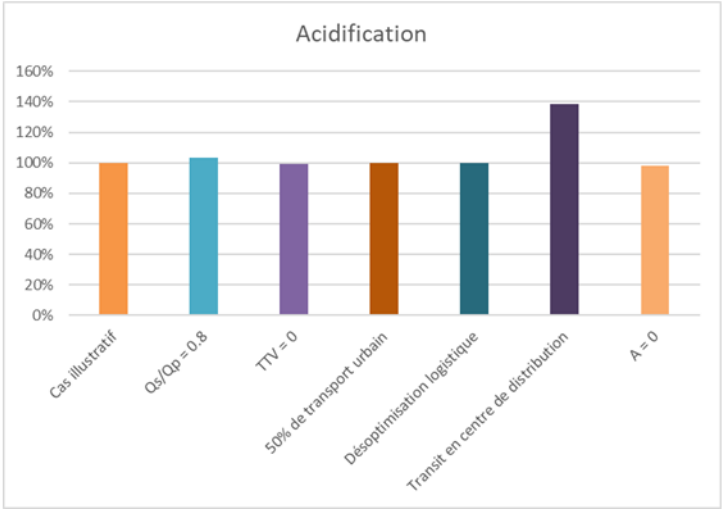
Figure 148 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option à usage unique en PP des scénarios 8 et 9

8.14.2.5. Barquette réemployable en verre, lavée en centre de lavage dédié (scénario 9)









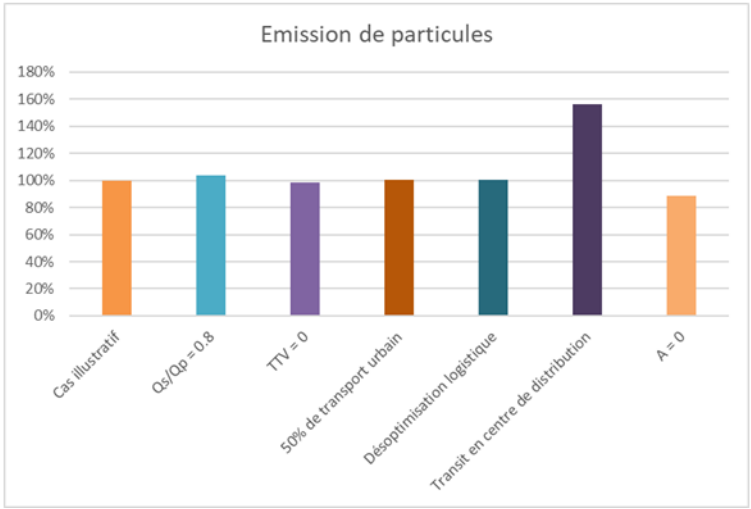


Figure 149 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option réemployable en verre du scénario 9 (5 utilisations)

En plus des contributions relatives étudiées en Figure 148et en Figure 149 (qui se concentrent sur l'influence des analyses de sensibilité sur les contributions des cas illustratifs), l'analyse de sensibilité liée au passage en centre de distribution des barquettes réemployables lors de l'envoi au lavage a été évaluée à travers un graphe "range-delta", tenant ainsi compte des variations des paramètres influents au sein des gammes de valeurs modélisées. La Figure 146 présente une comparaison des contributions des options réemployable (barquette en verre) et à usage unique (barquette en PP) du scénario 9 à l'indicateur de changement climatique en fonction du nombre d'utilisations de l'option réemployable. Cette analyse permet d'évaluer l'influence de la valeur de ce facteur d'allocation sur les comparaisons entre solutions d'emballage.

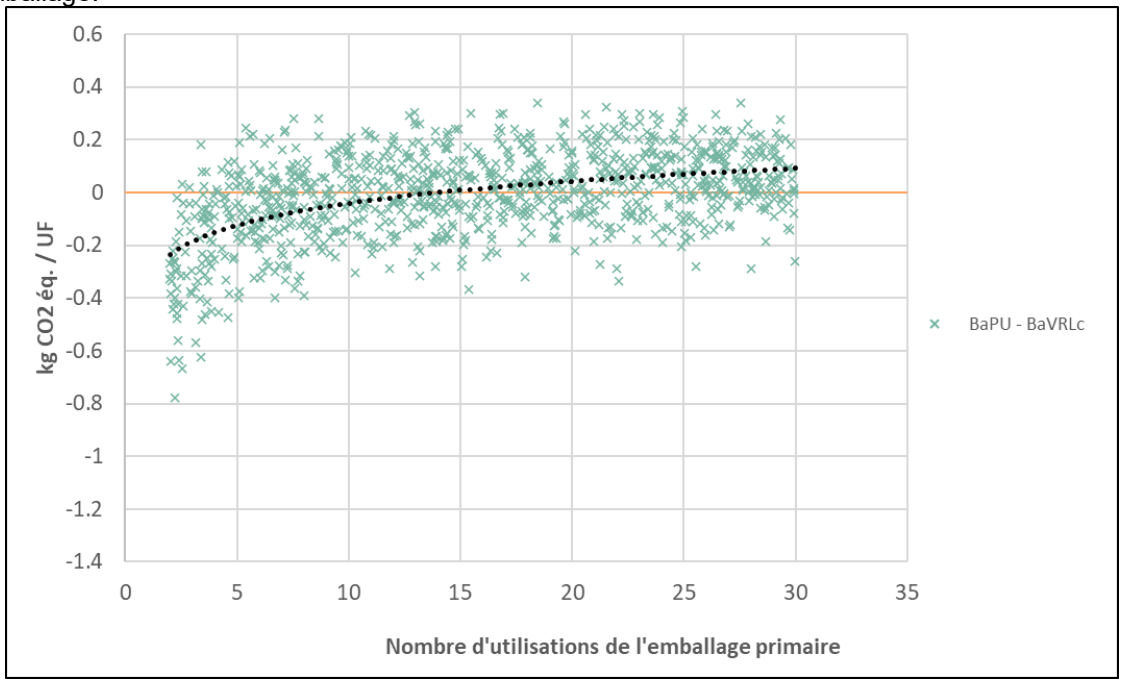


Figure 150: Scénario 6 - Comparaison des contributions des options à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable (avec passage des barquettes réemployables en centre de distribution avant et après lavage) – Graphe "range-delta"

Il est à noter que l'avantage relatif de l'option réemployable par rapport à l'option à usage unique est moins marqué lors d'un passage en centre de distribution que lorsque les barquettes réemployables sont transportées directement depuis l'établissement CHR vers le centre de lavage, et inversement. Des études et analyses supplémentaires (notamment au travers de sous-scénarisations) permettraient d'identifier dans quelles situations (et notamment pour quelles distances de transport et quelles masses) une option d'emballage est plus avantageuse que l'autre, dans un tel cas de figure.

8.14.2.6. Pots en polystyrène à usage unique (scénario 7) et barquettes en polypropylène à usage unique (scénarios 8 et 9)

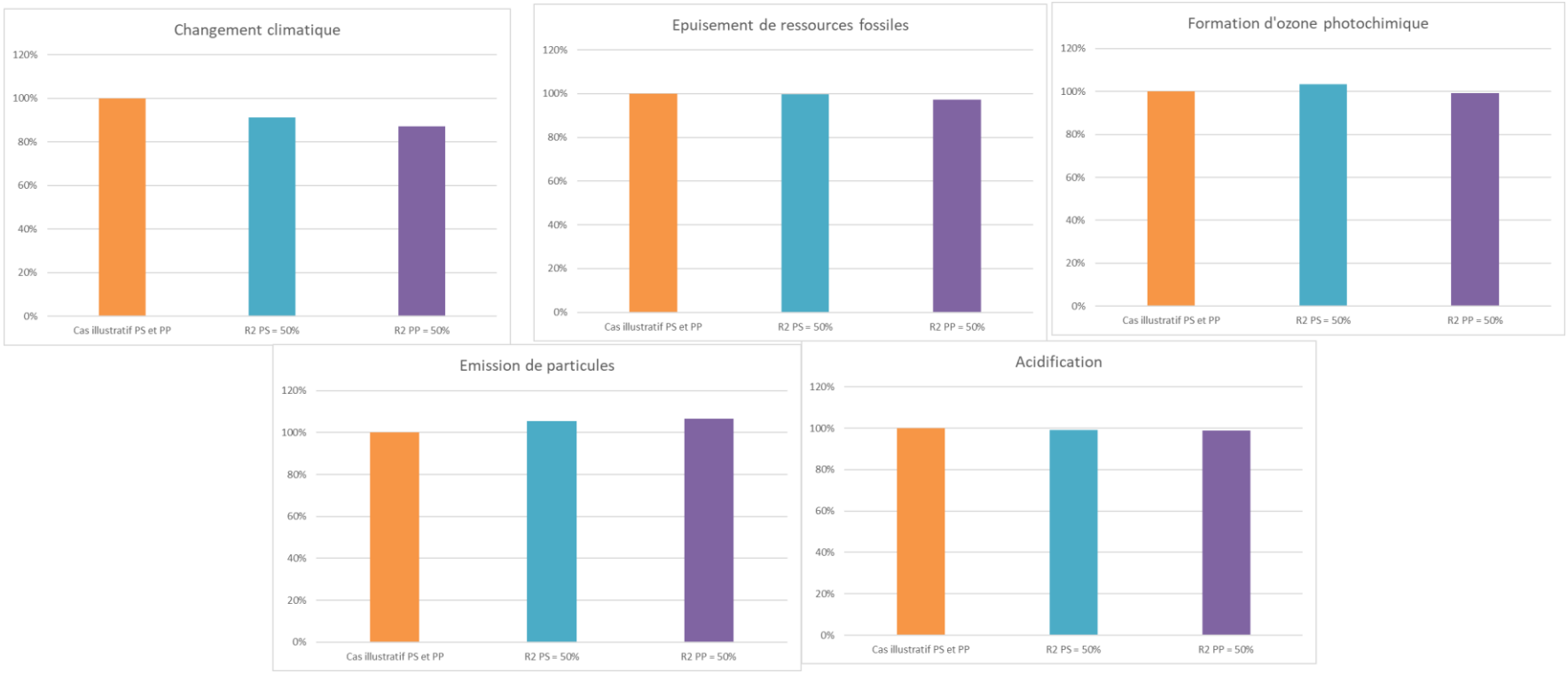


Figure 151 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport aux cas illustratifs des options à usage unique en polystyrène et en polypropylène des scénarios 7, 8 et 9

8.14.2.7. Canette à usage unique en aluminium (scénario 10)

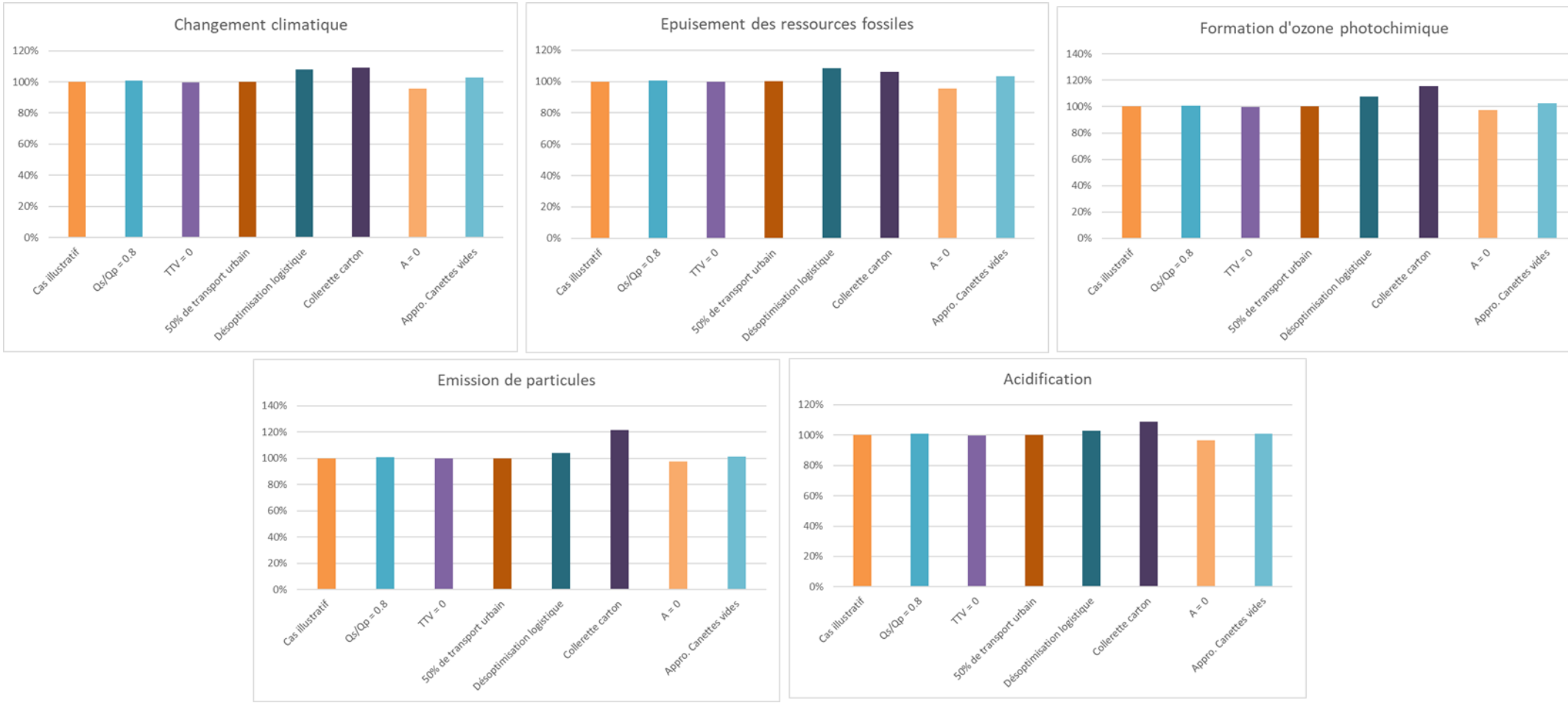


Figure 152 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option à usage unique en aluminium du scénario 10

8.14.2.8. Bouteille en PET réemployable (scénario 11)

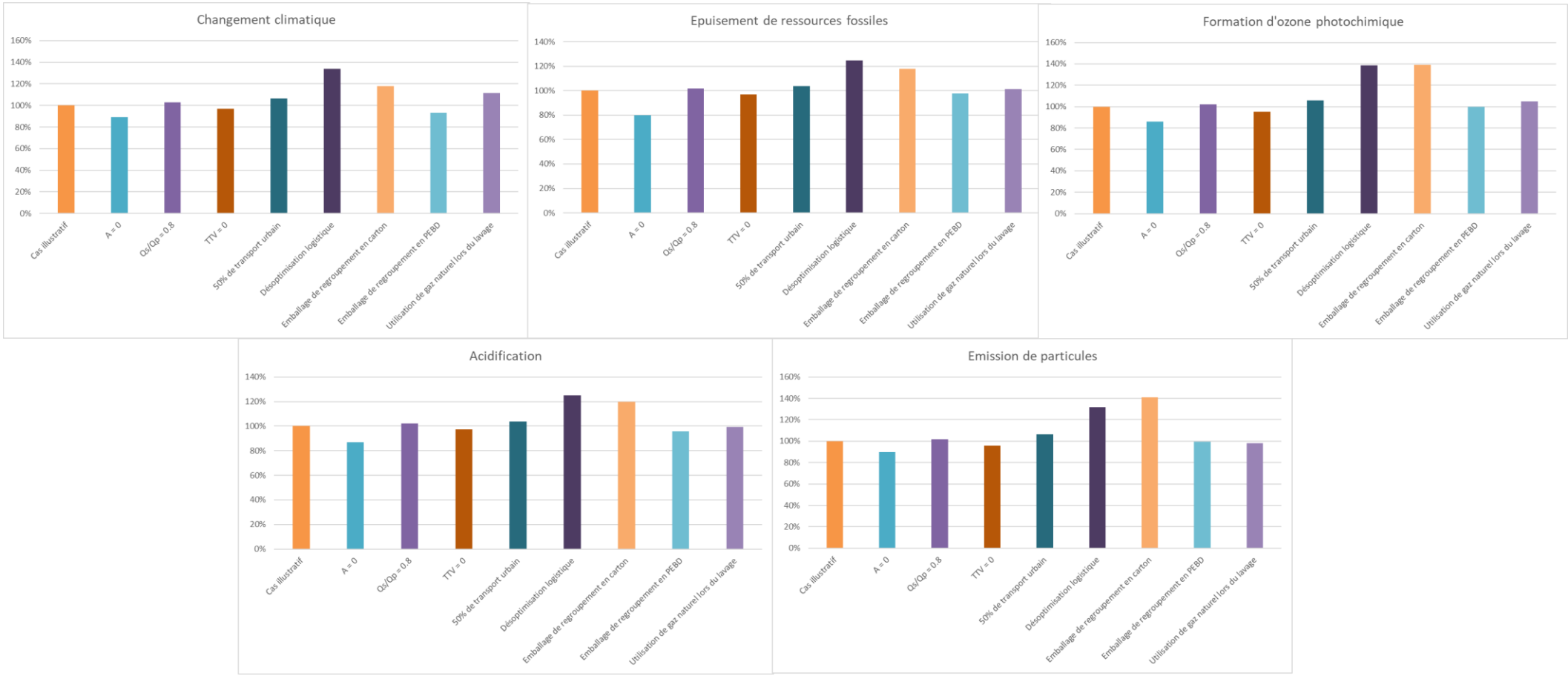


Figure 153 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option réemployable en PET du scénario 11

8.14.2.9. Bouteille en verre réemployable reremplie via des bonbonnes en PET (scénario 12)

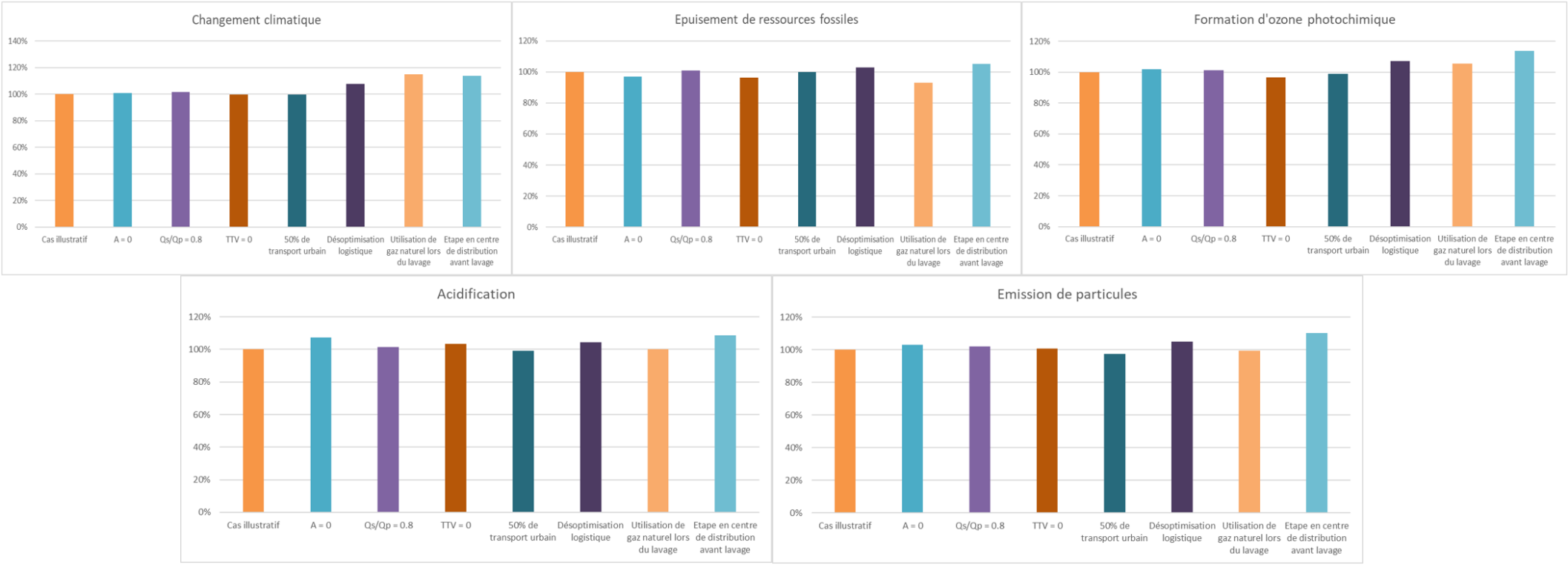


Figure 154 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option réemployable en verre du scénario 12

8.14.2.10. Bouteille en verre réemployable reremplie via des poches en carton et en plastique (scénario 13)

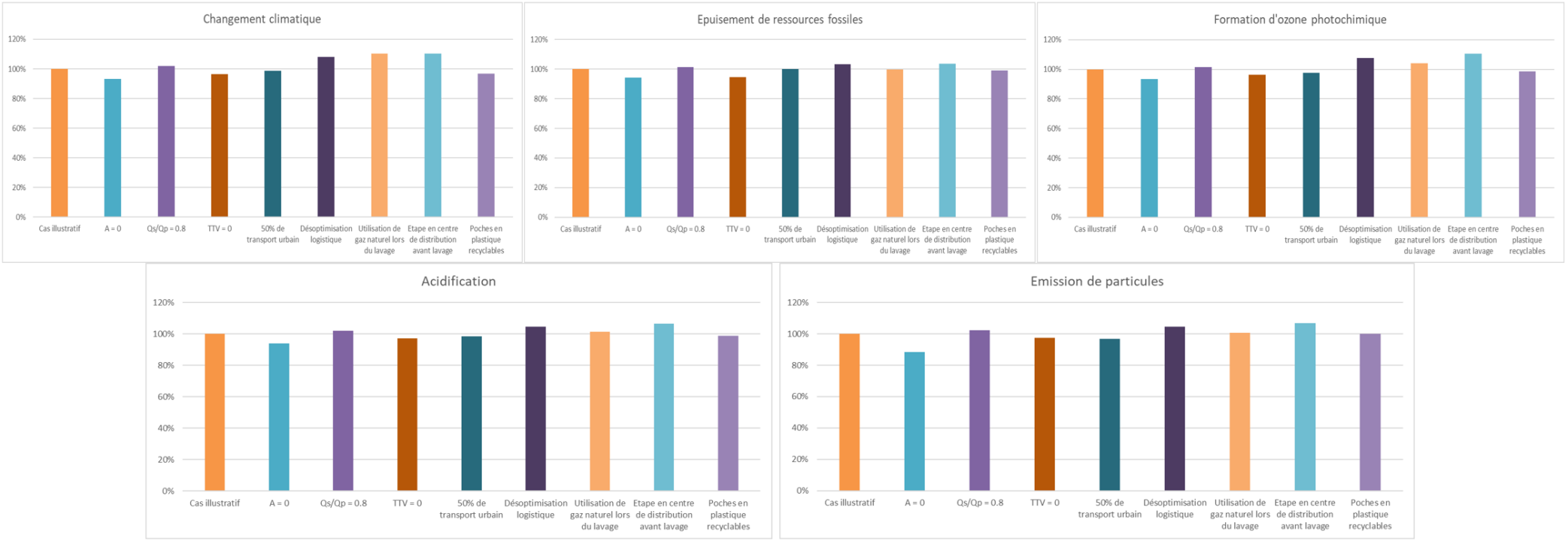


Figure 155 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option réemployable en verre du scénario 13

8.14.2.11. Boîte de conserve en acier à usage unique (scénario 14)

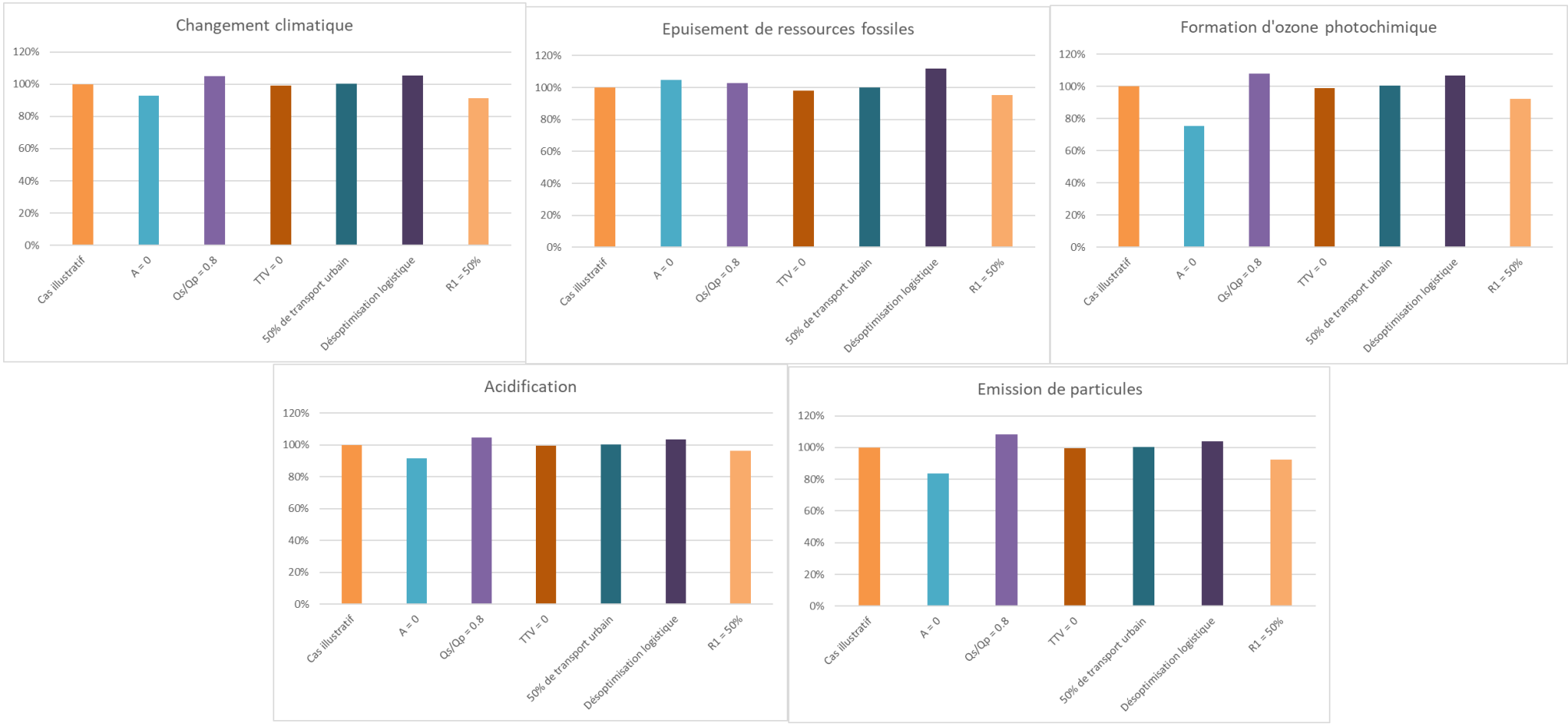


Figure 156 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option à usage unique en acier du scénario 14

8.14.3. Conclusions quant à la sensibilité des résultats aux paramètres étudiés

8.14.3.1. Paramètres sensibles

Les analyses de sensibilité transversales réalisées ont révélé une sensibilité des résultats à certains paramètres de modélisation. Cette sensibilité est évaluée par solution d'emballage (à travers des comparaisons quant aux résultats des cas illustratifs), et non pas directement au regard des comparaisons entre solutions d'emballage au sein des scénarios. Les paramètres considérés sensibles sont ceux menant à une différence absolue d'impacts d'au moins 5% pour au moins 3 des 5 catégories d'impact principales étudiées.

8.14.3.1.1. Facteur de désoptimisation logistique

Pour tous les scénarios exceptés les scénarios 8 et 9, une sensibilité notable des résultats au sous-scénario de **désoptimisation logistique** considéré (soit le plafonnement utilisé pour les taux de chargement volumiques des camions modélisés) a été observée, et ce aussi bien pour les solutions d'emballage à usage unique et réemployables. Lorsqu'une désoptimisation plus forte des camions est considérée, il est en effet noté :

- Un surplus d'impacts de 20 à 40% environ (selon les catégories d'impacts pour l'option réemployable en PET du scénario 11 (Figure 153)
- un surplus d'impacts de 10 à 20% environ (selon les catégories d'impact) pour les options réemployable et à usage unique du scénario 6 (Figure 144 et Figure 145),
- un surplus d'impacts de 5 à 10% (selon les catégories d'impacts) pour les solutions à usage unique des scénarios 7, 10 et 14 (Figure 147, Figure 152 et Figure 156).

Il est estimé que la prise en compte d'une logistique fortement désoptimisée pourrait ainsi mener à un léger déplacement des points de basculement identifiés en faveur de l'option à usage unique, notamment dans le cadre du scénario 11. Il n'est cependant pas considéré que les grandes tendances observées au sein des comparaisons ne soient modifiées, y compris dans le cadre du scénario 6.

8.14.3.1.2. Facteur d'allocation A

Pour toutes les options d'emballage étudiées en analyse de sensibilité, la prise en compte d'un **facteur d'allocation A** fixé à une valeur de 0 a influencé la contribution aux différentes catégories d'impact. Cette influence est particulièrement marquée pour la bouteille en verre (Figure 144 et Figure 149) et la bouteille en PET (Figure 145 et Figure 153). La réalisation d'un graphe "range-delta" a cependant permis de mettre en évidence que ce choix de modélisation ne changerait pas les conclusions associées aux comparaisons au sein du scénario 6 (il est estimé que les résultats liés au changement climatique sont représentatifs des autres catégories d'impact principales, à l'exception de l'épuisement des ressources minérales et métalliques). Une valeur de 0 pour le facteur d'allocation représente par ailleurs un parti pris de modélisation relativement extrême. A titre indicative, pour les matériaux utilisés, le PEF[110] préconise pour le facteur A des valeurs évoluant entre 0.2 et 0.8.

8.14.3.1.3. Etape logistique en centre de distribution avant et après lavage (scénarios 9, 12 et 13)

Dans le cadre de l'option réemployable du scénario 9, la prise en compte d'une **étape de transport en centre de distribution** lors de l'envoi depuis l'établissement CHR vers le centre de lavage et lors du trajet retour vers l'établissement CHR a été identifiée comme influençant de manière significative les contributions aux catégories d'impacts. Un surplus d'impact allant de 40% (pour l'épuisement des ressources fossiles) à 80% (pour la formation d'ozone photochimique) est observée par rapport au cas illustratif (Figure 149). Cette observation étant liée au cas illustratif pour 5 utilisations des barquettes réemployables, il est considéré que ce surplus relatif d'impacts serait d'autant plus marqué pour des nombres d'utilisations plus élevés. Il n'est pas possible dans le cadre de cette étude d'estimer avec précision l'impact qu'aurait un tel schéma logistique sur les points de basculement identifiés et présentés dans la section 8.5. Il est cependant estimé que ceux-ci seraient déplacés en défaveur de l'option réemployable pour les différentes catégories d'impact, aboutissant à un avantage de celle-ci pour des nombres d'utilisations plus élevés et à des masses de verre plus faibles que les valeurs identifiées à ce stade. Une influence plus marquée sur les résultats des distances de transport vers le centre de

distribution et vers le centre de lavage pourrait également intervenir dans les comparaisons réalisées. Des études et analyses supplémentaires devraient permettre l'identification de points de basculement spécifiques, à cet égard.

Dans le cadre des scénarios 12 et 13 (bouteilles en verre reremplies en magasin et lavées en centre de lavage dédié), la considération d'une étape logistique en centre de distribution mène à un surplus d'impact compris entre 5 et 15% selon les catégories d'impacts. Il n'est pas estimé que la prise en compte d'un tel schéma logistique engendrerait une modification significative des tendances observées au travers des points de basculement identifiés pour ces scénarios.

8.14.3.1.4. Emballage de regroupement pour canettes (scénario 10)

Dans le cadre du scénario 10, une influence du **choix de l'emballage de regroupement considéré pour les canettes en aluminium** à usage unique a été observée quant à leurs contributions aux différentes catégories d'impacts. La modélisation a tenu compte de deux typologies distinctes d'emballages de regroupement pour les canettes en aluminium :

- Un film de regroupement en PEbd (considéré en modélisation de base), jugé dominant selon la situation de marché en 2023 ;
- Une collerette en carton (considéré en analyse de sensibilité), jugée dominante ou a minima largement adoptée à l'échelle horizon 2025, selon les acteurs consultés dans le cadre du Comité de Suivi de l'étude).

Un surprlus d'impacts compris entre 7% (épuisement de ressources fossiles) et 20% (émission de particules) selon les catégories d'impact a été observé par rapport au cas illustratif lorsqu'une collerette en carton était modélisée au lieu de l'emballage en film PEbd considéré en modélisation de base. A l'égard des catégories d'impact considérées dans l'analyse, il est donc probable que le recours exclusif à du film PEbd considéré en modélisation de base influence les points de basculement identifiés en section 8.6 en faveur de l'option à usage unique. A l'inverse, un recours exclusivement à des collerettes en carton pourrait mener à un déplacement des points de basculement en faveur de l'option réemployable. Il convient de noter que l'échantillonnage associé aux pesées des collerettes de regroupement pour canettes est restreint (voir Annexe 8), et que les gammes de valeurs considérées dans la modélisation sont basées sur des collerettes en carton pour bouteilles. Ces dernières étant potentiellement plus lourdes que les collerettes pour canettes en réalité, il est possible que l'impact de l'emballage de regroupement en carton des canettes en aluminium soit très légèrement surestimé.

Par ailleurs, bien que les écarts observés soient notables à l'échelle de l'option à usage unique, il est considéré que ces modifications ne mèneraient pas à des changements de tendance significatifs dans le cadre des comparaisons entre l'option à usage unique et l'option réemployable (du fait de l'influence très marquée de certains paramètres variables étudiés, comme le nombre d'utilisations ou les masses d'emballage, qui conditionnent les comparaisons).

8.14.3.1.5. Emballage de regroupement pour bouteilles en PET réemployables (scénario 11)

Dans le cadre du scénario 11, une influence du **choix de l'emballage de regroupement considéré pour les bouteilles en PET réemployable** a été observée quant à leurs contributions aux différentes catégories d'impacts. La modélisation a tenu compte de trois typologies distinctes d'emballages de regroupement pour ces emballages :

- Une caisse en PEhd réemployable et consignée (considérée en modélisation de base), jugée dominante selon les situations de marché observées pour le réemploi du verre en France et le réemploi du PET à l'étranger en 2023.
- Un carton de regroupement à usage unique (considéré en analyse de sensibilité), estimé comme étant une alternative possible à la caisse en PEhd, et par ailleurs modélisé pour l'option réemployable du scénario 6.
- Un film de fardelage en PEbd à usage unique (considéré en analyse de sensibilité), estimé comme étant une alternative possible à la caisse en PEhd, et par ailleurs modélisé pour les options à usage unique des scénarios 6, 11, 12 et 13.

Tel que présenté dans la Figure 153, un surplus d'impacts compris entre 15 et 40% (selon les catégories d'impacts) a été observé lorsqu'un emballage en carton à usage unique était modélisé. Le réemploi de la caisse en PEhd permet en effet d'en amortir les impacts de production après un certain nombre d'utilisations (rapidement dépassé dans les gammes de valeurs modélisées, du fait d'une optimisation de ce réemploi via l'incitation de retour liée à la consigne sur ces emballages).

Une réduction d'impacts moins significative (comprise entre 0 et 10%, selon les catégories d'impacts) est toutefois notée lorsqu'un emballage en PEbd à usage unique est considéré. Cette observation ne tient par ailleurs pas compte de l'influence incitatrice potentielle de la caisse en PEhd sur les comportements des consommateurs finaux, qui contribuerait à des taux de retour plus élevés de l'emballage primaire (et en réduirait les impacts).

8.14.3.1.6. Taux d'incorporation d'acier recyclé (scénario 14)

La prise en compte d'un taux d'incorporation de matière recyclée de 50% pour les boîtes de conserve en acier à usage unique du scénario 14 (au lieu du taux de 25% considéré en cas illustratif) mène à une réduction des impacts de cette option d'emballage comprise entre 5 et 10%, selon les catégories d'impact considérées. Il est estimé qu'une telle influence ne serait toutefois pas retranscrite à l'échelle des comparaisons réalisées avec l'emballage réemployable en verre, notamment à l'égard des points de basculement identifiés (ceux-ci étant principalement conditionnés par les masses d'emballage et nombre d'utilisations).

8.14.3.1.7. Utilisation de gaz naturel pour le chauffage de l'eau de lavage

Le recours à du gaz naturel plutôt qu'à un chauffage électrique de l'eau lors du processus de lavage des emballages réemployables mène à une différence d'impacts de 10 à 15% (selon les catégories d'impact) pour les scénarios 11, 12, et 13. Un tel schéma de lavage pourrait donc notamment très légèrement déplacer certaines valeurs de points de basculement observées pour le scénario 11 et pour l'indicateur de changement climatique en défaveur de l'option réemployable (pour des nombres d'utilisation élevés), sans modifier les grandes tendances identifiées dans les comparaisons réalisées.

8.14.3.2. Paramètres non-sensibles ou peu sensibles

Les paramètres étudiés en analyses de sensibilité transversales n'étant pas évoqués en section 8.14.3.1 sont considérés comme n'influençant pas (de par leur variation étudiée) de manière significative les contributions aux catégories d'impact étudiées. Il est donc estimé que ces paramètres n'influencent pas non plus significativement les comparaisons réalisées entre solutions d'emballages dans le cadre de notre modélisation.

Ces paramètres concernent notamment le facteur de substitution Qs, et le taux de trajet à vide, dont la variation de valeur n'a pas mené à des modifications substantielles des contributions observées. Par ailleurs, une influence légère de la modification du taux de transport urbain sur les contributions de la bouteille en verre réemployable a été observée (Figure 144), de même qu'une légère influence du sous-scénario d'approvisionnement des canettes en aluminium à usage unique (Figure 152). Ces changements de contributions sont toutefois faibles, et jugés non-significatifs, de surcroît à l'égard des comparaisons réalisées entre options réemployables et à usage unique. Enfin, des taux de recyclage de 50% pour les pots en polystyrène et les barquettes en polypropylène des options à usage unique des scénarios 7 à 9 (plutôt que la valeur de 20% fixée en cas illustratif) mènent à une réduction notable des impacts associés au changement climatique pour ces options d'emballage, mais affectent peu les autres catégories d'impact étudiées.

9. Limites de l'étude

9.1. Limites liées aux catégories d'impacts

La robustesse des méthodes d'évaluation des impacts varie selon l'indicateur étudié. Certains indicateurs présentent encore de fortes limites :

- Les modèles de toxicité et écotoxicité sont peu robustes car incomplets (tous les polluants ne sont pas évalués par la méthode de caractérisation ou couverts par les inventaires de cycle de vie) .
- Les modèles de caractérisation des catégories d'impacts sur les ressources fossiles et minérales reflètent plus une utilisation qu'un épuisement.
    - La catégorie d'utilisation des ressources fossiles est basée sur le PCI (pouvoir calorifique inférieur) des ressources (il n'y a pas de facteur de disponibilité intervenant dans la méthode)
    - La catégorie d'utilisation des ressources minérales est basée sur la disponibilité ultime de la ressource alors même que certaines ressources peuvent être très difficiles à extraire (concentration trop faible, très mauvaise accessibilité).
- Les catégories d'impact présentant un enjeu d'impact local nécessitent des modélisations plus fines que ce qui est permis par les bases de données. Les deux exemples suivants expriment les limites :
    - La réponse d'un milieu à une substance écotoxique est directement liée à la qualité initiale de ce milieu (particularités en terme de faune et flore, pollution déjà existante…)
    - La pression sur la ressource en eau s'évalue au niveau d'un bassin versant. Les facteurs utilisés dans cette étude représentent une moyenne européenne. Ils ne tiennent donc pas compte de variations saisonnières ou géographiques de disponibilité des ressources en eau. Les résultats obtenus pour cette catégorie d'impacts présenteraient donc des tendances différentes pour des cas spécifiques ou extrêmes d'indisponibilité des ressources en eau (pénurie, zones géographiques propices aux périodes de sécheresse...). Le lecteur est donc invité à faire preuve de prudence dans l'interprétation qui est faite des résultats bruts qui sont présentés pour cette catégorie d'impacts. Une liste plus exhaustive des limites et points d'attention associés à cette catégorie d'impacts est reprise en section 8.12.1.

L'ACV ne permet pas une évaluation complète de toutes les questions environnementales. En particulier, il n'existe pas de méthodes robustes de l'impact sur la biodiversité : pourtant cet indicateur pourrait être pertinent pour évaluer l'incidence de l'abandon dans la nature des déchets (en particulier les plastiques). Les risques associés aux abandons et pertes de déchets d'emballages dans l'environnement fait l'objet d'une analyse qualitative dans le cadre du volet B de l'étude.

9.2. Limites liées à l'approche de modélisation retenue

Cette évaluation est réalisée pour la situation C1 de l'ILCD Handbook[40] « Comptabilisation – avec prise en compte des interactions externes au système », qui correspond à une description fine et à une analyse du système étudié, sans apporter de regard aux conséquences potentielles sur d'autres systèmes économiques, mais en incluant les interactions avec ceux-ci (d'où l'approche attributionnelle et non conséquentielle de la modélisation effectuée). Par exemple : il n'est pas évalué l'influence d'une demande accrue en verre sur les moyens de production de verre en France ou en Europe (effet sur la consommation d'énergie et le type d'énergie consommée). Bien qu'une transition vers une part plus importante de réemploi dans l'industrie du verre mènerait probablement à des changements structurels fondamentaux dans la production des matériaux d'emballages, l'étude ne cherche donc pas à caractériser ces éventuels changements ou à en évaluer les conséquences sur le plan environnemental.

9.3. Limites liées à la prise en compte des incertitudes

Indépendamment de la variabilité opérationnelle des différents scénarios, qui est appréhendée par le recours à des plages de valeurs, chaque itération de calcul conduit à un résultat pour chaque système qui comporte de l'incertitude (comme c'est le cas de toutes les études d'ACV) :

- **Incertitudes communes aux deux systèmes**

  Lors de la réalisation des graphes delta, l'incertitude commune à deux systèmes est supprimée de manière à ne garder que l'incertitude résiduelle permettant de différencier de manière pertinente deux systèmes.

- **Incertitudes liées aux jeux de données d'inventaires utilisés**
- **Incertitudes liées aux modèles associés aux méthodes de caractérisation des impacts**

  Pour pouvoir apprécier l'influence que peuvent avoir ces incertitudes sur les résultats produits, une analyse complémentaire a été réalisée. **Celle-ci n'a pu être réalisée que pour les scénarios 6 et 7 de l'étude**, et est présentée en section 8.11.

La prise en compte de ces incertitudes additionnelles sur les différents scénarios étudiés pourrait par exemple conduire :

- à mettre en évidence que pour certaines itérations, la valeur du delta entre les 2 systèmes n'est pas significative compte tenu des autres incertitudes,
- à modifier les points de basculement qui ont été identifiés (si on souhaite garder les mêmes pourcentages d'itérations pris en compte pour définir les trois catégories (100%, 95%, 80%) ou à diminuer le pourcentage d'itérations pris en compte pour définir les trois catégories.

9.4. Limites liées à la collecte de données

9.4.1. Recours à des gammes de valeurs

Hors données de lavage, la plupart des données d'activité utilisées sont issues d'une analyse de la littérature ou de mesures ou pesées réalisées par RDC Environment et l'ADEME. Des gammes de valeurs sont ainsi utilisées pour représenter un grand nombre de situations, sans focaliser ou orienter l'analyse des résultats vers des situations spécifiques (par exemple des typologies de produits). Cette approche a notamment pour objectif de permettre au plus grand nombre possible d'acteurs d'évaluer leur propre situation au regard des résultats produits, en identifiant les valeurs de données correspondant à leur réalité industrielle.

Cependant, les données collectées quant aux caractéristiques des emballages ne représentent pas un marché moyen, mais bien des sondages par opportunité sur base des données disponibles (notamment liées à des grandes marques). De plus, et pour l'ensemble des paramètres pris en compte, cette modélisation ne se substitue pas à une évaluation spécifique basée sur des données de terrain précises, qui permettrait d'obtenir des résultats et conclusions plus fins pour une situation industrielle donnée. La collecte de données ayant mené à l'obtention des gammes de valeurs modélisées est par ailleurs cadrée dans le temps, donc limitée quant à son exhaustivité, et à sa représentativité du marché (notamment à l'horizon 2025).

En outre, du fait de cette incertitude sur la représentativité des échantillons collectés et des gammes de valeurs modélisées, il n'a pas été possible d'identifier avec précision la distribution des valeurs modélisées au sein des gammes de valeurs. Par défaut et pour toutes les gammes considérées, une distribution uniforme a donc été appliquée. Cette distribution suppose que chaque valeur au sein de la gamme étudiée a la même probabilité d'être sélectionnée aléatoirement. Ce choix méthodologique n'influence pas les tendances observées quant à l'influence des différents paramètres sur les options réemployables et à usage unique, ou quant aux tendances générales associées aux comparaisons entre ces options (par exemple au travers des graphes "range-delta" présentés dans le chapitre 8). Cependant, il peut mener à une sur-représentation de certaines valeurs extrêmes (notamment de masses d'emballages ou de distances), qui pourraient correspondre à une proportion plus faible de réalités de terrain que des valeurs plus proches des médianes échantillonnées.

Cette sur-représentation peut influencer la forme de certains nuages de points (notamment observables dans les graphes range-delta) et le nombre d'itérations utilisées pour identifier les points de basculement. A titre indicatif un cas pratique de distribution normale modélisée à travers une distribution uniforme mène à un plus grand nombre d'itérations aux extrémités du nuage de points que ce qui serait représenté en situation réelle, auquel cas la robustesse estimée pour les points de basculement identifiés (synthétisée au travers des codes couleurs présentés dans les arbres décisionnels) serait sous-estimée. Les nombres d'itérations en concordance avec les points de basculement évoqués seraient donc plus importants.

9.4.2. Combinaisons de valeurs extrêmes

L'approche de modélisation considérée (utilisation de gammes de valeurs pour les paramètres sensibles) implique également que certaines itérations de calculs correspondent à des combinaisons de valeurs peu ou pas représentatives d'une situation réelle. En effet, la plupart des paramètres influents sont décorrélés entre eux (à l'exception des distances de trajet aller et retour). Il est ainsi envisageable qu'une itération donnée considère les impacts d'une solution d'emballage primaire présentant une masse très élevée, transportée dans un emballage de regroupement de masse très faible, et vice versa. De même, il est possible de combiner un ratio volumique très important de l'emballage de regroupement avec une masse d'emballage primaire très faible, ou un emballage primaire léger avec un système de fermeture lourd.

Ces éléments ont mené à l'inspection des itérations qui pourraient mener à des changements de conclusions majeurs de l'étude, pour appréhender correctement ces instances de combinaisons extrêmes de valeurs. Par ailleurs, certaines précautions supplémentaires ont été prises à l'égard de cette problématique, notamment :

- La mise à l'écart, lors de l'échantillonnage des masses d'emballages, de données pouvant mener à des situations particulièrement extrêmes à cet égard
- La corrélation de données comparées, lorsque cela était possible (par exemple les masses de PET à usage unique et réemployable comparées, voir section 7.3.1.1).

Après analyse, leur influence sur les grandes conclusions de cette étude est estimée comme étant nulle. Cependant, leur existence doit être prise en compte dans l'analyse de tendances générales (telles que l'allure des nuages de points ou des régressions linéaires générées) ou dans l'interprétation des valeurs associées à certains points de bascule (dont la valeur pourrait légèrement varier sur base de ces combinaisons extrêmes).

9.5. Limites liées à la standardisation des emballages primaires réemployables

Pour cette étude, il n'a pas été considéré d'étudier l'influence spécifique d'une standardisation des emballages primaires. La standardisation fait référence à l'utilisation d'un format commun et générique d'emballages réemployables permettant le conditionnement de produits distincts (et donc potentiellement utilisés par plusieurs producteurs, et remplis sur plusieurs sites de remplissage).

Le recours à des emballages standardisés pourrait permettre une réduction notable des impacts associés au réemploi par rapport à l'utilisation d'emballages non-standardisés, à travers plusieurs mécanismes :

- Des distances de trajet retour amoindries, du fait que les emballages ne doivent pas être acheminés jusqu'à un site de remplissage spécifique (par exemple pour conditionner un produit en particulier, auquel les emballages sont explicitement associés).
- Des taux de chargement et une logistique inverse optimisés, du fait d'une plus grande flexibilité quant aux emballages permettant le remplissage des camions à destination des sites de remplissage.
- Une gestion plus fluide des stocks et un temps de rétention moindre (et donc un taux de réemploi accru) des emballages réemployables.

Cette étude considère aussi bien des emballages standardisés que non-standardisés, compte-tenu de l'étendue des gammes de valeurs modélisées. Il est donc possible d'évaluer l'influence qu'aurait la réduction des distances de transport associées à une standardisation des contenants sur base de

l'influence qu'ont ces distances sur les résultats obtenus. Aussi et surtout, l'utilisation de taux de chargement distincts sélectionnés aléatoirement de manière discrète pour certaines étapes de transport spécifiques (voir Tableau 27) a pour but d'estimer l'influence d'un transport désoptimisé du fait d'une non-standardisation des emballages primaires. A cet égard, l'analyse de sensibilité présentée en section 8.14.3.1.1 révèle que pour une distance donnée, cette désoptimisation a une influence notable sur les impacts évalués. Il convient cependant de tenir compte de la réduction de distances associée à un schéma de standardisation.

Du fait que les différents paramètres permettant de caractériser la standardisation évoluent de manière non-corrélée, aucune analyse réalisée ne permet cependant d'apprécier avec précision les impacts relatifs des deux typologies logistiques, ou d'identifier des points de bascule qui leurs seraient spécifiques. L'influence de la mise en marché d'emballages standardisés par rapport à une alternative non-standardisée sur les opportunités et risques associés au réemploi doit donc faire l'objet d'analyses complémentaires. Ces analyses nécessitent par ailleurs de définir un dimensionnement précis et caractérisé de la standardisation, et d'orienter l'analyse vers une étude de cas non générique.

9.6. Limites liées à la logistique modélisée

9.6.1. Stockage des emballages

Tel qu'exprimé dans le périmètre de l'étude (voir point 5.5.4), le stockage des emballages en centre de distribution ou au point de vente n'a pas été modélisé. Du fait d'une modélisation d'une grande diversité d'emballages, aussi bien quant à leur format que quant à la nature des produits dont ils assurent le transport (qui supposent des échelles de distribution et des modalités de conservation variées), il a été considéré que la modélisation de cette étape de stockage sur base d'hypothèses et en l'absence de données robustes fournies par des industriels présentait de trop grandes incertitudes.

Certaines contraintes associées à l'étude ainsi que le caractère générique qui la définit ont en outre mené à la modélisation de certains éléments logistiques spécifiques sous une forme théorique, ou simplifiée. Notamment, les effets de stocks sur le taux de réemploi des emballages primaires n'ont pas été étudiés et modélisés de manière directe. Il est considéré que les gammes de valeurs considérées pour le nombre d'utilisations des emballages réemployables permettent de tenir compte de ces effets de manière indirecte.

Le Cadre de Référence de l'ADEME[10] décrit le nombre d'utilisations des emballages comme suit :

$$Nombre\ d'utilisations = \frac{1}{\left(\frac{1}{Rot_{an} \times DVM} + Taux\ de\ renouvellement\right)}$$

Où :

Rot_{an} : nombre annuel de rotations, amoindri par des effets de stocks persistants

DVM : durée de vie du modèle d'emballages

$Taux\ de\ renouvellement$: taux de renouvellement des emballages (directement lié aux taux de déclassement et de retour de l'emballage)

Il est donc considéré dans la modélisation qu'un nombre d'utilisations faible (par exemple de 2, valeur fixée en borne minimale) peut permettre de prendre en compte un nombre de rotations plus faible.. L'étude ne caractérise néanmoins pas les effets spécifiquement liés à une vitesse de rotation faible.

Les effets d'une vitesse de rotation faible couplés à un stockage désoptimisé (ratios volumiques importants) et à des infrastructures de stockage vétustes (par exemple au regard de leur production de chaleur ou du respect de certaines contraintes de conservation thermiques) pourraient mener à une augmentation des impacts des solutions à usage unique et réemployables, notamment de ces dernières (du fait d'un stockage additionnel associé au retour des contenants vides). Il est cependant estimé que les impacts associés au stockage de manière générale correspondent principalement à des problématiques économiques, plus qu'environnementales.

Il a par ailleurs été estimé que les impacts environnementaux associés à ce stockage n'influenceraient pas de manière significative les tendances et conclusions observées dans les comparaisons entre les solutions réemployables et à usage unique étudiées, très influencées par d'autres paramètres variables (masses d'emballages, nombres d'utilisations, distances de transport...). Ces impacts correspondraient principalement à des consommations d'électricité et/ou de gaz, amorties par le nombre d'unités fonctionnelles bénéficiant de ces espaces de stockage.

9.6.2. Suroptimisation du transport

L'étude tient compte de diverses situations de désoptimisation du transport des emballages, remplis ou vides. Ceux-ci permettent de tenir compte d'un certain nombre de réalités logistiques qui pourraient mener à un remplissage suboptimal des camions , accroissant les impacts du transport à l'échelle de l'unité fonctionnelle étudiée (notamment dans le cadre du réemploi). La modélisation n'a cependant pas tenu compte de cas inverses (dits de "suroptimisation"), pour lesquels des taux de chargement excédant la valeur théorique de 100% associée à la charge utile du camion sont atteints lors du transport. Ces situations ne sont pas rares en situations réelles, cette suroptimisation étant un moyen d'augmenter la quantité de produit distribuée par camion individuel. A l'inverse de la désoptimisation, il est estimé que de tels cas de figure joueraient en faveur du réemploi.

9.6.3. Lavage par le conditionneur

La plupart des scénarios modélisés tiennent compte (au moins partiellement) d'un lavage des emballages réemployables par les conditionneurs, avant leur remplissage et réemploi. Cette considération suppose un transport retour des emballages réemployables sur une distance légèrement réduite, étant donné qu'aucun détour vers un centre de lavage dédié n'est nécessaire.

Il est toutefois à noter que l'hypothèse selon laquelle les conditionneurs disposent d'infrastructure permettant d'internaliser ce lavage est prospective, et n'est probablement pas généralisable à l'horizon 2025. Cette limite semble particulièrement pertinente dans le cadre du scénario 11, qui suppose un lavage exclusivement réalisé par les conditionneurs (pour les raisons évoquées en section 7.5.3.2) des bouteilles en PET réemployables. Ces bouteilles requièrent des infrastructures de lavage spécifiques, encore peu développées aujourd'hui sur le territoire français à l'échelle des conditionneurs.

Il est toutefois supposé que ces considérations n'affectent que peu les résultats des comparaisons réalisées, étant donné que celles-ci sont principalement conditionnées par d'autres paramètres que les distances de transport retour (notamment les nombres d'utilisations et les masses d'emballage).

9.7. Limites liées à la production et au remplissage des emballages

9.7.1. Validité temporelle de l'étude

A l'heure où de nombreux secteurs d'activité s'engagent à décarboner leurs activités, il est important de préciser que les résultats associés à la présente étude sont associés à l'utilisation de données d'inventaire dont la validité temporelle est limitée. Des changements structurels (liés au mix énergétique français ou aux industries elles-mêmes) pourraient mener à une modification des processus de production des emballages dans les années à venir, et donc des impacts qu'ils génèrent. Ces changements ne mèneront cependant probablement pas à des différences d'impacts significatives d'ici l'horizon 2025, mais seront plus tangibles à plus long terme.

Les impacts associés à l'étape de production des emballages en verre sont particulièrement sensibles à cet égard, mobilisant une quantité significative d'électricité, et jouant un rôle prépondérant dans les comparaisons entre options réemployables et à usage unique. De plus, et bien qu'ils soient basés sur des observations de terrain robustes et qu'ils soient les plus représentatifs du secteur à date, les inventaires FEVE utilisés dans cette étude datent de 2012, et présentent donc probablement un écart avec les impacts actuels associés à la production du verre.

L'étude réalisée ne fait pas de projections quant à la proportion de recyclage chimique effectif à l'horizon 2025, notamment pour le polystyrène, le polypropylène, et le polyéthylène (tous trois des matériaux constitutifs d'emballages primaires et de regroupement). Leur impact sur le traitement des emballages

en fin de vie ainsi que leur influence sur les taux d'incorporation de matière recyclée modélisée n'a donc pas été prise en compte. Représentativité géographique de la production des emballages

A l'exception de la fraction de PET produite hors Europe modélisée pour le scénario 6, il n'a pas été considéré une production hors Europe des emballages ou matériaux d'emballage. Les impacts associés à un tel contexte (par exemple du fait d'un mix énergétique différent, ou de distances d'approvisionnement plus importantes) ne sont donc pas pris en compte dans la présente étude. Notamment, les scénarios 8 et 9 concernent la production de barquettes de restauration qui ne seront remplies qu'à l'échelle de la surface de vente finale (traiteur ou CHR). Le lieu de fabrication de la barquette n'est donc absolument pas contraint par son lieu de remplissage et est indépendant de celui-ci. Les impacts liés à la production des emballages et à leur approvisionnement initial vers le remplisseur étant amortis au fil des cycles de réemploi, il est estimé qu'une production hors Europe des emballages pourrait jouer en faveur des options réemployables étudiées, en proportions ne pouvant pas être évaluées dans le cadre de cette étude. Remplissage des emballages

En l'absence de données industrielles attestant de telles situations, cette étude ne tient pas compte de différences éventuelles entre les processus de remplissage ou embouteillage associés aux options réemployables et à usage unique. Il est considéré que les impacts associés à ces processus sont les mêmes pour les solutions d'emballage comparées, et à ce titre que leur inclusion dans le périmètre de l'étude n'enrichirait pas les comparaisons effectuées.

Des processus de remplissage distincts au regard du caractère réemployable ou non de l'emballage primaire pourraient cependant mener à des contributions différenciées aux catégories d'impact étudiées.

9.7.2. Limites liées aux inventaires de production du verre

Outre les limites exprimées au point 9.7.1 concernant la représentativité temporelle des inventaires FEVE, la méthode de construction de ces inventaires soulève certains points d'attention qui doivent être considérés à la lecture des résultats. Ces inventaires sont issus de données collectées auprès d'industriels verriers à l'échelle européenne, et les impacts mesurés quant à la production des emballages en verre sont le reflet d'une grande variabilité d'acteurs industriels et de fours verriers. Les impacts de production du verre jouant un rôle significatif dans les comparaisons réalisées entre emballages réemployables (en verre) et à usage unique (hors verre), la considération de fours verriers spécifiques pourrait mener à une évolution des points de basculement identifiés dans le cadre de cette étude. Notamment, des fours vieillissants joueraient en défaveur de l'option réemployable en verre, alors que des fours particulièrement récents pourraient mener à un avantage du verre pour des nombres d'utilisations plus faibles que ceux évoqués dans les points de basculement identifiés. De même, la production de verre dans des pays présentant des mix électriques riches en énergie nucléaire (tels que la France) pourrait mener à un avantage relatif plus marqué du verre, ou à un avantage relatif moins marqué des options à usage unique, selon les cas de figure.

9.8. Limites liées aux mécanismes de réemploi étudiés

Comme mentionné dans le périmètre de l'étude (chapitre 5), celle-ci se concentre sur l'étude des impacts d'une forme spécifique de réemploi des emballages primaires, à savoir le réemploi par les professionnels. A ce titre, les résultats ne peuvent pas être utilisés pour approcher ou estimer les performances relatives des solutions d'emballage étudiées dans le contexte d'autres formes de réemploi, telles qu'un réemploi par le consommateur final (via un remplissage à domicile ou sur le point de vente, le vrac ou la vente assistée), ou (dans le cas des scénarios 6, 7 et 10) par les établissements CHR. L'identification des solutions d'emballage les moins impactantes dans de tels contextes doit donc faire l'objet d'analyses supplémentaires et d'études dédiées.

9.9. Limites liées à la représentativité de l'étude à l'égard des DROM-COM

L'étude réalisée a pour ambition d'être la plus générique possible, et d'inclure par sa modélisation une grande diversité de cas pratiques associés au territoire français. Cependant, certaines spécificités des départements et régions d'outre-mer pourraient conduire à des réalités de terrain spécifiques qui

pourraient ne pas être couvertes par les gammes de valeurs et/ou données d'inventaire utilisées pour cette étude.

Certains éléments notables pouvant mener à des divergences quant à la modélisation effectuée correspondent notamment à la logistique et au transport des emballages. Les spécificités liés aux réseaux routiers des départements et régions d'outre-mer pourraient impliquer des distances de transport différentes pour les étapes logistiques incluses dans le périmètre de l'étude, ainsi que le recours à des camions de gabarits et de consommations spécifiques, et à des taux de transport urbain différenciés.

En outre, les impacts liés au cycle de vie des emballages modélisés pourraient varier de par leur acheminement jusqu'aux départements et régions d'outre-mer (avant un remplissage sur ces territoires, ou après remplissage, en Europe par exemple). Les modalités liées à la mise en place d'initiatives de réemploi sur ces territoires doivent par ailleurs répondre à des contraintes spécifiques, différentes de celles observées en métropole.

9.10. Limites associées aux scénarios modélisés

Outre les limites associées à l'établissement des gammes de valeurs modélisées pour les différents emballages (voir section 9.3), la construction de scénarios spécifiques a mené à l'exclusion de certaines caractéristiques d'emballages qui représentent pour certaines d'entre elles des segments de marché non-négligeables, ou des perspectives prometteuses associées au réemploi comme explicité dans les paragraphes suivants.

9.10.1. Matériaux constitutifs des pots de yaourts

Seuls des pots de yaourts à usage unique intégralement en polystyrène ont été modélisés pour cette étude. Il est toutefois à noter que les pots partiellement (ou intégralement) en papier représentent une portion significative du marché des yaourts, et les conclusions de l'étude ne peuvent donc pas s'appliquer à ces produits. De plus, seuls des systèmes de fermeture majoritairement à base de PET ont été considérés pour ces produits, bien que des opercules majoritairement à base de papier soient également représentés sur le marché.

Concernant les pots réemployables, seuls des systèmes de fermeture en acier ont été considérés dans la modélisation réalisée, sur base des retours et validations du Comité de Suivi de l'étude et de l'ADEME. Les résultats de la présente étude suggèrent que l'influence des matériaux et masses des systèmes de fermeture ne conditionnent pas l'avantage relatif d'une option d'emballage par rapport à l'autre, mais des analyses complémentaires permettraient de confirmer l'influence ou non du matériau considéré pour les opercules de pots sur les perspectives associées au réemploi.

9.10.2. Emballages de regroupement des bouteilles réemployables

Il est à noter que la modélisation tient compte d'un emballage en carton à usage unique pour le regroupement des bouteilles réemployables en verre des scénarios 6 et 10. Cet emballage additionnel génère des impacts qui deviennent significatifs lorsque le nombre de réemplois de l'emballage primaire augmente (étant donné qu'un nouvel emballage de regroupement doit être produit à chaque cycle d'utilisation).

L'utilisation d'une caisse de regroupement réemployable en PEhd n'a pas été étudiée pour le réemploi de bouteilles en verre du scénario 6. Aucune extrapolation n'est cependant possible quant à l'influence que pourrait avoir cette caisse en PEhd sur les comparaisons entre la bouteille en verre réemployable et la bouteille en PET à usage unique.

A noter que si un industriel souhaite avoir recours à une caisse en PEhd réemployable, il peut réduire son impact environnemental en s'assurant que la caisse a un ratio volumique (volume occupé par la caisse/volume de produit transporté) le plus optimisé possible, en s'approvisionnant en caisse à une distance la plus courte possible vers son ou ses sites de conditionnement, et en favorisant le nombre d'utilisations de la caisse. Ces trois caractéristiques de la caisse (ratio volumique, distance d'approvisionnement, nombre d'utilisations) sont des leviers importants de réduction de l'impact environnemental de cette dernière, et donc des emballages primaires éventuellement regroupés.

9.10.3. Caractère prospectif du périmètre des scénarios 11, 12 et 13

A date de réalisation de cette étude, les bonbonnes en PET pouvant contenir des jus n'existent pas sur le marché européen. Cette perspective implique certains enjeux de périssabilité, et des risques sanitaires liés à l'utilisation de ce type d'emballages pour ces produits (tels qu'ils existent sur le marché aujourd'hui pour d'autres produits). En outre, les prérequis actuels d'embouteillement à la source des eaux minérales limitent également la plausibilité technique de ce schéma logistique à l'horizon 2025. Ces produits ont néanmoins été intégrés à ce scénario dans une démarche prospective, afin de pouvoir d'ores et déjà évaluer la pertinence d'adapter ces systèmes de remplissage pouvant constituer une alternative réemployable potentielle aux bouteilles en PET à usage unique pour jus.

Par ailleurs, il a été considéré pour les scénarios 12 et 13 (tous deux liés aux systèmes de reremplissage) un transport séparé des bouteilles en verre réemployables et de leurs systèmes de fermeture en acier à usage unique vers le point de vente/site de remplissage. La modélisation réalisée suppose donc un transport de bouteilles en verre non operculées et non scellées (bien que filmées et palettisées) après leur lavage et avant leur reremplissage. Cette considération logistique représente une limite de cette étude étant données ses implications sanitaires et réglementaires. Il est cependant considéré que cette limite n'affecte pas les résultats des comparaisons réalisées sur le plan environnemental, étant donné que le transport séparé des systèmes de fermeture implique des taux de chargement très optimisés, et que la majorité des impacts associés à ces options d'emballage sont conditionnés par d'autres paramètres.

Enfin, il convient de rappeler que la distribution de jus via des bouteilles réemployables en PET (telles que modélisées dans le scénario 11 de cette étude) n'existe pas en Europe, à ce jour. La persistance de certains arômes dans les bouteilles en plastique (et plus globalement, les problématiques liées aux mélanges de flux et à leurs implications sanitaires) restent aujourd'hui un réel enjeu dans le cadre du développement de ces systèmes de réemploi, et de la mutualisation d'emballages entre acteurs de différents secteurs (eaux et jus, par exemple). L'intégration de ces produits à ce scénario est donc également prospective.

9.10.4. Principe d'équivalence entre solutions à usage unique et de reremplissage

Les procédés d'embouteillage ou de remplissage des emballages primaires, et de carbonatation des boissons gazeuses. Cette équivalence concerne également les scénarios 12 et 13, qui considèrent des systèmes de reremplissage d'emballages via des fontaines en magasin. Dans ce cadre, il est ainsi considéré que la carbonatation de la boisson directement via la fontaine en magasin (par exemple via l'intégration de capsules ou de bonbonnes de CO2) n'implique pas de différence d'impact significative avec un système "traditionnel" de carbonatation sur le site de production. De même, le processus de filtration de l'eau de ville utilisée pour diluer les sirops et concentrés considérés dans le scénario 13 n'est pas modélisé, car jugé comme n'étant pas différenciant dans les comparaisons réalisées. Il est en outre estimé que les impacts associés à ces processus relèvent du produit contenu, et non de son contenant ou de son système de distribution.

Ces hypothèses n'ont cependant pas fait l'objet de recherches spécifiques ou de validations explicites par des acteurs sectoriels quant à leur réalité technique. Des éléments tels que les taux de perte (en CO2 ou en produit) ou les infrastructures nécessaires à la mise en place des solutions comparées pourraient différer entre ces systèmes. Par ailleurs, la comparabilité de ces systèmes à l'égard du principe d'iso-conservation inhérent à l'unité fonctionnelle de l'étude n'est pas évaluée. L'étude n'est ainsi pas en mesure d'estimer à date si ces éléments pourraient mener à des écarts non négligeables sur le plan environnemental.

9.10.5. Limites liées à l'exhaustivité de l'étude

Cette étude représente une analyse non-exhaustive d'initiatives de réemploi identifiées comme étant des alternatives à des marchés existants de solutions à usage unique. Elle est cadrée par son délai de réalisation, et par le nombre de scénarios qu'elle peut intégrer. En ce sens, elle ne représente pas un état des lieux complet des possibilités de réemploi existantes ou à court terme. De même, les solutions à usage unique présentées dans ce rapport ne doivent pas être considérées comme étant les seules à

pouvoir potentiellement bénéficier d'une transition vers le réemploi. En ce sens et pour de telles initiatives, des études approfondies doivent être réalisées pour en évaluer les perspectives.

10. Enseignements

L'objectif de cette étude a été de **réaliser le bilan environnemental d'emballages en verre consignés pour réemploi en France hexagonale**, **en comparaison avec leur alternative existante à usage unique**, en prenant en compte toutes les étapes de leurs cycles de vie et différents facteurs d'impacts environnementaux. Un des principaux enjeux était de déterminer quels sont les cas de figure pour lesquels un système d'emballage réemployable est plus performant que son homologue à usage unique (et vice-versa). L'étude a aussi permis d'identifier les paramètres influençant le plus les impacts des solutions d'emballages et de déduire des pistes d'éco-conception.

Pour ce faire, une **analyse de cycle de vie** a été réalisée, pour étudier les impacts d'options en verre réemployable (ou en PET réemployable dans le cas du scénario 11) et d'options à usage unique sur base de l'unité fonctionnelle suivante:

Emballer et distribuer 1L de produits alimentaires

Quatorze scénarios – un scénario étant une comparaison entre un emballage consigné pour réemploi et son alternative à usage unique – ont donc été construits puis modélisés. Les scénarios sont définis à un **horizon 2025**, et l'étude se focalise sur le **réemploi par le professionnel** (le réemploi par le consommateur étant exclu du périmètre).

Ce présent rapport traite du volet B1 (scénarios 6 à 10) et du volet B2 (scénarios 11 à 14) de l'étude.

Volet	Sc.	Intitulé du scénario	Secteurs de produits *majoritaires*
Volet B1	6	**Bouteille en verre consignée réemployable** avec emballage de regroupement en carton à usage unique vs **bouteille à usage unique en PET** avec emballage de regroupement en PEbd à usage unique – Distribution aux particuliers	Eaux plates et gazeuses, sodas et jus
	7	**Pot en verre consigné réemployable** avec emballage de regroupement en carton à usage unique vs **pot à usage unique en polystyrène** avec emballage de regroupement en carton à usage unique – Distribution aux particuliers	Produits laitiers (crèmes et yaourts)
	8	**Barquette de restauration en verre** consignée pour réemploi et **lavée par le restaurateur** vs **barquette de restauration en polypropylèn**e à usage unique – Distribution aux établissements CHR	Non définis : produits variés de vente à emporter (traiteurs et restaurants)
	9	**Barquette de restauration en verre** consignée pour réemploi et **lavée en centre de lavage dédié** vs **barquette de restauration en polypropylène** à usage unique – Distribution aux établissements CHR	
	10	**Bouteille en verre consignée réemployable** avec emballage de regroupement en carton à usage unique vs **canette à usage unique en aluminium** avec emballage de regroupement en PEbd ou en carton à usage unique – Distribution aux particuliers	Eaux gazeuses, bières, sodas
Volet B2	11	**Bouteille en PET consignée réemployable** avec emballage de regroupement en PEhd réemployable et consigné **VS bouteille en PET à usage unique** avec emballage de regroupement en PET à usage unique – Distribution aux particuliers	Eaux plates et gazeuses, sodas et jus
	12	Système de **reremplissage** en magasin d'une **bouteille en verre consignée** via **bonbonnes en PET réemployables VS bouteille en PET à usage unique** avec emballage de regroupement en PET à usage unique – Distribution aux particuliers	Eaux plates et gazeuses, purs jus
	13	Système de **reremplissage** en magasin d'une **bouteille en verre consignée** via bag-in-box multimatériaux **VS bouteille en PET à usage unique** avec emballage de regroupement en PET à usage unique – Distribution aux particuliers	Sodas et nectars à base de concentré
	14	**Pot en verre consigné réemployable** sans emballage de regroupement VS **boîte de conserve en acier à usage unique** sans emballage de regroupement – Distribution aux particuliers	Légumes, fruits, viande, plats préparés et aliments « semi-liquides »

Tableau 91 - Récapitulatif des scénarios du volet B

L'enjeu de la construction des scénarios de chaque volet de cette étude était de pouvoir étudier des systèmes d'emballages consignés pour réemploi **les plus génériques possibles**, qui puissent couvrir une grande diversité de réalités industrielles, tout en considérant les perspectives associées au réemploi du verre pour certains segments de marché et les tonnages d'emballages mis sur le marché. **Chaque scénario est donc multiproduit, et repose sur plusieurs caractéristiques déterminantes telles qu'un format d'emballage générique, ou une typologie logistique**.

A cette fin, des **gammes de valeurs** ont été définies pour certaines caractéristiques déterminantes des scénarios. Ces gammes sont représentatives d'un grand nombre de réalités de terrain et de configurations possibles dans un futur proche (horizon 2025), elles permettent d'identifier des **points de basculement** et dresser une cartographie des **cas de figure pour lesquels l'option réemployable est plus avantageuse que son homologue à usage unique (et vice versa)**.

Le chapitre 5 de ce présent rapport détaille les frontières des systèmes modélisés et le champ d'application de l'étude (en particulier des schémas logistiques pour chaque scénario y sont détaillés). L'intégralité des données de modélisation des systèmes sont recensées dans le chapitre 7.

10.1. Tendances générales liées aux catégories d'impact étudiées

Les analyses réalisées ont permis de mettre en évidence un certain nombre de tendances, d'une part au sein des comparaisons entre les options réemployables et à usage unique, d'autre part dans l'identification des facteurs clé influençant ces comparaisons.

Les catégories d'impacts qui ont été retenues comme étant les plus pertinentes à étudier dans les comparaisons d'options d'emballage sont les suivantes :

- ***Changement climatique (niveau I[a])*** 
- ***Emission de particules (niveau I)*** 
- ***Formation d'ozone photochimique (niveau II)*** 
- ***Acidification (niveau II)*** 
- ***Epuisement des ressources fossiles (niveau I)*** 
- ***Ressources minérales et métalliques – scénarios 10 et 14 uniquement (niveau III)*** 

[a] Degré de robustesse (selon l'initiative EF). Un indicateur de niveau I a un degré de robustesse élevé, alors qu'un indicateur de niveau III a un degré de robustesse faible.

10.2. Principaux paramètres influents

L'utilisation de **gammes de valeurs** pour modéliser les paramètres clés associés aux solutions d'emballage a permis d'étudier **l'influence relative de ces différents paramètres sur les résultats des indicateurs environnementaux pris en compte** pour les emballages étudiés. Malgré les différences entre scénarios modélisés, certaines tendances générales quant aux principaux paramètres influents[a] associés aux solutions d'emballage réemployables ou à usage unique ont pu être observées. Cette influence est synthétisée pour les différentes solutions d'emballage étudiées dans le Tableau 92**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, au travers du code couleur présenté en Figure 157.

Pour l'ensemble des scénarios du volet B et pour la majorité des catégories d'impact retenues, le **nombre d'utilisations** et la **masse des emballages primaires comparés** sont les deux paramètres qui **conditionnent le plus les comparaisons entre réemploi et usage unique**. Pour certains scénarios, les distances de transport influencent également notablement les comparaisons réalisées.

Degré d'influence des paramètres	Type d'influence	
	Augmentation des impacts lorsque la valeur du paramètre augmente	Réduction des impacts lorsque la valeur du paramètre augmente
Influence prépondérante, conditionnant les comparaisons effectuées		
Influence marquée, pouvant influencer certaines valeurs de points de basculement		
Influence légère sur les impacts de la solution, ne conditionnant pas les comparaisons effectuées		
Influence non-significative sur les impacts de la solution		

Figure 157 : Grille de lecture de la synthèse sur les paramètres influents des différents scénarios

Erreur ! Source du renvoi introuvable.*Tableau 92 - Principaux paramètres influents des solutions d'emballages réemployables et à usage unique du volet B*

[a] Les paramètres jugés influents sont ceux dont la variation au sein des gammes de valeurs modélisées influence de manière significative les contributions aux impacts d'une solution d'emballage donnée.

10.3. Etapes du cycle de vie influentes

10.3.1. Option à usage unique

L'étape du cycle de vie la plus contributrice pour l'emballage à usage unique est la **production de l'emballage primaire** pour l'ensemble des catégories d'impact considérées.

Les étapes de production des emballages additionnels, systèmes de fermeture et de distribution contribuent peu, à part pour des emballages possédant des systèmes de fermeture plus volumineux et /ou lourds (comme c'est le cas des barquettes par exemple).

Enfin, l'étape de fin de vie apporte des bénéfices environnementaux (impacts positifs) liés au recyclage des différents emballages en fin de vie.

10.3.2. Option réemployable

Les étapes du cycle de vie les plus contributrices pour les options réemployables varient en fonction des catégories d'impact étudiées, mais surtout en fonction du nombre d'utilisations de l'emballage primaire :

- La contribution relative de la phase de **production de l'emballage primaire** et de sa **fin de vie** diminue lorsque le nombre d'utilisations augmente. En effet, le réemploi de l'emballage primaire permet d'amortir les impacts de la production et de la fin de vie (répartition des impacts de production sur plusieurs cycles de réemploi).
- Lorsque les emballages de regroupement et les systèmes de fermeture sont à usage unique, les impacts relatifs de leur **production** augmentent avec le nombre d'utilisations de l'emballage primaire (leur production étant donc répétée à chaque cycle de réemploi, contrairement à celle de l'emballage primaire réemployable).
- La contribution relative des **étapes de transport** (distribution et retour) et **de lavage** augmente également lorsque le nombre d'utilisations augmente, mais en proportions moins significatives que celle des emballages additionnels et systèmes de fermeture.

Distances modélisées pour l'étape de distribution

*Dans cette étude, une distance de distribution a été modélisée pour chaque scénario, cette distance constituant un des paramètres les plus influents sur les résultats des comparaisons entre les emballages. Dans notre modélisation, cette distance correspond à une distance de transport moyenne pondérée entre l'usine (ou les usines) de remplissage d'un industriel et les différents points de livraison où sont vendus les produits emballés. Par exemple, si un industriel distribue 70% de ses produits à un magasin situé à 200 km de son usine, et 30% à un magasin situé à 300 km, la distance moyenne de distribution à considérer est de 230 km (200*70% + 300*30%).*
Des échelles sont proposées pour discuter dans cette partie des distances de distribution :

Echelle	Distance moyenne de distribution
Locale	Inférieure à 50 km
Régionale	Entre 50 et 250 km
Nationale	Au-delà de 250 km

10.4. Enseignements par scénario

Les sections suivantes ont pour but de présenter les conclusions et les tendances générales associées aux différentes comparaisons de l'impact environnemental, au regard des indicateurs étudiés, des solutions d'emballage évaluées au sein des différents scénarios, associées une brève analyse du marché pour les masses d'emballages primaires et le nombre d'utilisation.

Des points de basculement ont été identifiés sur base de la modélisation réalisée pour différents paramètres dans le but d'identifier des cas de figure pour lesquels l'une des deux options (réemployable ou usage unique) peut être considérée comme plus avantageuse que l'autre au regard des indicateurs d'impact environnementaux étudiés.

Les points de basculement sont déterminés sur la base du résultat des différentes itérations de calcul prenant en compte la variabilité de l'ensemble des paramètres opérationnels modélisés dans les scénarios (nombres d'utilisations, masse de l'emballage primaire, taux de recyclage, etc.).

Pour chaque itération, la détermination du caractère plus avantageux au regard des indicateurs d'impact environnementaux étudiés d'une solution d'emballage sur l'autre n'est pas nécessairement significative compte tenu des sources d'incertitudes autres que celles associées aux paramètres modélisés et inhérentes à toute étude d'ACV (le degré de robustesse des catégories d'impacts par exemple).

De ce fait, les valeurs de points de basculement présentées dans cette partie d'enseignements comportent elles-mêmes des incertitudes et doivent être interprétées avec prudence et à ce sens ne devraient pas être considérées comme des valeurs « couperet » en-dessous ou au-dessus desquelles une solution est meilleure que l'autre. ***Ces valeurs sont plutôt indicatrices de tendances dans les comparaisons réalisées et devraient orienter les acteurs industriels dans leur prise de décision.***

BOISSONS

10.4.1. Bouteille en verre réemployable vs bouteille en PET à usage unique (scénario 6)

Dans ce scénario, l'emballage consigné pour réemploi est une bouteille en verre. La bouteille en verre est conditionnée dans une usine, puis acheminée aux magasins pour être vendue aux ménages. La boucle retour de la bouteille en verre commence par le retour par le consommateur au magasin de la bouteille, qui est alors déconsignée (manuellement ou automatiquement). La bouteille est acheminée soit à un centre de lavage, soit directement à l'usine d'embouteillage pour un lavage in situ. Elle est conditionnée à nouveau sur le site d'embouteillage pour une nouvelle boucle de réemploi.

L'emballage à usage unique est une bouteille en polyéthylène téréphtalate (PET). Elle est conditionnée dans une usine, puis acheminée aux magasins pour être vendue aux ménages. Etant à usage unique, elle est triée et jetée par le ménage une fois le produit consommé pour être recyclée

Scénario 6



Eaux plates et gazeuses, sodas et jus

Une bouteille en PET à usage unique pesant **moins de 35 g/L** est plus souvent avantageuse comparée à une bouteille en verre consignée pour réemploi pour toutes les catégories d'impacts environnementaux approfondies.

Une bouteille en PET à usage unique pesant **plus de 35 g/L** est plus souvent avantageuse qu'une bouteille en verre réemployée **moins de 6 fois**.

Au-delà de 6 utilisations, pour une distance moyenne de distribution **inférieure à 200 km**, l'étude ne permet pas de conclure quant au bénéfice d'une solution ou d'une autre, pour les catégories d'impacts *changement climatique* et *épuisement des ressources fossiles*. Pour une distance moyenne de distribution **supérieure à 200 km**, c'est aussi le cas **au-delà de 15 utilisations**.

Pour les trois autres catégories d'impact (*Emission de particules, Formation d'ozone photochimique et Acidification*), la bouteille en PET à usage unique de **plus de 35 g/L** est généralement plus avantageuse que l'option réemployable en verre.

Analyse du marché

Bouteille en polyéthylène-téréphtalate (PET) à usage unique

D'après les pesées et les recherches bibliographiques réalisées dans le cadre de cette étude, les masses de PET à usage unique varient de 12 g/L à 52 g/L. Sur la base des données de déclarations des éco-organismes de la REP des emballages ménagers transmises annuellement à l'ADEME[a], la moyenne des masses de bouteilles en PET à usage unique est de l'ordre de :

- **23 g/L** (grammes de plastique par litre de boisson) pour le marché des eaux plates ou gazeuses
- **30 g/L** pour le marché des sodas
- **41 g/L** pour le marché des jus

*A noter cependant : la moyenne lisse l'hétérogénéité du marché et ne permet pas de rendre compte de la répartition des poids d'emballages du secteur. Sur plus de 2200 références de bouteilles en PET à usage unique de soda/jus/eau, CITEO calcule la médiane de leur échantillon à **31,4 g/L**.*

Bouteille en verre réemployable consignée

Un nombre de rotations de **15 à 20** d'une bouteille en verre est observé dans le modèle de certains acteurs/secteurs déjà établis (par exemple, la brasserie METEOR réutilise en moyenne 19 fois sa bouteille en verre 75 cL, d'après une étude ADEME datant de 2010[1], et cela est aussi observé en

[a] Sources SYDEREP (ADEME), données confidentielles de mises sur le marché

Café-Hôtel-Restaurant). La présente étude inclut dans la modélisation des bouteilles en verre pouvant atteindre jusqu'à 30 utilisations.

A l'égard du *changement climatique* et de *l'épuisement des ressources fossiles* (qui représentent plus de 50% des impacts totaux normalisés et pondérés*)* les bouteilles en PET à usage unique pesant **moins de 35 g/L environ** sont généralement plus avantageuses que les bouteilles en verre réemployables. Cette situation concerne une majorité du marché des eaux (en particulier l'eau plate), et une partie des sodas et jus.

Au-delà de cette masse de PET (supérieure à 35 g/L), les bouteilles en PET à usage unique sont **généralement plus avantageuses** par rapport aux bouteilles en verre réemployables utilisées **moins de 15 fois** et **distribuées nationalement** entre le site de remplissage et le centre de distribution (distance amont moyenne **supérieure à 200 km**).

Elles sont également **généralement plus avantageuses** en comparaison avec des bouteilles en verre **distribuées régionalement ou localement** (distance amont moyenne **inférieure à 200 km**) et réemployées **moins de 6 fois.**

Pour les trois autres catégories d'impact (*Emission de particules, Formation d'ozone photochimique et Acidification*), la bouteille en PET à usage unique est généralement plus avantageuse que l'option réemployable en verre, **et ce quelles que soient les valeurs prises par les paramètres variables**.

Concernant les emballages en plastique, les aspects relevant des impacts sur la biodiversité et la santé humaine constituent un enjeu majeur à part entière mais ne sont pas pris en compte dans cette étude. Ces impacts liés à la pollution plastique font l'objet de nombreuses études scientifiques (voir préambule).

Dans un contexte réglementaire imposant la réduction du plastique à usage unique, l'évaluation d'alternatives aux emballages plastique à usage unique permettant une réduction des impacts sur l'environnement est fondamentale.

En complément, l'ADEME a étudié dans ce rapport des systèmes de **réemploi de bouteilles en PET** (scénario 11) et des systèmes de **reremplissage sur le lieu de vente** (scénarios 12 et 13), démontrant un avantage relatif du réemploi en alternative à la bouteille en PET à usage unique sous certaines conditions, et ce pour l'ensemble des catégories d'impact étudiées. Ces comparaisons sont présentées dans la suite de cette section. Cette étude couvre une large diversité de situations, mais il existe d'autres solutions réemployables qui n'ont pas été étudiées, et qui pourraient aussi se positionner comme des alternatives, à titre d'exemple :

- Un **transport en vrac (bulk) du produit pour un remplissage et une distribution régionalisée** en bouteilles en verre réemployables, qui réduiraient les impacts associés au transport des bouteilles.
- Une **livraison à domicile**…

10.4.2. Bouteilles en PET réemployables vs bouteilles en PET à usage unique pour boissons (scénario 11)

Dans ce scénario, l'emballage consigné pour réemploi est une bouteille en polyéthylène téréphtalate (PET). La bouteille en PET est conditionnée dans une usine, puis acheminée aux magasins pour être vendue aux ménages. La boucle retour de la bouteille en PET commence par le retour par le consommateur au magasin de la bouteille, qui est alors déconsignée (manuellement ou automatiquement). La bouteille est acheminée directement à l'usine d'embouteillage pour un lavage in situ. Elle est conditionnée à nouveau sur le site d'embouteillage pour une nouvelle boucle de réemploi.

L'emballage à usage unique est une bouteille en polyéthylène téréphtalate (PET). Elle est conditionnée dans une usine, puis acheminée aux magasins pour être vendue aux ménages. Etant à usage unique, elle est triée et jetée par le ménage pour être recyclée une fois le produit consommé.

Scénario 11



Eaux plates et gazeuses, bières et sodas

Pour des **masses de PET à usage unique légères** (en deçà de 28 g/L environ), le PET réemployable est plus souvent pertinent pour des **distances de distribution locales voire régionales.**

Pour des **masses de PET à usage unique plus élevées** (au-dessus de 28 g/L environ), il faut assurer **au moins 9 utilisations** pour observer une pertinence du réemploi.

Les résultats indiquent que les comparaisons entre bouteilles en PET réemployables et à usage unique sont largement conditionnées par les masses de bouteilles considérées.

Analyse du marché

Bouteille en polyéthylène-téréphtalate (PET) à usage unique

Sur la base des données de déclarations des éco-organismes de la REP des emballages ménagers transmises annuellement à l'ADEME, la moyenne des masses de bouteilles en PET à usage unique est de l'ordre de :

- **23 g/L** (grammes de plastique par litre de boisson) pour le marché de l'eau plate ou gazeuse
- **30 g/L** pour le marché des sodas
- **41 g/L** pour le marché des jus

*A noter cependant : la moyenne lisse l'hétérogénéité du marché et ne permet pas de rendre compte de la répartition des poids d'emballages du secteur. Sur plus de 2200 références de bouteilles PET de soda/jus/eau, CITEO évalue la médiane de l'échantillon à **31,4 g/L**.*

Bouteille en polyéthylène-téréphtalate (PET) réemployable consignée

Le réemploi de bouteilles en PET n'est pas existant en France à date, et les standards des éco-organismes de la REP des emballages ménagers sont en cours de développement. Ce système est cependant largement développé en Allemagne pour les boissons et l'étude s'est basée en partie sur le système allemand pour établir la modélisation de ce scénario d'étude.

L'ADEME dispose de peu de recul sur le nombre d'utilisations de la bouteille en PET consignée pour réemploi. D'après certains acteurs, ce nombre peut varier entre **7 et 20 rotations**, correspondant à ce qui est observé à l'étranger. La principale limite au réemploi est le phénomène de stress cracking.

La caisse en PEHD de regroupement peut être utilisée en pratique **plus de 100 fois** dans certains cas, des taux de **20** utilisations sont considérés comme rapidement atteignables dans la pratique.

A l'égard de quatre des catégories d'impacts retenues dans cette étude (à savoir *le changement climatique, l'épuisement des ressources fossiles, l'acidification, et la formation d'ozone photochimique*), les **bouteilles PET à usage unique légères (masses inférieures à 28 g/L)** sont plus souvent avantageuses que les bouteilles en PET consignées pour réemploi faisant **moins de 12 rotations**. Au-dessus de ce seuil d'utilisation, les bouteilles en PET réemployables sont plus souvent avantageuses que les bouteilles en PET à usage unique lorsqu'elles sont distribuées via des caisses en PEhd utilisées **au moins 20 fois** et sur des distances de distribution **locale voire régionale**. Ces deux cas de figure concernent une majorité du marché des eaux (en particulier l'eau plate), ainsi qu'une partie des sodas et jus.

Comparée à une bouteille en PET à usage unique pesant **plus de 28 g/L**, la bouteille PET réemployée **:**

- **plus de 12 fois** est généralement plus avantageuse ;
- **entre 9 et 12 fois** est plus souvent avantageuse pour des distances de transport régionales voire nationales ;
- **moins de 9 fois** ne peut pas être départagée de la bouteille en PET à usage unique.

Cette situation concerne tous les secteurs couverts, et principalement les sodas et jus.

Les analyses de sensibilité transversales réalisées révèlent par ailleurs :

- **Une influence notable de l'optimisation logistique** (taux de chargement des camions notamment) associée aux étapes de transport de la bouteille en PET réemployable, notamment pour des nombres d'utilisations élevés (et donc dans des situations de réemploi optimisé). Les comparaisons réalisées tiennent compte d'un transport optimisé, jugé représentatif d'une situation industrielle à l'horizon 2025, mais une forte désoptimisation du transport pourrait mener à une légère évolution des points de basculement observés. Il est estimé que cette évolution ne remettrait toutefois pas en question les grandes tendances associées à ces comparaisons.
- **Une influence significative de l'emballage en carton à usage unique pour le regroupement** des bouteilles réemployables en PET, s'il est utilisé à la place de la caisse en PEhd réemployable qui présente des impacts moindres (car amortis via son réemploi). Cet emballage à usage unique génère des impacts qui deviennent significatifs lorsque le nombre de réemplois de l'emballage primaire augmente (étant donné qu'un nouvel emballage de regroupement doit être produit à chaque cycle d'utilisation). Les comparaisons produites et analyses dans cette étude pour le présent scénario ne tiennent donc compte que d'un recours à une caisse en PEhd réemployable pour le regroupement des bouteilles en PET réemployables.
- **Une réduction d'impacts légère mais significative** (comprise entre 0 et 10%, selon les catégories d'impacts) **est notée lorsqu'un film en PEbd à usage unique est considéré en regroupement** plutôt qu'une caisse réemployable en PEhd. Cette observation ne tient toutefois pas compte de l'influence incitatrice potentielle de la caisse en PEhd sur les comportements des consommateurs finaux, qui contribuerait à des taux de retour plus élevés de l'emballage primaire (et en réduirait les impacts).

Des situations différentes à celles évoquées ci-dessus (logistique désoptimisée ou emballage de regroupement en carton) pourraient mener à un avantage plus marqué de l'option à usage unique, y compris pour des bouteilles à usage unique plus lourdes ou pour des nombres d'utilisations plus élevés de l'option réemployable.

10.4.3. Bouteilles en verre reremplies en magasin vs bouteilles en PET à usage unique (scénarios 12 et 13)

Dans ces deux scénarios 12 et 13, l'emballage consigné pour réemploi est une **bouteille en verre remplie sur le lieu de vente via un système de fontaine**. La fontaine est alimentée en produit soit via des **bonbonnes** (scénario 12, relatif aux eaux plates et gazeuses et aux jus) soit via des **bag-in-box mélangés avec de l'eau du réseau et gazéification si nécessaire** (scénario 13, relatif aux sodas et nectars). Ces deux scénarios couvrent des situations logistiques différentes, mais sont suffisamment proches pour que les enseignements soient discutés dans une seule partie.

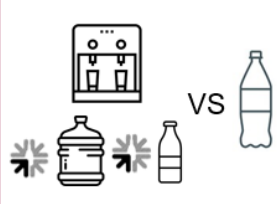
Dans ces scénarios, contrairement au scénario 6, la bouteille en verre réemployée est remplie en magasin par un système de fontaine, puis rapportée par le consommateur une fois vide et déconsignée en magasin. Elle est ensuite acheminée à un centre de lavage de proximité (à moins de 200 km) et remise en magasin pour un nouveau remplissage. Selon le scénario, la fontaine est alimentée :

- Scénario 12 : via des bonbonnes en PET réemployables. La bonbonne réemployée est conditionnée dans une usine avec du produit puis distribuée au magasin. Une fois le produit consommé, la bonbonne est acheminée à l'usine de remplissage qui la lave in situ. La bonbonne est exclusivement gérée par des professionnels.
- Scénario 13 : via un bag-in-box (BIB) multimatériaux à usage unique de produits concentrés. Le BIB est rempli dans une usine puis distribué sur le lieu de vente. Le produit contenu dans le BIB est mélangé à de l'eau du réseau pour être vendu à un consommateur dans la bouteille en verre réemployable. Une fois consommé, le BIB est jeté par le professionnel.

Ces scénarios sont **prospectifs**. En effet, le schéma logistique du scénario 12 pour le marché de l'eau et du jus n'existe pas en 2024, et pourrait nécessiter de la recherche et développement. De plus pour

le marché des eaux, l'articulation entre les exigences de la directive 2009/54/CE et le décret n° 2023-837 du 30 août 2023 n'interdisant pas la vente d'eau minérale et de source en vrac doit être précisée. D'autre part le schéma logistique du scénario 13 de soda et nectars existe dans les restaurants de type fast-food pour les sodas, néanmoins la distribution et le remplissage en magasin de soda ou de nectars dans des bouteilles en verre n'existent pas à ce jour et sont prospectifs. L'inclusion de ces scénarios dans l'étude **vise à identifier sur le plan environnemental une pertinence ou non au réemploi** de systèmes de reremplissage en magasin en comparaison à des bouteilles en PET à usage unique.

Scénario 12



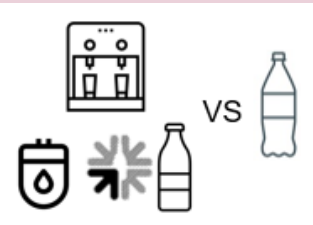
Eaux plates et gazeuses, jus

Les bouteilles en PET à usage unique **légères** (masse inférieure à 20 g/L environ) sont généralement plus avantageuses en comparaison avec des bouteilles en verre réemployables remplies en magasin, indifféremment de leur masse.

Pour les bouteilles en PET à usage unique **pesant entre 20 et 35 g/L** environ, les bouteilles en verre **reremplies en magasin plus de 11 fois et lavées à moins de 100 km du magasin** sont généralement plus avantageuses que leur alternative à usage unique.

Pour les bouteilles à usage unique de **plus de 35g/L**, l'option réemployable est plus avantageuse lorsque la bouteille en verre est **reremplie en magasin plus de 8 fois** et que sa masse est **inférieure à 750 g/L**.

Scénario 13



Sodas et nectars

Les bouteilles en PET à usage unique **légères** (masse inférieure à 22 g/L environ) sont généralement plus avantageuses en comparaison avec des bouteilles en verre réemployables remplies en magasin, indifféremment de leur masse.

En revanche, les bouteilles en verre réemployables reremplies en magasin **au moins 10 fois,** pesant **moins de 700 g/L**, et **lavées proche de leur point de collecte** sont plus souvent avantageuses que la majorité des bouteilles en PET à usage unique qui conditionnent des sodas et des nectars.

Les résultats indiquent que les comparaisons entre les systèmes de reremplissage de bouteilles en verre et les bouteilles en PET à usage unique sont largement conditionnées par les masses de bouteilles considérées.

Concernant les emballages en plastique, les aspects relevant des impacts sur la biodiversité et la santé humaine constituent un enjeu majeur à part entière mais ne sont pas pris en compte dans cette étude. Ces impacts liés à la pollution plastique font l'objet de nombreuses études scientifiques (voir préambule).

Analyse du marché

Bouteille en polyéthylène-téréphtalate (PET) à usage unique

Sur la base des données de déclarations des éco-organismes de la REP des emballages ménagers transmises annuellement à l'ADEME, la moyenne des masses de bouteilles en PET à usage unique est de l'ordre de :

- **23 g/L** (grammes de plastique par litre de boisson) pour le marché de l'eau plate ou gazeuse
- **30 g/L** pour le marché des sodas
- **41 g/L** pour le marché des jus

*A noter cependant : la moyenne lisse l'hétérogénéité du marché et ne permet pas de rendre compte de la répartition des poids d'emballages du secteur. Sur plus de 2200 références de bouteilles PET de soda/jus/eau, CITEO évalue la médiane de l'échantillon à **31,4 g/L**.*

Bouteille en verre réemployable consignée

Les bouteilles en verre réemployables peuvent peser **entre 370 g/L et 940 g/L** pour les secteurs modélisés dans ce scénario (*soda/jus/eau)* selon nos pesées et analyses bibliographiques. Cet échantillon tient compte de bouteilles d'une volumétrie supérieure ou égale à 70 cL, des volumétries plus faibles étant jugées peu adaptées à un système de reremplissage en magasin.

Ces systèmes de reremplissage en magasin sont prospectifs et l'ADEME ne dispose pas de retours d'expériences sur le nombre d'utilisations de la bouteille en verre dans ces situations. Notre modélisation inclut des bouteilles en verre allant jusqu'à 30 utilisations ; entre **20 et 30** utilisations, cela implique que le système de réemploi est très optimisé.

10.4.3.1. Système de reremplissage via bonbonnes *vs* bouteille en PET à usage unique

A l'égard de 4 des 5 catégories d'impacts principales retenues dans cette étude (à savoir *le changement climatique, l'épuisement des ressources fossiles, l'acidification, et la formation d'ozone photochimique*, qui représentent plus de 75% des impacts totaux normalisés et pondérés*)*, lorsque le produit utilisé pour le remplissage des bouteilles réemployables est acheminé au magasin via des bonbonnes en PET (scénario 12, orienté vers les eaux et jus), le système réemployable est généralement plus avantageux que les bouteilles en PET pesant plus de **35 g/L environ** lorsque la bouteille en verre est utilisée **plus de 8 fois**, et que :

- La bouteille en verre pèse moins de **750 g/L environ**
- **Et/ou** est lavée à **moins de 150 km** de son point de vente et de reremplissage (dans notre étude, une gamme s'étendant de 50 à 200 km a été modélisée pour cette distance ; 150 km correspond donc à une distance relativement élevée).

A contrario, les bouteilles en PET à usage unique **particulièrement légères (moins de 20 g/L environ**, soit principalement des bouteilles d'eaux tranquilles, ou gazeuses à grand format) **généralement plus avantageuses** que ce système réemployable.

Pour des masses de PET à usage unique intermédiaires **(entre 20 et 35 g/L environ)**, le système de reremplissage via bonbonnes présente un avantage relatif lorsque la bouteille en verre est **utilisée plus de 11 fois**, et **lavée à moins de 100 km** du point de vente.

10.4.3.2. Système de reremplissage via BiB *vs* bouteille en PET à usage unique

Dans le cas d'un système basé sur une distribution via des BIB de produits concentrés et un reremplissage après dilution en magasin (orienté vers les sodas et nectars), l'option réemployable est plus souvent avantageuse que les bouteilles en PET d'une masse supérieure à **22 g/L environ** (soit la majorité des sodas et nectars), lorsque la bouteille en verre est **lavée à moins de 150 km** de son point de vente et de reremplissage, et :

- Est utilisée au **moins 10 fois si elle est légère** (moins de 700 g/L environ)
- Est utilisée au **moins 21 fois si elle est lourde** (plus de 700g/L environ)

La bouteille en **PET à usage unique** est quant à elle plus avantageuse lorsque :

- Sa masse est **inférieure à environ 22 g/L.**

Ou la bouteille en verre réemployable présente **un nombre trop faible de rotations** et est **lavée à plus de 150 km** de son point de vente et de reremplissage

10.4.4. Bouteilles en verre réemployables *vs* canettes en aluminium à usage unique pour boissons (scénario 10)

Scénario 10



Eaux gazeuses, bières et sodas

La bouteille en verre réemployée au moins 8 fois et dont **la masse a été optimisée** (inférieure à 800 g/L) **est souvent plus avantageuse** que la canette en aluminium, indifféremment de sa masse.

Si **la masse de la bouteille en verre n'a pas été optimisée** (supérieure à 800 g/L), alors il est nécessaire de **maximiser le nombre d'utilisations** de cette dernière afin de favoriser le réemploi par rapport à l'usage unique.

Analyse du marché

Canettes en aluminium à usage unique

Le poids moyen d'une canette en aluminium standard de 33 cL, **dominante sur le marché**, est de **38 g/L.** Les canettes de format 50 cL présentent des masses *a priori* inférieures à **35 g/L.**

Bouteille en verre réemployable consignée

Des bouteilles en verre pesant **moins de 800 g/L** existent pour tous les secteurs de marché considérés (soda, bière, eau gazeuse) d'après notre échantillon de plus de 70 données identifiées dans cette étude. Ces bouteilles sont déjà utilisées par des acteurs de type brasseurs. Pour des formats de bouteilles de 33 cL ou 50 cL (i.e. équivalents à des formats de canettes), cela signifie qu'une bouteille de 33 cL devrait peser moins de 264 g**.**

9 utilisations est une cible atteignable pour la bouteille en verre, largement atteinte par certains acteurs (par exemple, METEOR réutilise en moyenne 19 fois sa bouteille en verre 75 cL, d'après une étude ADEME datant de 2010[1], et cela est aussi observé en Café-Hôtel-Restaurant).

A l'égard des catégories d'impacts retenues dans cette étude, la bouteille en verre réemployée **plus de 9 fois** et pesant **moins de 800 g/L** est plus souvent avantageuse comparée à la canette en aluminium. Cet avantage est d'autant plus marqué pour des comparaisons impliquant des canettes présentant une **masse supérieure à 35 g/L**. Dans ces contextes, les bouteilles en verre pesant **moins de 800 g/L** sont généralement plus avantageuses **dès leur 5ème utilisation.** Ces résultats s'appliquent par ailleurs à une distribution nationale.

Si la bouteille en verre est lourde et pèse **plus de 800 g/L**, elle doit être réemployée **plus de 15 fois** pour être plus souvent avantageuse que la canette à usage unique. Sinon, si ce nombre est inférieur à 15, l'étude ne permet pas de conclure ; et en deçà de 5 utilisations, la canette à usage unique est plus avantageuse. *Il est essentiel que le standard développé par les éco-organismes de la REP des emballages ménagers conformément au cahier des charges d'agrément tienne compte de ce critère de masse.* Si le standard n'est pas utilisé par l'industriel, ce dernier devrait aussi travailler à réduire la masse de la bouteille en verre réemployable au seuil inférieur à 800 g/L afin de réduire ses impacts.

Il est en outre observé que l'option réemployable est **généralement plus avantageuse** (pour toutes les situations modélisées) que la canette en aluminium au regard de *l'épuisement des ressources minérales et métalliques*. La prise en compte de cet indicateur favorise donc la prise de décision dans le sens du réemploi.

EPICERIE ET RESTAURATION

10.4.5. Pots en verre réemployables vs pots en polystyrène à usage unique pour produits laitiers (scénario 7)

Scénario 7



Produits laitiers

Au regard du changement climatique et de l'épuisement des ressources fossiles, si la masse du pot PS à usage unique est en deçà de 40g/L, avec des distances de transport nationales, et si le pot en verre est réemployé moins de 15 fois, l'étude n'est pas en mesure de conclure d'un bénéfice d'une solution par rapport à l'autre. Pour des distances locales, le pot en verre réemployé plus de 5 fois est plus avantageux.

Si la masse du pot PS à usage unique est au-delà de 40 g/L, le pot en verre réemployé est plus souvent avantageux.

Au regard des autres catégories d'impacts étudiées, le pot en verre réemployé plus de 10 fois et pesant moins de 700 g/L est le plus souvent avantageux.

Analyse du marché

Pots en polystyrène (PS) à usage unique

La modélisation tient compte d'un pot de yaourt en PS, qui représente une majorité du marché actuel (bien qu'il existe d'autres matériaux non étudiés : le PP, le PET…). Les poids de pots PS sont hétérogènes sur le marché, notre échantillon incluant des pots pesant de 32,5 g/L à 104 g/L. Selon certains acteurs du secteur, une majorité du marché des yaourts se situe en dessous de **40 g/L**. Les emballages en PS de **plus de 40 g/L** représenteraient plutôt des crèmes desserts travaillées (fromage blanc, riz au lait, pudding…).

Pot en verre réemployable consigné

Un nombre d'utilisations de **5** du pot en verre réemployable est considéré faible, tandis que **10** utilisations est une cible atteignable. A ce jour il est difficile d'estimer si un nombre d'utilisations supérieur à 10 est atteignable, cela n'étant pas un frein technique du matériau mais plutôt une problématique technique et d'infrastructures de lavage, la filière étant à ce jour peu mature.

A l'égard du *changement climatique* et de *l'épuisement des ressources fossiles* (qui représentent plus de 50% des impacts totaux normalisés et pondérés), le pot en verre est plus souvent avantageux que le pot en PS à usage unique pesant **plus de 40 g/L**. Comparé à un pot PS à usage unique pesant **moins de 40 g/L**, le pot en verre doit être réemployé **plus de 15 fois**, voire **5 fois** si la distance moyenne de distribution est à échelle **locale** (voire régionale pour des petites régions). En dessous de ces seuils d'utilisations, l'étude ne permet pas de conclure quant à l'avantage d'une solution d'emballage ou d'une autre.

A l'égard de toutes les catégories d'impacts, le pot en verre réemployé **plus de 10 fois** est plus souvent avantageux que le pot en PS à usage unique si la distance moyenne de distribution de ces pots est **à échelle locale** (voire régionale). Plus on **abaisse la masse de l'emballage en verre réemployé**, plus on peut augmenter les distances de distribution à des **échelles régionales/nationales**.

Enfin, l'analyse de sensibilité réalisée sur le taux de recyclage des pots en PS à usage unique indique que des taux de recyclage de 50% (plutôt que la valeur de 20% fixée en cas illustratif) mènent à une réduction notable des impacts associés au changement climatique pour cette option d'emballage, mais affectent peu les autres catégories d'impact étudiées.

Concernant les emballages en plastique, les aspects relevant des impacts sur la biodiversité et la santé humaine constituent un enjeu majeur à part entière mais ne sont pas pris en compte dans cette étude. Ces impacts liés à la pollution plastique font l'objet de nombreuses études scientifiques (voir préambule).

10.4.6. Barquettes de restauration en verre réemployables *vs* barquettes de restauration en polypropylène à usage unique (scénarios 8 et 9)

Scénarios 8 et 9



Denrées alimentaires - restauration

Les **barquettes réemployables en verre** sont **globalement plus avantageuses** pour des **nombres d'utilisations suffisamment élevés** (minimum 8 pour un lavage par le restaurateur, et 13 pour un lavage en centre dédié).

L'avantage du réemploi est observé de manière plus tranchée et à partir de nombre d'utilisations plus faibles lorsque **la masse des barquettes en verre est plus faible**, d'où **l'importance de l'optimiser**.

Analyse du marché

Barquette de restauration en polypropylène (PP) à usage unique

Les barquettes en PP à usage unique peuvent peser **entre 10 g/L et 90 g/L** selon nos pesées et analyses bibliographiques, avec une médiane de l'échantillon à **30 g/L**.

Barquette en verre réemployable consignée

La totalité des masses de barquettes en verre réemployables destinées au CHR échantillonnées sont inférieures à **700 g/L**, la majorité sont inférieures à **600 g/L**.

Un nombre de **7 à 9 utilisations** correspond à un taux de réemploi atteignable pour cette typologie logistique.

Les résultats associés aux scénarios 8 et 9 montrent un **avantage relatif des barquettes de restauration réemployables en verre** (notamment légères, de masse inférieure à 600 g/L environ) par rapport aux barquettes à usage unique en polypropylène pour des **nombres d'utilisations suffisamment élevés,** pour la plupart des catégories d'impact étudiées.

Par exemple, dans le cadre d'un lavage par le restaurateur et à l'égard des catégories de *changement climatique* et *d'épuisement des ressources fossiles*, l'option réemployable est généralement plus avantageuse **dès la 9ème utilisation pour des barquettes en verre**. Cet avantage est observable pour toutes les masses de barquettes à usage unique considérées, mais est d'autant plus marqué en substitution à des barquettes en PP plus lourdes, abaissant le point de changement de conclusion du nombre d'utilisations de la barquette réemployable vers 5 utilisations.

Dans le cas d'un lavage en centre de lavage dédié et pour ces mêmes catégories d'impact, **les barquettes en verre de moins de 900 g/L sont généralement plus avantageuses dès leur 7ème utilisation**. Dans la lignée des masses échantillonnées pour les barquettes destinées à un réemploi par les CHR, il semble donc essentiel de poursuivre et encourager le développement et l'utilisation de barquettes en verre légères, ne dépassant pas ce seuil de 900 g/L

Pour le passage à l'échelle du réemploi, l'utilisation d'emballages réemployables en verre les plus optimisés en poids est essentiel. Des références de moins de 600g/L sont disponibles sur le marché.

De plus il est essentiel que les modèles de standard développés par les éco-organismes de la REP des emballages ménagers, conformément au cahier des charges d'agrément, tiennent compte de ce critère de masse inférieure à 600 g/L.

De manière commune aux scénarios 8 et 9, l'analyse des catégories d'impact de *formation d'ozone photochimique*, *d'acidification* et *d'émission de particules* **ne permet pas d'aboutir à des conclusions tranchées vis-à-vis du réemploi ou de l'option à usage unique**, chacune de ces solutions pouvant se révéler plus avantageuse que l'autre dans des situations spécifiques (notamment extrêmes). Elles ne vont cependant pas à l'encontre des conclusions exprimées pour le *changement climatique* et *l'épuisement des ressources fossiles*, qui sont **en faveur de l'option réemployable** à condition d'une **masse de verre optimisée et d'un nombre d'utilisations suffisamment élevé**.

En outre, une comparaison entre les résultats des scénarios 8 et 9 permet d'appréhender les impacts liés à une logistique de lavage externalisée par les restaurateurs. En ce sens, il est observé que le recours à un lavage en centre dédié implique des **impacts supplémentaires de par le transport occasionné, mais l'option réemployable reste généralement plus avantageuse** pour la plupart des catégories d'impact étudiées passées les valeurs seuil de nombre d'utilisations et de masse d'emballage précitées.

- *Distances moyennes de transport*

L'influence de la distance moyenne vers les centres de lavage (pour autant qu'elle soit comprise dans la gamme de valeurs modélisée, à savoir jusqu'à 200 km) n'a pas été identifiée comme significative sur les comparaisons entre l'option réemployable et l'option à usage unique. Les résultats de l'étude suggèrent néanmoins **qu'une logistique de lavage en centre dédiée devrait être couplée à l'utilisation d'emballages réemployables dont la masse est optimisée** (inférieure à 600 g/L dans l'idéal) et à un taux de réemploi favorisé en vue d'éviter les éventuels déplacements d'impacts. Ces considérations découlent en outre de l'empilabilité des barquettes réemployables, qui mènent à des taux de chargement optimisés des camions et pourraient représenter une condition à leur avantage relatif.

- *Masse de la barquette en PP*

La **masse des barquettes à usage unique en polypropylène a une influence significative** sur les comparaisons avec leur alternative réemployable. En pratique, il est probable que ces masses soient directement ou indirectement liées aux types de produits ou de préparations proposés par les restaurateurs. L'échantillonnage associé à l'étude ne permet toutefois pas d'établir de corrélations entre la masse des barquettes considérées (à usage unique ou réemployables) et le type de produits conditionnés, et la prise en compte des impératifs liés à la conservation et aux contraintes thermiques associées à certaines typologies de produits spécifiques devraient être prises en compte dans l'analyse des opportunités liées au réemploi.

Globalement et lorsque cela répond aux exigences techniques mentionnées ci-dessus, le recours à des **barquettes réemployables de masses faibles (idéalement inférieures à 600 g/L)** permet généralement d'assurer un **avantage de l'option réemployable** pour des nombres d'utilisations correspondant à des cibles réalistes et atteignables (environ à partir de la 6ème ou 7ème utilisation), à l'égard des catégories d'impact retenues dans cette étude.

Enfin, l'analyse de sensibilité réalisée sur le taux de recyclage des barquettes en PP à usage unique indique que des taux de recyclage de 50% (plutôt que la valeur de 20% fixée en cas illustratif) mènent à une réduction notable des impacts associés au changement climatique pour cette option d'emballage, mais affectent peu les autres catégories d'impact étudiées.

Concernant les emballages en plastique, les aspects relevant des impacts sur la biodiversité et la santé humaine constituent un enjeu majeur à part entière mais ne sont pas pris en compte dans cette étude. Ces impacts liés à la pollution plastique font l'objet de nombreuses études scientifiques (voir préambule).

10.4.7. Pots en verre réemployables *vs* boîtes de conserve en acier à usage unique (scénario 14)

Scénario 14



Denrées alimentaires

Les pots en verre **réemployés plus de 5 fois** sont **généralement plus avantageux** que les **boîtes de conserve de « faible contenance »** (dont la masse d'acier par volume contenu est plus élevée).

Pour des **boîtes de conserve de « grande contenance »**, la **pertinence du réemploi est souvent assurée dès la 13ème utilisation** du pot en verre, indifféremment de sa masse.

Les résultats indiquent que les comparaisons entre boîtes de conserve en acier à usage unique et pots en verre réemployables sont largement conditionnées par **les masses des emballages en acier** à usage unique, puis par **le nombre d'utilisations** de l'option réemployable. Sur base de la gamme de valeurs considérée pour ce paramètre, la masse de l'emballage réemployable en verre influence peu la comparaison, à part pour des masses d'acier plus élevées combinées à des nombres d'utilisations faibles.

Analyse marché

Conserves en acier à usage unique

La contenance de l'emballage primaire à usage unique conditionne très fortement les masses d'acier utilisées. En revanche, dans l'échantillon collecté pour cette étude, le type de denrée alimentaire conditionné ne semble pas influencer les masses des emballages en acier à usage unique.

Ainsi les conserves en acier pesant **plus de 120 g/L** correspondent à des contenances « grands formats » supérieures à 400 mL (conserve de produits de type haricots verts, ratatouille, etc.), celles pesant **moins de 120 g/L** à des contenances « petits formats » inférieures à 400 mL (champignons, pois chiches, sauce tomate, etc.).

Pot en verre réemployable et consigné

Un nombre de **5 utilisations** du pot en verre réemployable est considéré faible, tandis que **10** utilisations est une cible atteignable. A ce jour il est difficile d'estimer si un nombre d'utilisations supérieur à 10 est atteignable, cela n'étant pas un frein technique du matériau mais plutôt une problématique technique et d'infrastructures de lavage, la filière étant à ce jour peu mature.

A l'égard du *changement climatique* et de *l'épuisement des ressources fossiles,* le pot en verre réemployable est souvent plus avantageux lorsqu'il est réemployé :

- **plus de 5 fois** en comparaison à des conserves en acier « petit format » pesant **plus de 120 g/L**. A noter qu'un pot en verre de masse inférieure à 700 g/L est plus avantageux qu'une conserve en acier « petit format », et ce indifféremment du nombre d'utilisations de ce dernier ;
- **plus de 5 fois** et s'il est distribué **régionalement ou localement** en comparaison à des conserves en acier « grand format » de **moins de 120 g/L ; plus de 12 fois** s'il est distribué **nationalement** face à des conserves acier « grand format »

En revanche, les boîtes de conserve en acier « grand format » sont plus souvent avantageuses que les pots en verre réutilisés moins de 5 fois. Elles sont aussi plus souvent avantageuses comparées à des pots en verre réemployés moins de 12 fois et distribués nationalement.

Pour les catégories des *émissions de particules, formation d'ozone photochimique* et de l'*acidification*, les résultats sont encore plus prononcés **en faveur du réemploi**, avec seulement quelques itérations de calcul (correspondant à des nombres d'utilisations très faibles) en faveur de l'option à usage unique.

Il est en outre observé que le pot en verre réemployable est **généralement plus avantageuse** que la boîte de conserve en acier à usage unique, et ce **pour toutes les situations modélisées** (aucune itération n'est en faveur de l'usage unique) au regard de *l'épuisement des ressources minérales et métalliques*. La prise en compte de cet indicateur favorise donc la prise de décision dans le sens du réemploi.

10.5. Analyses complémentaires

10.5.1. Analyse des risques de fuites de déchets d'emballages dans l'environnement

Seule une approche qualitative des risques associés aux abandons de déchets est aujourd'hui possible, même si des travaux sont menés par la communauté de l'évaluation environnementale pour, à terme, intégrer cet aspect à la méthode d'analyse du cycle de vie.

De manière générale à tous les scénarios, l'analyse qualitative qui a été menée montre que les emballages avec consigne pour réemploi présentent un risque de fuite dans l'environnement moins élevé que leur homologue à usage unique. Elle établit, par ailleurs, que les effets négatifs sur les écosystèmes (en particulier les écosystèmes marins) induits par ces fuites dans l'environnement sont moins importants dans le cas des emballages consignés pour réemploi, en comparaison de leur homologue à usage unique (à l'exception des scénarios 10, 11 et 14, pour lesquels l'analyse ne permet pas de départager les deux options). En conclusion, l'analyse qualitative réalisée montre une **tendance globale en faveur des emballages réemployables.**

10.5.2. Flux d'eau prélevée

En raison d'un certain nombre de limites méthodologiques (notamment la non prise en compte des prélèvements restitués aux eau superficielles et la complexité de caractériser des impacts régionalisés dans le cadre de la méthode AWARE), une évaluation de la problématique d'utilisation d'eau n'a pu être réalisée sur l'ensemble du cycle de vie. Toutefois une analyse des flux d'eau prélevés lors de la **production** et du **lavage de bouteilles en verre** a été réalisée (exclusivement sur ces deux étapes). Cette analyse permet de mettre en perspective les **flux d'eau prélevés**[a] à l'étape du lavage d'une bouteille en verre réemployable par rapport à la production d'une bouteille en verre à usage unique en verre.

Les résultats de cette analyse indiquent que **les flux d'eau prélevés (directs et indirects) dans le cadre de la production d'une bouteille en verre à usage unique sont significativement plus élevés que ceux associés à un cycle de lavage** d'une bouteille en verre réemployable, pour toutes les situations modélisées.

Ces résultats suggèrent d'ailleurs qu'il est très pertinent pour réduire les prélèvements d'eau d'**optimiser en particulier la consommation en électricité** (qui implique une consommation d'eau indirecte pour le refroidissement des infrastructures nucléaires) mais aussi la consommation d'eau directe pour le lavage. Cette optimisation des consommations de lavage représente par ailleurs un réel levier d'écoconception sur le territoire français (dans le cadre de la mise en place de nouvelles infrastructures de lavage notamment), tandis que les flux d'eau associés à la production des emballages

[a] L'eau prélevée correspond à l'eau mobilisée lors des processus qui est restituée dans les eaux superficielles et à l'eau consommée lors du processus (évaporation, pertes...).

découlent principalement de données d'arrière-plan, associées à la matière première exploitée (sur lesquelles les industriels ont donc peu de levier d'action).

Concernant le lavage des barquettes, les jeux de données collectés auprès des industriels indiquent que **l'utilisation d'eau est a priori plus importante dans le cadre d'un lavage par le restaurateur** (en termes de prélèvement d'eau directe pour le lavage et de consommations en électricité). L'utilisation d'eau dans le cadre d'un lavage par le restaurateur présenterait des **marges d'optimisation plus limitées** que dans le contexte d'un lavage en centre dédié

10.6. Pistes d'écoconception

Indépendamment des comparaisons effectuées au sein des scénarios, un certain nombre de conclusions peuvent enrichir d'éventuelles réflexions quant à l'écoconception des solutions d'emballages (réemployables et/ou à usage unique) incluses dans cette étude.

10.6.1. Conception des emballages

10.6.1.1. Masses d'emballages

Une **réduction des masses d'emballages** (sans changement de matériau) mène systématiquement à une **réduction des impacts** des différentes solutions à l'égard de toutes les catégories d'impact considérées, dans le cadre de la modélisation associée à la présente étude. Au regard de l'unité fonctionnelle étudiée, cette réduction d'impacts est d'autant plus marquée lorsqu'un allégement **de l'emballage primaire** est considéré. Cependant, une réduction des masses **des emballages additionnels** (de transport mais aussi et surtout de regroupement) mène également à une réduction des impacts mesurés.

L'influence de cette réduction de masse est particulièrement notable pour les solutions d'emballage à usage unique, dont les impacts de la phase de production n'est pas amortie par le biais du réemploi. Une masse réduite bénéficie cependant également aux options réemployables, d'une part dans l'éventualité où une valeur seuil du nombre d'utilisations ne serait pas atteinte, d'autre part en vue de limiter les impacts du transport (influencés par la masse transportée par unité fonctionnelle), qui sont répétés à chaque cycle de réemploi pour la plupart des solutions réemployables modélisées.

A ce titre, il est donc recommandé de réduire la masse des emballages autant que les contraintes technico-économiques liées à la distribution et spécifiques aux produits le permettent, en vue d'en réduire les impacts de manière significative

10.6.1.2. Décarbonation des systèmes de production

Pour toutes les solutions d'emballage considérées, les efforts en cours de **décarbonation des processus de production des emballages** devraient être poursuivis, et permettront une réduction significative des impacts associés à la production des emballages primaires, et à leur cycle de vie dans son entièreté. Ces efforts sont très pertinents pour la production d'emballages à usage unique et des emballages réemployables. Les secteurs du verre, de l'acier, de l'aluminium et du plastique sont d'ores et déjà engagés dans ses démarches de décarbonation et leurs trajectoires de décarbonation sont étudiés de manière détaillées dans les Plans de Transition Sectoriels de l'industrie réalisés par l'ADEME (dans le cadre du Projet LIFE Finance ClimAct).

10.6.1.3. Ratios volumiques

Les ratios volumiques[a] modélisés pour les différentes solutions d'emballage n'apparaissent pas comme étant des paramètres dont la variabilité influence les comparaisons réalisées au sein des scénarios

[a] *volumes occupés par les emballages/volumes de produits transportés*

étudiés. Cependant, ils **conditionnent l'optimisation des étapes de transport** : en particulier un emballage de regroupement avec un ratio volumique faible ou optimisé permet le chargement d'un plus grand nombre d'unités fonctionnelles par camion, et donc de répartir les impacts du transport sur un plus grand nombre de produits et emballages.

Une comparaison des impacts associés à deux typologies d'emballages de regroupement (ou de transport) pourrait révéler une influence significative de leur ratio volumique. En plus des considérations techniques liées aux masses transportées, la prise en considération de ce paramètre dans le choix des emballages de regroupement utilisés pour la distribution d'un produit est donc préconisée, dans l'optique de privilégier des **solutions qui réduisent le volume non-occupé par le produit** transporté dans les camions.

Concernant le cas spécifique des barquettes de restauration, il a en outre été observé que **l'encastrabilité/imbricabilité** de ces emballages est un paramètre majeur (voire une condition indispensable) permettant une réduction des impacts dans le cadre d'un passage au réemploi. Une situation logistique excluant l'empilement des barquettes réemployables aboutirait probablement à des résultats globalement favorables à l'option à usage unique (au sein des gammes de valeurs modélisées), du fait d'un transport beaucoup moins optimisé pour la solution réemployable.

10.6.1.4. Incorporation de matière recyclée

L'incorporation de matière recyclée représentent une **piste de réduction d'impacts non négligeable** pour certaines typologies d'emballages, notamment pour les bouteilles en PET et les canettes en aluminium à usage unique. Une grande diversité de situations est observée à l'égard du taux d'incorporation de matière recyclée en situations industrielles pour ces emballages, et ce paramètre a été identifié comme pouvant influencer significativement leurs impacts. Une meilleure incorporation de matière recyclée dans les emballages en verre permet par ailleurs de réduire les impacts de production notamment lorsque les nombres d'utilisation des emballages réemployables sont faibles.

10.6.1.5. Systèmes de fermeture

Au sein des scénarios concernant les pots et barquettes, une influence notable de la masse des systèmes de fermeture (ramenée à l'unité fonctionnelle) a été notée à l'égard de plusieurs catégories d'impact. En ce sens, il est donc recommandé :

- De **favoriser les systèmes de fermeture réemployables**, notamment lorsque ceux-ci en acier (pots) ou en PEhd (barquettes). Il est estimé que la modélisation de systèmes de fermeture réemployables pour les barquettes en verre **influence de manière conséquente les résultats observés**. L'impact initial de leur production (amorti au fur et à mesure de leur réemploi) est notable dans le cas spécifique des barquettes du fait de la surface d'ouverture relativement étendue de l'emballage primaire et des dimensions (et donc de la masse) requises pour son système de fermeture.
- A défaut de réemploi et lorsque les restrictions associées au conditionnement le permettent, de privilégier des systèmes de fermeture dont la production suppose des impacts moindres, via des **masses plus légères et/ou un choix adapté de matériaux**

10.6.1.6. Choix des emballages de regroupement

Dans le volet B de cette étude, plusieurs typologies d'emballages de regroupement principales ont été modélisées et étudiées pour la distribution des emballages primaires, notamment :

- Des emballages à usage unique en carton (comprenant des cartonnettes, petits cartons de regroupement, et caisses en carton),
- Des emballages à usage unique en plastique (films PEbd),
- Des caisses en PEhd réemployables et consignées.

Le paramètre influençant le plus les contributions de l'emballage en carton aux catégories d'impact (et particulièrement à l'eutrophisation d'eaux douces) est sa **masse par litre de produit transporté**, du fait de la mobilisation de ressources que sa production implique.

Les paramètres influençant le plus les contributions liées à la caisse réemployable en PEhd dans les scénarios concernés sont son nombre d'utilisations, son ratio volumique (qui influence le taux de chargement des camions pour les différentes étapes de transport), et sa distance d'approvisionnement initiale depuis son site de production (du fait d'un transport de vide important). Aussi **une réduction de la masse de cet emballage** permet d'en atténuer significativement les impacts.

La production d'une caisse en PEhd contribue plus aux catégories d'impact analogues au changement climatique, notamment l'épuisement des ressources fossiles. Cette contribution est cependant amortie au fil des utilisations de la caisse. **L'utilisation d'une caisse en PEhd réemployée un grand nombre de fois mènerait à de meilleures performances de l'option réemployable à l'égard des différentes catégories d'impact étudiées, en permettant un meilleur taux de retour de l'emballage primaire**.

10.6.2. Logistique et transport

10.6.2.1. Distances de transport

Les points de basculement identifiés découlent à plusieurs occasions des distances de distribution considérées (notamment la distance moyenne de trajet amont, identifiée comme étant un paramètre influent dans la plupart des scénarios). A ce titre, une réflexion amenée autour de la logistique de distribution qui viserait à **amoindrir les distances de transport parcourues par les emballages après conditionnement** permettrait d'en atténuer les impacts, notamment à l'égard des catégories d'impact influencées par les processus de combustion (dont le *changement climatique*). La proportion des impacts évités par unité fonctionnelle est d'autant plus notable dans le cas du réemploi, les impacts associés à la logistique représentant une portion notable des impacts pour des nombres d'utilisations élevés.

La réduction de ces distances peut par exemple passer par la **standardisation des emballages primaires**, qui permettrait :

- D'amoindrir les distances de transport en permettant un réemploi professionnel des emballages à une échelle régionale
- D'optimiser les taux de réemploi en fluidifiant la récupération des emballages et en limitant les effets de stocks stagnants
- D'optimiser les taux de chargement de camions en évitant les transports dédiés (potentiellement sous-optimisés) liés à un format d'emballage primaire spécifique.

La proximité des centres de lavage permet en outre de réduire les impacts logistiques répétés à chaque cycle de réemploi, notamment pour les emballages remplis à l'échelle du point de vente (barquettes de restauration ou bouteilles reremplies en magasin par les particuliers).

Un certain nombre de variables logistiques influençant les performances du réemploi ne représentent cependant pas toujours des leviers d'action facilement activables pour des acteurs industriels. Notamment, les gabarits de camions utilisés et les taux de chargement appliqués, les distances de distribution du produit, le recours ou non à une étape de massification en centre de distribution et les types de routes employés sont majoritairement cadrés par des contraintes économiques ou physiques.

10.6.2.2. Circuits logistiques

Pour les solutions d'emballage dont les étapes logistiques contribuent le plus aux impacts (donc principalement les options réemployables en verre), les analyses de sensibilité ont révélé une influence légère mais notable de paramètres caractérisant les trajets logistiques réalisés, tels que le **taux de trajet à vide** ou le **taux de transport en milieu urbain**. A large échelle et dans le cadre de la mise en

place d'initiatives de réemploi, l'**optimisation des circuits logistiques effectués dans le cadre de la distribution et du retour des emballages réemployables** permettrait donc d'atténuer les impacts associés au transport. Cette optimisation passe notamment par une exploitation poussée des trajets retour (ou de tournées de distribution) pour acheminer les emballages vides vers leur site de remplissage, et par l'exploitation privilégiée des voies rapides dans le cadre des déplacements effectués (les transports en zone urbaine conduisant à des impacts supplémentaires associés à la vitesse de roulage, aux fréquences de freinage et aux densités de population).

10.6.3. Lavage

Limiter la consommation électrique associée au chauffage de l'eau lors du lavage permet d'aboutir à une réduction significative des quantités d'eau prélevées. La mobilisation d'équipements présentant des consommations d'électricité faibles ou qui permettent une meilleure exploitation de la chaleur générée (par réutilisation de l'eau chauffée ou rétention de la chaleur générée) influencera significativement les performances du réemploi à l'égard des flux d'eau. Sur base des analyses de sensibilité réalisées et à l'égard de la majorité des catégories d'impact étudiées, le **recours à de l'électricité plutôt qu'à du gaz naturel** pour le chauffage de l'eau de lavage permet cependant une réduction d'impacts notable de chaque cycle de réemploi.

Le **maintien des efforts sectoriels visant à minimiser les quantités d'eau mobilisées lors du lavage** (utilisation directe d'eau pour le lavage d'emballage) est aussi pertinent.

D'autre part, la **consommation mais surtout la composition du détergent** considéré lors du lavage (pour le rinçage ou pour le lavage lui-même) pourrait jouer un rôle notable sur les contributions à certaines catégories d'impacts. Les conclusions quant aux contributions de l'usage de détergent sont cependant associées à certaines incertitudes, d'une part quant à la robustesse et à la représentativité industrielle des inventaires de cycle de vie utilisés pour la modélisation du détergent, d'autre part parce qu'une comparaison formelle avec des détergents n'impliquant pas de tensio-actifs d'origine non-végétale n'a pas été réalisée.

Les facteurs caractérisant l'efficience (capacité de lavage, nombre de cycles annuels...) et la durée de vie des infrastructures de lavage n'ont pas été repris comme étant des paramètres influents dans les résultats présentés. Ils constituent cependant potentiellement un point d'attention quant aux impacts générés. De fait, leur production (coûteuse en impact, du fait des quantités de métaux impliquées) est amortie par le nombre d'emballages lavés le long de leur cycle de vie. Il convient donc d'**être attentif quant au choix et à l'entretien des équipements de lavage utilisés**.

11. Annexes

11.1. Annexe 1 : Modélisation de la valorisation énergétique de l'incinération et récupération de méthane en centre de stockage

Valorisation énergétique de l'incinération

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) du déchet est valorisé sous forme de chaleur. Cette chaleur peut être convertie en énergie thermique et/ou électrique.

La production d'énergie lors du processus d'incinération pour chaque déchet est calculée de la manière suivante :

Énergie thermique valorisée = PCI * ηthermique * taux de débouché chaleur

avec ηthermique = rendement brut de récupération thermique à l'incinération

et taux de débouché chaleur = chaleur vendue trouvant un consommateur final

Énergie électrique valorisée = PCI * ηélectrique * taux de débouché électrique

avec ηélectrique = rendement brut de récupération électrique à l'incinération

et taux de débouché électrique = électricité consommée par l'incinérateur ou effectivement vendue sur le réseau

Les PCI par matériaux sont présentés dans le tableau suivant

Matériau	PCI (MJ/kg) sur masse sèche*
PEhd, PEbd	42.5
PET	22.8
PP	32.8
PS	38.7
Papier / carton (7% d'humidité)	16.5
Bois (7% d'humidité)	15.8

Tableau 93 : Valeurs de pouvoir calorifique intérieur spécifiques aux matériaux considérés [68]

L'énergie produite par valorisation énergétique se substitue :

- Au mix électrique production de la zone géographique étudiée dans le cas de l'électricité ;
    - Déchets origine France : market for electricity, high voltage, FR, EI v3.9.1
- Au mix moyen de chaleur industrielle de la zone géographique étudiée dans le cas d'une production de chaleur. Ce mix moyen est basé sur le bouquet énergétique des réseaux de chaleur français hors UVE, tel que repris dans le cadre méthodologique de l'ADEME[10].

Source de chaleur	Proportion	Inventaire
Gaz naturel et chaleur industrielle	50.5%	heat production, natural gas, at boiler condensing modulating >100kW – Europe w/o CH (EI3.9.1)
Fioul	2%	heat production, light fuel oil, at boiler 100kW, non-modulating – Europe w/o CH (EI3.9.1)
Charbon	4.7%	heat production, at hard coal industrial furnace 1-10MW – Europe w/o CH (EI3.9.1)
Géothermie directe	7.7%	heat production, borehole heat exchanger, brine-water heat pump 10kW – Europe w/o CH (EI3.9.1)
Cogénération et biogaz	1.9%	heat and power co-generation, biogas, gas engine – FR (EI3.9.1)
Biométhane	0.5%	heat production, biomethane, at boiler condensing modulating <100kW – Europe w/o CH (EI3.9.1)
Pompe à chaleur (parts verte et électrique)	1.6%	heat production, air-water heat pump 10kW – Europe w/o CH (EI3.9.1)
Biomasse et autres énergies vertes	31.2%	heat production, wood pellet, at furnace 300kW, state-of-the-art 2014 – Europe w/o CH (EI3.9.1)

Tableau 94 : Mix chaleur [10]

A noter, les postes les moins contributeurs du bouquet (< 1.5%) ont été agrégés par ailleurs, soit tel qu'explicité dans le Tableau 94, soit avec le fioul.

Les facteurs de valorisation énergétique en électricité et en chaleur produites sont les suivants[10] :

- Electricité produite (MJ) par MJ PCI entrant sous forme de déchets (xer heat) = **0.110**
- Chaleur produite (MJ) par MJ PCI entrant sous forme de déchets (xer electricity) = **0.268**

Dégradation du carbone organique et émissions de méthane biogénique en centre de stockage

Les formules appliquées pour déterminer la quantité de méthane biogénique (CH4b) et dioxyde de carbone biogénique (CO2b) émis en raison de la dégradation anaérobie du déchet (à 100 ans) sont les suivantes :

- CH4b émis = DOC * DOCf * (1-BC) * 16/12 * (1-Ox) * F
- CO2b émis = (1-F) *(DOC * DOCf * 44/12 * BC + DOC * DOCf * (1-BC) * 44/12 * Ox)

Avec :

DOC : Carbone organique dégradable contenu dans le déchet

DOCf : fraction de carbone organique dégradable se décomposant

BC : Part de biogaz capté (0.7 : hypothèse)

Ox : Facteur d'oxydation du méthane (0.1 : valeur recommandée par défaut dans les Lignes Directrices 2006 du GIEC pour les décharges anaérobies)

F = Fraction de CH4 dans le biogaz capté (0.5 : valeur recommandée par défaut dans les Lignes Directrices 2006 du GIEC)

Matériau	DOC (kg C/kg matériau sec)	DOCf (%)
Carton Kraftliner	0.426	40%
Source	19	

Tableau 95 : valeurs de DOC et DOCf retenues pour l'étude

Publication	Taux de dégradation (%) du carbone organique dégradable	
	Min	Max
[1]	16%	32%
[2]	50 %	
Valeur retenue pour l'étude	30 %	

Tableau 96 : sources de données pour déterminer la valeur de DOCf du papier/carton

[1] : Calculation Tool for waste disposal, For ecoinvent LCI database v3

[2] : Valeur recommandée par défaut dans les Lignes Directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux

Récupération et valorisation énergétique du méthane des centres de stockage

Il est considéré un taux de captation de 70% du méthane produit par le centre de stockage (paramètre « BC » cité précédemment).

Sur ces 70%, il est considéré que 75% est valorisé énergétiquement (hypothèse).

Un rendement technique de 25% est appliqué pour la transformation en électricité.

Remarque : même si, en pratique, le biogaz peut être valorisé vers d'autres débouchés, il a été considéré que le principal débouché est la production d'électricité : substitution au mix national.

11.2. Annexe 2 : Résultats pour les 16 catégories d'impacts

11.2.1. Résultats pour le volet B1

Scénario	Changement climatique (CC)	Épuisement de la couche d'ozone (OD)	Toxicité cancérogène (Tox_c)	Toxicité non cancérogène (Tox_nc)	Effet respiratoire – émissions de particules (PM)	Radiations ionisantes (IR)	Formation d'ozone photochimique (POF)	Acidification (Ac)
Unité / UF	*kg CO_2-eq.*	*kg CFC11-eq.*	*Comparative Toxic Unit for human (CTUh)*	*Comparative Toxic Unit for human (CTUh)*	*disease incidence*	*kBq Uranium-235-eq.*	*kg NMVOC-eq.*	*Moles H+ -eq.*
Sc6. **Usage unique**	1.02E-01	1.76E-07	1.61E-10	9.18E-10	4.62E-09	2.00E-02	3.99E-04	4.08E-04
Sc6. **Réemployable (5 utilisations)**	1.99E-01	2.56E-09	1.14E-10	2.07E-09	1.23E-08	4.15E-02	7.77E-04	1.02E-03
Sc6. **Réemployable (20 utilisations)**	1.17E-01	2.25E-09	9.64E-11	1.44E-09	8.89E-09	3.43E-02	5.27E-04	6.05E-04
Sc7. **Usage unique**	3.04^{E}-01	4.49^{E}-08	8.64^{E}-11	1.06^{E}-09	1.04^{E}-08	6.19^{E}-03	7.64^{E}-04	9.08^{E}-04
Sc7. **Réemployable (5 utilisations)**	3.07^{E}-01	4.83^{E}-09	9.80^{E}-10	2.97^{E}-09	1.58^{E}-08	5.86^{E}-02	1.17^{E}-03	1.31^{E}-03
Sc7. **Réemployable (20 utilisations)**	2.18^{E}-01	4.50^{E}-09	9.61^{E}-10	2.29^{E}-09	1.21^{E}-08	5.08^{E}-02	9.11^{E}-04	8.68^{E}-04
Sc8. **Usage unique**	1.86^{E}-01	1.17^{E}-09	5.08^{E}-11	8.14^{E}-10	4.87^{E}-09	2.24^{E}-02	4.59^{E}-04	4.42^{E}-04
Sc8. **Réemployable (5 utilisations)**	1.68^{E}-01	1.34^{E}-09	6.62^{E}-11	1.98^{E}-09	6.50^{E}-09	4.82^{E}-02	4.62^{E}-04	7.46^{E}-04
Sc8. **Réemployable (20 utilisations)**	6.72^{E}-02	1.06^{E}-09	4.66^{E}-11	1.34^{E}-09	3.21^{E}-09	4.42^{E}-02	2.11^{E}-04	3.32^{E}-04

Scénario	Changement climatique (CC)	Épuisement de la couche d'ozone (OD)	Toxicité cancérogène (Tox_c)	Toxicité non cancérogène (Tox_nc)	Effet respiratoire – émissions de particules (PM)	Radiations ionisantes (IR)	Formation d'ozone photochimique (POF)	Acidification (Ac)
Unité / UF	*kg CO_2-eq.*	*kg CFC11-eq.*	*Comparative Toxic Unit for human (CTUh)*	*Comparative Toxic Unit for human (CTUh)*	*disease incidence*	*kBq Uranium-235-eq.*	*kg NMVOC-eq.*	*Moles H+ -eq.*
Sc9. **Usage unique**	1.86^{E}-01	1.17^{E}-09	5.08^{E}-11	8.14^{E}-10	4.87^{E}-09	2.24^{E}-02	4.59^{E}-04	4.42^{E}-04
Sc9. **Réemployable (5 utilisations)**	2.07^{E}-01	1.92^{E}-09	7.95^{E}-11	1.95^{E}-09	7.48^{E}-09	4.80^{E}-02	5.73^{E}-04	8.31^{E}-04
Sc9. **Réemployable (20 utilisations)**	1.06^{E}-01	1.63^{E}-09	5.97^{E}-11	1.30^{E}-09	4.17^{E}-09	4.39^{E}-02	3.21^{E}-04	4.16^{E}-04
Sc10. **Usage unique**	2.53^{E}-01	5.42^{E}-09	3.84^{E}-10	6.05^{E}-09	1.62^{E}-08	2.33^{E}-02	1.02^{E}-03	1.64^{E}-03
Sc10. **Réemployable (5 utilisations)**	2.51^{E}-01	3.67^{E}-09	1.33^{E}-10	2.49^{E}-09	1.42^{E}-08	4.35^{E}-02	1.08^{E}-03	1.28^{E}-03
Sc10. **Réemployable (20 utilisations)**	1.64^{E}-01	3.25^{E}-09	1.13^{E}-10	1.70^{E}-09	1.04^{E}-08	3.51^{E}-02	7.34^{E}-04	7.54^{E}-04

Tableau 97 : Volet B1 - Résultats totaux pour chaque option des différents scénarios (sur base des valeurs de cas illustratifs) pour les 16 catégories d'impacts EF 3.1 (1/2)

Scénario	Eutrophisation terrestre (Eu_T)	Eutrophisation des eaux douces (Eu_F)	Eutrophisation marine (Eu_M)	Ecotoxicité	Utilisation des terres (LU)	Épuisement de la ressource en eau (WU)	Épuisement des ressources minérales (Res_m)	Utilisation des ressources fossiles (Res_f)
Unité / UF	***Moles N-eq.***	***kg P-eq***	***kg N-eq.***	***Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe))***	***/***	***Volume m3-world eq***	***kg Sb-eq.***	***MJ.***
Sc6. **Usage unique**	8.93E-04	3.78E-05	9.54E-05	4.19E-01	3.44E+00	8.02E-02	5.80E-07	2.15E+00
Sc6. **Réemployable (5 utilisations)**	2.62E-03	7.59E-05	2.82E-04	2.05E+00	1.19E+01	4.12E-02	1.07E-06	3.18E+00
Sc6. **Réemployable (20 utilisations)**	1.63E-03	7.22E-05	1.95E-04	1.09E+00	1.14E+01	3.92E-02	9.69E-07	1.99E+00
Sc7. **Usage unique**	1.97E-03	4.86E-05	2.13E-04	5.23E-01	7.08E+00	1.15E-01	4.08E-07	4.18E+00
Sc7. **Réemployable (5 utilisations)**	3.30E-03	7.95E-05	3.33E-04	2.88E+00	6.52E+00	7.81E-02	1.18E-06	4.89E+00
Sc7. **Réemployable (20 utilisations)**	2.26E-03	7.58E-05	2.43E-04	1.76E+00	6.04E+00	7.60E-02	1.07E-06	3.59E+00
Sc8. **Usage unique**	1.06E-03	3.14E-05	1.11E-04	3.23E-01	3.55E+00	4.99E-02	5.10E-07	3.70E+00
Sc8. **Réemployable (5 utilisations)**	1.69E-03	2.67E-05	1.91E-04	1.93E+00	2.58E+00	2.50E-02	9.86E-07	2.87E+00
Sc8. **Réemployable (20 utilisations)**	7.18E-04	2.20E-05	1.05E-04	9.13E-01	2.16E+00	2.12E-02	8.71E-07	1.63E+00

Scénario	Eutrophisation terrestre (Eu_T)	Eutrophisation des eaux douces (Eu_F)	Eutrophisation marine (Eu_M)	Ecotoxicité	Utilisation des terres (LU)	Épuisement de la ressource en eau (WU)	Épuisement des ressources minérales (Res_m)	Utilisation des ressources fossiles (Res_f)
Unité / UF	*Moles N-eq.*	*kg P-eq*	*kg N-eq.*	*Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe))*	/	*Volume m3-world eq*	*kg Sb-eq.*	*MJ.*
Sc9. **Usage unique**	1.06^{E}-03	3.14^{E}-05	1.11^{E}-04	3.23^{E}-01	3.55^{E}+00	4.99^{E}-02	5.10^{E}-07	3.70^{E}+00
Sc9. **Réemployable (5 utilisations)**	1.95^{E}-03	3.36^{E}-05	2.09^{E}-04	2.03^{E}+00	3.32^{E}+00	3.19^{E}-02	9.25^{E}-07	3.36^{E}+00
Sc9. **Réemployable (20 utilisations)**	9.71^{E}-04	2.89^{E}-05	1.22^{E}-04	1.01^{E}+00	2.89^{E}+00	2.80^{E}-02	8.08^{E}-07	2.11^{E}+00
Sc10. **Usage unique**	2.82^{E}-03	1.49^{E}-04	2.89^{E}-04	1.31^{E}+00	8.46^{E}+00	1.85^{E}-01	1.31499^{E}-06	3.15^{E}+00
Sc10. **Réemployable (5 utilisations)**	3.41^{E}-03	7.79^{E}-05	3.46^{E}-04	1.78^{E}+00	1.24^{E}+01	4.54^{E}-02	9.71^{E}-07	4.04^{E}+00
Sc10. **Réemployable (20 utilisations)**	2.08^{E}-03	7.37^{E}-05	2.25^{E}-04	1.20^{E}+00	1.18^{E}+01	4.31^{E}-02	8.62^{E}-07	2.69^{E}+00

Tableau 98 : Volet B1 - Résultats totaux pour chaque option des différents scénarios (sur base des valeurs de cas illustratifs) pour les 16 catégories d'impacts EF 3.1 (2/2)

11.2.2. Résultats pour le volet B2

Scénario	Changement climatique (CC)	Épuisement de la couche d'ozone (OD)	Toxicité cancérogène (Tox_c)	Toxicité non cancérogène (Tox_nc)	Effet respiratoire – émissions de particules (PM)	Radiations ionisantes (IR)	Formation d'ozone photochimique (POF)	Acidification (Ac)
Unité / UF	*kg CO_2-eq.*	*kg CFC11-eq.*	*Comparative Toxic Unit for human (CTUh)*	*Comparative Toxic Unit for human (CTUh)*	*disease incidence*	*kBq Uranium-235-eq.*	*kg NMVOC-eq.*	*Moles H+ -eq.*
Sc11. **Usage unique**	9.67E-02	1.71E-07	1.55E-10	8.78E-10	2.78E-09	1.89E-02	3.79E-04	3.90E-04
Sc11. **Réemployable (5 utilisations)**	1.39E-01	1.44E-07	1.58E-10	1.29E-09	4.47E-09	3.88E-02	4.72E-04	4.96E-04
Sc11. **Réemployable (20 utilisations)**	8.76E-02	4.72E-08	7.41E-11	8.29E-10	2.75E-09	2.27E-02	2.91E-04	2.98E-04
Sc12. **Usage unique**	1.02E-01	1.79E-07	1.62E-10	9.14E-10	2.77E-09	1.92E-02	3.92E-04	4.03E-04
Sc12. **Réemployable (5 utilisations)**	2.02E-01	1.73E-08	2.23E-10	2.01E-09	8.72E-09	3.23E-02	7.35E-04	9.25E-04
Sc12. **Réemployable (20 utilisations)**	1.24E-01	1.70E-08	2.05E-10	1.40E-09	5.44E-09	2.55E-02	4.93E-04	5.32E-04
Sc13. **Usage unique**	1.22E-01	2.28E-07	2.02E-10	1.10E-09	2.91E-09	2.38E-02	4.63E-04	4.78E-04
Sc13. **Réemployable (5 utilisations)**	1.98E-01	2.79E-09	1.86E-10	1.78E-09	8.93E-09	2.27E-02	7.22E-04	8.91E-04
Sc13. **Réemployable (20 utilisations)**	1.18E-01	2.45E-09	1.68E-10	1.15E-09	5.56E-09	1.58E-02	4.74E-04	4.86E-04
Sc14. **Usage unique**	3.47E-01	1.83E-08	2.78E-09	5.12E-09	2.59E-08	8.85E-02	2.08E-03	2.17E-03
Sc14. **Réemployable (5 utilisations)**	2.46E-01	6.86E-09	1.23E-09	3.23E-09	1.29E-08	6.97E-02	1.02E-03	1.27E-03
Sc14. **Réemployable (20 utilisations)**	1.71E-01	6.58E-09	1.22E-09	2.66E-09	9.70E-09	6.32E-02	7.99E-04	9.00E-04

Tableau 99 : Volet B2 - Résultats totaux pour chaque option des différents scénarios (sur base des valeurs de cas illustratifs) pour les 16 catégories d'impacts EF 3.1 (1/2)

Scénario	Eutrophisation terrestre (Eu_T)	Eutrophisation des eaux douces (Eu_F)	Eutrophisation marine (Eu_M)	Ecotoxicité	Utilisation des terres (LU)	Épuisement de la ressource en eau (WU)	Épuisement des ressources minérales (Res_m)	Utilisation des ressources fossiles (Res_f)
Unité / UF	***Moles N-eq.***	***kg P-eq***	***kg N-eq.***	***Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe))***	***/***	***Volume m3-world eq***	***kg Sb-eq.***	***MJ.***
Sc11**. Usage unique**	8.55E-04	3.66E-05	9.13E-05	4.00E-01	3.40E+00	7.52E-02	5.57E-07	2.02E+00
Sc11. **Réemployable (5 utilisations)**	1.04E-03	3.95E-05	1.23E-04	8.21E-01	1.83E+00	1.17E-01	7.70E-07	2.92E+00
Sc11. **Réemployable (20 utilisations)**	6.60E-04	2.24E-05	8.29E-05	6.14E-01	1.08E+00	5.31E-02	4.73E-07	1.75E+00
Sc12. **Usage unique**	8.80E-04	3.76E-05	9.29E-05	4.14E-01	3.41E+00	7.85E-02	5.80E-07	2.09E+00
Sc12**. Réemployable (5 utilisations)**	2.31E-03	3.29E-05	2.32E-04	2.25E+00	2.52E+00	4.24E-02	3.28E-06	3.40E+00
Sc12**. Réemployable (20 utilisations)**	1.37E-03	2.92E-05	1.50E-04	1.33E+00	2.02E+00	4.03E-02	3.18E-06	2.25E+00
Sc13. **Usage unique**	1.02E-03	4.29E-05	1.08E-04	4.96E-01	3.54E+00	9.69E-02	7.14E-07	2.54E+00
Sc13. **Réemployable (5 utilisations)**	2.29E-03	3.39E-05	2.25E-04	2.02E+00	3.52E+00	2.51E-02	3.13E-06	3.04E+00
Sc13. **Réemployable (20 utilisations)**	1.32E-03	3.02E-05	1.40E-04	1.08E+00	3.03E+00	2.30E-02	3.02E-06	1.86E+00
Sc14**. Usage unique**	6.67E-03	2.03E-04	5.30E-04	2.67E+00	4.95E+00	9.17E-02	5.94E-05	5.61E+00
Sc14. **Réemployable (5 utilisations)**	3.44E-03	6.20E-05	3.14E-04	2.77E+00	2.41E+00	4.19E-02	1.84E-05	4.49E+00
Sc14. **Réemployable (20 utilisations)**	2.57E-03	5.86E-05	2.39E-04	1.81E+00	1.96E+00	4.00E-02	1.83E-05	3.40E+00

Tableau 100 : Volet B2 - Résultats totaux pour chaque option des différents scénarios (sur base des valeurs de cas illustratifs) pour les 16 catégories d'impacts EF 3.1 (2/2)

11.3. Annexe 3 : Sélection des catégories d'impacts pertinentes

Les facteurs de normalisation et pondération appliqués dans cette étude sont présentés dans le tableau suivant :

Catégorie d'impacts	Abréviation	Unité de la catégorie d'impacts	Facteur de normalisation mondiaux (2010) (unité de la catégorie d'impact / personne)	Facteurs de pondération
Changement climatique	CC	kg CO2-eq.	7.55E+03	21.06%
Épuisement de la couche d'ozone	OD	kg CFC11-eq.	5.23E-02	6.31%
Toxicité cancérogène	Tox_c	Comparative Toxic Unit for human (CTUh)	1.73E-05	2.13%
Toxicité non cancérogène	Tox_nc	Comparative Toxic Unit for human (CTUh)	1.29E-04	1.84%
Effet respiratoire – émissions de particules	PM	Incidence de maladies	5.95E-04	9.00%
Radiations ionisantes	IR	kBq Uranium-235-eq.	4.22E+03	5.01%
Formation d'ozone photochimique	POF	kg NMVOC-eq.	4.09E+01	4.78%
Acidification	Ac	Moles H+ -eq.	5.56E+01	6.20%
Eutrophisation terrestre	Eu_T	Moles N-eq.	1.77E+02	3.71%
Eutrophisation des eaux douces	Eu_F	kg P-eq.	1.61E+00	2.80%
Eutrophisation marine	Eu_M	kg N-eq.	1.95E+01	2.96%
Ecotoxicité	EcoTox	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)	5.67E+04	1.92%
Utilisation des terres	LU	Sans dimension	8.19E+05	7.94%
Épuisement de la ressource en eau	WU	Volume m3-world eq.	1.15E+04	8.51%
Épuisement des ressources minérales	Res_m	kg Sb-eq	6.36E-02	7.55%
Utilisation des ressources fossiles	Res_f	MJ	6.50E+04	8.32%
Source	/	/	*[1]*	*[2]*

Tableau 101 : Facteurs de normalisation et pondération EF3.1

[1] : https ://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.xhtml

[2] : Sala S, Cerutti AK, Pant R. (2018). Development of a weighting approach for Environmental Footprint. European Commission, Joint Research Centre, Publication Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-79-68041-0.

Résultats normalisés et pondérés

En appliquant la normalisation et pondération aux résultats de l'étude, on obtient l'importance relative de chaque catégorie d'impact pour chacun des scénarios

Scénario	CC	OD	Tox_c	Tox_nc	PM	IR	POF	Ac	Eu_T	Eu_F	Eu_M	Eco_t	LU	WU	Res_m	Res_f	Total
Sc**6**. Usage unique	**25%**	2%	2%	1%	**7%**	2%	4%	4%	2%	6%	1%	2%	3%	6%	7%	**26%**	100%
Sc**6**. Réemployable (5 utilisations)	**26%**	0%	1%	1%	**9%**	2%	5%	6%	3%	7%	2%	5%	6%	2%	6%	**20%**	100%
Sc**6**. Réemployable (20 utilisations)	**22%**	0%	1%	1%	**10%**	3%	4%	5%	2%	9%	2%	4%	8%	2%	8%	**18%**	100%
Sc**7**. Usage unique	**38%**	0%	1%	0%	**8%**	0%	4%	5%	2%	4%	2%	1%	3%	4%	2%	**26%**	100%
Sc**7**. Réemployable (5 utilisations)	**28%**	0%	4%	1%	**8%**	2%	5%	5%	2%	5%	2%	5%	2%	2%	5%	**22%**	100%
Sc**7**. Réemployable (20 utilisations)	**26%**	0%	6%	1%	**8%**	3%	5%	5%	2%	6%	2%	4%	3%	3%	6%	**21%**	100%
Sc**8**. Usage unique	**34%**	0%	0%	0%	**5%**	2%	4%	3%	2%	4%	1%	1%	2%	3%	4%	**34%**	100%
Sc**8**. Réemployable (5 utilisations)	**30%**	0%	1%	1%	**7%**	4%	4%	6%	2%	3%	2%	6%	2%	1%	8%	**25%**	100%
Sc**8**. Réemployable (20 utilisations)	**21%**	0%	1%	1%	6%	6%	3%	5%	2%	5%	2%	5%	3%	2%	**13%**	**26%**	100%
Sc**9**. Usage unique	**34%**	0%	0%	0%	**5%**	2%	4%	3%	2%	4%	1%	1%	2%	3%	4%	**34%**	100%
Sc**9**. Réemployable (5 utilisations)	**31%**	0%	1%	1%	**7%**	3%	4%	5%	2%	3%	2%	5%	2%	1%	6%	**25%**	100%
Sc**9**. Réemployable (20 utilisations)	**26%**	0%	1%	1%	6%	5%	4%	4%	2%	5%	2%	4%	3%	2%	**9%**	**26%**	100%
Sc**10**. Usage unique	**26%**	0%	2%	2%	**9%**	1%	5%	7%	2%	8%	2%	2%	3%	5%	9%	**16%**	100%
Sc**10**. Réemployable (5 utilisations)	**28%**	0%	1%	1%	**9%**	2%	5%	6%	3%	6%	2%	3%	5%	1%	5%	**22%**	100%
Sc**10**. Réemployable (20 utilisations)	**25%**	0%	1%	1%	**9%**	2%	5%	5%	3%	8%	2%	3%	7%	2%	6%	**21%**	100%

Tableau 102 : Volet B1 - Résultats exprimés en pourcentage du total normalisé et pondéré pour chaque filière

Remarque : une valeur de 0% affichée dans le tableau peut signifier que la valeur obtenue par le calcul est strictement inférieure à 0.5%

Remarque 2 : Pour chaque scénario, les trois catégories d'impact contribuant le plus aux impacts pondérés et normalisés sont surlignés en couleur dans le tableau

Scénario	CC	OD	Tox_c	Tox_nc	PM	IR	POF	Ac	Eu_T	Eu_F	Eu_M	Eco_t	LU	WU	Res_m	Res_f	Total
Sc**11**. Usage unique	**26%**	2%	2%	1%	**7%**	2%	5%	4%	2%	6%	1%	2%	3%	5%	7%	**26%**	100%
Sc**11**. Réemployable (5 utilisations)	**27%**	1%	1%	1%	5%	3%	4%	4%	2%	5%	1%	3%	1%	6%	**7%**	**28%**	100%
Sc**11**. Réemployable (20 utilisations)	**28%**	1%	1%	1%	5%	3%	4%	4%	2%	5%	2%	3%	1%	5%	**7%**	**28%**	100%
Sc**12**. Usage unique	**26%**	2%	2%	1%	6%	2%	4%	4%	2%	6%	1%	2%	3%	6%	**7%**	**26%**	100%
Sc**12**. Réemployable (5 utilisations)	**26%**	0%	1%	1%	6%	2%	4%	5%	2%	3%	2%	5%	1%	2%	**19%**	**21%**	100%
Sc**12**. Réemployable (20 utilisations)	**22%**	0%	2%	1%	6%	2%	4%	4%	2%	3%	2%	4%	1%	2%	**26%**	**20%**	100%
Sc**13**. Usage unique	**26%**	2%	2%	1%	**7%**	2%	5%	4%	2%	6%	1%	2%	3%	5%	7%	**26%**	100%
Sc**13**. Réemployable (5 utilisations)	**26%**	0%	1%	1%	7%	1%	4%	5%	2%	3%	2%	5%	2%	1%	**19%**	**20%**	100%
Sc**13**. Réemployable (20 utilisations)	**23%**	0%	2%	1%	6%	1%	4%	4%	2%	4%	2%	4%	2%	1%	**27%**	**18%**	100%
Sc**14**. Usage unique	**8%**	0%	3%	0%	4%	1%	2%	2%	1%	3%	1%	1%	0%	1%	**65%**	**7%**	100%
Sc**14**. Réemployable (5 utilisations)	**14%**	0%	3%	1%	4%	2%	3%	3%	2%	2%	1%	3%	1%	1%	**48%**	**13%**	100%
Sc**14**. Réemployable (20 utilisations)	**11%**	0%	4%	1%	4%	2%	2%	3%	1%	3%	1%	2%	0%	1%	**55%**	**11%**	100%

Tableau 103 : Volet B2 - Résultats exprimés en pourcentage du total normalisé et pondéré pour chaque filière

Remarque : une valeur de 0% affichée dans le tableau peut signifier que la valeur obtenue par le calcul est strictement inférieure à 0.5%

Remarque 2 : Pour chaque scénario, les trois catégories d'impact contribuant le plus aux impacts pondérés et normalisés sont surlignés en couleur dans le tableau

Les catégories d'impacts dites pertinentes pour une analyse plus approfondie dans le corps du rapport sont sélectionnées sur base de la normalisation et pondération du JRC ainsi que d'autres critères à jugement d'expert ACV présentés dans les deux tableaux suivants :

Critère	CC	OD	Tox_c	Tox_nc	PM	IR	POF	Ac
Catégorie pertinente au regard de la normalisation et pondération du JRC ?	OUI	Non	Non	Non	OUI	Non	Non	Non
Catégorie pouvant être exclue en raison de limites méthodologiques (*)	Non	Non	OUI	OUI	Non	OUI	Non	Non
Catégories redondantes en matière d'origine des impacts environnementaux	CC, POF AC, PM, Res_f				CC, POF, AC, PM, Res_f		CC, POF, AC, PM, Res_f	CC, POF, AC, PM, Res_f
Catégorie jugée prioritaire dans le guide ADEME(**)	Oui	Non	Non	Non	Oui	Non	Oui	Oui
Sélectionné pour l'étude	**OUI**	Non	Non	Non	**OUI**	Non	**OUI**	**OUI**
Echelle d'impacts (*****)	Mondiale	Mondiale	Régionale	Régionale	Régionale	Régionale	Régionale	Continentale
Type de pollution (*****)	Air	Air	Air / eau / sol	Air / eau / sol	Air	Air	Air	Air / eau

Tableau 104 : Catégories d'impacts sélectionnées pour une analyse dans le corps du rapport (1/2)

Critère	Eu_T	Eu_F	Eu_M	Eco_t	LU	WU	Res_m	Res_f
Catégorie pertinente au regard de la normalisation et pondération du JRC ?	Non	Non	Non	OUI	Non	Non	Non	OUI
Catégorie pouvant être exclue en raison de limites méthodologiques (*)	Non	OUI	Non	OUI	OUI	OUI	OUI	Non
Catégories redondantes en matière d'origine des impacts environnementaux								CC, POF, AC, PM, Res_f
Catégorie jugée prioritaire dans le guide ADEME(**)	Oui sous condition (***)	Oui sous condition (***)	Oui sous condition (***)	Non	Oui sous condition (***/****)	Oui sous condition (***/****)	Oui	Oui
Sélectionné pour l'étude	Non	Non	Non	NON	Non	**OUI**	**OUI**	**OUI**
Echelle d'impacts (*****)	Continentale	Continentale	Continentale	Régionale	Régionale	Régionale	Mondiale	Mondiale
Type de pollution (*****)	Sol	Eau	Eau	Air / eau / sol	Ressources	Ressources	Ressources	Ressources

Tableau 105 : Catégories d'impacts pour une analyse dans le corps du rapport (2/2)

(*) : Résultats incohérents du fait d'une mauvaise implémentation des inventaires ou méthode de caractérisation ne reflétant que partiellement les enjeux environnementaux :

(**) : GUIOT Marianne, GUEUDET Alice, PARISOT Florian, PASQUIER Sylvain, ADEME, PALLUAU Magali, HUGREL Charlotte, BLEU SAFRAN. 2022. Cadre de Référence - ACV comparatives entre différentes solutions d'emballages | Version 01. 147 p.

(***) : Lorsque au moins une des solutions d'emballages faisant l'objet de l'étude met en œuvre des matières premières principales issues de la biomasse

(****) : Lorsque au moins une des solutions d'emballages étudiées consiste en un emballage réemployable/réutilisable (nécessitant une étape de lavage)

(*****) critère présenté à titre informatif

La sélection se résume selon les éléments suivants :

- Les catégories d'impacts prédominantes dans la normalisation-pondération sont d'office sélectionnées
- Les catégories d'impacts prioritaires selon le guide ADEME (hors « sous conditions ») sont d'office sélectionnées
- Les catégories d'impacts exprimant des impacts majoritaires liés à des problèmes méthodologiques dans les bases de données sont d'office exclues (si les deux précédentes conditions ne sont pas remplies)
- Parmi les catégories d'impacts présentant des enjeux environnementaux redondants, si certaines sont déjà sélectionnées (sur base des deux premiers points ci-dessus), les autres peuvent être exclues

Commentaires complémentaires du tableau sur certains choix :

- Les catégories d'impact d'eutrophisation marine et terrestre ne sont pas significatives sur base de la normalisation-pondération. Seule la catégorie d'eutrophisation des eaux douces ressort.
    - Les impacts sont principalement liés aux consommations énergétiques (déjà couverts par d'autres catégories d'impacts).
    - La catégorie d'eutrophisation des eaux douces est très sensible aux émissions de phosphates générés par les résidus d'extraction du charbon dans les données d'arrière-plan (forte incertitude)
- L'utilisation des sols n'apparait pas comme une catégorie significative sur base de la normalisation-pondération. Par ailleurs, il n'y a pas d'emballages primaires utilisant de la biomasse mais uniquement des emballages de regroupement (caisse carton) ou de logistique (palette, insert carton)
- L'utilisation de l'eau est très liée à l'utilisation d'énergie nucléaire. Cependant, il apparait pertinent de démontrer quelles sont les origines des impacts lorsqu'il y a une étape de lavage dans le cycle de vie.

11.4. Annexe 4 : Analyse de la cohérence méthodologique des données d'inventaire

Le critère de pertinence et cohérence méthodologique est basé sur le respect des 9 règles méthodologiques suivantes :

Frontières du système et coupure du système	Les limites du système comprennent tous les processus liés à la chaîne de production et la coupure du système n'est pas réalisée à moins qu'elle soit justifiée comme négligeable sur les catégories d'impacts couvertes par l'étude
Gestion des processus multifonctionnels	La hiérarchie décisionnelle doit être suivie pour résoudre la multifonctionnalité (hiérarchie des normes ISO 14040-44) : (1) subdivision ou expansion du système ; (2) attribution fondée sur une relation physique sous-jacente pertinente (la substitution peut s'appliquer ici) ; (3) attribution fondée sur une autre relation.
La base de données d'arrière-plan de l'inventaire correspond à celle de l'étude	Les données d'arrière-plan sont issues de la même base de données que celle utilisée dans l'étude (ecoInvent v3)
Une revue critique a été réalisée	Une revue critique par un expert ACV indépendant a été réalisée ou une procédure de vérification a été mise en place
Nomenclature ILCD ou Ecospold	La nomenclature ILCD ou Ecospold est utilisée
Emissions et captation de carbone biogénique et fossile	Les absorptions et les émissions doivent être déclarées séparément pour les sources fossiles et les sources biogéniques.
Compensation des émissions	Ne doit pas être inclus
Mix électrique national moyen	Le mix électrique utilisé est le mix attributionnel national moyen
Inclusion des bâtiments et infrastructures	Les bâtiments et infrastructures sont prises en compte dans l'inventaire de cycle de vie

Cette évaluation de la qualité des données influence la note attribuée au critère « Pertinence et cohérence méthodologiques » de la notation de la qualité des données. Cette notation est réalisée sur base de jugement d'expert, cependant, on peut donner la règle suivante à titre indicatif :

Note relative à la qualité de données sur le critère *Pertinence et cohérence méthodologiques*	Pourcentage de critères respectés (sur 9 critères)
1	> 90 %
2	> 80%
3	> 60%
4	> 40%
5	< 40%

La grille d'évaluation des différentes sources d'inventaires de cycle de vie est présentée dans le tableau suivant :

	Frontières du système et coupure du système	Gestion des processus multifonctionnels	La base de données d'arrière-plan de l'inventaire correspond à celle de l'étude	Une revue critique a été réalisée ou un processus de vérification est mis en place	Nomenclature ILCD (EF2.0 ou EF 3.0/3.1) ou Ecospold v2	Mix électrique national moyen	Emissions et captation de carbone biogénique et fossile	Pas de compensation des émissions	Inclusion des bâtiments et infrastructures
Inventaires ecoinvent	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Inventaire FEVE	1	1	0.5	1	1	1	1	1	?
Inventaire Coppert V	1	1	1	1	1	NR	1	1	1

Tableau 106 : Grille d'évaluation des inventaires du cycle de vie sur la cohérence méthodologique avec la présente étude

La base de données d'arrière-plan de l'inventaire correspond à celle de l'étude (c'est-à-dire ecoinvent v3.9.1). Pour les inventaires FEVE, une version antérieure à ecoinvent est utilisée (ecoinvent v 3.4).

Une revue critique a été réalisée :

- Dans le cas d'ecoinvent, la base de données est très largement utilisée par la communauté ACV et des processus de vérification en interne sont mis en place

Mix électrique national moyen :

- COPERT V concerne uniquement les émissions directes du transport routier la consommation de carburant

11.5. Annexe 5 : Contributions des étapes de cycle de vie aux catégories d'impact

11.5.1. Scénario 6

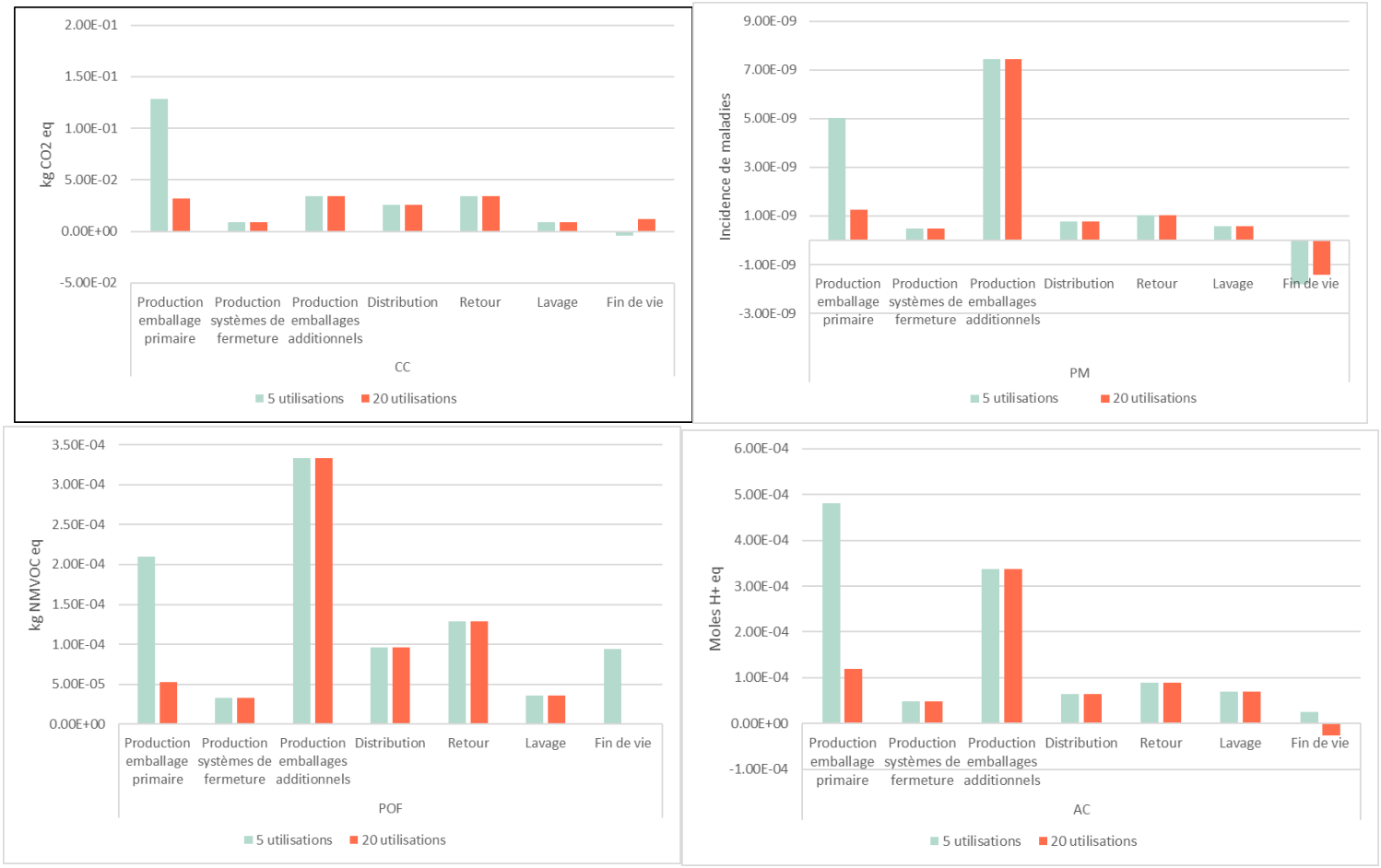


Figure 158 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

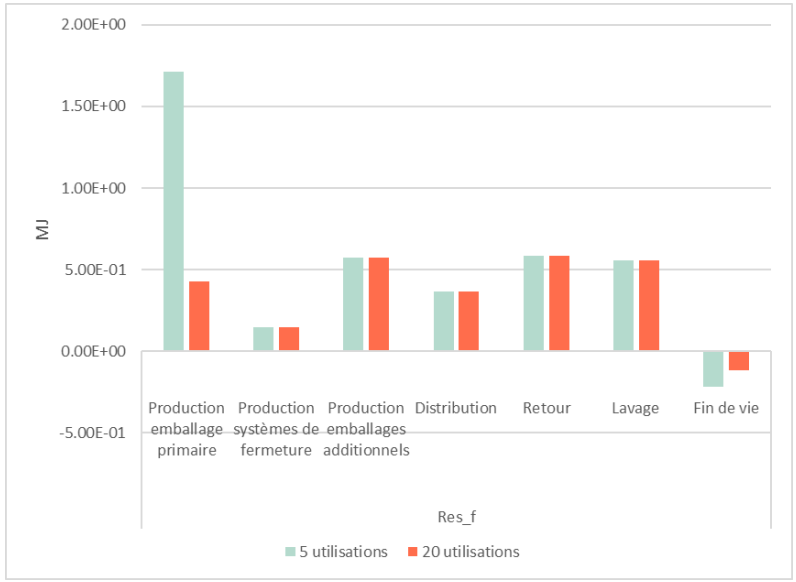


Figure 159 : Option réemployable (Catégories d'impact : Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

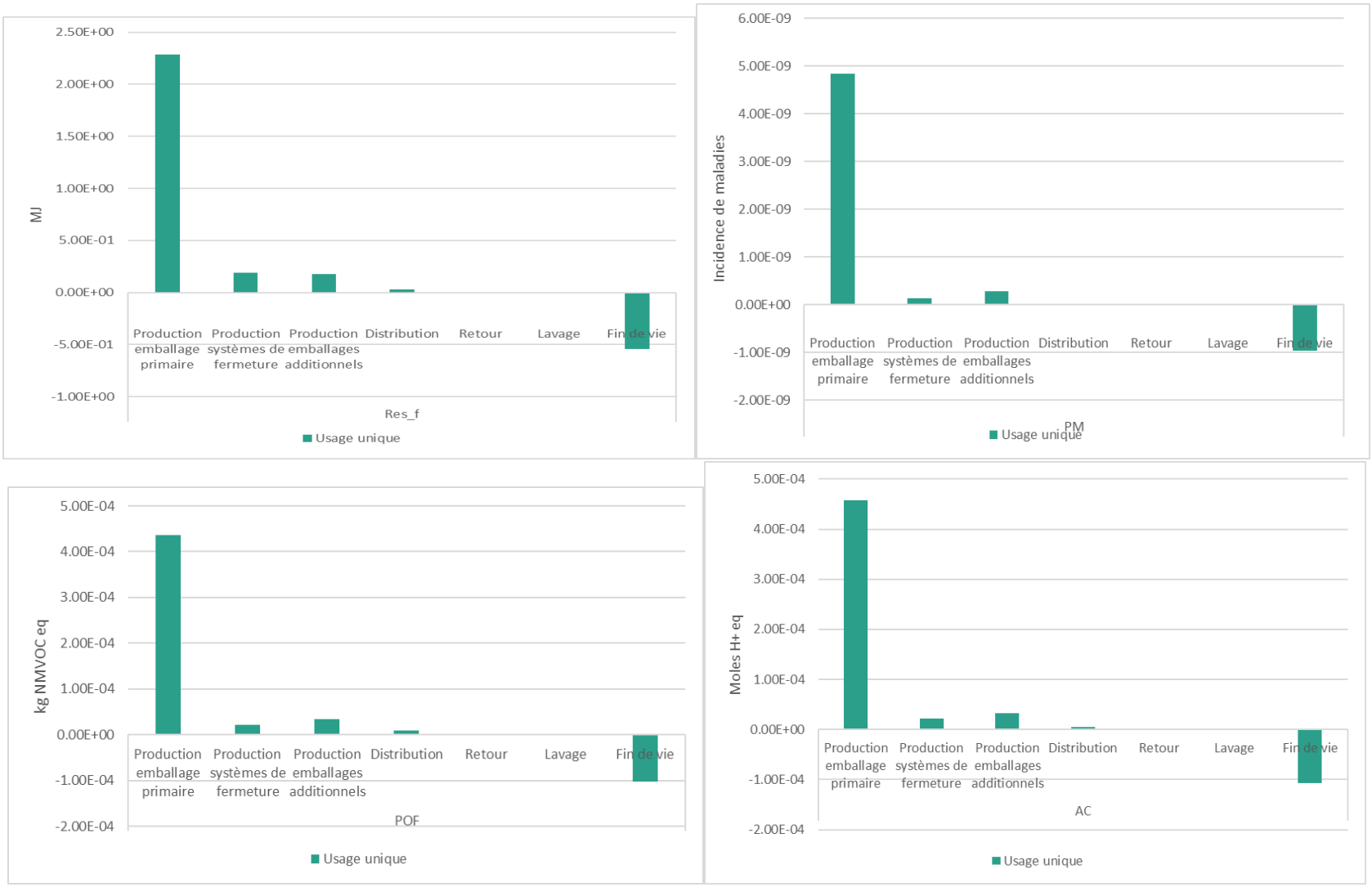


Figure 160 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

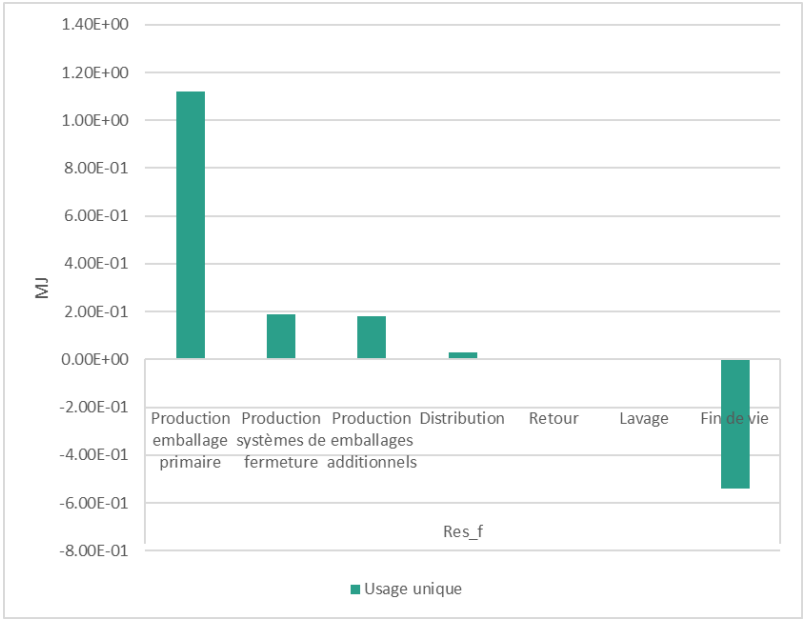


Figure 161: Option à usage unique (Catégories d'impact :;Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

Nombre d'utilisations	Catégories d'impact	Etapes du cycle de vie						
		Production de l'emballage primaire	Production du système de fermeture	Production des emballages additionnels	Distribution	Retour	Lavage	Fin de vie
Usage unique	Changement climatique (kg CO2 eq)	1.02E-01	5.97E-03	6.38E-03	2.19E-03	0.00E+00	0.00E+00	-1.45E-02
	Emission de particules (incidence de maladies)	5.03E-09	1.75E-10	4.26E-10	6.90E-11	0.00E+00	0.00E+00	-1.07E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	4.40E-04	2.10E-05	3.36E-05	8.52E-06	0.00E+00	0.00E+00	-1.04E-04
	Acidification (Moles H+ eq)	4.59E-04	2.24E-05	3.20E-05	5.64E-06	0.00E+00	0.00E+00	-1.11E-04
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	2.29E+00	1.89E-01	1.81E-01	3.14E-02	0.00E+00	0.00E+00	-5.39E-01
5 utilisations	Changement climatique (kg CO2 eq)	1.29E-01	8.70E-03	3.41E-02	2.55E-02	3.43E-02	8.85E-03	-4.03E-03
	Emission de particules (incidence de maladies)	5.01E-09	4.92E-10	7.44E-09	7.65E-10	1.03E-09	5.68E-10	-1.79E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	2.10E-04	3.35E-05	3.33E-04	9.65E-05	1.28E-04	3.59E-05	9.42E-05
	Acidification (Moles H+ eq)	4.80E-04	4.85E-05	3.37E-04	6.42E-05	8.93E-05	7.02E-05	2.49E-05
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	1.71E+00	1.47E-01	5.73E-01	3.65E-01	5.84E-01	5.57E-01	-2.20E-01
20 utilisations	Changement climatique (kg CO2 eq)	3.22E-02	8.70E-03	3.41E-02	2.55E-02	3.43E-02	8.86E-03	1.22E-02
	Emission de particules (incidence de maladies)	1.25E-09	4.92E-10	7.44E-09	7.65E-10	1.03E-09	5.69E-10	-1.41E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	5.25E-05	3.35E-05	3.33E-04	9.65E-05	1.28E-04	3.59E-05	5.34E-07
	Acidification (Moles H+ eq)	1.20E-04	4.85E-05	3.37E-04	6.42E-05	8.93E-05	7.03E-05	-2.60E-05
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	4.28E-01	1.47E-01	5.73E-01	3.65E-01	5.84E-01	5.58E-01	-1.16E-01

Tableau 107 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact - Scénario 6

11.5.2. Scénario 7

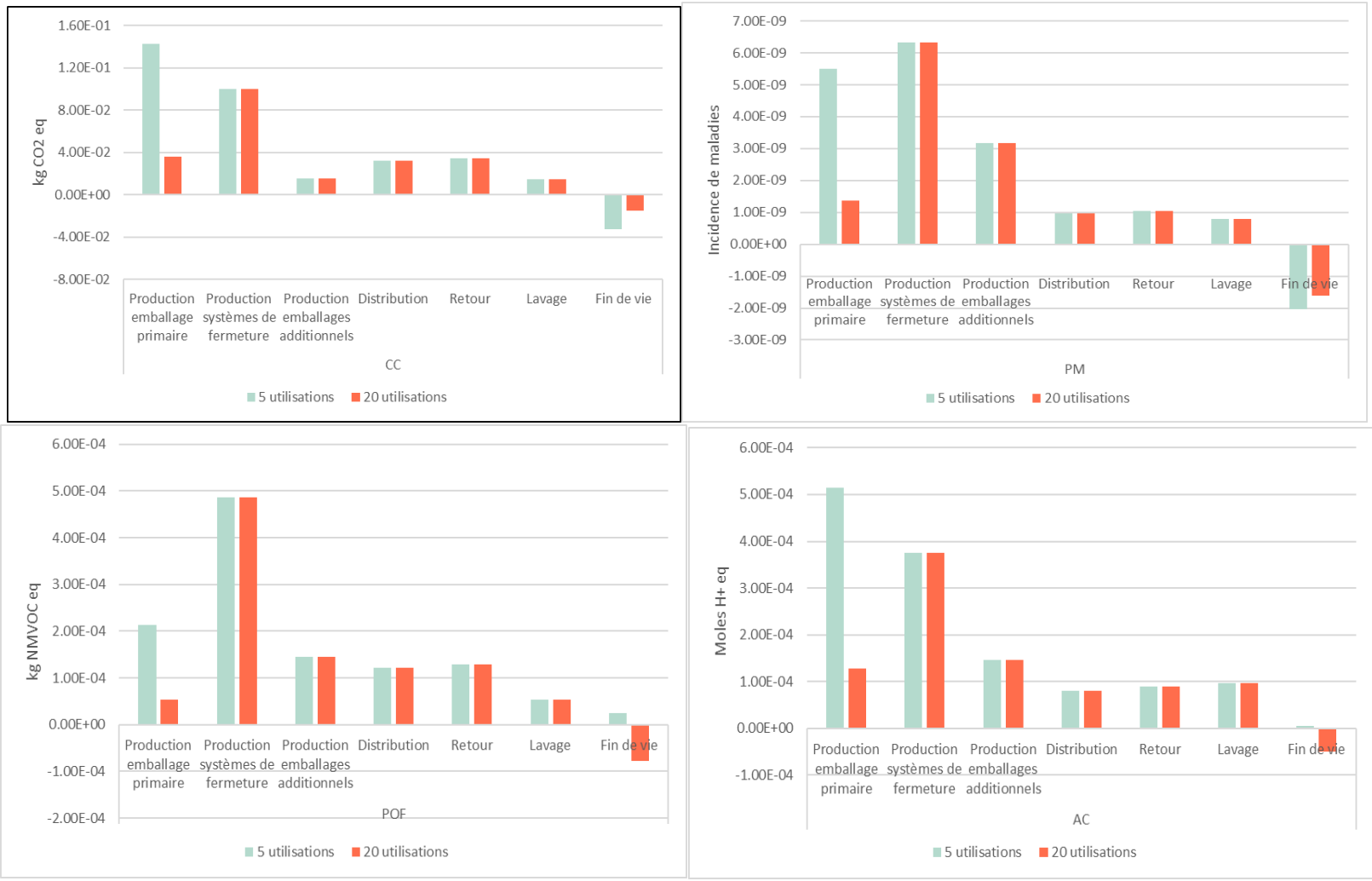


Figure 162 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

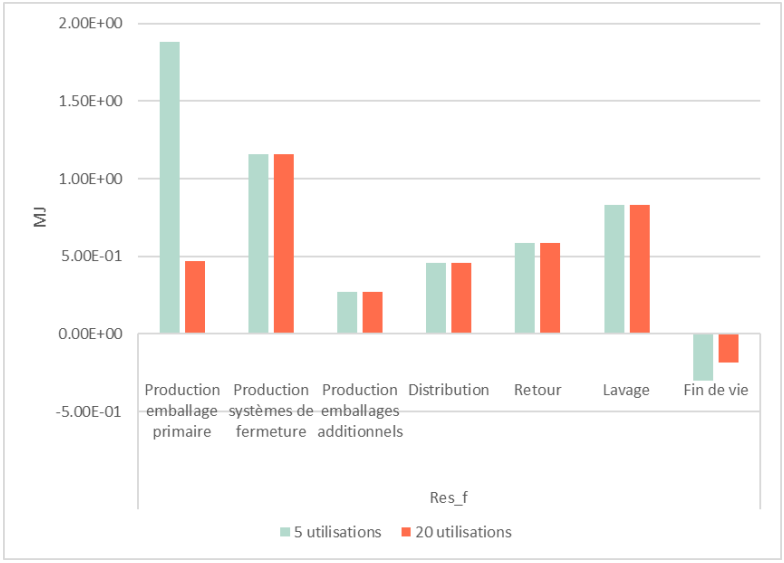


Figure 163: Option réemployable (Catégories d'impact : Res_m = Epuisement des ressources minérales/métalliques;Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

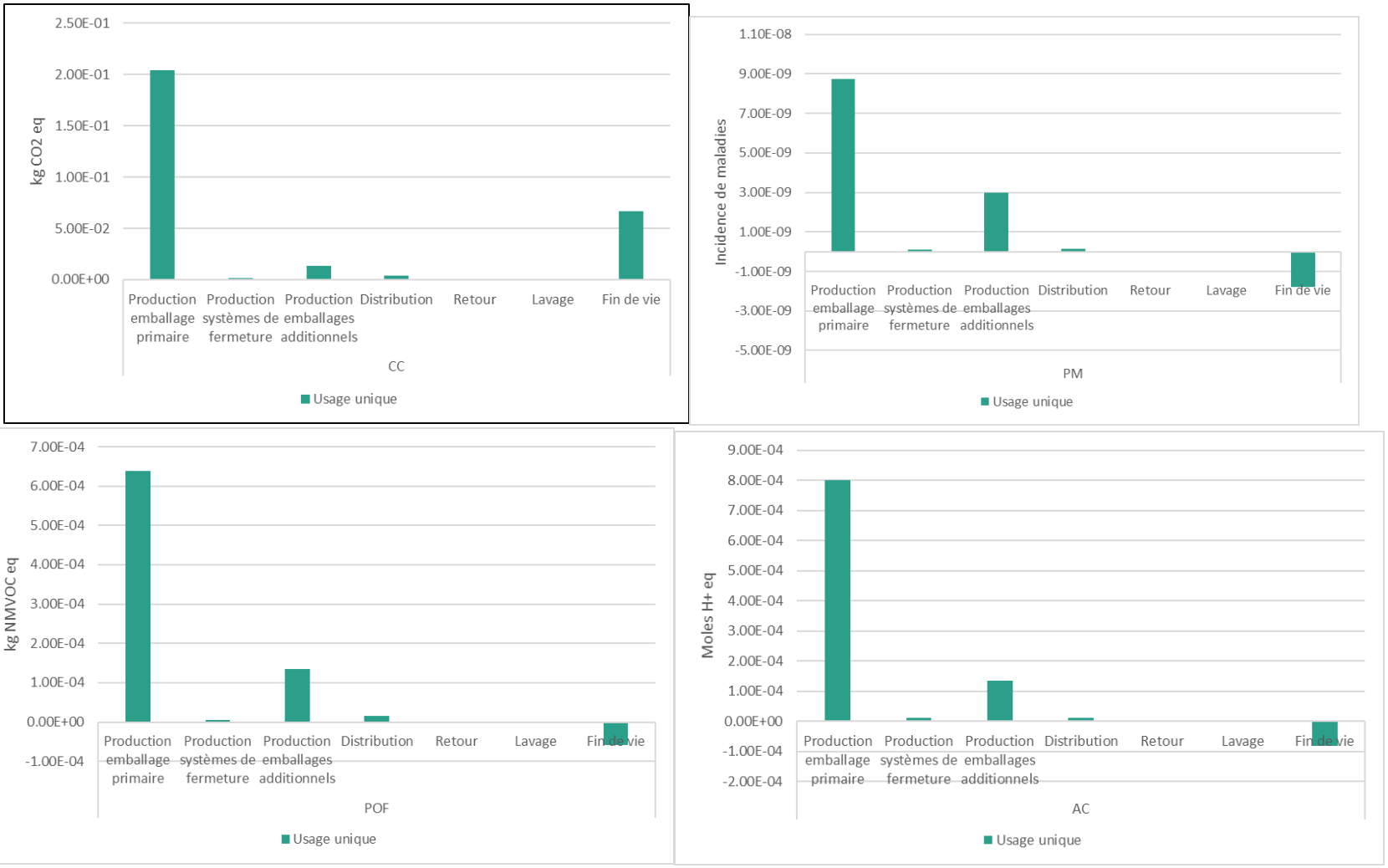


Figure 164 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

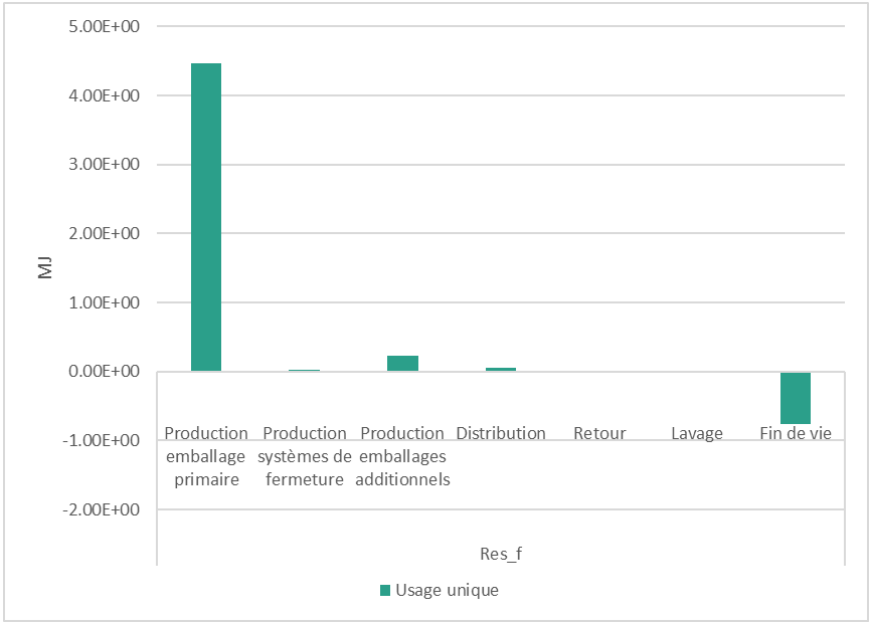


Figure 165: Option à usage unique (Catégories d'impact : Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

Nombre d'utilisations	Catégories d'impact	Etapes du cycle de vie						
		Production de l'emballage primaire	Production du système de fermeture	Production des emballages additionnels	Distribution	Retour	Lavage	Fin de vie
Usage unique	Changement climatique (kg CO2 eq)	2.04E-01	1.59E-03	1.35E-02	4.16E-03	0.00E+00	0.00E+00	6.64E-02
	Emission de particules (incidence de maladies)	8.73E-09	1.03E-10	3.00E-09	1.28E-10	0.00E+00	0.00E+00	-1.78E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	6.37E-04	5.79E-06	1.34E-04	1.60E-05	0.00E+00	0.00E+00	-5.90E-05
	Acidification (Moles H+ eq)	7.99E-04	1.10E-05	1.35E-04	1.06E-05	0.00E+00	0.00E+00	-8.26E-05
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	4.47E+00	2.04E-02	2.25E-01	5.96E-02	0.00E+00	0.00E+00	-7.67E-01
5 utilisations	Changement climatique (kg CO2 eq)	1.43E-01	1.00E-01	1.53E-02	3.20E-02	3.43E-02	1.46E-02	-3.30E-02
	Emission de particules (incidence de maladies)	5.50E-09	6.33E-09	3.17E-09	9.60E-10	1.03E-09	7.82E-10	-2.03E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	2.13E-04	4.86E-04	1.44E-04	1.21E-04	1.29E-04	5.26E-05	2.37E-05
	Acidification (Moles H+ eq)	5.14E-04	3.75E-04	1.46E-04	8.06E-05	8.96E-05	9.71E-05	5.11E-06
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	1.88E+00	1.16E+00	2.70E-01	4.58E-01	5.84E-01	8.29E-01	-3.01E-01
20 utilisations	Changement climatique (kg CO2 eq)	3.57E-02	1.00E-01	1.53E-02	3.20E-02	3.43E-02	1.46E-02	-1.53E-02
	Emission de particules (incidence de maladies)	1.37E-09	6.33E-09	3.17E-09	9.60E-10	1.03E-09	7.82E-10	-1.62E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	5.32E-05	4.86E-04	1.44E-04	1.21E-04	1.29E-04	5.26E-05	-7.84E-05
	Acidification (Moles H+ eq)	1.29E-04	3.75E-04	1.46E-04	8.06E-05	8.96E-05	9.71E-05	-5.05E-05
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	4.71E-01	1.16E+00	2.70E-01	4.58E-01	5.84E-01	8.29E-01	-1.88E-01

Tableau 108 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact - Scénario 7

11.5.3. Scénario 8

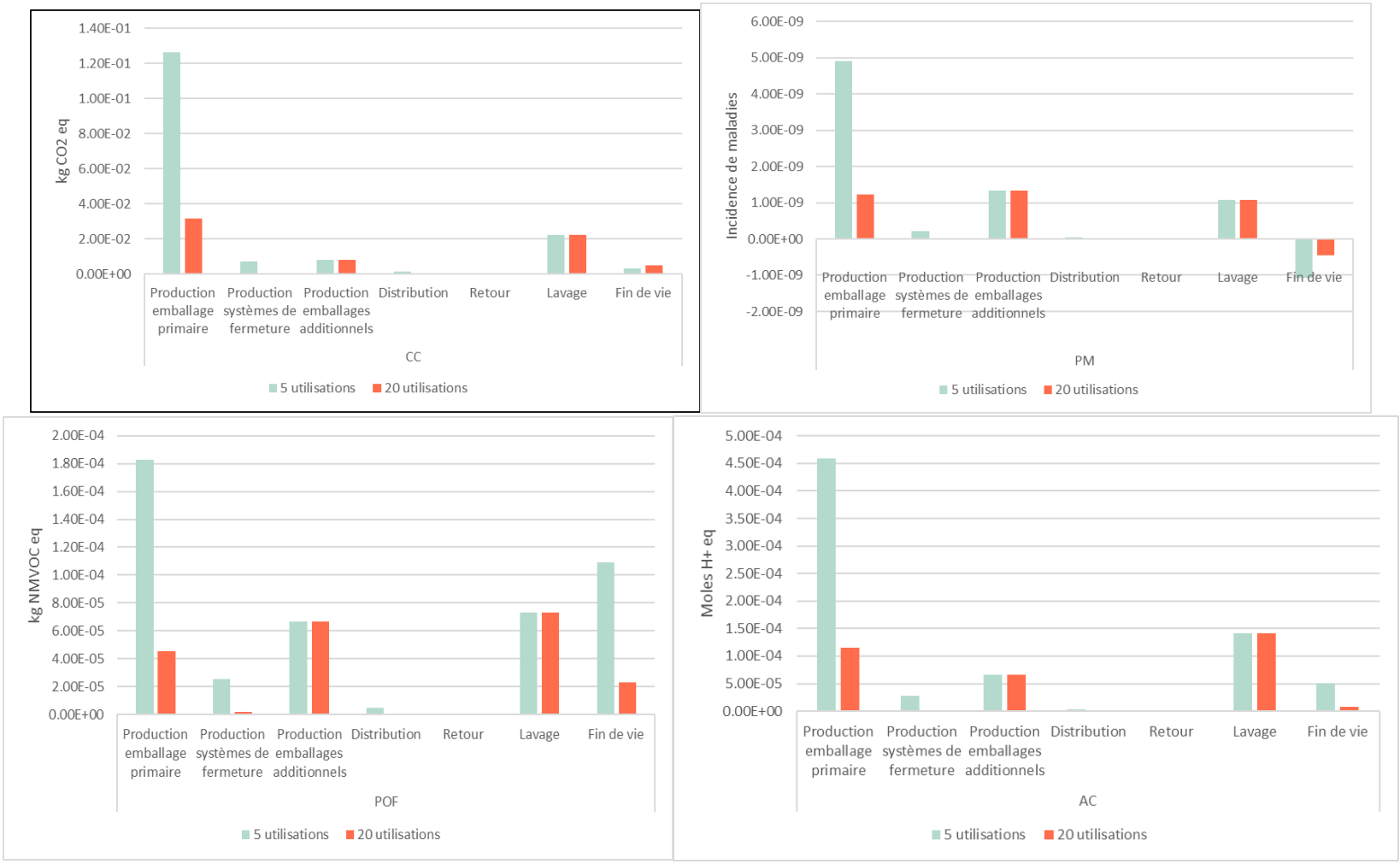


Figure 166 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

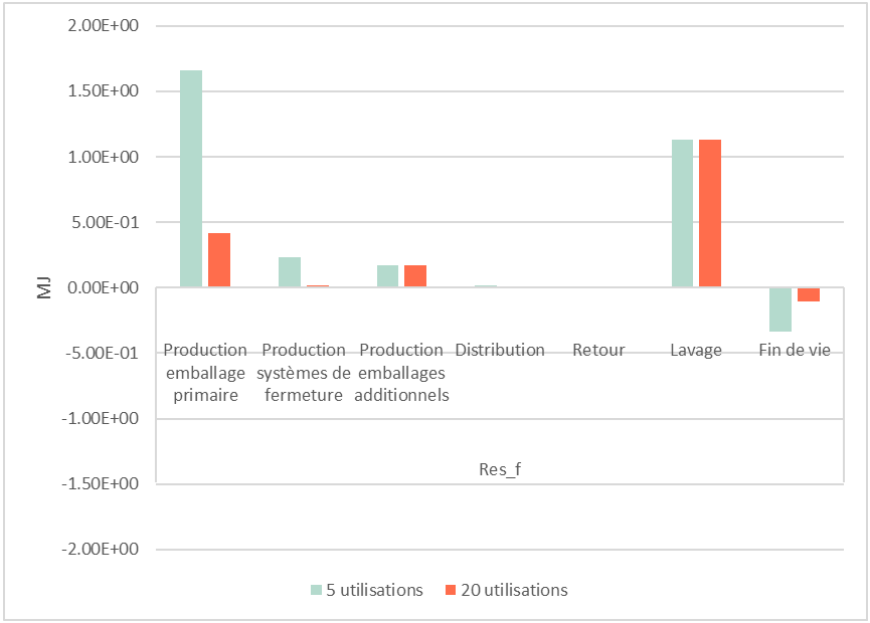


Figure 167: Option réemployable (Catégories d'impact. Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

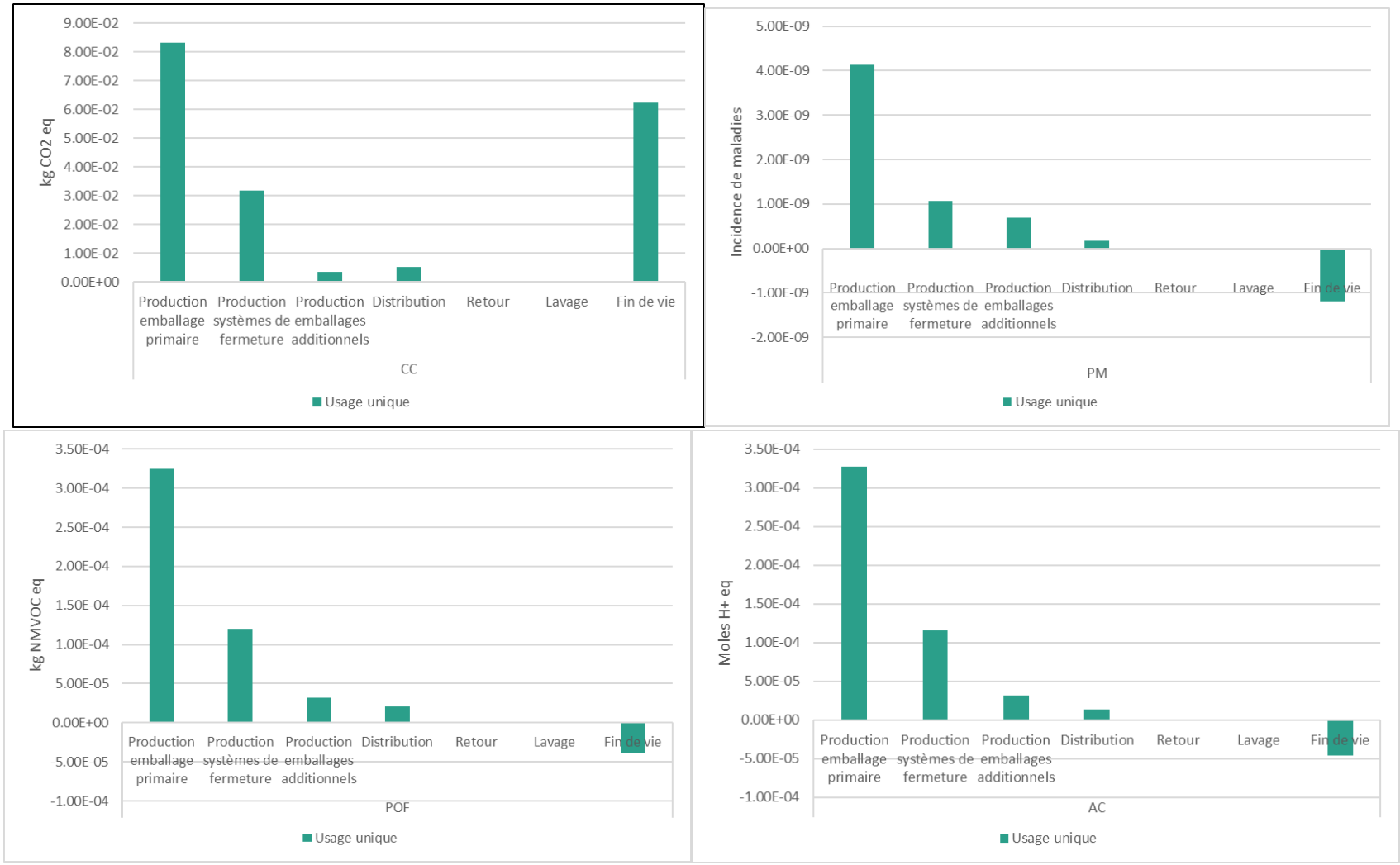


Figure 168 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

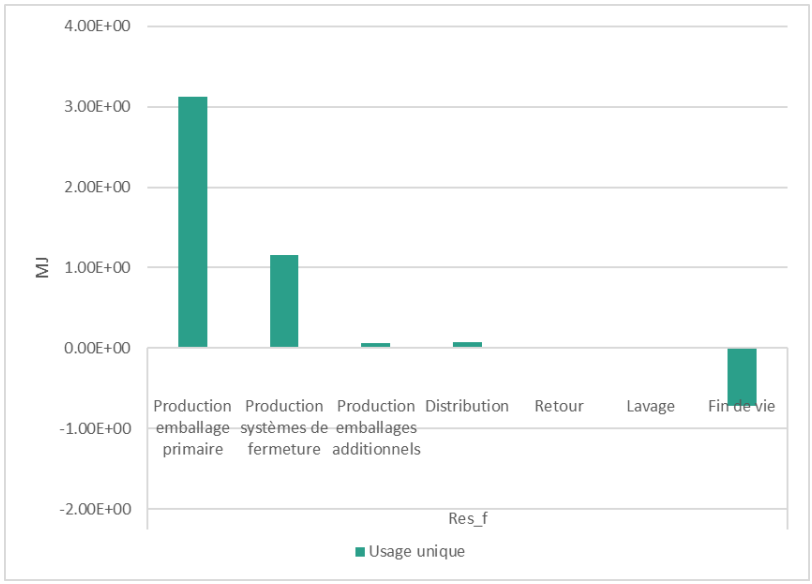


Figure 169 : Option à usage unique (Catégories d'impact : Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

Nombre d'utilisations	Catégories d'impact	Etapes du cycle de vie						
		Production de l'emballage primaire	Production du système de fermeture	Production des emballages additionnels	Distribution	Retour	Lavage	Fin de vie
Usage unique	Changement climatique (kg CO2 eq)	8.32E-02	3.17E-02	3.37E-03	5.16E-03	0.00E+00	0.00E+00	6.25E-02
	Emission de particules (incidence de maladies)	4.13E-09	1.08E-09	6.92E-10	1.72E-10	0.00E+00	0.00E+00	-1.20E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	3.24E-04	1.20E-04	3.21E-05	2.04E-05	0.00E+00	0.00E+00	-3.83E-05
	Acidification (Moles H+ eq)	3.27E-04	1.16E-04	3.19E-05	1.35E-05	0.00E+00	0.00E+00	-4.66E-05
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	3.12E+00	1.15E+00	6.15E-02	7.41E-02	0.00E+00	0.00E+00	-7.10E-01
5 utilisations	Changement climatique (kg CO2 eq)	1.26E-01	7.29E-03	8.05E-03	1.17E-03	0.00E+00	2.20E-02	2.97E-03
	Emission de particules (incidence de maladies)	4.91E-09	2.13E-10	1.34E-09	3.95E-11	0.00E+00	1.07E-09	-1.08E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	1.82E-04	2.57E-05	6.67E-05	4.65E-06	0.00E+00	7.34E-05	1.09E-04
	Acidification (Moles H+ eq)	4.59E-04	2.74E-05	6.61E-05	3.08E-06	0.00E+00	1.41E-04	5.01E-05
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	1.66E+00	2.32E-01	1.70E-01	1.68E-02	0.00E+00	1.13E+00	-3.39E-01
20 utilisations	Changement climatique (kg CO2 eq)	3.16E-02	5.65E-04	8.05E-03	7.46E-05	0.00E+00	2.20E-02	4.85E-03
	Emission de particules (incidence de maladies)	1.23E-09	1.65E-11	1.34E-09	2.52E-12	0.00E+00	1.07E-09	-4.55E-10
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	4.56E-05	1.99E-06	6.67E-05	2.97E-07	0.00E+00	7.34E-05	2.31E-05
	Acidification (Moles H+ eq)	1.15E-04	2.12E-06	6.61E-05	1.96E-07	0.00E+00	1.41E-04	8.07E-06
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	4.15E-01	1.79E-02	1.70E-01	1.07E-03	0.00E+00	1.13E+00	-1.05E-01

Tableau 109 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact - Scénario 8

11.5.4. Scénario 9

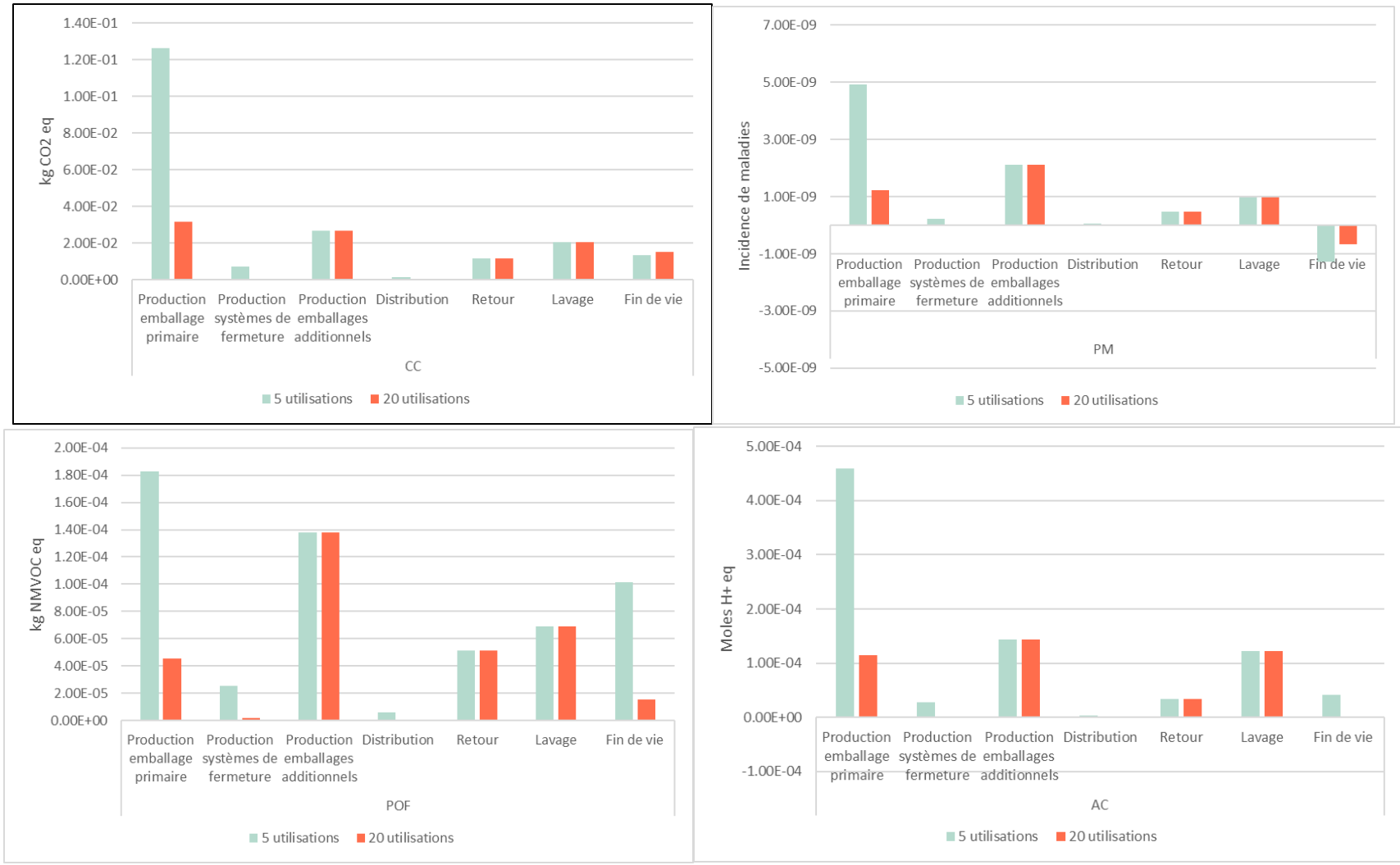


Figure 170 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

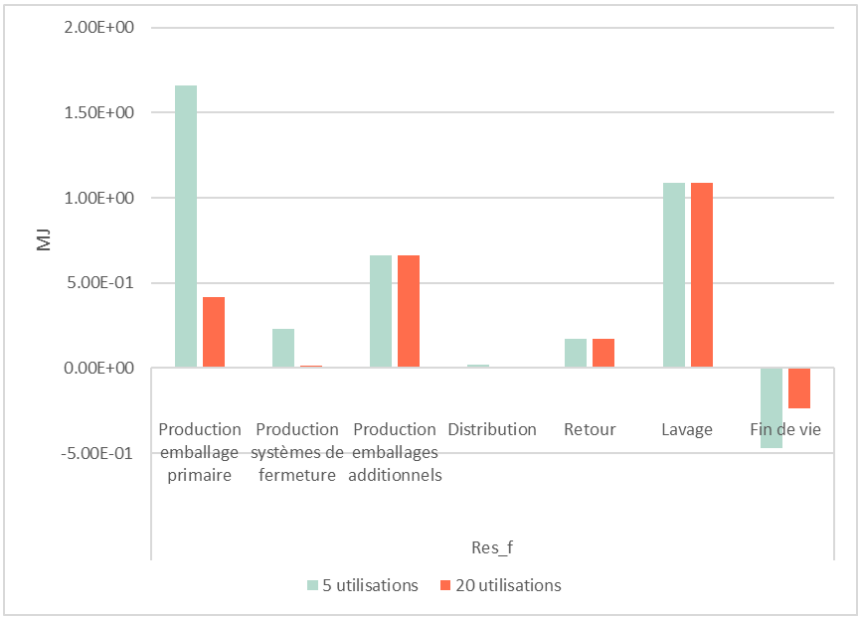


Figure 171 : Option réemployable (Catégories d'impact : Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

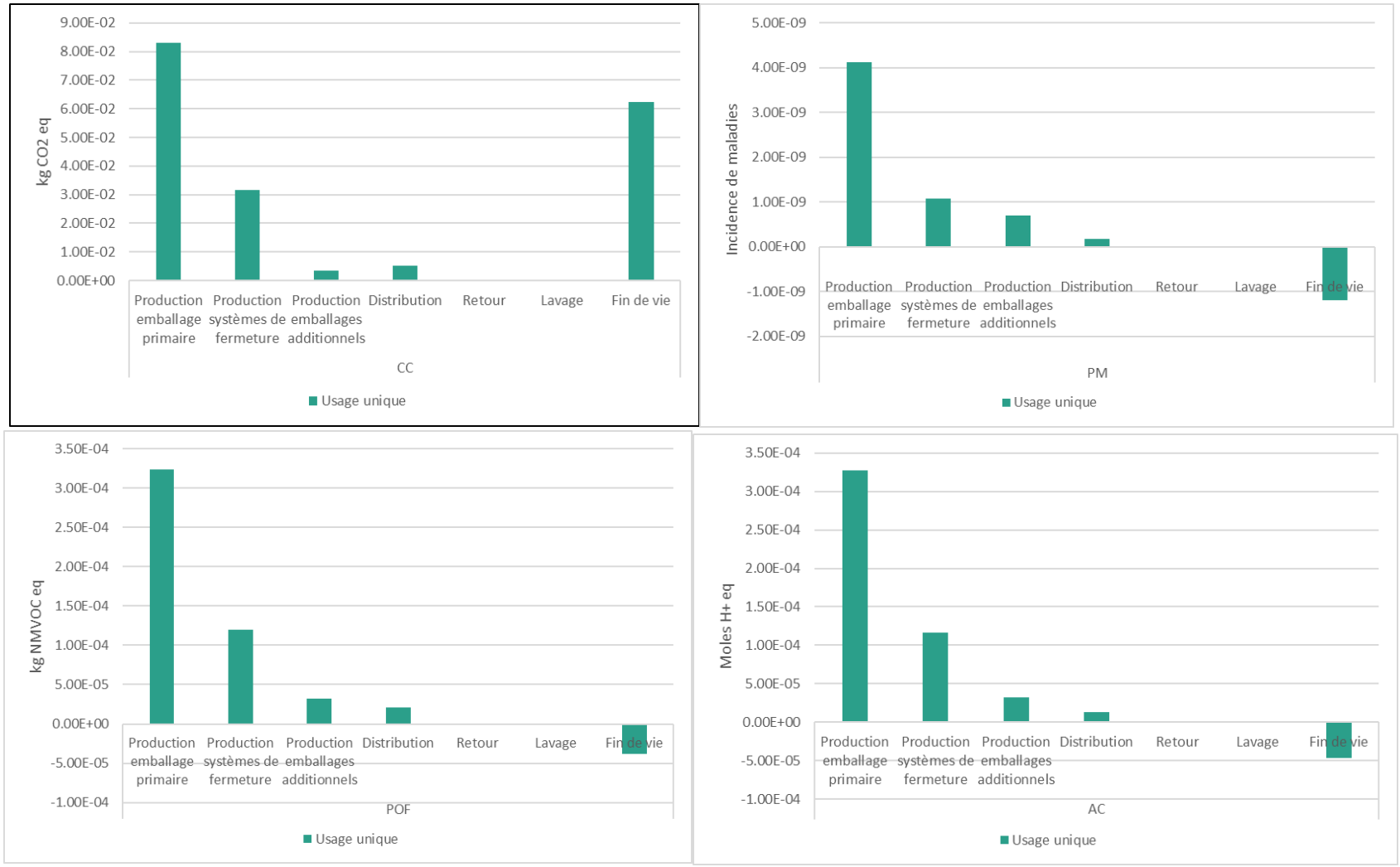


Figure 172 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

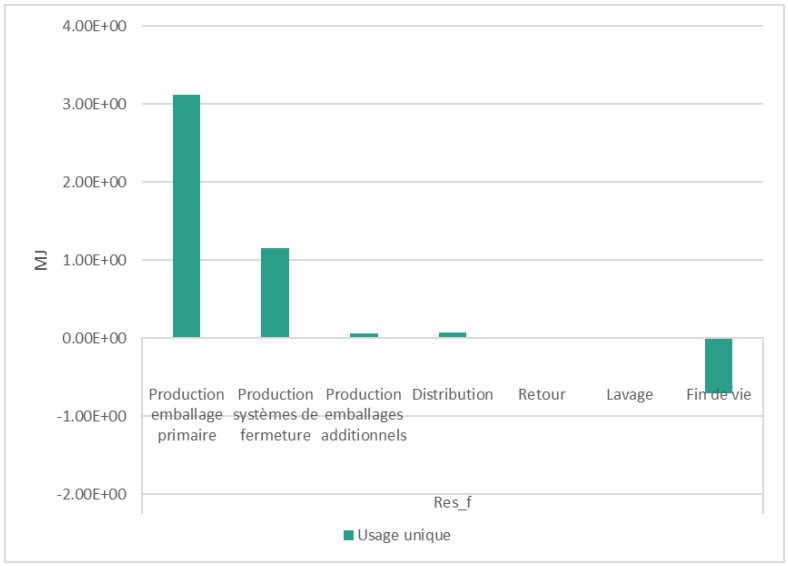


Figure 173 : Option à usage unique (Catégories d'impact : Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

Nombre d'utilisations	Catégories d'impact	Etapes du cycle de vie						
		Production de l'emballage primaire	Production du système de fermeture	Production des emballages additionnels	Distribution	Retour	Lavage	Fin de vie
Usage unique	Changement climatique (kg CO2 eq)	8.32E-02	3.17E-02	3.37E-03	5.16E-03	0.00E+00	0.00E+00	6.25E-02
	Emission de particules (incidence de maladies)	4.13E-09	1.08E-09	6.92E-10	1.72E-10	0.00E+00	0.00E+00	-1.20E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	3.24E-04	1.20E-04	3.21E-05	2.04E-05	0.00E+00	0.00E+00	-3.83E-05
	Acidification (Moles H+ eq)	3.27E-04	1.16E-04	3.19E-05	1.35E-05	0.00E+00	0.00E+00	-4.66E-05
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	3.12E+00	1.15E+00	6.15E-02	7.41E-02	0.00E+00	0.00E+00	-7.10E-01
5 utilisations	Changement climatique (kg CO2 eq)	1.26E-01	7.29E-03	2.67E-02	1.50E-03	1.16E-02	2.04E-02	1.32E-02
	Emission de particules (incidence de maladies)	4.91E-09	2.13E-10	2.12E-09	5.08E-11	4.79E-10	9.81E-10	-1.28E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	1.82E-04	2.57E-05	1.38E-04	5.98E-06	5.11E-05	6.87E-05	1.01E-04
	Acidification (Moles H+ eq)	4.59E-04	2.74E-05	1.44E-04	3.96E-06	3.35E-05	1.22E-04	4.15E-05
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	1.66E+00	2.32E-01	6.60E-01	2.16E-02	1.68E-01	1.09E+00	-4.70E-01
20 utilisations	Changement climatique (kg CO2 eq)	3.16E-02	4.55E-04	2.67E-02	9.40E-05	1.16E-02	2.04E-02	1.50E-02
	Emission de particules (incidence de maladies)	1.23E-09	1.33E-11	2.12E-09	3.18E-12	4.79E-10	9.81E-10	-6.59E-10
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	4.56E-05	1.60E-06	1.38E-04	3.74E-07	5.11E-05	6.87E-05	1.55E-05
	Acidification (Moles H+ eq)	1.15E-04	1.71E-06	1.44E-04	2.47E-07	3.35E-05	1.22E-04	-6.07E-07
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	4.15E-01	1.45E-02	6.60E-01	1.35E-03	1.68E-01	1.09E+00	-2.36E-01

Tableau 110 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact – Scénario 9

11.5.5. Scénario 10

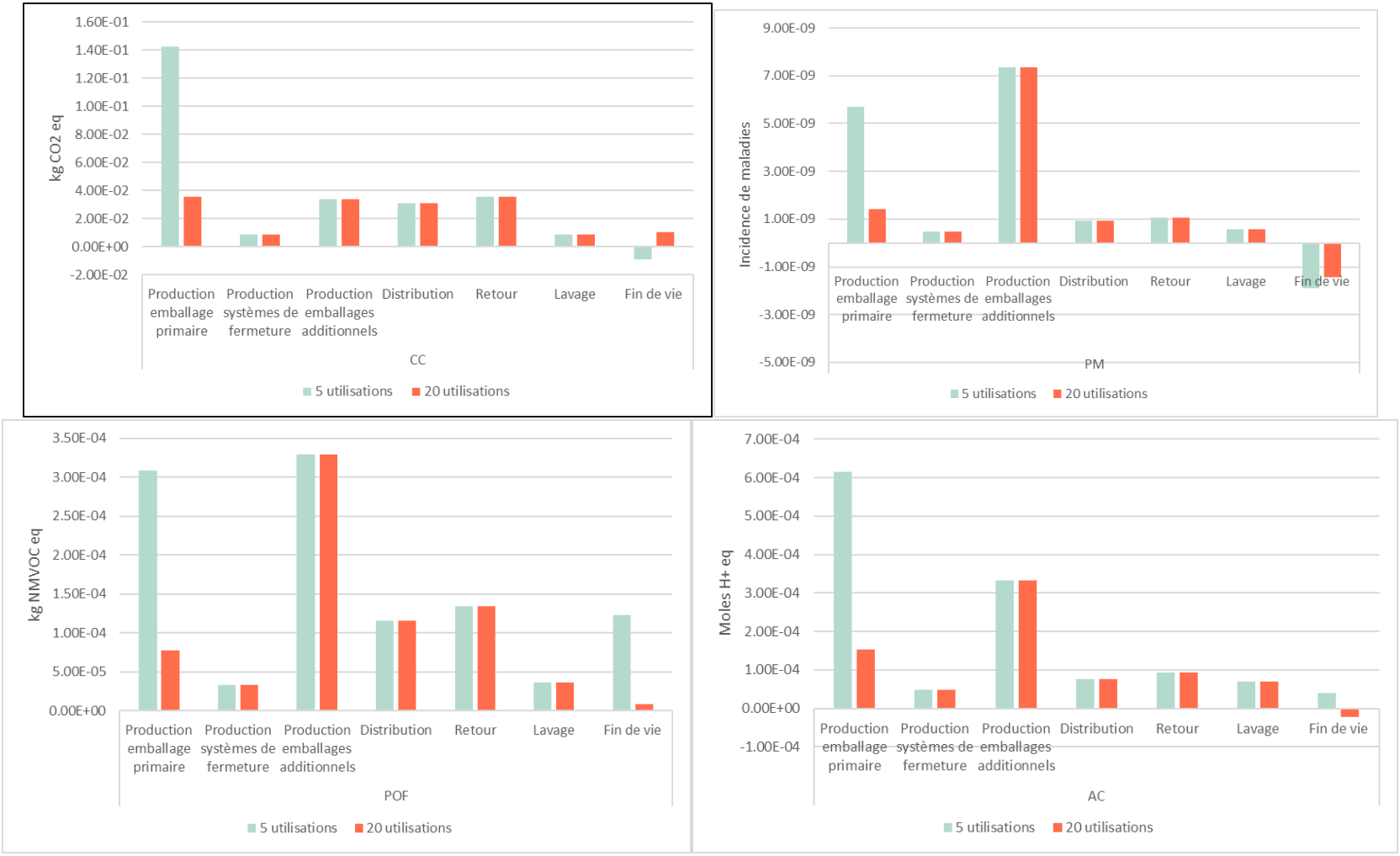


Figure 174 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

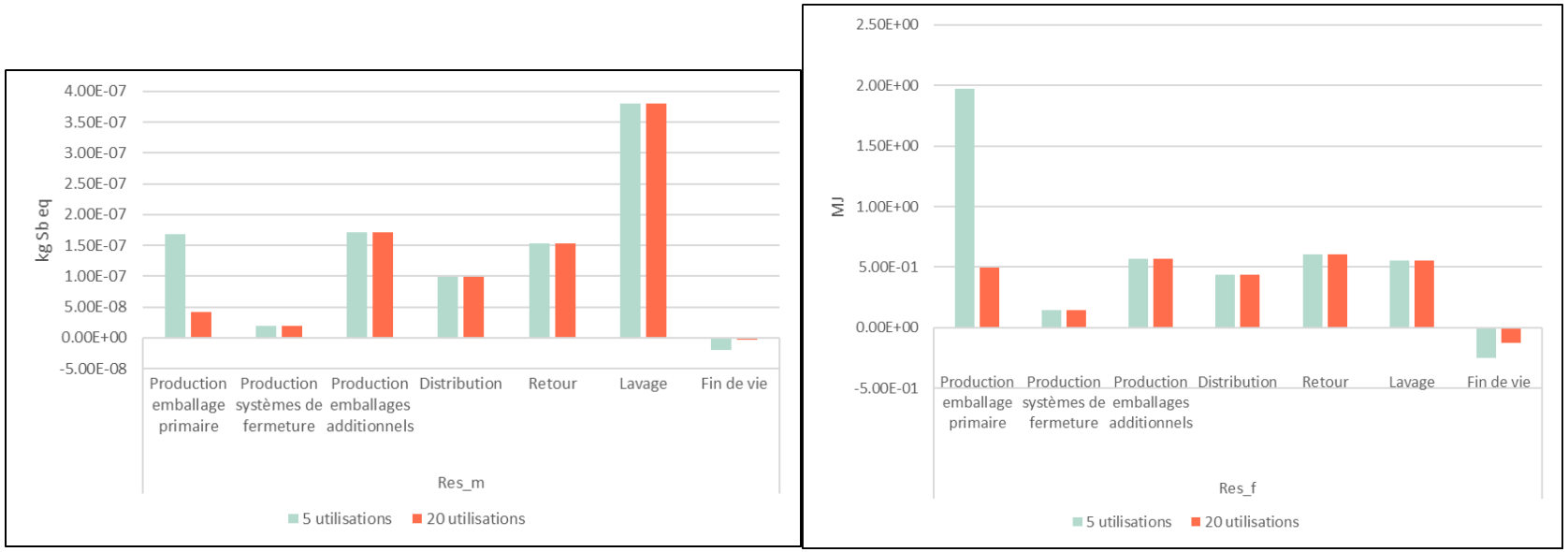


Figure 175 : Option réemployable (Catégories d'impact : Res_m = Epuisement des ressources minérales/métalliques; Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

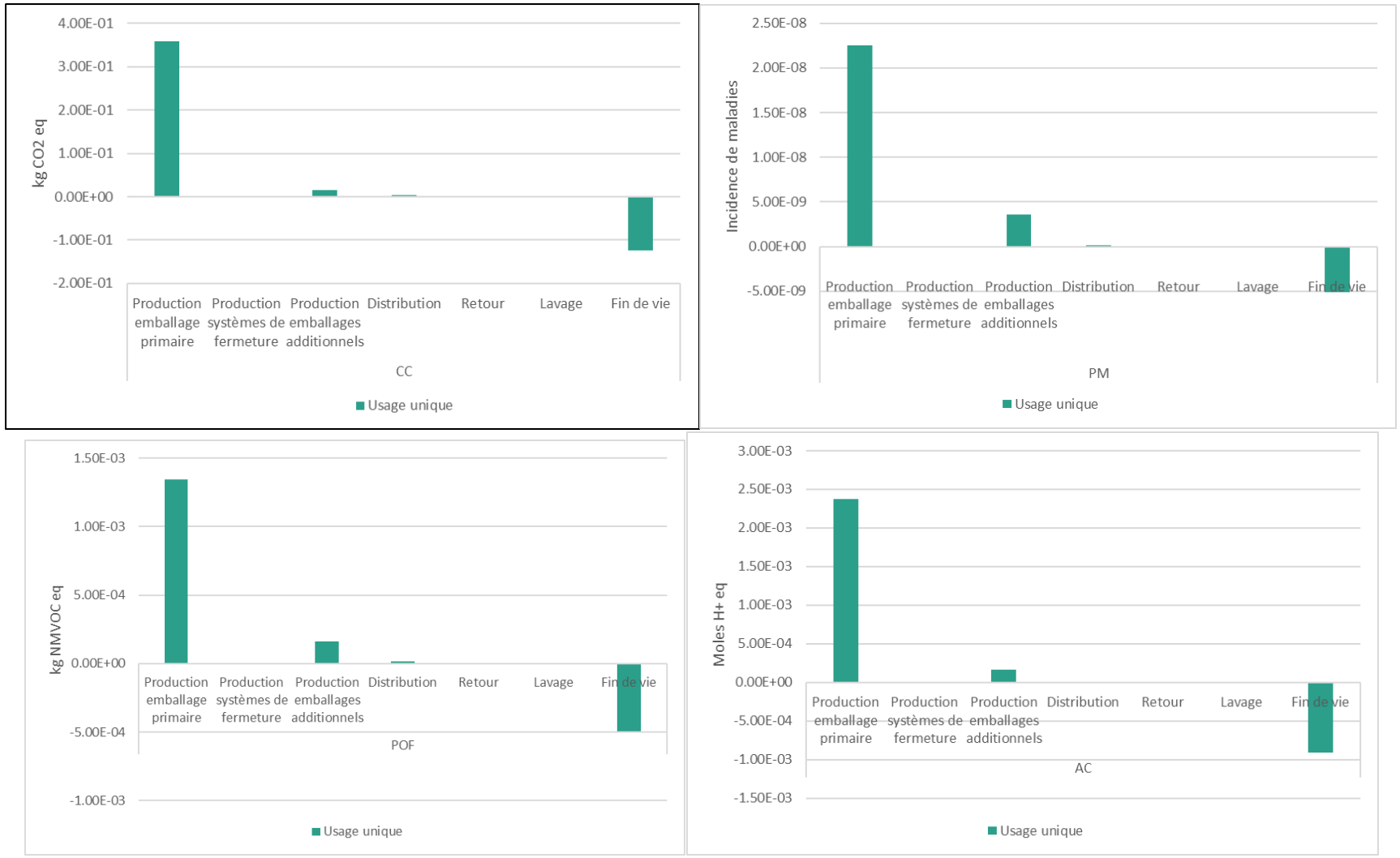


Figure 176 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

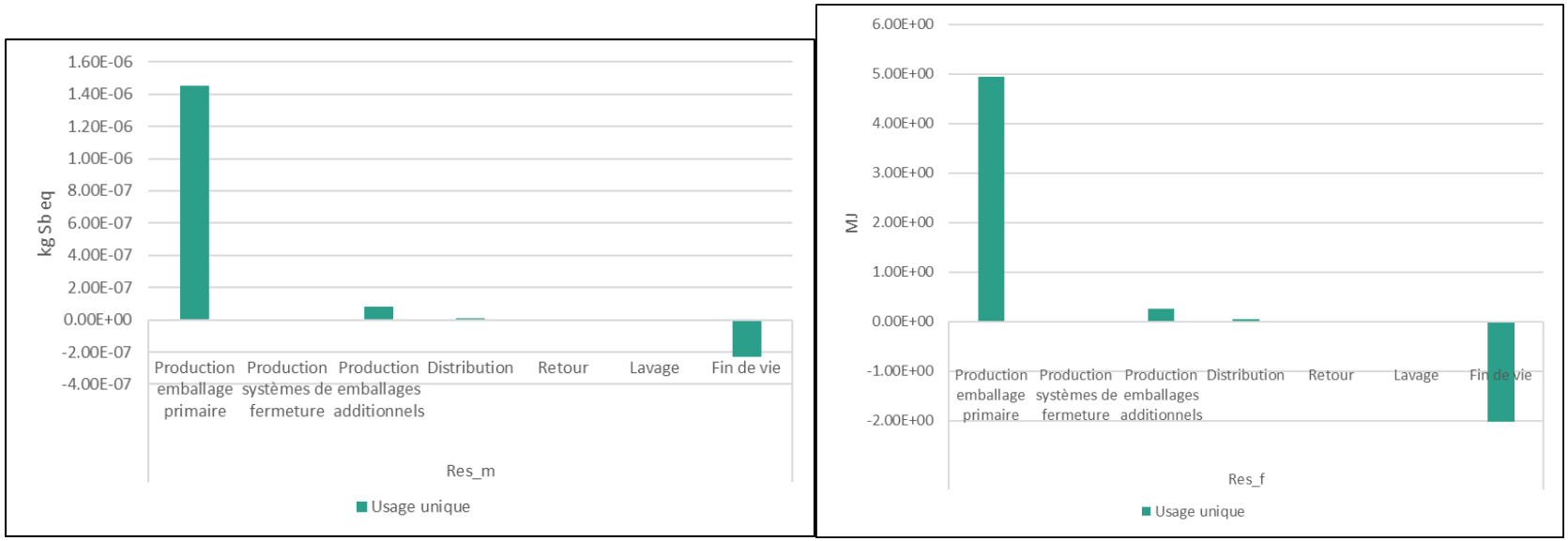


Figure 177 : Option à usage unique (Catégories d'impact : Res_m = Epuisement des ressources minérales et métalliques ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

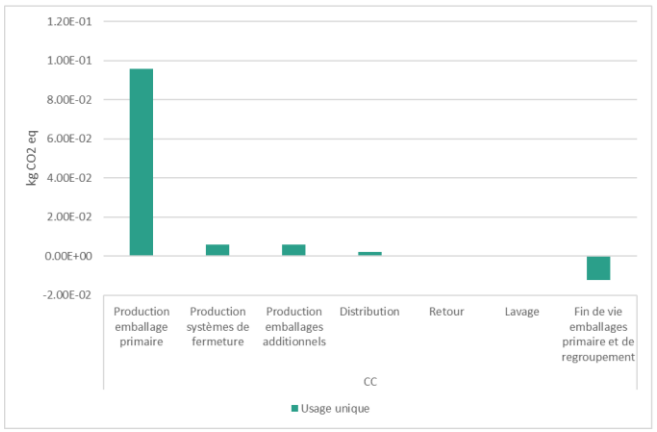
Nombre d'utilisations	Catégories d'impact	Etapes du cycle de vie						
		Production de l'emballage primaire	Production du système de fermeture	Production des emballages additionnels	Distribution	Retour	Lavage	Fin de vie
Usage unique	Changement climatique (kg CO2 eq)	3.58E-01	0.00E+00	1.60E-02	3.38E-03	0.00E+00	0.00E+00	-1.24E-01
	Emission de particules (incidence de maladies)	2.26E-08	0.00E+00	3.58E-09	1.04E-10	0.00E+00	0.00E+00	-1.00E-08
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	1.34E-03	0.00E+00	1.60E-04	1.30E-05	0.00E+00	0.00E+00	-4.93E-04
	Acidification (Moles H+ eq)	2.38E-03	0.00E+00	1.61E-04	8.63E-06	0.00E+00	0.00E+00	-9.04E-04
	Epuisement des ressources minérales et métalliques (kgSb.eq)	1.45E-06	0.00E+00	8.22E-08	1.07E-08	0.00E+00	0.00E+00	1.17E-06
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	4.94E+00	0.00E+00	2.66E-01	4.84E-02	0.00E+00	0.00E+00	-2.10E+00
5 utilisations	Changement climatique (kg CO2 eq)	1.42E-01	8.70E-03	3.37E-02	3.06E-02	3.57E-02	8.85E-03	-9.35E-03
	Emission de particules (incidence de maladies)	5.70E-09	4.92E-10	7.35E-09	9.18E-10	1.07E-09	5.68E-10	-1.89E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	3.08E-04	3.35E-05	3.29E-04	1.16E-04	1.34E-04	3.59E-05	1.23E-04
	Acidification (Moles H+ eq)	6.14E-04	4.85E-05	3.34E-04	7.70E-05	9.30E-05	7.02E-05	4.08E-05
	Epuisement des ressources minérales et métalliques (kgSb.eq)	1.68E-07	1.88E-08	1.72E-07	9.94E-08	1.53E-07	3.80E-07	-1.99E-08
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	1.97E+00	1.47E-01	5.66E-01	4.38E-01	6.04E-01	5.57E-01	-2.49E-01
20 utilisations	Changement climatique (kg CO2 eq)	3.56E-02	8.70E-03	3.37E-02	3.06E-02	3.57E-02	8.85E-03	1.05E-02
	Emission de particules (incidence de maladies)	1.43E-09	4.92E-10	7.35E-09	9.18E-10	1.07E-09	5.68E-10	-1.43E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	7.71E-05	3.35E-05	3.29E-04	1.16E-04	1.34E-04	3.59E-05	7.97E-06
	Acidification (Moles H+ eq)	1.54E-04	4.85E-05	3.34E-04	7.70E-05	9.30E-05	7.02E-05	-2.18E-05
	Epuisement des ressources minérales et métalliques (kgSb.eq)	4.21E-08	1.88E-08	1.72E-07	9.94E-08	1.53E-07	3.80E-07	-2.50E-09
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	4.93E-01	1.47E-01	5.66E-01	4.38E-01	6.04E-01	5.57E-01	-1.22E-01

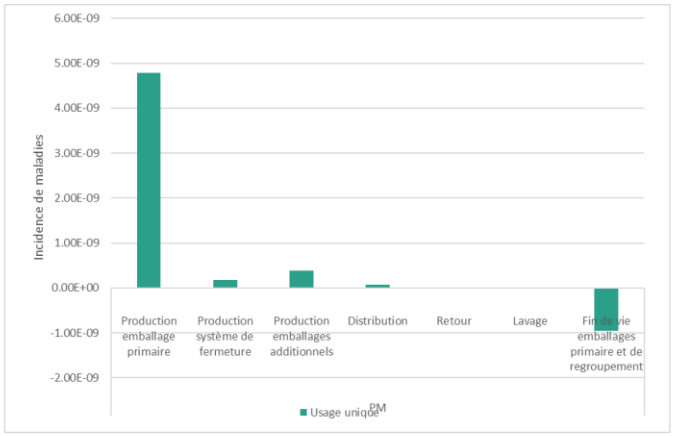
Tableau 111 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact – Scénario 10

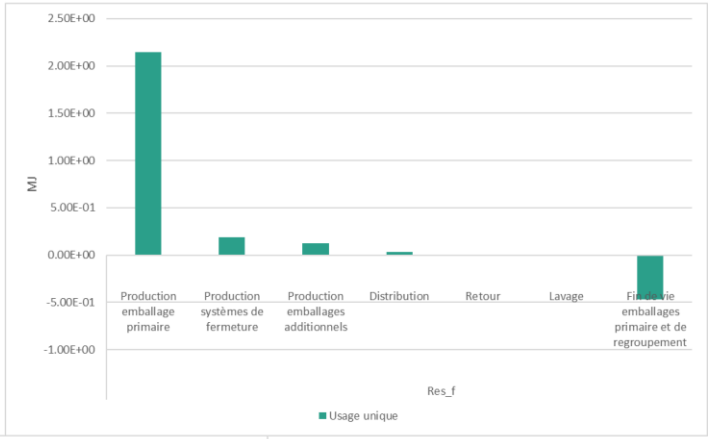
11.5.6. Scénario 11

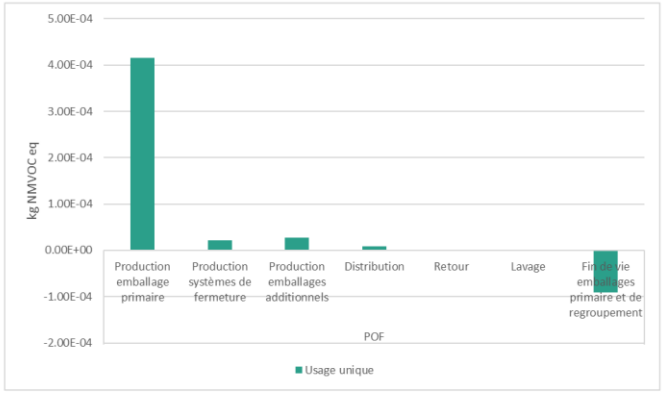


Figure 178 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) – Scénario 11









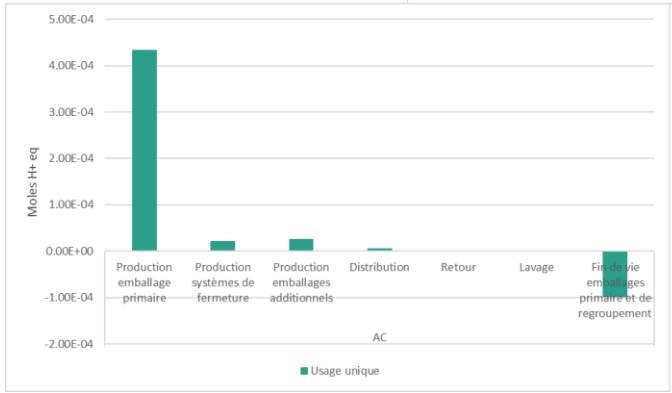
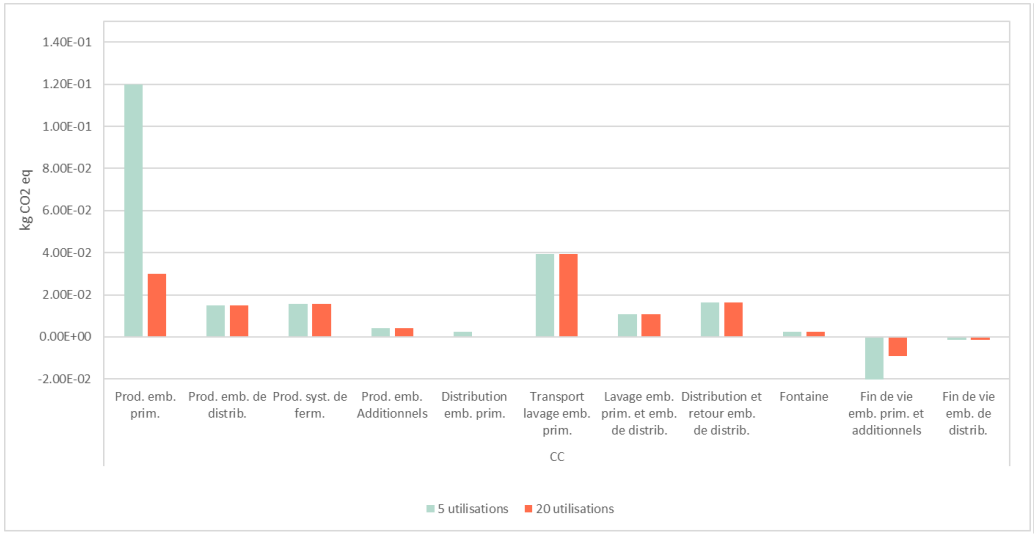


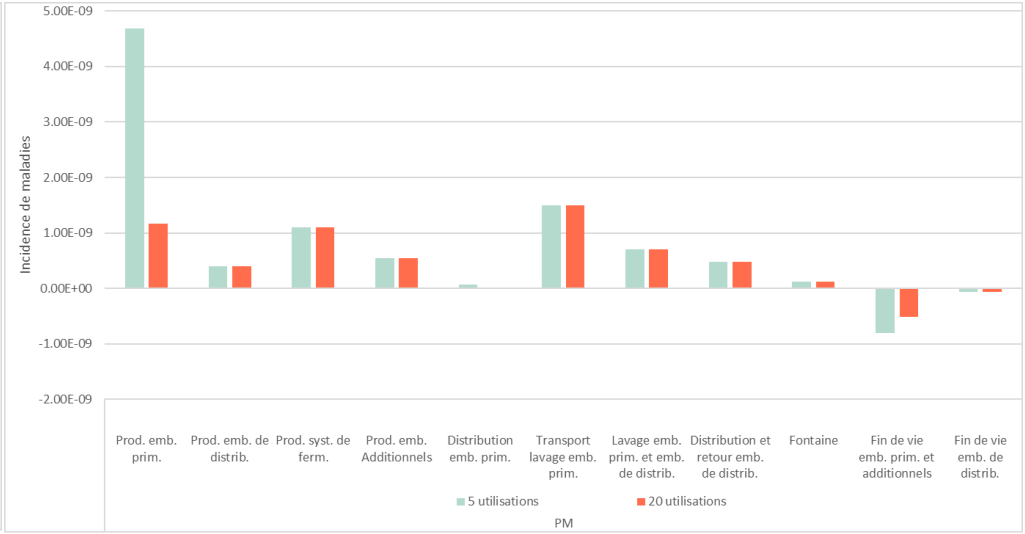
Figure 179 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification, Res_f = Epuisement de ressources fossiles) – Scénario 11

Nombre d'utilisations	Catégories d'impact	Etapes du cycle de vie						
		Production de l'emballage primaire	Production du système de fermeture	Production des emballages additionnels	Distribution	Retour	Lavage	Fin de vie emb. primaire et de regroupement
Usage unique	Changement climatique (kg CO2 eq)	9.58E-02	5.97E-03	4.97E-03	2.13E-03	0.00E+00	0.00E+00	-1.21E-02
	Emission de particules (incidence de maladies)	4.78E-09	1.75E-10	3.84E-10	6.71E-11	0.00E+00	0.00E+00	-9.52E-10
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	4.15E-04	2.10E-05	2.70E-05	8.28E-06	0.00E+00	0.00E+00	-9.15E-05
	Acidification (Moles H+ eq)	4.34E-04	2.24E-05	2.66E-05	5.49E-06	0.00E+00	0.00E+00	-9.84E-05
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	2.15E+00	1.89E-01	1.26E-01	3.05E-02	0.00E+00	0.00E+00	-4.73E-01
5 utilisations	Changement climatique (kg CO2 eq)	8.47E-02	5.97E-03	1.92E-02	1.69E-02	8.08E-03	8.15E-03	-5.37E-03
	Emission de particules (incidence de maladies)	3.14E-09	1.75E-10	8.04E-10	5.05E-10	2.32E-10	4.85E-10	-8.89E-10
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	3.26E-04	2.10E-05	7.45E-05	6.39E-05	3.01E-05	3.09E-05	-7.84E-05
	Acidification (Moles H+ eq)	3.54E-04	2.24E-05	7.90E-05	4.25E-05	2.01E-05	5.78E-05	-8.43E-05
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	2.02E+00	1.89E-01	4.96E-01	2.42E-01	1.16E-01	3.29E-01	-5.27E-01
20 utilisations	Changement climatique (kg CO2 eq)	2.82E-02	5.97E-03	1.92E-02	1.69E-02	8.08E-03	8.15E-03	-7.23E-05
	Emission de particules (incidence de maladies)	1.05E-09	1.75E-10	8.04E-10	5.05E-10	2.32E-10	4.85E-10	-5.26E-10
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	1.09E-04	2.10E-05	7.45E-05	6.39E-05	3.01E-05	3.09E-05	-4.22E-05
	Acidification (Moles H+ eq)	1.18E-04	2.24E-05	7.90E-05	4.25E-05	2.01E-05	5.78E-05	-4.56E-05
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	6.73E-01	1.89E-01	4.96E-01	2.42E-01	1.16E-01	3.29E-01	-3.46E-01

Tableau 112 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 11

11.5.7. Scénario 12





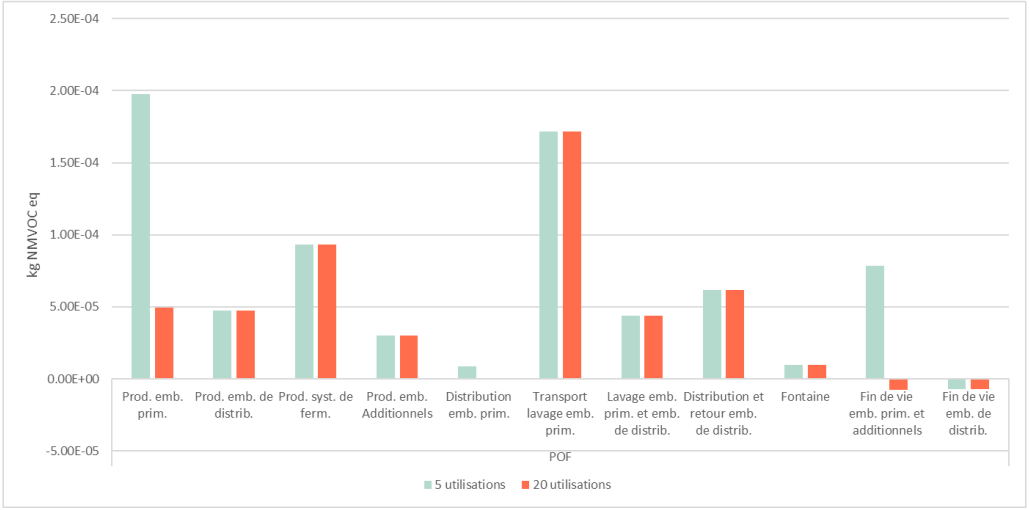


Figure 180 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ;) – Scénario 12



Figure 181 : Option réemployable (Catégories d'impact : AC = Acidification ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) – Scénario 12



Figure 182 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) – Scénario 12

Nombre d'utilisations	Catégories d'impact	Etapes du cycle de vie										
		Production emballage primaire	Production emballage de distribution	Production système de fermeture	Production emballages additionnels	Distribution emballages primaires	Transport vers lavage des emballages primaires	Lavage emballages primaires et de distribution	Distribution et retour emballages de distribution	Production/ utilisation/Fin de vie des fontaines	Fin de vie emballages primaire et de regroupement	Fin de vie emballage de distribution
Usage unique	Changement climatique	9.99E-02	0.00E+00	5.97E-03	4.97E-03	2.17E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.16E-02	0.00E+00
	Emission de particules	4.93E-09	0.00E+00	1.75E-10	3.84E-10	6.83E-11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.03E-09	0.00E+00
	Formation d'ozone photochimique	4.31E-04	0.00E+00	2.10E-05	2.70E-05	8.44E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-9.69E-05	0.00E+00
	Acidification	4.51E-04	0.00E+00	2.24E-05	2.66E-05	5.59E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.04E-04	0.00E+00
	Epuisement des ressources fossiles	2.24E+00	0.00E+00	1.89E-01	1.26E-01	3.11E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-5.11E-01	0.00E+00
5 utilisations	Changement climatique	1.20E-01	1.49E-02	1.56E-02	4.09E-03	2.27E-03	3.94E-02	1.09E-02	1.65E-02	2.38E-03	-2.28E-02	-1.48E-03
	Emission de particules	4.68E-09	3.95E-10	1.11E-09	5.52E-10	6.72E-11	1.50E-09	7.00E-10	4.81E-10	1.17E-10	-8.04E-10	-6.69E-11
	Formation d'ozone photochimique	1.97E-04	4.74E-05	9.33E-05	2.99E-05	8.53E-06	1.72E-04	4.41E-05	6.18E-05	9.88E-06	7.86E-05	-7.08E-06
	Acidification	4.47E-04	6.16E-05	8.91E-05	2.93E-05	5.68E-06	1.12E-04	8.55E-05	4.11E-05	1.49E-05	4.68E-05	-7.46E-06
	Epuisement des ressources fossiles	1.60E+00	3.78E-01	2.18E-01	9.49E-02	3.25E-02	5.77E-01	2.93E-01	2.36E-01	1.53E-01	-1.37E-01	-3.51E-02
20 utilisations	Changement climatique	3.00E-02	1.49E-02	1.56E-02	4.09E-03	1.42E-04	3.94E-02	1.09E-02	1.65E-02	2.38E-03	-9.05E-03	-1.48E-03
	Emission de particules	1.17E-09	3.95E-10	1.11E-09	5.52E-10	4.20E-12	1.50E-09	7.00E-10	4.81E-10	1.17E-10	-5.12E-10	-6.69E-11
	Formation d'ozone photochimique	4.93E-05	4.74E-05	9.33E-05	2.99E-05	5.33E-07	1.72E-04	4.41E-05	6.18E-05	9.88E-06	-7.59E-06	-7.08E-06
	Acidification	1.12E-04	6.16E-05	8.91E-05	2.93E-05	3.55E-07	1.12E-04	8.55E-05	4.11E-05	1.49E-05	-5.45E-06	-7.46E-06
	Epuisement des ressources fossiles	3.99E-01	3.78E-01	2.18E-01	9.49E-02	2.03E-03	5.77E-01	2.93E-01	2.36E-01	1.53E-01	-5.81E-02	-3.51E-02

Tableau 113 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 12

11.5.8. Scénario 13



Figure 183 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique) – Scénario 13



Figure 184 : Option réemployable (Catégories d'impact : AC = Acidification ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) – Scénario 13



Figure 185 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) – Scénario 13

Nombre d'utilisations	Catégories d'impact	Etapes du cycle de vie										
		Production emballage primaire	Production emballage de distribution	Production système de fermeture	Production emballages additionnels	Distribution emballages primaires	Transport vers lavage	Lavage	Distribution emballages de distribution	Production/ utilisation/Fin de vie des fontaines	Fin de vie emballages primaire et de regroupement	Fin de vie emballage de distribution
Usage unique	Changement climatique	1.24E-01	0.00E+00	6.57E-03	6.08E-03	2.38E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.61E-02	0.00E+00
	Emission de particules	5.84E-09	0.00E+00	1.92E-10	4.11E-10	7.46E-11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.28E-09	0.00E+00
	Formation d'ozone photochimique	5.26E-04	0.00E+00	2.31E-05	3.30E-05	9.23E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.22E-04	0.00E+00
	Acidification	5.52E-04	0.00E+00	2.46E-05	3.08E-05	6.11E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.31E-04	0.00E+00
	Epuisement des ressources fossiles	2.81E+00	0.00E+00	2.08E-01	1.83E-01	3.41E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-6.39E-01	0.00E+00
5 utilisations	Changement climatique	1.23E-01	1.13E-02	1.56E-02	4.09E-03	2.05E-03	3.69E-02	5.13E-03	8.68E-03	2.38E-03	-1.98E-02	7.81E-03
	Emission de particules	4.81E-09	1.20E-09	1.11E-09	5.52E-10	6.07E-11	1.41E-09	3.39E-10	2.54E-10	1.17E-10	-6.27E-10	-2.84E-10
	Formation d'ozone photochimique	2.02E-04	6.93E-05	9.33E-05	2.99E-05	7.71E-06	1.61E-04	2.17E-05	3.24E-05	9.88E-06	1.02E-04	-6.34E-06
	Acidification	4.61E-04	6.90E-05	8.91E-05	2.93E-05	5.13E-06	1.05E-04	4.22E-05	2.16E-05	1.49E-05	6.15E-05	-6.87E-06
	Epuisement des ressources fossiles	1.64E+00	2.91E-01	2.18E-01	9.49E-02	2.94E-02	5.40E-01	1.06E-01	1.24E-01	1.53E-01	-1.13E-01	-4.26E-02
20 utilisations	Changement climatique	3.09E-02	1.13E-02	1.56E-02	4.09E-03	1.28E-04	3.69E-02	5.13E-03	8.68E-03	2.38E-03	-5.65E-03	7.81E-03
	Emission de particules	1.20E-09	1.20E-09	1.11E-09	5.52E-10	3.80E-12	1.41E-09	3.39E-10	2.54E-10	1.17E-10	-3.24E-10	-2.84E-10
	Formation d'ozone photochimique	5.05E-05	6.93E-05	9.33E-05	2.99E-05	4.82E-07	1.61E-04	2.17E-05	3.24E-05	9.88E-06	1.30E-05	-6.34E-06
	Acidification	1.15E-04	6.90E-05	8.91E-05	2.93E-05	3.21E-07	1.05E-04	4.22E-05	2.16E-05	1.49E-05	7.42E-06	-6.87E-06
	Epuisement des ressources fossiles	4.11E-01	2.91E-01	2.18E-01	9.49E-02	1.84E-03	5.40E-01	1.06E-01	1.24E-01	1.53E-01	-3.21E-02	-4.26E-02

Tableau 114 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 13

11.5.9. Scénario 14



Figure 186 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; AC = Acidification ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) – Scénario 14



Figure 187 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; AC = Acidification ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) – Scénario 14



Figure 188 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles ; AC = Acidification) – Scénario 14



Figure 189 : Option à usage unique (Catégories d'impact : Res_m = Epuisement des ressources minérales et métalliques ; POF = Formation d'ozone photochimique) – Scénario 14

Nombre d'utilisations	Catégories d'impact	Etapes du cycle de vie						
		Production de l'emballage primaire	Production du système de fermeture	Production des emballages additionnels	Distribution	Retour	Lavage	Fin de vie emb. primaire et de regroupement
Usage unique	Changement climatique (kg CO2 eq)	4.10E-01	0.00E+00	1.51E-03	5.95E-03	0.00E+00	0.00E+00	-7.10E-02
	Emission de particules (incidence de maladies)	2.98E-08	0.00E+00	2.60E-10	1.81E-10	0.00E+00	0.00E+00	-4.28E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	2.48E-03	0.00E+00	1.32E-05	2.27E-05	0.00E+00	0.00E+00	-4.28E-04
	Acidification (Moles H+ eq)	2.40E-03	0.00E+00	1.26E-05	1.51E-05	0.00E+00	0.00E+00	-2.67E-04
	Epuisement des ressources minérales et métalliques (kgSb.eq)	5.93E-05	0.00E+00	6.34E-09	1.87E-08	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-07
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	5.95E+00	0.00E+00	3.32E-02	8.52E-02	0.00E+00	0.00E+00	-4.59E-01
5 utilisations	Changement climatique (kg CO2 eq)	1.18E-01	1.25E-01	3.35E-03	2.28E-02	3.30E-02	1.32E-02	-6.87E-02
	Emission de particules (incidence de maladies)	4.58E-09	8.85E-09	4.25E-10	6.84E-10	9.96E-10	6.85E-10	-3.38E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	1.79E-04	7.46E-04	2.35E-05	8.63E-05	1.24E-04	4.69E-05	-1.89E-04
	Acidification (Moles H+ eq)	4.26E-04	7.12E-04	2.31E-05	5.74E-05	8.62E-05	8.49E-05	-1.21E-04
	Epuisement des ressources minérales et métalliques (kgSb.eq)	1.39E-07	1.75E-05	1.36E-08	7.26E-08	1.42E-07	4.30E-07	5.14E-08
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	1.56E+00	1.74E+00	7.87E-02	3.26E-01	5.65E-01	6.85E-01	-4.64E-01
20 utilisations	Changement climatique (kg CO2 eq)	2.95E-02	1.25E-01	3.35E-03	2.28E-02	3.30E-02	1.32E-02	-5.54E-02
	Emission de particules (incidence de maladies)	1.15E-09	8.85E-09	4.25E-10	6.84E-10	9.96E-10	6.85E-10	-3.09E-09
	Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC eq)	4.47E-05	7.46E-04	2.35E-05	8.63E-05	1.24E-04	4.69E-05	-2.73E-04
	Acidification (Moles H+ eq)	1.07E-04	7.12E-04	2.31E-05	5.74E-05	8.62E-05	8.49E-05	-1.71E-04
	Epuisement des ressources minérales et métalliques (kgSb.eq)	3.48E-08	1.75E-05	1.36E-08	7.26E-08	1.42E-07	4.30E-07	6.32E-08
	Epuisement des ressources fossiles (MJ)	3.89E-01	1.74E+00	7.87E-02	3.26E-01	5.65E-01	6.85E-01	-3.88E-01

Tableau 115 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 14

11.6. Annexe 6 : Evaluation de la qualité des données

11.6.1. Méthodologie

Lors de la réalisation d'une analyse du cycle de vie, la modélisation d'un processus implique d'effectuer des choix entre l'utilisation des données primaires, spécifiques, ou l'utilisation de données secondaires, c'est-à-dire des données d'inventaires issues de bases de données ou d'autres sources.

Ces choix sont réalisés en cohérence avec les objectifs de l'étude, le champ de l'étude, la disponibilité des données et les choix méthodologiques définis dans l'étude. Plusieurs éléments entrent donc dans le choix d'un inventaire comme le besoin en données ayant la meilleure représentativité technologique, géographique et temporelle. Cependant, la cohérence méthodologique est également un point essentiel pour permettre de dresser des conclusions robustes et répondant aux objectifs de l'étude.

Pour répondre à ces choix méthodologiques, il est parfois nécessaire de compléter ou d'adapter la modélisation d'un inventaire de cycle de vie. C'est généralement le cas des traitements de fin de vie (tels que l'incinération) auxquels on ajoute la modélisation de la valorisation énergétique pour que le principe d'extension des frontières du système soit respecté. Plus généralement, les adaptations méthodologiques sont possibles avec les inventaires de cycle de vie dont les données de modélisation sont accessibles (inventaires désagrégés). Les adaptations nécessaires pour le besoin de l'étude ne sont donc pas possibles lorsque l'inventaire de cycle de vie est agrégé (inventaire type « boite noire ») ou lorsque les règles méthodologiques appliquées pour l'inventaire ne sont pas connues (manque de transparence).

L'analyse de la qualité des données permet donc d'appuyer les conclusions de l'étude. Selon la norme ISO 14 044, cette analyse permet une « meilleure compréhension de la fiabilité de l'ensemble des résultats d'indicateurs et du profil de l'évaluation de l'impact ». Cette étape permet de « mieux comprendre la portée, l'incertitude et la sensibilité des résultats » lors de la phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie.

11.6.1.1. Evaluation des données d'inventaire et d'arrière-plan

Une évaluation semi-quantitative est réalisée, par un jugement semi-quantitatif basé sur 5 critères :

- quatre relatifs aux données :
    - représentativité temporelle (TiR) ;
    - représentativité technologique (TeR) ;
    - représentativité géographique (GR) ;
    - complétude (C).
- un relatif à la méthodologie suivie pour l'établissement de l'inventaire :
    - pertinence et cohérence méthodologiques (M).

Cinq niveaux de qualité sont définis pour chaque critère :

- très bon (1) ;
- bon (2) ;
- équitable (3) ;
- faible (4) ;
- très faible (5).

La description des critères est donnée dans le tableau suivant :

TeR	Représentativité technologique	La mesure dans laquelle le jeu de données reflète le périmètre technologique
TiR	Représentativité temporelle	La mesure dans laquelle le jeu de données reflète les conditions particulières du système considéré en ce qui concerne la date/l'âge des données.
GR	Représentativité géographique	La mesure dans laquelle le jeu de données reflète le périmètre géographique
C	Complétude	Ce paramètre évalue le niveau de couverture des catégories d'impacts étudiées par les flux élémentaires listés dans l'inventaire de cycle de vie
M	Pertinence et cohérence méthodologiques	Ce paramètre évalue si les méthodes et les choix méthodologiques appliqués pour l'inventaire de cycle de vie sont compatibles avec le but, le périmètre et la méthodologie de l'étude, en particulier son application prévue pour étayer les décisions/conclusions

Tableau 116 : Critères d'évaluation de la qualité des données

Le critère de représentativité temporelle est basé sur la moyenne des deux sous-critères suivants :

- l'écart entre l'année de référence de l'étude et la fin de la période de validité de l'inventaire de cycle de vie (TiR dataset validity) ;
- l'écart entre l'année de référence de l'étude et l'année de référence de l'inventaire de cycle de vie (TiR reference year).

$$TiR\ (moyen) = \frac{TiR\ dataset\ validity + TiR\ reference\ year}{2}$$

L'évaluation de la pertinence méthodologique est détaillée en Annexe 4.

Les critères de notation des inventaires de cycle de vie sont les suivants :

Note	TiR	TeR	GR	M	C
1	Moins de 2 ans par rapport à l'année de référence ou la fin de la période de validité	La technologie visée par l'étude est exactement la même que celle du jeu de données	Le procédé modélisé dans l'étude se déroule dans le pays représenté dans le jeu de données	Le procédé modélisé dans l'étude respecte toutes règles méthodologiques listées	L'inventaire couvre tous les indicateurs évalués dans l'étude
2	Moins de 5 ans par rapport à l'année de référence ou la fin de la période de validité	La technologie visée par l'étude est couverte par le mix de technologies représenté dans le jeu de données	Le procédé modélisé dans l'étude se déroule dans la zone géographique représentée dans le jeu de données	Le procédé modélisé dans l'étude respecte 7 des 8 règles méthodologiques listées	L'inventaire couvre 90% des indicateurs évalués dans l'étude
3	Moins de 10 ans par rapport à l'année de référence ou la fin de la période de validité	La technologie visée par l'étude est partiellement couverte par le périmètre du jeu de données	Le procédé modélisé dans l'étude se déroule dans une des zones géographiques couverte par le jeu de données	Le procédé modélisé dans l'étude respecte 6 des 8 règles méthodologiques listées	L'inventaire couvre 80% des indicateurs évalués dans l'étude

Note	TiR	TeR	GR	M	C
4	Moins de 15 ans par rapport à l'année de référence ou la fin de la période de validité	La technologie visée par l'étude est similaire à celle du périmètre du jeu de données	Le procédé modélisé dans l'étude se déroule dans une zone géographique qui n'est pas couverte par le jeu de données mais il y a des similarités suffisantes à dire d'expert	Le procédé modélisé dans l'étude respecte 5 des 8 règles méthodologiques listées	L'inventaire couvre 70% des indicateurs évalués dans l'étude
5	Plus de de 15 ans par rapport à l'année de référence ou la fin de la période de validité	La technologie visée par l'étude est différente de celle du périmètre du jeu de données	Le procédé modélisé dans l'étude se déroule dans une zone géographique différente de celle couverte par le jeu de données	Le procédé modélisé dans l'étude respecte moins de 5 règles méthodologiques listées	L'inventaire couvre moins de 70% des indicateurs évalués dans l'étude

Tableau 117 : Critères de notation de la qualité des données

Remarque : Cette grille s'inspire largement des grilles de notation de la qualité des données utilisées pour les études PEF (Product Environemental Footprint) de la Commission Européenne.

La note de qualité obtenue à l'issue de l'évaluation de chaque inventaire permet de juger de la qualité générale de l'étude en fonction des données d'inventaires utilisées :

Cote globale de la qualité des données	Niveau global de qualité des données
≤ 1.6	Excellente qualité
>1.6 et ≤ 2.0	Très bonne qualité
>2.0 et ≤ 3.0	Bonne qualité
>3 et ≤ 4.0	Qualité satisfaisante
>4	Qualité insuffisante

Tableau 118 : Critère d'évaluation de la note globale des inventaires de cycle de vie

A noter que le niveau de qualité général peut cacher des problématiques spécifiques sur certains indicateurs liés à des flux approximativement implémentés dans les inventaires de cycle de vie (incertitude plus élevée sur quelques indicateurs). Par ailleurs, les méthodes de caractérisation évoluent et la pertinence des résultats dépend des méthodes disponibles à la date de création de l'inventaire.

11.6.1.2. Evaluation des données primaires modélisées

Une méthode qualitative d'évaluation de la qualité des données primaires utilisées dans la modélisation est également considérée. Les données primaires font notamment référence aux valeurs considérées pour les paramètres modélisés, notamment sur base de collectes de données auprès d'acteurs sectoriels, d'analyse de la littérature, d'hypothèses formulées à dire d'expert, ou d'échanges avec les membres du Comité de Suivi ou de la Revue Critique de l'étude.

Cette étude présente la particularité de considérer des plages de valeurs pour la modélisation de paramètres sensibles et influents, en vue d'identifier des points de basculement de conclusion au sein des comparaisons entre options à usage unique et réemployables. Ces gammes de valeurs étant basées sur des collectes de données qui avaient pour but de couvrir une grande diversité de situations réelles (et non d'identifier des tendances, distributions ou valeurs moyennes), il est considéré que les données utilisées à cet égard sont de bonne qualité, du fait qu'elles englobent à priori une grande majorité des cas de figure étudiés. L'évaluation des données primaires est mise en perspective avec l'influence relative des paramètres concernés sur les résultats produits (appréciée conjointement pour les différents scénarios et les options réemployables et à usage unique).

L'évaluation de la qualité des données suit donc les deux grilles de lecture suivantes :

Influence relative estimée des données considérées sur les résultats obtenus	
Influence majeure sur les résultats	
Influence modérée sur les résultats	
Influence faible sur les résultats	

Evaluation à dire d'expert des données utilisées dans la modélisation	
Données de bonne qualité	+ + +
Données de qualité moyenne à suffisante	+ +
Données de faible qualité	+

11.6.2. Evaluation de la qualité des données

11.6.2.1. Données d'inventaire et d'arrière-plan

11.6.2.1.1. Données liées à la production des emballages

ICV	Inventaires sélectionnés	TiR	TeR	GR	M	C
Production des emballages primaires en verre (bouteilles et pots/bocaux) et de leurs systèmes de fermeture	Container glass, virgin (provided by FEVE) - EU28 + EFTA	3	1	2	2	1
	Container glass, ER, Recycled Content 100% (provided by FEVE) - Aggregated - EU 27	3	1	2	2	1
	ICV de production du PEhd	3	2	2	1	1
	ICV de production de l'acier	1	2	2	1	1
	Liège : Cork slab production - RER	4	1	2	1	1
	ICV de production de l'aluminium	3	1	2	1	1

Tableau 119 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la production des emballages primaires réemployables et de leurs systèmes de fermeture

ICV	Inventaires sélectionnés	TiR	TeR	GR	M	C
Production des canettes en aluminium	ICV de production de l'aluminium	3	1	2	1	1
Production des bouteilles et bonbonnes en PET	Blow moulding - RER	4	1	2	1	1
	Injection moulding - RER	4	1	2	1	1
	polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade - RER	2	1	2	1	1
	polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade, recycled - RER	2	1	2	1	1

Production des pots en polystyrène	extrusion of plastic sheets and thermoforming, inline - FR	3	1	1	1	1
	polystyrene production, general purpose - RER	3	1	2	1	1
	polyethylene production, high density, granulate, recycled - Europe without Switzerland	3	3	2	1	1
Production des barquettes en polypropylène	Injection moulding - RER	4	1	2	1	1
	polypropylene production, granulate - RER	3	1	2	1	1
	polyethylene production, high density, granulate, recycled - Europe without Switzerland	4	3	2	1	1
Production des boîtes de conserve en acier	ICV de production de l'acier	1	1	2	1	1
Production des bag-in-box	ICV de production de la poche plastique	3	3	2	1	1
	ICV de production du carton	2	1	2	1	1

Tableau 120 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la production des emballages primaires à usage unique et de leurs systèmes de fermeture

ICV	Inventaires sélectionnés	TiR	TeR	GR	M	C
Production des emballages de regroupement en film PEbd	polyethylene production, low density, granulate - RER	3	2	2	1	1
	Packaging film production, low density polyethylene – RER	3	1	2	3	1
	acrylic binder production, product in 34% solution state - RER	4	3	2	1	1
	Extrusion, plastic film - RER	3	1	2	1	1
Production des emballages de regroupement en carton	containerboard production, linerboard, kraftliner - RER	2	1	2	1	1
	containerboard production, linerboard, testliner - RER	2	1	2	1	1

Tableau 121 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la production des emballages de regroupement

ICV	Inventaires sélectionnés	TiR	TeR	GR	M	C
Production des palox en PEhd	ICV de production du PEhd	4	1	2	1	1
Production des palettes en bois	EUR-flat pallet production - RER	4	1	2	1	1
Production du film de palettisation en PEbd	polyethylene production, low density, granulate - RER	4	2	2	1	1
	Extrusion, plastic film - RER	3	1	2	1	1

Production des intercalaires en carton	containerboard production, linerboard, kraftliner - RER	2	1	2	1	1
	containerboard production, linerboard, testliner - RER	2	1	2	1	1

Tableau 122 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la production des emballages de transport

11.6.2.1.2. Données liées à la distribution

ICV	Inventaires sélectionnés	TiR	TeR	GR	M	C
Production et utilisation des camions (EURO 3-6, de charge utile 24t)	ICV de transport routier basé sur COPERT 5	3	1	2	1	1
	market for diesel, low-sulfur - Europe without Switzerland	4	2	2	1	1

Tableau 123 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser les infrastructures de transport et le transport routier

11.6.2.1.3. Données liées aux processus de lavage

ICV	Inventaires sélectionnés	TiR	TeR	GR	M	C
Consommation d'eau	Market for tap water - Europe without Switzerland (w/ water flows adapted)	3	1	2	2	1
	Market for wastewater, average - Europe without Switzerland (w/ water flows adapted)	3	1	2	2	1
Consommation d'électricité	market for electricity, low voltage - FR	2	1	1	1	1
Consommation de détergent	ICV de production du détergent de lavage	3	1	3	1	1
	ICV de production du détergent de rinçage	2	2	3	1	1
Production des infrastructures et équipements de lavage	ICV de production de machine à laver	3	1	3	1	1

Tableau 124 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser les processus et infrastructures de lavage

11.6.2.1.4. Données liées à la fin de vie des emballages

ICV	Inventaires sélectionnés	TiR	TeR	GR	M	C
Fin de vie des emballages primaires en verre (bouteilles, pots) et de leurs systèmes de fermeture	Container glass, virgin (provided by FEVE) - EU28 + EFTA	3	1	2	2	1
	Container glass, ER, Recycled Content 100% (provided by FEVE) - Aggregated - EU 27	3	1	2	2	1
	treatment of waste glass, municipal incineration - CH	4	1	4	1	1
	treatment of waste glass, inert material landfill - CH	4	1	4	1	1
	ICV de fin de vie du PEhd	1	2	1	1	1
	ICV de fin de vie de l'acier	1	1	2	1	1
	ICV de fin de vie du liège	3.5	3	2	1	1
	ICV de fin de vie de l'aluminium	3.5	1	2	1	1

Tableau 125 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la fin de vie des emballages primaires réemployables en verre et de leurs systèmes de fermeture

ICV	Inventaires sélectionnés	TiR	TeR	GR	M	C
Fin de vie des canettes en aluminium	ICV de fin de vie de l'aluminium	3	1	1	1	1
Fin de vie des bouteilles en PET	treatment of waste polyethylene terephthalate, municipal incineration - CH	3	1	4	1	1
	treatment of waste polyethylene terephthalate, sanitary landfill - CH	4	1	4	1	1
	polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade – RER/RoW	3	1	2	1	1
	Plastique recyclé mécaniquement, rPET – FR (SRP)	1	1	1	1	1
Fin de vie des pots en polystyrène	treatment of waste polystyrene, municipal incineration - CH	3	1	4	1	1
	treatment of waste polystyrene, sanitary landfill - CH	4	1	4	1	1
	polystyrene production, general purpose - RER	3	1	2	1	1
	polyethylene production, high density, granulate, recycled - Europe without Switzerland	3	3	2	1	1
Fin de vie des barquettes en polypropylène	treatment of waste polypropylene, municipal incineration - CH	3	1	4	1	1
	treatment of waste polypropylene, sanitary landfill - CH	4	1	4	1	1
	polypropylene production, granulate - RER	3	1	2	1	1
	polyethylene production, high density, granulate, recycled - Europe without Switzerland	3	3	2	1	1
Fin de vie des boîtes de conserve en acier	ICV de fin de vie de l'acier	1	1	2	1	1

Tableau 126 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la fin de vie des emballages primaires à usage unique et de leurs systèmes de fermeture

ICV	Inventaires sélectionnés	TiR	TeR	GR	M	C
Fin de vie des caisses en PEhd	ICV de fin de vie du PEhd	1	1	1	1	1
Fin de vie des emballages de regroupement en film PEbd	Plastique recyclé mécaniquement, rPEBD– FR (SRP)	1	1	1	1	1
	Packaging film production, low density polyethylene – RER	3	1	2	3	1
	treatment of waste polyethylene, municipal incineration - CH	3	1	3	1	1
	treatment of waste polyethylene, sanitary landfill - CH	4	1	3	1	1
	treatment of waste polypropylene, sanitary landfill - CH	4	2	3	1	1
	treatment of waste polypropylene, municipal incineration - CH	3	2	3	1	1
	treatment of waste polystyrene, municipal incineration - CH	3	3	3	1	1
	treatment of waste polystyrene, sanitary landfill - CH	3	3	3	1	1
Fin de vie des emballages de regroupement en carton	ICV de fin de vie du carton	2	1	3	1	1

Tableau 127 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la fin de vie des emballages de regroupement

ICV	Inventaires sélectionnés	TiR	TeR	GR	M	C
Fin de vie des palox en PEhd	ICV de fin de vie du PEhd	3	2	2.5	1	1
Fin de vie des palettes en bois	ICV de fin de vie du bois	3.5	1	2.5	1	1
Fin de vie du film de palettisation en PEbd	Plastique recyclé mécaniquement, rPEBD– FR (SRP)	1	1	1	1	1
	Packaging film production, low density polyethylene – RER	3	1	2	3	1
	treatment of waste polyethylene, municipal incineration - CH	3	1	3	1	1
	treatment of waste polyethylene, sanitary landfill - CH	4	1	3	1	1
Fin de vie des intercalaires en carton	ICV de fin de vie du carton	2	1	3	1	1

Tableau 128 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la fin de vie des emballages de transport

ICV	Inventaires sélectionnés	TiR	TeR	GR	M	C
Revalorisation énergétique	market for electricity, high voltage - FR	2	1	1	1	1
	heat production, natural gas, at boiler condensing modulating >100kW - Europe without Switzerland	4	1	2	1	1
	heat production, light fuel oil, at boiler 100kW, non-modulating - Europe without Switzerland	5	1	2	1	1
	heat production, at hard coal industrial furnace 1-10MW - Europe without Switzerland	5	1	2	1	1

Tableau 129 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la revalorisation énergétique des matériaux en fin de vie

11.6.2.2. Données primaires

11.6.2.2.1. Données liées à la caractérisation des emballages

Processus considérés	Données	Evaluation de la qualité	Commentaires éventuels
Caractéristiques des emballages primaires (pour tous les scénarios)	Masse des emballages	+ + +	Gammes de valeurs
	Choix des matériaux constitutifs des systèmes de fermeture	+ +	Simplification occasionnelle basée sur les standards industriels
	Masse des systèmes de fermeture	+ + +	Gammes de valeurs
	Nombre d'utilisations des contenants réemployés	+ + +	Gammes de valeurs
	Facteur d'augmentation de masse lié au réemploi du verre	+ + +	Gammes de valeurs
	Ratio volumique des contenants	+ + +	Gammes de valeurs
Caractéristiques des emballages de regroupement (pour tous les scénarios)	Masse des emballages	+ + +	Gammes de valeurs
	Choix des matériaux constitutifs des emballages	+ +	Simplification occasionnelle basée sur les standards industriels
	Masse des systèmes de fermeture	+ + +	Gammes de valeurs
	Ratio volumique des contenants	+ + +	Gammes de valeurs

Tableau 130 : Evaluation de la qualité des données primaires utilisées pour caractériser les emballages modélisés

Processus considérés	Données	Evaluation de la qualité	Commentaires éventuels
Distances de transport	Distance séparant la production et la transformation des matières premières	+ + +	Gammes de valeurs
	Distance séparant la production et l'embouteillement des contenants	+ + +	Gammes de valeurs
	Distance séparant l'usine des centres de distribution	+ + +	Gammes de valeurs
	Distance séparant les centres de distribution des commerces et CHR	+ + +	Gammes de valeurs
	Distance séparant les commerces des ménages	+ + +	Gammes de valeurs
	Distance de transport en bulk (scénario 4)	+ + +	Gammes de valeurs
	Distance de transport vers le traitement final	+ + +	Gammes de valeurs
Types de camions considérés	Choix des normes EURO utilisées	+ +	Gammes de valeurs
	Choix des gabarits de camions sur base du degré d'urbanisation	+ +	Simplification basée sur des retours d'acteurs sectoriels
Caractéristiques de chargement des camions	Taux de remplissage	+ + +	Gammes de valeurs
Données liées à la déconsignation	Consommation électrique liée à la déconsignation	+ +	Trop peu de données d'inventaire pour construire une gamme de valeur représentative de toutes les réalités de terrain

Tableau 131 : Evaluation de la qualité des données primaires utilisées pour caractériser les étapes de transport

Processus considérés	Données	Evaluation de la qualité	Commentaires éventuels
Lavage industriel des contenants (par un centre de lavage dédié ou par l'embouteilleur)	Consommation d'eau	+ + +	Collecte de données
	Consommation d'électricité	+ + +	Collecte de données
	Consommation de gaz naturel	+ + +	Collecte de données - Influence du gaz naturel évaluée en analyse de sensibilité transversale
	Consommation de produits de nettoyage (détergents, neutralisants, etc.)	+ +	Collecte de données et LCA pour directives EUP et ERP
	Capacité de lavage	+ +	Collecte de données
Lavage en machine par le particulier	Consommation d'eau	+ +	Gammes de valeurs basées sur des données de littérature
	Consommation d'électricité	+ +	Gammes de valeurs basées sur des données de littérature
	Consommation de produits de nettoyage (détergents, neutralisants, etc.)	+ +	Gammes de valeurs basées sur des données de littérature
	Composition des produits de nettoyage (détergents, neutralisants, etc.)	+	
	Capacité de lavage	+ + +	Gammes de valeurs basées sur des données industrielles
	Nombre de lavages annuel	+ + +	Gammes de valeurs basées sur des données industrielles
Lavage à l'évier par le particulier	Consommation d'eau	+ +	Gammes de valeurs basées sur des données de littérature
	Consommation d'électricité	+ +	Gammes de valeurs basées sur des données de littérature
	Consommation de produits de nettoyage (détergents, neutralisants, etc.)	+ +	Gammes de valeurs basées sur des données de littérature
	Composition des produits de nettoyage (détergents, neutralisants, etc.)	+	
	Capacité de lavage	+ + +	Gammes de valeurs basées sur des données industrielles
	Nombre de lavages annuel	+ + +	Gammes de valeurs basées sur des données industrielles
	Température de chauffage de l'eau courante	+ +	Hypothèse sur valeur moyenne

Tableau 132 : Evaluation de la qualité des données primaires utilisées pour caractériser les processus de lavage modélisés

11.7. Annexe 7 : Données de benchmarking

Tonnages liés aux catégories de produits

En amont de la construction des scénarios (et de la caractérisation des emballages et schémas logistiques) étudiés dans la modélisation, un recensement des données de gisements et de mises en marché des différentes catégories de produits a été réalisé, et ce de manière distincte pour les emballages en verre, et pour les emballages constitués d'autres matériaux. Ce travail a permis d'identifier les principaux segments de marché devant être représentés de manière générique à travers l'étude, pour que celle-ci puisse être extrapolable et transposable au plus grand nombre possible de situations de marché réelles.

Les données résultant de cette collecte sont reprises dans les tableaux ci-dessous :

Produits	Tonnages verre	Dont usage unique	Système de réemploi existant
Bières et cidres	**931 000 t**	916 736 t (98.5%)	Bouteilles consignées (CHR et à échelle régionale pour particuliers, Allemagne, Belgique…)
Vins	**~545 000 t**	535 867 t (98.5%)	Bouteilles consignées (à l'échelle régionale pour particuliers)
Autres boissons alcoolisées (Champagnes, spiritueux…)	**~590 000 t**	~590 000 t (~100%)	Expérimental pour les produits de masse (Loop)
Produits d'épicerie (secs/semi-liquides)	**~393 000 t**	Non disponible	Bocaux consignés (à échelle régionale pour particuliers)
Jus et sodas	**113 955 t**	100 071 t (87.5%) → Réemploi plus faible pour les jus que pour les sodas et limonades	Bouteilles consignées (CHR et à échelle régionale pour particuliers)
Eau	**91 164 t**	~6 000 t (~6.5%)	Bouteilles consignées (CHR, Alsace pour les particuliers, Allemagne)
Produits d'épicerie (huiles et vinaigres)	~73 000 t	Non disponible	Bouteilles consignées à échelle régionale pour particuliers (rare)
Yaourts et assimilés	34 077 t	Non disponible	Pots consignés à échelle régionale pour particuliers (rare)
Lait	9 000 t	~9 000 t (contraintes sanitaires liées au produit)	Uniquement pour le lait non UHT (rare)
Autres (non-alimentaires, produits frais…)	47 000 t	Non disponible	Ponctuels et locaux, rares
Total	~2 827 kT	> 1559 kT	

Tableau 133 : Données de tonnages de verre liés aux emballages réemployables et à usage unique en verre pour différentes catégories de produits, annuellement mis en marché en France

Produits	Tonnages emballages hors verre	Dont usage unique	Matériaux hors verre	Système de réemploi verre existant
Eau	**228 858 t**	~228 858 t (~100%)	PET, aluminium	Bouteilles consignées (CHR, Alsace pour les particuliers, Allemagne)
Jus et sodas	**196 457 t**	~196 457 t (~100%)	Aluminium, PET, acier briques carton	Bouteilles consignées (CHR et à échelle régionale pour particuliers)
Produits d'épicerie (conserves)	**~150 000 t**	~150 000 t (~100%)	Acier	Bocaux consignés (à échelle régionale pour particuliers)
Yaourts et assimilés	**60 097 t**	Non disponible	PP, PS, terre cuite	Pots consignés à échelle régionale pour particuliers (rare)
Contenants de restauration	**230 000 t**	~230 000 t (~100%)	Carton/papier, aluminium, PET	Expérimentations en cours (Charte de la restauration livrée)
Produits d'épicerie (hors conserves)	**~359 000 t**	~359 000t (~100%)	Carton, PET, papier	Pots consignés en service vrac (Drive tout nu)
Produits frais (hors yaourts et assimilés)	466 120 t	~466 120 t (~100%)	Divers	Sytèmes ponctuels et régionaux de consigne
Lait	79 612 t	~79 612 (~100%)	PS, carton, PET	Uniquement pour le lait non UHT
Boissons alcoolisées	70 073 t	~ 70 073 t (~100%)	Aluminium, acier, PET	Cf bière, vin et spiritueux (volet A)
Autres produits non-industriels (hygiène, équipements, économat, pharma, textile…)	847 500 t	~847 500 t (~100%)	Divers	Aucun système connu
Total (produits ménagers et CHR, hors emballages industriels)	~2 687 kT	~2 687 kT		

Tableau 134 : Données de tonnages de verre liés aux emballages réemployables et à usage unique en matériaux hors verre pour différentes catégories de produits

Systèmes logistiques

Des typologies de schémas logistiques ont été identifiés en France et à l'étranger lors de la collecte de données. Cet exercice a eu pour vocation d'identifier des éléments constitutifs qui caractérisaient et distinguaient ces typologies entre elles, et de les lister sous forme de paramètres "déterminants" (ou discrets), qui permettent de caractériser les différents scénarios, et de paramètres "influents" (continus) qui sont soumis à des analyses de sensibilité au sein de chaque scénario.

Certains des schémas logistiques identifiés lors du benchmarking sont représentés ci-dessous :

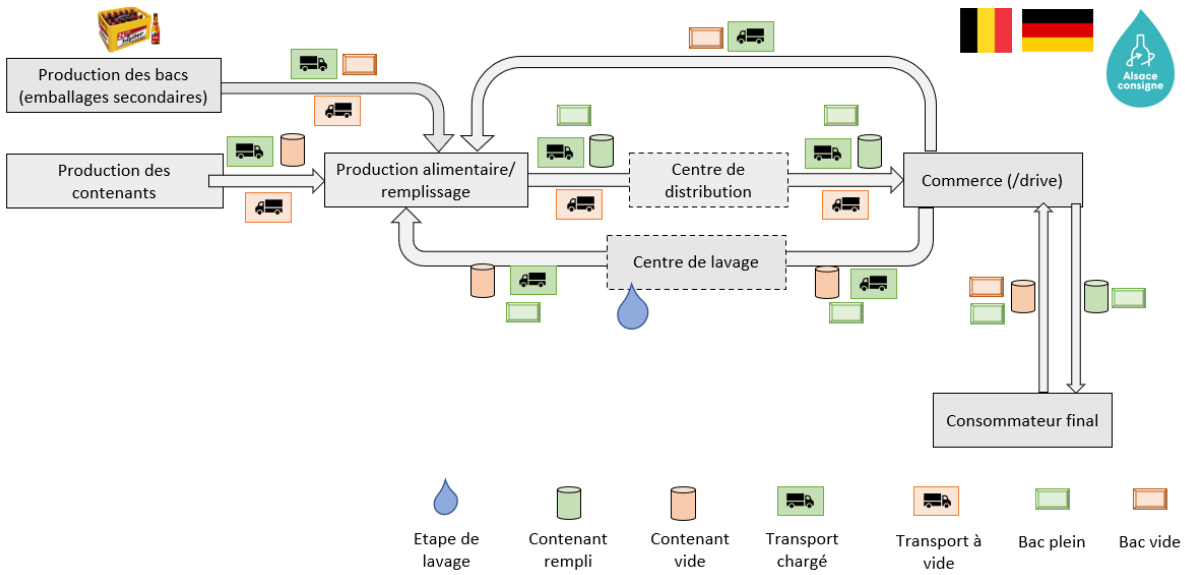


Figure 190 : Schéma logistique de consigne de bouteilles en verre distribuées en bacs consignés aux particuliers

La Figure 190 présente un système de distribution de bouteilles en verre consignées aux particuliers, vendues en bacs en PEhd également consignés. Ce système correspond notamment à la distribution de bouteilles d'eaux en France (via Alsace Consigne) et en Allemagne, et de bières, eaux et sodas en Belgique [2, 103]. A noter, dans la plupart de ces cas de figure, le lavage est effectué en centre de lavage dédié.

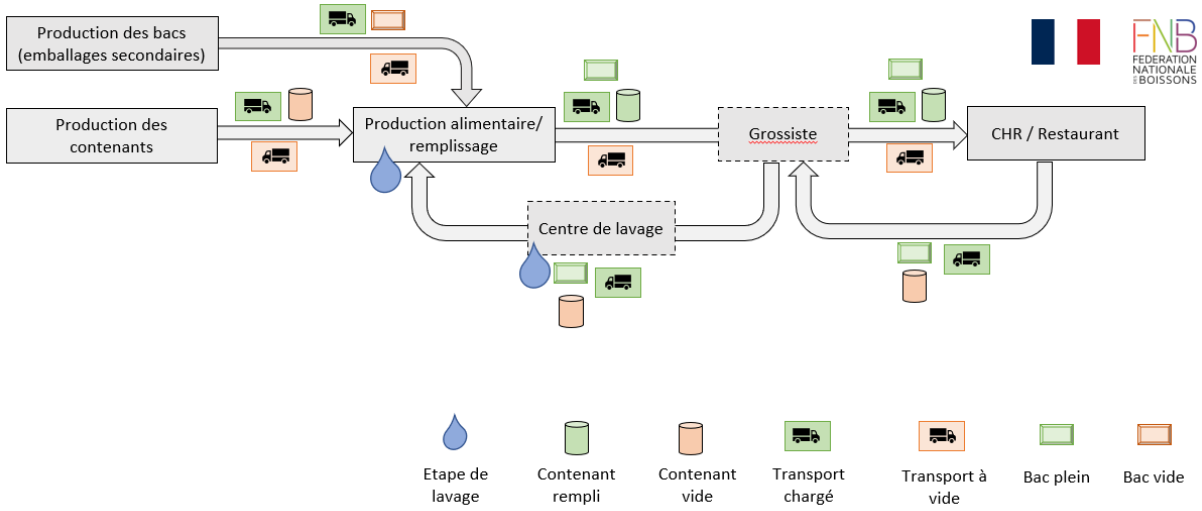


Figure 191 : Schéma logistique de consigne de bouteilles en verre distribuées en bacs consignés aux CHR

La Figure 191 présente un système de distribution de bouteilles en verre consignées aux établissements CHR, vendues en bacs en PEhd également consignés, et distribuées et retournées au producteur par l'intermédiaire d'un grossiste[2, 103]. Le lavage peut avoir lieu en centre de lavage dédié ou sur le site d'embouteillage.

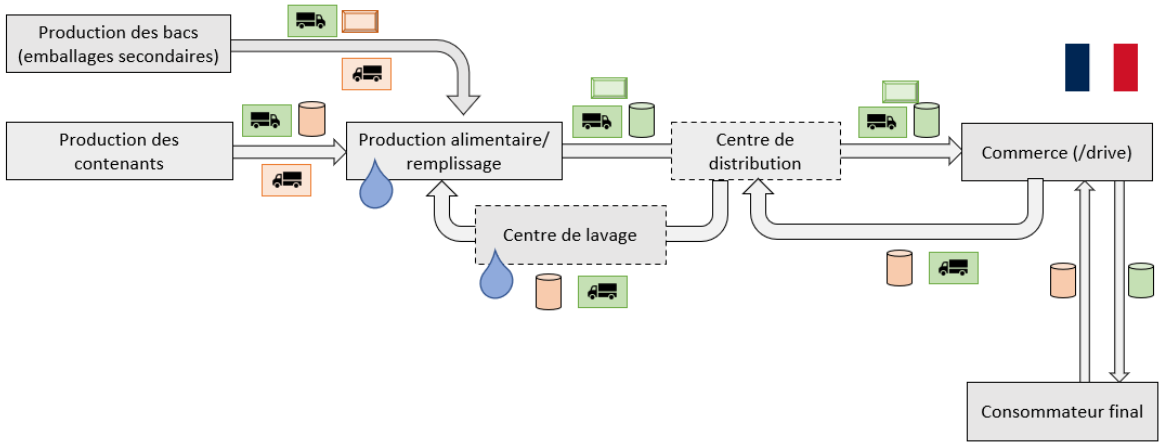


Figure 192 : Schéma logistique de consigne de bouteilles en verre distribuées aux particuliers sans emballage de regroupement réemployable

La Figure 192 représente la distribution de bouteilles en verre réemployables aux particuliers, via des emballages de regroupement à usage unique (par exemple en carton) [2,].

11.8. Annexe 8 : Données brutes collectées pour les emballages modélisés

11.8.1. Volet B1

Données relatives aux bouteilles réemployables en verre

Note : les pesées d'emballages de regroupement à usage unique (carton) et réemployables (caisse PEhd) ont été utilisées pour déterminer les gammes de valeurs de masse et de ratios volumiques des emballages de regroupement utilisés pour modéliser les options à unique des scénarios 7 et 10 et l'option réemployable du scénario 11 (respectivement).

Produit	Matériau	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg /	Masse opercule (k	Carbona	Réempl	Emb. Sec	Masse emb. Sec (kg)	Masse (kg/ l	Ratio volumique (L/L)	Source	Infos complémentaires
Vin	Verre	0.75	0.2445	0.326		Non	Oui					11	
Jus	Verre	1	0.37	0.37	0.004	Non	Non					68	
Jus	Verre	1	0.375	0.375	0.004	Non	Oui					68	
Vin	Verre	0.75	0.3255	0.434	0.0043	Non	Non					11	
Eau	Verre	1	0.452	0.452	0.0014							1	
Spiritueux	Verre	0.75	0.34275	0.457			Oui					68	
Eau	Verre	1	0.475	0.475	0.002		Oui					67	
Eau	Verre	0.75	0.40725	0.543	0.00187		Non					67	
Vin	Verre	0.75	0.402	0.546		Non	Non					68	Bouteille vin Mondeuse
Vin	Verre	0.75	0.40725	0.554	0.004	Non	Non					11	
Eau	Verre	0.75	0.41775	0.557			Non					32	
Vin	Verre	0.75	0.41	0.557		Non	Non					68	Bouteille vin Vila Jardim
Vin	Verre	0.75	0.43	0.557		Non	Non					68	
Spiritueux	Verre	0.75	0.41175	0.559			Non					68	
Eau	Verre	0.75	0.41625	0.555	0.002		Oui					67	
Vin	Verre	0.75	0.491	0.573		Non	Non					68	Bouteille vin Viron
Vin	Verre	0.75	0.447	0.596		Non	Non					68	
Eau	Verre	0.5	0.3	0.6	0.002		Oui					67	
Jus	Verre	1	0.6	0.6	0.00155	Non	Oui					11	
Bière	Verre	0.75	0.45975	0.613		Oui	Non	Carton		0.4		36	
Bière	Verre	0.33	0.20328	0.616		Oui	Non					11	
Eau	Verre	1	0.62	0.62			Oui	Caisse HDPE				32	
Bière	Verre	0.355	0.221	0.623		Oui	Non					68	Bouteille Corona 0.355
Eau	Verre	1	0.625	0.625	0.002		Oui					67	
Bière	Verre	0.33	0.20658	0.626		Oui	Non					11	
Bière	Verre	0.33	0.2079	0.63		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (long neck basse à vis)
Bière	Verre	0.33	0.209	0.6333			Non	Cartonnette	0.0115	0.008712		68	Collerette en carton
Eau	Verre	0.75	0.48	0.64	0.00187		Non					67	
Eau	Verre	0.33	0.21285	0.645	0.00187		Non					67	
Eau	Verre	0.5	0.325	0.65	0.00187		Non					67	
Eau	Verre	0.5	0.3275	0.655	0.00205		Non					1	
Vin	Verre	0.75	0.572	0.655		Non	Non					68	Bouteille vin La Chapelle
Bière	Verre	0.33	0.2178	0.66		Oui	Oui					83	Bouteille bière réutilisable (sud flasche)
Bière	Verre	0.33	0.2178	0.66		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (Long neck basse verre brun)
Bière	Verre	0.75	0.50025	0.667		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (Couronne 29)
Bière	Verre	0.33	0.221	0.67		Oui	Non					68	Bouteille Desperados 0.33
Eau	Verre	0.33	0.22176	0.672			Non					32	
Bière	Verre	0.341	0.229834	0.674		Oui	Non					11	
Bière	Verre	0.341	0.229834	0.674		Oui	Non					11	

Figure 193 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment – Bouteilles en verre - Scénarios 6 et 10 (1/4)

Produit	Matériau	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg /	Masse opercule (k	Carbona	Réempl	Emb. Sec	Masse emb. Sec (kg)	Masse (kg/ l	Ratio volumique (L/L)	Source	Infos complémentaires
Bière	Verre	0.33	0.22308	0.676		Oui	Non					11	
Spiritueux	Verre	0.75	0.5145	0.686			Non					68	
Bière	Verre	0.33	0.228	0.691								68	Bouteille Grimbergen 0.33
Bière	Verre	0.25	0.175	0.7		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (Long neck basse verre blanc)
Vin	Verre	0.75	0.527	0.702		Non	Non					68	Bouteille vin Casillero del diablo
Soda	Verre	0.5	0.355	0.71		Oui	Non					68	
Soda	Verre	0.2	0.142	0.71		Oui	Non					68	
Soda	Verre	0.2	0.143	0.715		Oui	Non					68	
Vin	Verre	0.75	0.402	0.716		Non	Non					68	Bouteille vin Le Cazot
Eau	Verre	0.5	0.36	0.72	0.00205		Oui					1	
Eau	Verre	0.75	0.54525	0.727	0.002		Oui					67	
Vin	Verre	0.75	0.54975	0.733		Non	Oui					70	
Bière	Verre	0.25	0.56025	0.74		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (Long neck basse verre brun)
Bière	Verre	0.75	0.56025	0.747	0.0028	Oui	Oui					2	
Bière	Verre	0.75	0.56025	0.747		Oui	Oui					83	Bouteille bière à usage unique (Couronne 26)
Bière	Verre	0.75	0.56025	0.747		Oui	Oui					83	Bouteille bière à usage unique (Mousseux double ré)
Bière	Verre	0.75	0.56025	0.747		Oui	Non					2	
Bière	Verre	0.75	0.56025	0.747		Oui	Non					83	
Bière	Verre	0.75	0.56025	0.747		Oui	Non					2	
Eau	Verre	1	0.75	0.75				Caisse HDPE	1.5	0.25		11	
Bière	Verre	0.33	0.24981	0.757	0.00205	Oui	Non					1	
Eau	Verre	0.5	0.38	0.76			Oui	Caisse HDPE				32	
Eau	Verre	0.5	0.38	0.76	0.002		Oui					67	
Soda	Verre	0.25	0.19	0.76		Oui	Non					32	
Bière	Verre	0.75	0.57	0.76		Oui	Oui	Carton		0.4		83	Bouteille bière à usage unique (Liège)
Bière	Verre	0.75	0.57	0.76		Oui	Non					36	
Vin	Verre	0.75	0.696	0.762		Non	Non					68	Bouteille vin Viella
Bière	Verre	0.33	0.25245	0.765		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (Steinie)
Vin	Verre	0.75	0.57525	0.767		Non						68	
Bière	Verre	0.75	0.5766	0.7688		Oui	Oui					2	
Bière	Verre	0.5	0.385	0.77		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (Long neck haute)
Spiritueux	Verre	0.7	0.549	0.78429	0.00176	Oui	Non					68	
Vin	Verre	0.75	0.58	0.773		Non	Non					68	Bouteille vin Beaujolais
Bière	Verre	0.33	0.25575	0.775		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (Long Neck haute)
Jus	Verre	0.25	0.195	0.78	0.00205	Non	Non					68	
Eau	Verre	0.33	0.25938	0.786	0.00187		Non					67	
Soda	Verre	0.33	0.26235	0.795	0.00205	Oui	Oui					1	
Bière	Verre	0.33	0.26235	0.795	0.00205	Oui	Oui					1	
Soda	Verre	0.75	0.597	0.796		Oui	Non					83	
Soda	Verre	0.2	0.161	0.805		Oui	Non					68	

Figure 194 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Bouteilles en verre - Scénarios 6 et 10 (2/4)

Produit	Matériau	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg /	Masse opercule (k	Carbona	Réempl	Emb. Sec	Masse emb. Sec (kg)	Masse (kg/ l	Ratio volumique (L/L)	Source	Infos complémentaires
Bière	Verre	0.341	0.274846	0.806		Oui	Non					11	
Bière	Verre	0.5	0.405	0.81		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (Premium Ale 50)
Bière	Verre	0.33	0.267	0.81								68	Bouteille Chimay 0.33
Bière	Verre	0.5	0.415	0.83		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (Birra pub)
Bière	Verre	0.33	0.28215	0.855		Oui						68	
Eau	Verre	0.33	0.28314	0.858	0.002		Oui					67	
Bière	Verre	0.75	0.65025	0.867		Oui	Oui					2	Bouteille Duvel 0.33
Bière	Verre	0.75	0.65025	0.867		Oui	Oui					2	
Bière	Verre	0.33	0.286	0.867								68	
Bière	Verre	0.33	0.293	0.888		Oui	Non					68	Bouteille Chouffe 0.33
Bière	Verre	0.33	0.297	0.9		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (Celeste)
Bière	Verre	0.33	0.297	0.9		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (Celeste)
Jus	Verre	0.25	0.23	0.92	0.00205	Non	Oui					1	
Vin	Verre	0.75	0.547	0.928		Non	Non					68	Bouteille vin Santa Tierra
Bière	Verre	0.33	0.3069	0.93		Oui	Oui					83	Bouteille bière réutilisable (long neck haute)
Bière	Verre	0.33	0.31185	0.945		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (Vichy)
Bière	Verre	0.25	0.237	0.948	0.0019	Oui	Non	Cartonnette	0.059	0.0295		68	Collerette en carton
Bière	Verre	0.7	0.7	1		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (Arsene)
Vin	Verre	0.75	0.755	1.005		Non	Non					68	Bouteille vin Amicone
Soda	Verre	0.2	0.2019	1.045	0.00202	Oui	Non	Cartonnette	0.041	0.05125		68	Bouteille tonic avec collerette en carton
Soda	Verre	0.33	0.3762	1.14		Oui	Oui					32	
Bière	Verre	0.33	0.3861	1.17		Oui	Non					83	Bouteille bière à usage unique (Paris)
Bière	Verre					Oui		Cartonnette	0.063	0.0105		68	Collerette en carton
Bière	Verre					Oui		Cartonnette	0.036	0.012		68	Collerette en carton
Bière	Verre					Oui		Cartonnette	0.087	0.0145		68	Collerette en carton
Bière	Verre	0.25				Oui	Oui	Caisse HDPE			1.9	44	Caisse HDPE Jupiler pour 24 bouteilles de 25 cL
Bière	Verre							Caisse HDPE	1.6	0.266	5.01	74	Caisse HDPE pour 6 bouteilles d'un litre
Bière	Verre							Caisse HDPE	2.5	0.3125	3.77	74	Caisse HDPE pour 24 bouteilles de 33 cL
Bière	Verre							Caisse HDPE	1.86	0.207	4.6	23	Caisse HDPE pour 12 bouteilles de 0.75 cL
Eau	Verre							Caisse HDPE	2	0.3		67	Caisse HDPE pour 20 bouteilles de 0.33 L
Eau	Verre							Caisse HDPE	2	0.2		67	Caisse HDPE pour 20 bouteilles de 0.5 L
Eau	Verre							Caisse HDPE	2	0.133		67	Caisse HDPE pour 20 bouteilles de 0.75 L
Eau	Verre							Caisse HDPE	2	0.166		67	Caisse HDPE pour 12 bouteilles de 1L
Eau	Verre							Caisse HDPE	2	0.111		67	Caisse HDPE pour 12 bouteilles de 1.5L
Bière	Verre							Caisse HDPE	1.8	0.225		82	Caisse HDPE pour 24 bouteilles de bières 33cL
Bière	Verre							Caisse HDPE	1.354	0.204	3.72	78	Caisse HDPE pour 20 bouteilles de bières 33cL
Bière	Verre							Caisse HDPE	1.354	0.135	3.42	78	Caisse HDPE pour 20 bouteilles de bières 50cL
Bière	Verre							Caisse HDPE	1.668	0.278	5	78	Caisse HDPE pour 6 bouteilles de bières 75cL
Bière	Verre							Caisse HDPE	2.5	0.312	3.77	74	Caisse HDPE pour 24 bouteilles de bières 33cL
Bière	Verre							Caisse HDPE	1.44	0.12	3.5	77	Caisse HDPE pour 12 bouteilles de 1L

Figure 195 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Bouteilles en verre - Scénarios 6 et 10 (3/4)

Produit	Matériau	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg /	Masse opercule (k	Carbona	Réempl	Emb. Sec	Masse emb. Sec (kg)	Masse (kg/ L	Ratio volumique (L/L)	Source	Infos complémentaires
Bière	Verre							Cartonnette	0.012	0.012	2.1131	94	Collerette en carton pour 3 bières de 33 Cl
Bière	Verre							Cartonnette	0.021	0.0105	1.88	68	Collerette en carton pour 6 bières de 33 cL
Bière	Verre							Cartonnette	0.029	0.0145	2.2	68	Collerette en carton pour 6 bières de 33 cL
Bière	Verre							Cartonnette	0.066	0.033	2.92	68	Collerette en carton pour 6 bières de 33 Cl (Chouffe)
Bière	Verre							Cartonnette	0.049	0.0249	2.75	68	Collerette en carton pour 6 bières de 33 Cl (Corona)
Jus	Verre				0.0044							90	Opercule en acier
Jus	Verre				0.005							79	Opercule en acier
Vin	Verre	0.75						Boîte en carton	0.224	0.0498	2.92	68	Boîte en carton pour 6 bouteilles de vin
Vin	Verre	0.75						Boîte en carton	0.213	0.0473	2.55	68	Boîte en carton pour 6 bouteilles de vin
Vin	Verre	0.75						Boîte en carton	0.171	0.038	2.64	68	Boîte en carton pour 6 bouteilles de vin
Vin	Verre	0.75						Boîte en carton	0.45	0.1		68	Boîte en carton pour 6 bouteilles de vin
Eau	Verre	1	0.641	0.641	0.003	Non	Oui					68	Bouteille réemployable d'eau plate Evian
Eau	Verre	1	0.629	0.629	0.003	Oui	Oui					68	Bouteille réemployable d'eau gazeuse Badoit
Soda	Verre	1	0.94	0.94	0.002	Oui	Oui					68	Bouteille réemployable de coca-cola

Figure 196 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Bouteilles en verre - Scénarios 6 et 10 (4/4)

Groupe	Min	Max	Moyenne	Médiane	Cas illustratif
Masse bouteille verre bière - Scénario 10 (kg/L)	0.613	1.17	0.773459	0.7585	0.7585
Masse bouteille verre bière réemployable (kg/L)	0.66	0.93	0.78888	0.7644	0.7644
Masse bouteille verre bière usage unique (kg/L)	0.613	1.17	0.764603	0.747	0.747
Masse bouteille verre eau - Scénarios 6 et 10 (kg/L)	0.452	0.858	0.6515	0.6475	0.6475
Masse bouteille verre eau réemployable (kg/L)	0.475	0.858	0.67	0.6725	0.6725
Masse bouteille verre eau usage unique (kg/L)	0.533	0.786	0.641	0.6475	0.6475
Masse bouteille verre eau gazeuse (kg/L)	Non identifié				
Masse bouteille verre eau plate (kg/L)	Non identifié				
Masse bouteille verre jus et soupes - Scénario - 6 (kg/L)	0.37	0.92	0.609	0.6	0.6
Masse bouteille verre soda - Scénarios 6 et 10 (kg/L)	0.71	1.14	0.830667	0.795	0.795
Masse système de fermeture (kg)	**0.0014**	**0.0043**	0.002256	**0.002**	**0.002**
Masse cartonnette - scénarios 7 et 10 (kg/L)	**0.008712**	**0.05125**	0.020124	**0.0145**	**0.0145**
Ratio volumique collerette en carton (L/L)	**1.88**	**2.92**	2.37262	**2.2**	**2.2**
Masse boîte en carton - scénario 6 (kg/L)	**0.038**	**0.1**	0.058775	**0.04855**	**0.04855**
Ratio volumique boîte en carton (L/L)	**2.54**	**2.92**	2.7	**2.64**	**2.64**
Masse bouteilles en verre - Scénario 6 (kg/L)	**0.37**	**1.14**	0.701139	**0.71**	**0.6475**
Masse bouteilles en verre - Scénario 10 (kg/L)	**0.452**	**1.17**	0.747801	**0.747**	**0.795**

Figure 197 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation des bouteilles en verre – Scénarios 6 et 10 (incluant certaines données utilisées en scénario 7)

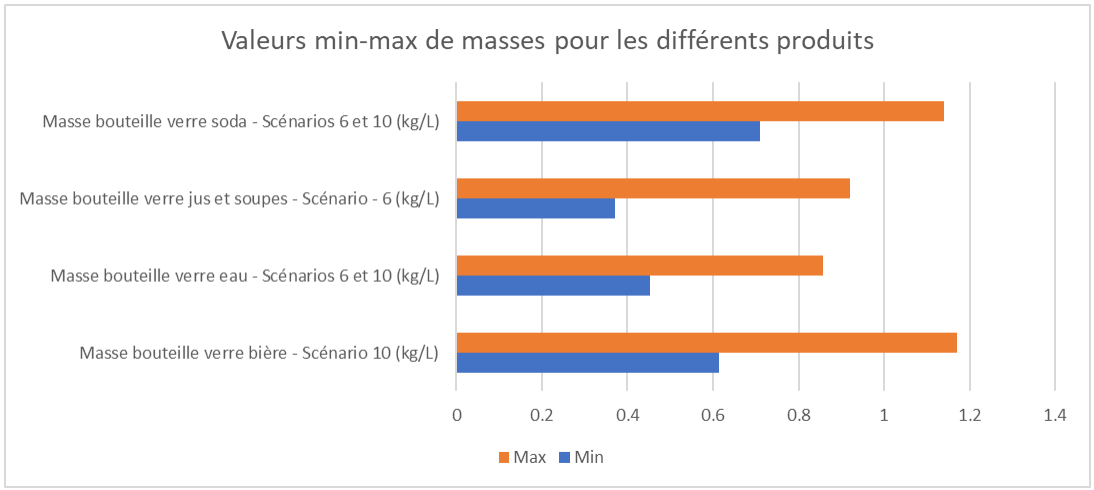


Figure 198 : Bornes minimales et maximales des valeurs de masse (kg/L) de bouteilles en verre (scénarios 6 et 10) selon les typologies de produits étudiées

Données relatives aux pots réemployables en verre

Pour le scénario 7 du volet B de l'étude, seules les masses d'emballages primaires associés aux produits laitiers (non-grisées dans la Figure 199 concernés par ce scénario) ont été utilisées pour modéliser les gammes de valeurs de masse de l'emballage primaire réemployable. Cependant et par manque de données spécifiques à ces produits, les masses associées aux systèmes de fermeture des autres typologies de produits (également des couvercles en acier), notamment utilisés pour le volet A de l'étude, ont été utilisées pour construire les gammes de valeurs associées aux systèmes de fermeture de l'option réemployable.

Produit	Matériau	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg / L)	Masse système de fermeture (kg)	Masse système de fermeture (kg/L)	Réemploi	Source
Produit laitier	Verre	0.48	0.26	0.54167			Non	68
Produit laitier	Verre	0.175	0.097	0.555			Non	68
Produit laitier	Verre	0.175	0.098	0.56			Non	68
Produit laitier	Verre	0.15	0.1059	0.706				68
Produit laitier	Verre	0.2	0.161	0.805			Non	68
Produit laitier	Verre	0.19	0.165	0.868			Non	68
Produit laitier	Verre	0.5	0.31	0.62			Non	68

Figure 199 : Données brutes collectées issues de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Scénario 7

Masse système de fermeture (kg/L)	**0.008928**	**0.056545**	**0.035795**	**0.040**	**0.04**
Masse pots en verre - Scénario 7 (kg/L)	**0.554**	**0.868**	0.6986	**0.706**	**0.706**

Tableau 135 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation – Pots en verre Scénario 7

Données relatives aux barquettes de restauration réemployables en verre

Produit	Matériau	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg / L)	Masse système de fermeture (kg)	Masse système de fermeture (kg/L)	Source	Infos complémentaires
Indéterminé	Verre	0.3	0.3999	1.333			89	Bol en verre
Indéterminé	Verre	3.6	2.2968	0.638			77	Plat réemployable en verre
Indéterminé	Verre	0.29	0.31987	1.103			90	Bol en verre
Indéterminé	Verre	0.37	0.36704	0.992	0.045	0.121621622	68	Bol en verre avec opercule en PE
Indéterminé	Verre	0.8	0.4968	0.621			77	Plat réemployable en verre
Indéterminé	Verre	0.85	1.0149	1.194	0.078	0.091764706	68	Plat réemployable en verre avec couvercle en PE et caoutchouc
Indéterminé	Verre	0.8	0.54	0.675	0.022	0.0275	68	Barquette réemployable en verre avec couvercle en PE et caoutchouc
Indéterminé	Verre	0.25	0.15	0.6	0.0215	0.086	100	
Indéterminé	Verre	0.58	0.24	0.41379	0.03	0.051724138	100	
Indéterminé	Verre	0.8	0.315	0.39375	0.03	0.0375	100	

Figure 200 : Données brutes collectées issues de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Scénarios 8 et 9

Masse système de fermeture (kg/L)	**0.028**	**0.121622**	**0.069352**	**0.04125**	**0.04125**	
Ratio volumique barquettes empilables (L/L)	**0.3**	**0.5**	0.4	**0.4**	**0.4**	Hypothèse RDC
Masses barquettes en verre - scénarios 8 et 9 (kg/	**0.39375**	**1.333**	0.764868	**0.638**	**0.638**	

Figure 201 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation – Scénarios 8 et 9

Données relatives aux bouteilles en PET

Produit	Matériau	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg / L)	Masse système de fermeture (kg)	Carbonaté	Réemploi	Source	Infos complémentaires
Eau	PET	5	0.065	0.013		Non	Non	67	
Eau	PET	1.5	0.022	0.013	0.0015		Non	68	
Eau	PET	1.5	0.019995	0.01333		Non	Non	11	
Eau	PET	1.5	0.021	0.014	0.002	Non	Non	67	
Eau	PET	5	0.07	0.014		Non	Non	67	
Eau	PET	1	0.015	0.015	0.002	Non	Non	67	
Eau	PET	8	0.12	0.015		Oui	Non	67	
Eau	PET	0.5	0.008	0.016	0.002	Non	Non	67	
Eau	PET	1.5	0.02535	0.0169	0.00173	Oui	Non	68	
Eau	PET	1.5	0.027	0.018	0.0017	Non	Non	68	
Eau	PET	1.5	0.0273	0.0182	0.002	Oui	Non	67	
Eau	PET	0.75	0.015	0.02	0.002	Non	Non	67	
Eau	PET	1.5	0.030345	0.02023	0.002	Non	Non	68	
Eau	PET	1.5	0.0309	0.0206	0.002	Non	Non	67	
Eau	PET	1	0.021	0.021	0.0012	Non	Non	68	
Eau	PET	1.25	0.028	0.0224	0.00203	Oui	Non	68	
Jus	PET	1.5	0.03363	0.02242	0.00289	Non	Non	11	
Eau	PET	0.33	0.007425	0.0225	0.002	Non	Non	67	
Eau	PET	0.75	0.017475	0.0233	0.002	Oui	Non	67	
Eau	PET	0.75	0.0190725	0.02543	0.002	Oui	Non	67	
Eau	PET	0.5	0.013	0.026	0.0015	Non	Non	68	
Eau	PET	1.5	0.039	0.026		Oui	Non	67	
Soda	PET	1.5	0.0399	0.0266			Non	11	
Eau	PET	1	0.027	0.027	0.002	Oui	Non	67	
Eau	PET	0.5	0.014	0.028	0.0025	Non	Non	1	
Eau	PET	0.5	0.014	0.028	0.002	Oui	Non	67	
Soda	PET	1.5	0.0459	0.0306	0.003		Non	68	
Jus	PET	1	0.03449	0.03449	0.00304	Non	Non	11	
Soda	PET	0.5	0.024	0.048	0.0025		Non	1	
Soda	PET	0.5	0.0105	0.021		Oui	Non	71	
Soda	PET	0.5	0.022	0.044		Oui	Non	71	
Soda	PET	0.75	0.015	0.02		Oui	Non	71	
Soda	PET	0.75	0.03	0.04		Oui	Non	71	
Soda	PET	1	0.02	0.02		Oui	Non	71	
Soda	PET	1	0.035	0.035		Oui	Non	71	
Soda	PET	1.5	0.025	0.01667		Oui	Non	71	
Soda	PET	1.5	0.038	0.02533		Oui	Non	71	
Eau	PET	0.5	0.0105	0.021		Oui	Non	71	
Eau	PET	0.5	0.024	0.048		Oui	Non	71	
Eau	PET	1	0.02	0.02		Oui	Non	71	
Eau	PET	1	0.038	0.038		Oui	Non	71	
Eau	PET	1.5	0.024	0.016		Oui	Non	71	
Eau	PET	1.5	0.038	0.02533		Oui	Non	71	
Eau	PET	0.5	0.0085	0.017		Non	Non	71	
Eau	PET	0.5	0.014	0.028		Non	Non	71	
Eau	PET	0.75	0.013	0.01733		Non	Non	71	
Eau	PET	0.75	0.018	0.024		Non	Non	71	
Eau	PET	1	0.015	0.015		Non	Non	71	
Eau	PET	1	0.024	0.024		Non	Non	71	
Eau	PET	1.5	0.019	0.01267		Non	Non	71	
Eau	PET	1.5	0.026	0.01733		Non	Non	71	
Jus	PET	0.5	0.017	0.034		Non	Non	71	
Jus	PET	0.5	0.024	0.048		Non	Non	71	
Jus	PET	0.75	0.021	0.028		Non	Non	71	
Jus	PET	0.75	0.035	0.04667		Non	Non	71	
Jus	PET	1	0.024	0.024		Non	Non	71	
Jus	PET	1	0.035	0.035		Non	Non	71	
Jus	PET	1.5	0.033	0.022		Non	Non	71	
Jus	PET	1.5	0.048	0.032		Non	Non	71	
Eau	PET	0.5	0.022	0.044	0.001	Non	Non	68	Foxx
Eau	PET	0.5	0.032	0.064	0.001	Non	Non	68	Volvic réemployable
Soda	PET	1	0.033	0.033		Non	Non	68	Coca-Cola
Jus	PET	0.9	0.047	0.05222	0.003	Non	Non	68	Tropicana
Jus	PET	0.9	0.036	0.04	0.002	Non	Non	68	Jus Tropicana

Figure 202 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Bouteilles en PET – Scénario 6

Groupe	Min	Max	Moyenne	Médiane	Cas illustratif
Masse bouteilles PET (kg/L)	0.013	0.052	0.025595	0.0229	0.0229
Masse bouteilles PET eau (kg/L)	0.013	0.052	0.02442	0.0224	0.0224
Masse bouteilles PET eau gazeuse (kg/L	0.015	0.052	0.026485	0.02533	0.02533
Masse bouteilles PET eau plate (kg/L)	0.013	0.052	0.023756	0.02023	0.02023
Masse bouteilles PET jus (kg/L)	0.0224	0.0345	0.029007	0.03011	0.03011
Masse bouteilles PET sodas (kg/L)	0.0266	0.048	0.035067	0.0306	0.0306
Masse film PEbd (kg/L)	**0.000875**	**0.004**	0.002437	**0.0021**	**0.0021**
Ratio volumique film PEbd (L/L)	**1.33**	**3.1**	1.9325	**1.65**	**1.65**
Masse système de fermeture (kg)	**0.0012**	**0.00329**	0.002099	**0.002**	**0.002**
Masse bouteilles PET - Scénario 6 (kg/L	**0.013**	**0.052**	0.025595	**0.0229**	**0.0224**

Figure 203 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation des bouteilles en PET – Scénario 6

NB : la valeur de cas illustratif fixée pour la masse des emballages primaires dans le scénario 6 est basée sur la valeur médiane spécifique aux eaux, qui sont considérées comme dominantes pour le marché des bouteilles en PET.

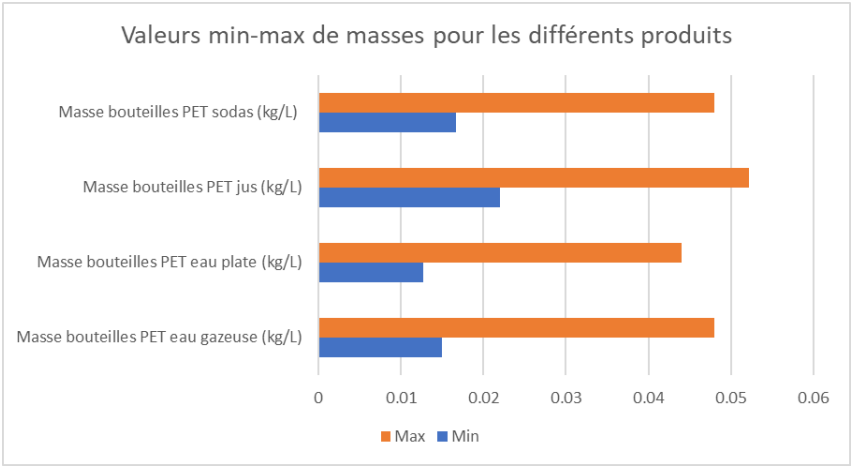


Figure 204 : Bornes minimales et maximales des valeurs de masse (kg/L) des bouteilles en PET (scénario 6) selon les typologies de produits étudiées

Données relatives aux pots en polystyrène

Produit	Matériau	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg / L)	Masse système de fermeture (kg)	Masse système de fermeture (kg/L)	Emb. Sec	Masse emb. Sec (kg)	Masse (kg/ L)	Ratio volumique (L/L)	Source	Infos complémentaires
Produit laitier	PS	0.12	0.004992	0.0416	0.0005	0.004166667					68	Pot Yaourt
Produit laitier	PS	0.115	0.01196	0.104	0.0015	0.013043478					68	Pot Youart
Produit laitier	PS	0.12	0.0045	0.0375	0.0005	0.004166667					68	Crème dessert
Produit laitier	PS	0.14	0.006	0.043	0.0003	0.002142857	Cartonnette	0.012	0.02142	1.92	68	Pot yaourt
Produit laitier	PS	0.125	0.005	0.0325	0.0004	0.0032					68	Pot yaourt
Produit laitier	PS	0.14	0.008	0.0571	0.0015	0.010714286	Cartonnette	0.019	0.016964	2.4375	68	Crème dessert
Produit laitier	PS	0.13	0.006	0.0462	0.0015	0.011538462	Cartonnette	0.011	0.021154	2.626923077	68	Crème dessert
Produit laitier	PS	0.15	0.07	0.0466	0.0005		Cartonnette	0.05	0.015	2.1	68	Pot yaourt
Produit laitier	PS	0.155	0.008	0.05161	0.0006						68	
Produit laitier	PS	0.13	0.006	0.04615	0.0004						68	

Figure 205 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Pots en polystyrène pour produits laitiers – Scénario 7

Groupe	Min	Max	Moyenne	Médiane	Cas illustratif
Masse pots PS (kg/L)	0.0325	0.104	0.051063	0.0446	0.0446
Masse système de fermeture (kg/L)	**0.002143**	**0.013043**	0.006996	**0.004167**	**0.004166667**
Masse cartonnette (kg/L)	**0.015**	**0.02142**	0.018635	**0.019059**	**0.019059066**
Ratio volumique cartonnette (L/L)	**1.92**	**2.626923**	2.271106	**2.26875**	**2.26875**
Masse pots PS - Scénario 7 (kg/L)	**0.0325**	**0.104**	0.051063	**0.0446**	**0.0446**

Figure 206 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation des pots en PS – Scénario 7

Données relatives aux barquettes de restauration en polypropylène

Produit	Matériau	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg / L)	Masse système de fermeture (kg)	Masse système de fermeture (kg/L)	Ratio volumique (L/L)	Source	Infos complémentaires
Indéterminé	PP	0.5	0.005	0.01	0.007	0.014		68	Bol à soupe
Indéterminé	PP	1	0.028	0.028	0.007	0.007		68	Barquette transparente
Indéterminé	PP	1.5	0.03099	0.02066	0.007	0.004666667		68	Barquette transparente
Indéterminé	PP	0.75	0.03	0.04	0.01	0.013333333		68	Barquette blanche
Indéterminé	PP	0.9	0.081	0.09				97	Barquette noire
Indéterminé	PP	0.65	0.039975	0.0615				97	Barquette transparente
Indéterminé	PP	0.5	0.025	0.05	0.007	0.014		85	Barquette transparente
Indéterminé	PP	0.65	0.025025	0.0385	0.011	0.016923077		85	Barquette transparente
Indéterminé	PP	0.75	0.022995	0.03066	0.011	0.014666667		85	Barquette transparente
Indéterminé	PP	0.45	0.0126	0.028				68	Barquette en PET avec opercule intégré
Indéterminé	PP	0.95	0.0229995	0.02421	0.0115	0.012105263		68	Barquette transparente
Indéterminé	PP	0.75	0.01725	0.023	0.012	0.016		68	Barquette transparente
Indéterminé	PP	0.65	0.017498	0.02692	0.0115	0.017692308		68	Barquette transparente
Indéterminé	PP	0.5	0.015665	0.03133	0.0117	0.0234		68	Barquette transparente
Indéterminé	PP	0.75	0.024	0.032	0.011	0.014666667		68	Barquette en plastique blanc
Indéterminé	PP	0.4	0.012	0.03	0.005	0.0125		68	Bol à soupe transparent

Figure 207 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Barquettes en polypropylène – Scénarios 8 et 9

Groupe	Min	Max	Moyenne	Médiane	Cas illustratif	
Masse barquettes à usage unique en PP (kg/L)	0.01	0.09	0.036796111	0.03033	0.03033	
Masse système de fermeture (kg/L)	**0.005**	**0.0234**	**0.013919537**	**0.014**	**0.014**	
Ratio volumique barquette empilables (L/L)	**0.1**	**0.3**	0.2	**0.2**	**0.2**	Hypothèse RDC
Masse barquettes en PP - scénarios 8 et 9 (kg/L)	**0.01**	**0.09**	0.036796111	**0.03033**	**0.03033**	

Figure 208 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation des barquettes en polypropylène – Scénarios 8 et 9

Données relatives aux canettes en aluminium

Produit	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg / L)	Masse opercule (kg)	Carbonaté	Réemploi	Emb. Sec	Masse emb. Sec (kg)	Masse (kg/ L)	Ratio volumique (L/L)	Source	Infos complémentaires
Eau	0.5	0.0125	0.025		Oui	Non					67	
Eau	0.33	0.009405	0.0285		Oui	Non					67	
Soda	0.5	0.0151	0.0302		Oui	Non					56	Canette générique
Bière	0.44	0.0144	0.03273		Oui	Non					68	Canette microbrasserie
Soda	0.33	0.01188	0.036		Oui	Non					68	Canette Coca Cola
Soda	0.33	0.012078	0.0366		Oui	Non					56	
Eau	0.33	0.012177	0.0369		Oui	Non					67	
Bière	0.33	0.0123	0.03727		Oui	Non					68	Canette microbrasserie
Bière	0.33	0.0124	0.03758		Oui	Non					68	Canette microbrasserie
Bière	0.33	0.01258	0.03812		Oui	Non					68	
Bière	0.33	0.013	0.03939		Oui	Non					68	Canette Leffe
Bière	0.355	0.014	0.03944		Oui	Non					11	
Soda	0.25	0.0104	0.0416		Oui	Non					56	Canette générique
Bière	0.33	0.0139986	0.04242		Oui	Non					68	Canette Maes
Bière	0.33	0.014	0.04242		Oui	Non					11	
Soda	0.33	0.014	0.04242		Oui	Non					68	Canette générique
Bière	0.33	0.0159984	0.04848		Oui	Non					11	
Soda	0.15	0.009	0.06		Oui	Non	Cartonnette	0.053	0.029444		68	Canette Coca Cola
Soda	0.33						Cartonnette	0.017424242	0.023		68	Cartonnette pour canettes Coca Cola
Soda	0.5						Cartonnette	0.037	0.0185		68	Cartonnette pour canettes Monster

Figure 209 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Canettes en aluminium - Scénario 10

Groupe	Min	Max	Moyenne	Médiane	Cas illustratif	
Masse canettes aluminium (kg/L)	0.025	0.06	0.038615	0.037848	0.037848485	
Masse canettes bière (kg/L)	0.032727	0.04848	0.03976	0.03939	0.03939	
Masse canettes eau (kg/L)	0.025	0.0369	0.030133	0.0285	0.0285	
Masse canettes sodas (kg/L)	0.0302	0.06	0.041137	0.0391	0.0391	
Masse cartonette (kg/L)	**0.0185**	**0.029444**	0.023648	**0.023**	0.023	
Masse canettes en aluminium - Scénario 10 (kg/L)	**0.025**	**0.06**	0.038615	**0.037848**	**0.0391**	CI basé sur sodas

Figure 210 Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation – Scénario 10

NB : la valeur de cas illustratif fixée pour la masse des emballages primaires dans le scénario 10 est basée sur la valeur médiane spécifique aux sodas, qui sont considérés comme dominants pour le marché des canettes en aluminium.

11.8.2. Volet B2

Données relatives aux bouteilles en PET réemployable

Produit	Matériau	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg / L)	Masse système de fermeture (kg)	Carbonaté	Réemploi	Source	Infos complémentaires
Soda	PET	2	0.093	0.0465		Oui	Oui	29	Coca Cola 2L (Amérique latine)
Soda	PET	1.5	0.077	0.05133		Oui	Oui	71	
Eau	PET	1.5	0.077	0.05133		Oui	Oui	71	
Eau	PET	1.5	0.077	0.05133		Non	Oui	71	
Jus	PET	1.5	0.077	0.05133		Non	Oui	71	
Eau	PET	0.5	0.026	0.052	0.002	Non	Oui	67	
Eau	PET	0.5	0.026	0.052		Oui	Oui	67	
Eau	PET	1.5	0.08	0.05333		Non	Oui	51	
Eau	PET	1	0.055	0.055		Non	Oui	76	Vöslauer 1L
Soda	PET	1.5	0.091	0.06067		Oui	Oui	71	
Eau	PET	1.5	0.091	0.06067		Oui	Oui	71	
Eau	PET	1.5	0.091	0.06067		Non	Oui	71	
Jus	PET	1.5	0.091	0.06067		Non	Oui	71	
Eau	PET	1	0.062	0.062		Non	Oui	25	Perlenflasche 1L
Soda	PET	1	0.062	0.062		Oui	Oui	71	
Eau	PET	1	0.062	0.062		Oui	Oui	71	
Eau	PET	1	0.062	0.062		Non	Oui	71	
Jus	PET	1	0.062	0.062		Non	Oui	71	
Eau	PET	1	0.062	0.062		Non	Oui	51	
Soda	PET	1	0.066	0.066		Oui	Oui	71	
Eau	PET	1	0.066	0.066		Oui	Oui	71	
Eau	PET	1	0.066	0.066		Non	Oui	71	
Jus	PET	1	0.066	0.066		Non	Oui	71	
Soda	PET	1	0.073	0.073		Oui	Oui	68	Coca Cola 1L (Allemagne)
Eau	PET	0.75	0.055	0.07333		Non	Oui	51	
Soda	PET	1	0.08	0.08		Oui	Oui	25	Coca Cola 1L (Allemagne)
Soda	PET	0.5	0.04	0.08		Oui	Oui	71	
Eau	PET	0.5	0.04	0.08		Oui	Oui	71	
Eau	PET	0.5	0.04	0.08		Non	Oui	71	
Jus	PET	0.5	0.04	0.08		Non	Oui	71	
Soda	PET	0.75	0.062	0.08267		Oui	Oui	71	
Jus	PET	0.75	0.062	0.08267		Non	Oui	71	
Soda	PET	1	0.084	0.084		Non	Oui	68	Sprite
Soda	PET	0.75	0.066	0.088		Oui	Oui	71	
Jus	PET	0.75	0.066	0.088		Non	Oui	71	
Soda	PET	0.5	0.045	0.09		Oui	Oui	25	Premiers tests sur bouteille de 0.5
Eau	PET	0.5	0.045	0.09		Non	Oui	51	
Soda	PET	0.5	0.048	0.096		Oui	Oui	71	
Eau	PET	0.5	0.048	0.096		Oui	Oui	71	
Eau	PET	0.5	0.048	0.096		Non	Oui	71	
Jus	PET	0.5	0.048	0.096		Non	Oui	71	
Jus	PET	0.9			0.003	Non	Oui	68	
Jus	PET	0.9			0.004	Non	Oui	68	

Figure 211 : Données brutes issues de la littérature ou d'entretiens auprès d'industriels du secteur – Bouteilles en PET réemployables - Scénario 11

Données relatives aux bonbonnes en PET réemployable

Produit	Matériau	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg / L)	Masse système de fermeture (kg)	Carbonaté	Réemploi	Source
Eau	PET	19	0.65	0.03421	0.0014	Non	Oui	12
Eau	PET	19	0.69	0.03632	0.0014	Non	Oui	63
Eau	PET	19	1	0.05263				91
Eau	PET	11	0.603	0.05482				77
Eau	PET	19	0.5	0.02632				86
Eau	PET	19			0.0095			68

Figure 212 : Données brutes issues de la littérature ou d'entretiens auprès d'industriels du secteur – Bonbonnes en PET réemployables - Scénario 12

Données relatives aux bouteilles en PET à usage unique

Produit	Matériau	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg / L)	Masse système de fermeture (kg)	Carbonaté	Réemploi	Source
Eau	PET	1.5	0.022	0.013	0.0015		Non	68
Eau	PET	1.5	0.019995	0.01333		Non	Non	11
Eau	PET	1.5	0.021	0.014	0.002	Non	Non	67
Eau	PET	1	0.015	0.015	0.002	Non	Non	67
Eau	PET	0.5	0.008	0.016	0.002	Non	Non	67
Eau	PET	1.5	0.02535	0.0169	0.00173	Oui	Non	68
Eau	PET	1.5	0.027	0.018	0.0017	Non	Non	68
Eau	PET	1.5	0.0273	0.0182	0.002	Oui	Non	67
Eau	PET	0.75	0.015	0.02	0.002	Non	Non	67
Eau	PET	1.5	0.030345	0.02023	0.002	Non	Non	68
Eau	PET	1.5	0.0309	0.0206	0.002	Non	Non	67
Eau	PET	1	0.021	0.021	0.0012	Non	Non	68
Eau	PET	1.25	0.028	0.0224	0.00203	Oui	Non	68
Jus	PET	1.5	0.03363	0.02242	0.00289	Non	Non	11
Eau	PET	0.33	0.007425	0.0225	0.002	Non	Non	67
Eau	PET	0.75	0.017475	0.0233	0.002	Oui	Non	67
Eau	PET	0.75	0.0190725	0.02543	0.002	Oui	Non	67
Eau	PET	0.5	0.013	0.026	0.0015	Non	Non	68
Eau	PET	1.5	0.039	0.026		Oui	Non	67
Soda	PET	1.5	0.0399	0.0266			Non	11
Eau	PET	1	0.027	0.027	0.002	Oui	Non	67
Eau	PET	0.5	0.014	0.028	0.0025	Non	Non	1
Eau	PET	0.5	0.014	0.028	0.002	Oui	Non	67
Soda	PET	1.5	0.0459	0.0306	0.003		Non	68
Jus	PET	1	0.03449	0.03449	0.00304	Non	Non	11
Soda	PET	0.5	0.024	0.048	0.0025		Non	1
Soda	PET	0.5					Non	68
Soda	PET	0.5					Non	68
Soda	PET	1.5					Non	68
Eau	PET	0.5					Non	24
Soda	PET	1.5					Non	68
Eau	PET	1.5					Non	67
Eau	PET	1					Non	67
Eau	PET	0.75					Non	67
Eau	PET	0.5					Non	67
Eau	PET	0.33					Non	67
Eau	PET	1					Non	68
Eau	PET	1.5					Non	68
Soda	PET	0.5	0.0105	0.021		Oui	Non	71
Soda	PET	0.5	0.022	0.044		Oui	Non	71
Soda	PET	0.75	0.015	0.02		Oui	Non	71
Soda	PET	0.75	0.03	0.04		Oui	Non	71
Soda	PET	1	0.02	0.02		Oui	Non	71
Soda	PET	1	0.035	0.035		Oui	Non	71
Soda	PET	1.5	0.025	0.01667		Oui	Non	71
Soda	PET	1.5	0.038	0.02533		Oui	Non	71
Eau	PET	0.5	0.0105	0.021		Oui	Non	71
Eau	PET	0.5	0.024	0.048		Oui	Non	71
Eau	PET	1	0.02	0.02		Oui	Non	71
Eau	PET	1	0.038	0.038		Oui	Non	71
Eau	PET	1.5	0.024	0.016		Oui	Non	71
Eau	PET	1.5	0.038	0.02533		Oui	Non	71
Eau	PET	0.5	0.0085	0.017		Non	Non	71
Eau	PET	0.5	0.014	0.028		Non	Non	71
Eau	PET	0.75	0.013	0.01733		Non	Non	71
Eau	PET	0.75	0.018	0.024		Non	Non	71
Eau	PET	1	0.015	0.015		Non	Non	71
Eau	PET	1	0.024	0.024		Non	Non	71
Eau	PET	1.5	0.019	0.01267		Non	Non	71
Eau	PET	1.5	0.026	0.01733		Non	Non	71
Jus	PET	0.5	0.017	0.034		Non	Non	71
Jus	PET	0.5	0.024	0.048		Non	Non	71
Jus	PET	0.75	0.021	0.028		Non	Non	71
Jus	PET	0.75	0.035	0.04667		Non	Non	71
Jus	PET	1	0.024	0.024		Non	Non	71
Jus	PET	1	0.035	0.035		Non	Non	71
Jus	PET	1.5	0.033	0.022		Non	Non	71
Jus	PET	1.5	0.048	0.032		Non	Non	71
Eau	PET	0.5	0.022	0.044	0.001	Non	Non	68
Eau	PET	0.5	0.032	0.064	0.001	Non	Non	68
Soda	PET	1	0.033	0.033		Non	Non	68
Jus	PET	0.25	0.018	0.072	0.003	Non	Non	68
Jus	PET	0.33	0.025	0.07576	0.009	Non	Non	68
Jus	PET	0.9	0.047	0.05222	0.003	Non	Non	68
Jus	PET	0.9	0.036	0.04	0.002	Non	Non	68

Figure 213 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment – Bouteilles en PET à usage unique - Scénario 11

Les cellules grisées sont exclues des gammes de valeurs car liés à des produits marginaux et peu représentés sur le marché (jus et smoothie de très petit format), et menant à une borne extrême

Données relatives aux bouteilles en verre réemployables

Les données brutes collectées pour les bouteilles en verre réemployables des scénarios 13 et 14 sont identiques à celles détaillées plus haut dans la Figure 193, la Figure 194 et la Figure 195 à l'exception des bouteilles de vins, bières et spiritueux qui ne sont pas inclus dans le périmètre de ces scénarios.

Données relatives aux pots en verre réemployables

Note : le code couleur en gris correspond aux produits qui ont été écartés car ils ne sont pas inclus dans le périmètre des produits étudiés ; le code couleur orange renvoie aux emballages écartés car représentant des typologies ou formats d'emballage trop peu représentatifs du marché, qui mèneraient à une extension non pertinente des gammes de valeurs.

Produit	Matériau	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg / L)	Masse système de fermeture (kg)	Masse système de fermeture (kg/L)	Réemploi	Source	Infos complémentaires
Epicerie	Verre	0.72	0.278	0.386	0.013	0.018055556	Non	68	
Epicerie	Verre	0.7	0.298	0.426	0.008	0.011428571	Non	68	
Epicerie	Verre	0.66	0.303	0.45909	0.013	0.01969697	Non	68	Petits pois Carrefour
Epicerie	Verre	0.42	0.197	0.469			Oui	68	
Epicerie	Verre	0.69	0.324	0.46957	0.00616	0.008927546		68	
Miel/pâte à tartiner	Verre	0.63	0.299	0.4746	0.007	0.011111111	Non	68	Compote pommes
Epicerie	Verre	0.67	0.319	0.47612	0.006	0.008955224	Non	68	Passata
Epicerie	Verre	0.6	0.294	0.49	0.013	0.021666667	Non	68	Ravioli
Miel/pâte à tartiner	Verre	0.4	0.199	0.497			Non	68	
	Verre	0.6	0.309	0.515	0.014	0.023333333	Non	68	Générique
	Verre	0.51	0.264	0.51765	0.014	0.02745098	Non	68	Générique
Miel/pâte à tartiner	Verre	0.55	0.29	0.52727	0.011	0.02	Non	68	Compote
Produit laitier	Verre	0.48	0.26	0.54167			Non	68	Yaourt
Miel/pâte à tartiner	Verre	0.3	0.165	0.55	0.012	0.04		68	
Produit laitier	Verre	0.175	0.097	0.555			Non	68	
Produit laitier	Verre	0.175	0.098	0.56			Non	68	
Miel/pâte à tartiner	Verre	0.52	0.295	0.56731	0.013	0.025	Non	68	Nocciolata
Miel/pâte à tartiner	Verre	0.385	0.228	0.592	0.016	0.04368857	Non	68	
Epicerie	Verre	0.19	0.117	0.61579	0.00624	0.047877379	Non	68	
Epicerie	Verre	0.28	0.179	0.63929	0.012	0.042857143	Non	68	Maïs
Epicerie	Verre	0.2	0.13	0.65			Oui	68	
Miel/pâte à tartiner	Verre	0.35	0.23415	0.669	0.018	0.051428571		68	
Epicerie	Verre	0.25	0.168	0.672	0.01	0.04		68	
Produit laitier	Verre	0.15	0.1059	0.706				68	
Epicerie	Verre	0.18	0.128	0.71111	0.007	0.038888889	Non	68	Pesto
Miel/pâte à tartiner	Verre	0.25	0.182	0.728	0.01	0.04	Non	68	
Epicerie	Verre	0.2	0.148	0.74	0.009	0.045	Non	68	Pesto
	Verre	0.18	0.136	0.75556	0.012	0.066666667	Non	68	Générique
Miel/pâte à tartiner	Verre	0.26	0.2	0.76923	0.008	0.030769231	Non	68	Chutney Mangue
Epicerie	Verre	0.11	0.087	0.79091	0.00622	0.056555556	Non	68	
Produit laitier	Verre	0.2	0.161	0.805			Non	68	
Produit laitier	Verre	0.19	0.165	0.868			Non	68	
Epicerie	Verre	0.1	0.094	0.94	0.006	0.06	Non	68	Piment d'espelette
Epicerie	Verre	0.15	0.142	0.94667	0.006	0.04	Non	68	Vinaigrette
Epicerie	Verre	0.1	0.1	1	0.006	0.06	Non	68	Anchois
Epicerie	Verre	0.135	0.138	1.02222	0.009	0.066666667	Non	68	Epices paella
Epicerie	Verre	0.115	0.126	1.09565	0.005	0.043478261	Non	68	Piri Piri
Epicerie	Verre	0.37	0.46435	1.255				68	
Epicerie	Verre	0.04	0.078	1.95	0.01	0.25	Non	68	Oeufs de lompe
Produit laitier	Verre	0.15					Non	68	
Produit laitier	Verre	0.5	0.31	0.62			Non	68	

Figure 214 : Données brutes issues de pesées/mesures réalisées par RDC Environment – Pots en verre réemployables – Scénario 14

Données relatives aux boîtes de conserve en acier

Produit	Matériau	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg / L)	Masse système de fermeture (kg)	Masse système de fermeture (kg/L)	Matériau système de fermeture	Source
Fruits/légumes	Acier	0.942	0.078	0.0828	0.013	0.013800425	Acier	68
Fruits/légumes	Acier	2.8	0.252	0.09	0.039	0.013928571	Acier	68
Plat préparé	Acier	1.25	0.118	0.0944	0.016	0.0128	Acier	68
Plat préparé	Acier	0.83	0.08	0.09639	0.014	0.01686747	Acier	68
Plat préparé	Acier	1.2	0.116	0.09667	0.016	0.013333333	Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.43	0.043	0.1	0.007	0.01627907	Acier	68
Plat préparé	Acier	0.82	0.084	0.10244	0.015	0.018292683	Acier	68
Semi-liquide	Acier	0.48571875	0.05	0.10294	0.007	0.014411632	Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.42	0.045	0.10714	0.007	0.016666667	Acier	68
Semi-liquide	Acier	0.42	0.046	0.10952	0.006	0.014285714	Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.41	0.045	0.10976	0.007	0.017073171	Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.41	0.045	0.10976	0.007	0.017073171	Acier	68
Plat préparé	Acier	0.77	0.085	0.11039	0.017	0.022077922	Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.43	0.048	0.11163	0.009	0.020930233	Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.4	0.045	0.1125			Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.4	0.045	0.1125	0.006	0.015	Acier	68
Semi-liquide	Acier	0.4	0.045	0.1125	0.009	0.0225	Acier	68
Sec	Acier	0.85	0.097	0.11412	0.005	0.005882353	Plastique	68
Sec	Acier	0.787	0.09	0.11436	0.005	0.00635324	Plastique	68
Plat préparé	Acier	0.41	0.048	0.11707	0.006	0.014634146	Acier	68
Plat préparé	Acier	0.4	0.047	0.1175	0.007	0.0175	Acier	68
Plat préparé	Acier	0.4	0.048	0.12	0.008	0.02	Acier	68
Plat préparé	Acier	0.4	0.048	0.12	0.006	0.015	Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.2	0.025	0.125	0.016	0.08	Acier (rigide, particulier	68
Plat préparé	Acier	0.28	0.039	0.13929	0.014	0.05	Acier	68
Viande	Acier	0.2	0.028	0.14	0.006	0.03	Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.2	0.029	0.145	0.007	0.035	Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.2	0.03	0.15	0.005	0.025	Acier	68
Viande	Acier	0.2	0.031	0.155	0.007	0.035	Acier	68
Semi-liquide	Acier	0.14	0.022	0.15714	0.003	0.021428571	Acier	68
Plat préparé	Acier	0.165	0.026	0.15758	0.009	0.054545455	Acier	68
Viande	Acier	0.28	0.045	0.16071	0.022	0.078571429	Acier (solidaire)	68
Viande	Acier	0.2	0.033	0.165	0.007	0.035	Acier	68
Viande	Acier	0.32	0.058	0.18125	0.008	0.025	Acier	68
Semi-liquide	Acier	0.075	0.015	0.2	0.003	0.04	Acier	68
Semi-liquide	Acier	0.07	0.015	0.21429	0.002	0.028571429	Acier	68
Plat préparé	Acier	0.09	0.02	0.22222	0.0005	0.005555556	Aluminium	68
Fruits/légumes	Acier	0.2	0.046	0.23	0.007	0.035	Acier	68
Plat préparé	Acier	0.87	0.083	0.0954	0.014	0.016091954	Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.6	0.068	0.11333	0.009	0.015	Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.425	0.05584	0.13139			Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.85	0.0883	0.10388			Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.4	0.05696	0.1424			Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.8	0.089	0.11125			Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.4	0.05571	0.13928			Acier	68
Fruits/légumes	Acier	0.8	0.08826	0.10469			Acier	68
Viande	Acier	0.84	0.08794	0.132			Acier	68
Plat préparé	Acier	0.135	0.01782	0.132			Acier	68
Plat préparé	Acier	0.16	0.03138	0.19613	0.00872	0.0545	Acier	68
Plat préparé	Acier	0.16	0.02626	0.16413	0.00916	0.05725	Acier	68
Plat préparé	Acier	0.135	0.01782	0.132			Acier	68

Figure 215 : Données brutes issues de pesées/mesures réalisées par RDC Environment – Conserves en acier – Scénario 14

11.9. Annexe 9 : Conformité avec le Cadre de Référence ADEME pour ACV comparatives de solutions d'emballage

Les préconisations majeures du Cadre de Référence fourni par l'ADEME pour la réalisation d'ACV comparatives de solutions d'emballage ont été répertoriées dans cette annexe, et la conformité de l'étude à l'égard de ces recommandations a été explicitée et le cas échéant, commentée.

N° fiche	Point du cadre méthologique	Respect du cadre	Commentaire
2	Mise en place d'un comité de revue critique afin de valider la conformité avec les normes ISO 14040 : 2006 et ISO 14044 : 2006	Oui	
2	La revue critique est constituée et réalisée en conformité avec la norme TS/ISO 14071 : 2014	Oui	
3	Le mémo de restitution proposé par le cadre de référence est complété	Oui	
4	L'unité fonctionnelle doit être établie par le commanditaire et le praticien dès le démarrage d'une étude	Oui	
4	La description et la quantification de l'UF doivent refléter le segment de marché auquel se rattache les solutions d'emballages, les fonctions principales et la performance des fonctions	Oui	
4	Le rapport d'étude énonce clairement l'UF ainsi que les fonctions principales, caractérisées en termes de performance	Oui	
4	L'UF décrit le(s) segment(s) de marché des produits auquel (auxquels) elle se réfère et les conditions de distribution des emballages comparés	Oui	
5	Le système complet d'emballage mobilisé pour assurée la distribution des produits emballés est pris en compte	Oui	
5	Les descriptions établies doivent être techniquement valables et représentatives au regard des segments de marché couverts par l'étude	Oui	
5	Le recueil des données doit être conduit de façon à éviter les risques de traitement dissymétrique des solutions concurrentes comparée	Oui	Le traitement de la modélisation au travers de gammes de valeurs permet de couvrir un grand nombre de situations de marché. En outre, l'utilisation du logiciel RangeLCA permet d'assurer une comparaison entre options d'emballages de dimensionnement égal, pour chaque itération de calcul.
5	Le besoin de procéder à l'étude de variantes et/ou à d'analyses de sensibilité doit être envisagé dès lors que des paramètres clés pour les résultats et les enseignements le nécessitent	Oui	
5	Des informations recueillies, les hypothèses formulées, doivent être retranscrites de manière détaillée et intelligible dans le rapport d'étude.	Oui	Validation au travers du processus de revue critique
5	- Présentation technique du système d'emballage (nombre d'unité, masse, volume, matériau, intégration de recyclé, nombre d'utilisations)	Oui	
5	- Présentation de la palettisation (à l'échelle de la palette)	Oui	Données présentées pour chaque scénario à l'échelle des différents gabarits de camions, dont le chargement en palettes est connu et explicité.
5	- Présentation des données (masse des différents éléments) ramenées à l'unité fonctionnelle	Oui	
6	Toutes les étapes du cycle de vie des solutions d'emballages doivent être prises en compte et sont décrites	Non	L'étape de stockage des emballages en centre de distribution a été exclue du fait : - De l'absence de données robustes collectées pour cette étape - Qu'il est estimé par RDC Environment que les impacts spécifiques à cette étape n'influenceront pas les comparaisons entre options réemployables et à usage unique sous un spectre environnemental
6	Critère de coupure explicité	Oui	
6	La production des matières premières 98% en masse des matériaux constitutif des solutions d'emballage comparé doivent être pris en compte	Oui	

Figure 216 : Récapitulatif des préconisations majeures du Cadre de Référence ADEME et de la conformité de l'étude à leur égard (1/4)

N° fiche	Point du cadre méthologique	Respect du cadre	Commentaire
7	La question de l'incidence d'une solution d'emballage sur le cycle de vie du produit lui-même doit être posée et examinée	Oui	
7	Si les solutions comparées créent des différences sur les étapes du cycle de vie du produit et que ceci est intégré au périmètre des travaux ACV visant la comparaison de différentes solutions d'emballage, les différences doivent être objectivées de manière fiable.	Oui	
7	Si des aspects relevant du cycle de vie du produit sont intégrés, le périmètre portant sur le système emballage et le périmètre portant sur le produit sont clairement distingués dans le rapport	Oui	
7	Si des aspects relevant du cycle de vie du produit sont intégrés, la restitution des résultats doit permettre au lecteur de distinguer de manière claire les contributions entre emballage et produit	Oui	
8	Les infrastructures des dispositifs automatisés de reprise des emballages sont prises en compte	Oui	
9	Horizon temporel inférieur à 5 ans : mix de consommation moyen d'electricité du pays de consommation	Oui	
9	Horizon temporel inférieur à 5 ans : si des mix d'électricité spécifiques (type electricité verte) sont appliqués, un mix résiduel (du fournisseur ou à défaut du pays de consommation) doit être appliqué aux autres consommations.	Non applicable	
9	Horizon temporel inférieur à 5 ans : Les critères d'éligibilité (de la méthode PEF) à considérer pour l'utilisation d'un mix renouvelable sont respecté	Non applicable	
9	Horizon temporel supérieur à 5 ans : mix électrique prospectifs adaptés à l'horizon temporel de l'étude	Non applicable	
10	La formule de production de matière est appliquée : Ev + R1 x A x Erecycled - R1 x A x Qsin / Qp x Ev	Oui	
10	La formule de recyclage en fin de vie est appliquée : R2 x (1-A) x (ErecyclingEoL - Ev* x Qsout / Qp)	Oui	
10	Les valeurs des ratios qualité Qsin/Qp et Qsout/Qp sont établies sur la base de considérations techniques	Oui	
10	Le facteur d'allocation A est fixé à 0.5 en cas de base et 0 en analyse de sensibilité	Oui	
10	La nature de la matière recyclée doit être explicitée de manière à pouvoir montrer la cohérence entre cette matière, la quantité prise en compte et les données d'inventaire	Oui	penser à préciser "recyclage mécanique" dans le rapport
10	il est précisé si l'incorporation de recyclé repose sur un contenu physique réel ou une chaine de contrôle (mass balance, book and claim)	Oui	L'étude se base sur un contenu physique réel
11	La formule de la méthode A "solutions d'emballages réutilisables ou réemployables utilisées depuis plusieurs années" est appliquée	Non	Une gamme de valeurs est considérée pour l'étude des nombres d'utilisations. Les valeurs fixées en cas illustratif ont pour but de représenter deux situations contrastées, et non une situation la plus proche et représentative possible d'une solution réelle.
11	La formule de la méthode B "solutions d'emballages réemployables ou réutilisables en cours de déploiement ou en cours de conception"	Non	Une gamme de valeurs est considérée pour l'étude des nombres d'utilisations. Les valeurs fixées en cas illustratif ont pour but de représenter deux situations contrastées, et non une situation la plus proche et représentative possible d'une solution réelle.
11	La sensibilité des résultats d'impact à une variation du nombre d'utilisations doit être systématiquement évaluée	Oui	
12	La consommation de carburant qui est associée au camion effectuant le transport de la marchandise sur un trajet donné est calculé selon la formule du cadre de référence	Oui	

Figure 217 : Récapitulatif des préconisations majeures du Cadre de Référence ADEME et de la conformité de l'étude à leur égard (2/4)

N° fiche	Point du cadre méthologique	Respect du cadre ?	Commentaire (justification si non respect
12 (Ressource de référence 1)	les valeurs de consommation fonction du type de camion établies à partir du Guide Information GES des prestations de transport sont appliquées	Non	La modélisation du transport selon l'outil COPERT V sont préférés pour cette étude
12	Le calcul de la charge réelle est conduit en tenant compte de la surface de plancher du camion (fonction du gabarit) ou de son volume utile. Le calcul de la charge réelle est conduit en tenant compte de la surface de plancher du camion (fonction du gabarit) ou de son volume utile	Oui	
12	Le recours à des inventaires directement exprimés en t.km qui ne permettent pas de faire varier la charge transportée et le taux de retour à vide doit être réservé au cas où il est possible de démontrer le caractère acceptable de cette modélisation simplifiée	Non applicable	La formule du cadre a été appliquée
12	Une surconsommation est prise en compte dans le cas de transport réfrigérés (20% supplémentaire de la consommation à pleine charge)	Non applicable	hors champ de l'étude
12 - 19 (Ressource référence 9)	La consommation de carburant pour la collecte des déchets (séparée et en mélanger avec les OMr) est appliquée	Oui	application directe de la consommation de diesel
12 - 19 (Ressource référence 11)	La consommation de carburant pour le transport des déchets d'emballages entre les centres de tri et les opérateurs de recyclage	partiellement	La consommation des inventaires COPERT est adaptée à 41l / 100 km en appliquant un ratio fonction de la consommation de l'inventaire. Les distances fournies à titre indicatif et le TTV sont donc appliquées
13	Les impacts sont répartis et distincts entre l'emballage et le produit. Si une solution d'emballage conduit à désoptimiser le transport du produit emballé, la désoptimisation est allouée à la solution d'emballage. En pratique, la consommation totale de carburant est calculée puis allouée massiquement entre l'emballage et le produit	Oui	
14	en appliquant la formule de transport du cadre de référence, les étapes de transport tirant partie d'un retour à vide sont modélisé en ne considérant qu'un tier de l'impact du transport du camion, c'est-à-dire la consommation de carburant associée à la charge transportée par le camion	Oui	
15	Recyclabilité : les emballages sont classés par famille (verre, papeir/carton, acier, aluminium, bois, plastique, autres emballages.)	Oui	
15 (Ressource de référence 2)	Recyclabilité : les emballages ne sont pas considérés comme recyclable s'il existe des malus dans le REP emballage	Non	L'étude générique ne va pas dans ce niveau de détail. Ils sont donc considérés comme recyclables
15-16 (Ressource de référence 4)	Recyclabilité: pour les emballages dits recyclables, les taux techniques du cadre sont appliqués (valeur établie à partir des dernières valeurs actualisées des taux techniques de recyclage publiés par CITEO, ADELPHE et l'ADEME)	Non	Des fourchettes de valeur sont appliquées tenant compte des objectifs 2025
16	Recyclage des emballages plastiques type pots en PS : analyse de sensibilité en considérant un taux technique de recyclage équivalent à celui de la famille des emballages plastiques - autres plastiques	Partiellement	Une analyse de sensibilité est réalisée mais le taux technique de reyclage appliqué est supérieur à celui recommandé par la note
16	Recyclage des emballages plastiques type pots en bois : analyse de sensibilité en considérant un taux technique de recyclage équivalent à celui de la famille des emballages plastiques - autres plastiques	Non applicable	
16	Recyclage des papier-carton de type brique alimentaire : analyse de sensibilité en considérant un taux technique de recyclage de 10% pour le PE et l'aluminium	Non applicable	
17	Les déchets d'emballages qui ne sont pas orientés en recyclage est établie à partir des valeurs de l'enquête ITOM de l'ADEME vers l'incinération avec valorisation énergétique (UIOM) et le stockage des déchets non dangereux (ISDND)	Oui	
17 (ressource 5)	La quantité totale de déchets d'emballages qui est associée à une solution d'emballage est calculée en corrigeant la masse de la solution d'emballage mise sur le marché par le taux d'humidité et d'impuretés des déchets correspondant à la famille d'emballage à laquelle appartient la solution	Oui	
18 (resource référence 7)	La quantité d'électricité et la quantité de chaleur qui sont considérées comme valorisées lors de l'incinération de déchets d'emballages en France doit être établie à partir des données de l'enquête ITOM ADEME la plus récente	Oui	
18	L'électricité produite par incinération doit être considérée comme évitant de l'électricité dont le profil correspond à celui de l'électricité consommée en France.	Oui	
18 (resource référence 8)	La chaleur produite par incinération doit être considérée comme évitant de la chaleur dont le profil correspond à celui des réseaux de chaleurs français hors UVE tel que publié dans l'enquête SNCU et FEDENE la plus récente	Oui	
20	Catégories d'impacts mid-point pour lesquelles les méthodes de caractérisation recommandées par l'initiative Environmental Footprint de la Commission Européenne sont à mettre en œuvre.	Oui	
20	Par défaut, les émissions à long-terme ne doivent pas être prises en compte.	Oui	

Figure 218 : Récapitulatif des préconisations majeures du Cadre de Référence ADEME et de la conformité de l'étude à leur égard (3/4)

N° fiche	Point du cadre méthologique	Respect du cadre	Commentaire
21	Métrique et période temporelle d'évaluation : le changement climatique est évalué en utilisant les PRG à 100 ans qui tiennent compte des effets de rétroaction et d'oxydation	Oui	
21	Compensation carbone : les mécanismes de compensation carbone ne doivent pas être pris en compte	Oui	
21	Changement direct d'affectation des sols : les effets sur le changement climatique des changements directs d'affectation des sols doivent dans la mesure du possible être quantifiés en précisant la méthode d'évaluation qui est suivie	Oui	application par défaut des valeurs des inventaires de cyc
21	Changement indirect d'affectation des sols : les effets sur le changement climatique des changements indirects d'affectation des sols ne sont pas quantifiés	Oui	
21	Comptabilisation du carbone d'origine biogénique : l'absorption et l'émission de flux de CO2 dont le carbone est d'origine biogénique sont pris en compte en appliquant la méthode du « bilan net »	Non	Seuls des matériaux d'emballage de regroupement sont impactés, et il est estimé que la prise en compte du carbone d'origine biogénique n'affectera pas significativement les comparaisons entre solutions d'emballage
21	Restitution : les résultats d'impact sur le changement climatique doivent montrer de manière spécifique la contribution qui est associée au carbone biogénique et la contribution qui est associée au changement direct d'affectation des sol	Non	

Figure 219 : Récapitulatif des préconisations majeures du Cadre de Référence ADEME et de la conformité de l'étude à leur égard (4/4)

11.10. Annexe 10 : Analyse préalable autour des critères de coupure

Etapes exclues				Source	Données ecoinvent 3.9.1				Valeur d'impact /emballage				
					EF 3.1 no LT - climate change no LT [Kg CO2 eq]	EF 3.1 no LT - energy resources: non-renewable no LT [MJ eq]	EF 3.1 no LT - acidification no LT [mol H+eq]	EF 3.1 no LT - photochemical oxidant formation: human health no LT [kg NMVOC eq]	EF 3.1 no LT - climate change no LT [Kg CO2 eq]	EF 3.1 no LT - energy resources: non-renewable no LT [MJ eq]	EF 3.1 no LT - acidification no LT [mol H+eq]	EF 3.1 no LT - photochemical oxidant formation: human health no LT [kg NMVOC eq]	
Colle pour étiquette	**Emballages en plastique**	Masse de colle [g/étiquette]	0.2	RDC hypothesis	2.168	7.24E+01	7.98E-03	7.57E-03	4.34E-04	1.45E-02	1.60E-06	1.51E-06	ethylene vinyl acetate copolymer production - RER
Couches barrière - 1 - EVOH - 3% en masse	**Bouteille en PET (20 g/l)**	Masse de couche barrière [g/bouteille]	0.6	RDC hypothesis	2.168	7.24E+01	7.98E-03	7.57E-03	1.30E-03	4.34E-02	4.79E-06	4.54E-06	ethylene vinyl acetate copolymer production - RER
Couches barrière - 2 - Nylon -3% en masse	**Bouteille en PET (20 g/l)**	Masse de couche barrière [g/bouteille]	0.6	RDC hypothesis	9.28	1.15E+02	3.62E-02	2.83E-02	5.57E-03	6.90E-02	2.17E-05	1.70E-05	nylon 6 production - RER
Consommation embouteillage - valeur 1	**Emballages**	Electricity [kWh/l]	0.2	RDC hypothesis	8.79E-02	1.20E+01	6.13E-04	3.30E-04	1.76E-02	2.39E+00	1.23E-04	6.60E-05	market for electricity, low voltage - FR
Consommation embouteillage - valeur 2	**Emballages**	Electricity [kWh/l]	0.4	RDC hypothesis	8.79E-02	1.20E+01	6.13E-04	3.30E-04	3.51E-02	4.78E+00	2.45E-04	1.32E-04	market for electricity, low voltage - FR
Consommation embouteillage - valeur 3	**Emballages**	Electricity [kWh/l]	0.05	RDC hypothesis	8.79E-02	1.20E+01	6.13E-04	3.30E-04	4.39E-03	5.98E-01	3.07E-05	1.65E-05	market for electricity, low voltage - FR
Trajet consommateur vers le magasin	**Emballages de 40g/l**	km/l	0.0155	PEFCR Packed water	3.43E-01	4.54	1.22E-03	1.44E-03	5.32E-03	7.04E-02	1.89E-05	2.23E-05	market for transport, passenger car, EURO 5 - RER
		t.km/l	0.00001	PEFCR Packed water	5.56E-01	7.86	1.70E-03	2.46E-03	5.56E-06	7.86E-05	1.70E-08	2.46E-08	market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 - RER
			0	PEFCR Packed water	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	/
		TOTAL							5.32E-03	7.04E-02	1.89E-05	2.23E-05	
Stockage lors de la distribution - Distributeur - Elec	**Electricity [kWh/m³*year]**	15	0.002	PEFCR Packed water	8.79E-02	1.20E+01	6.13E-04	3.30E-04	0.00020218	0.027524384	1.41074E-06	7.59452E-07	market for electricity, low voltage - FR
	Volume factor	4		PEFCR Packed water									
	Storage duration [days]	14		PEFCR Packed water									
Stockage lors de la distribution - Distributeur - Gaz	**Gaz [MJ de gaz consommé/m³*year]**	180	0.023604	PEFCR Packed water	7.87E-02	1.17E+00	6.00E-05	1.35E-04	0.001857619	0.027616438	1.41623E-06	3.18651E-06	heat production, natural gas, at boiler atmospheric non-modulating <100kW - RER
	Volume factor	4		PEFCR Packed water									
	Storage duration [days]	14		PEFCR Packed water									
Stockage lors de la distribution - Magasin	**Electricity [kWh/m³*year]**	226	0.002476712	PEFCR Packed water	8.79E-02	1.20E+01	6.13E-04	3.30E-04	0.000217584	0.029621479	1.51822E-06	8.17315E-07	market for electricity, low voltage - FR
	Volume factor	2		PEFCR Packed water									
	Storage duration [days]	2		PEFCR Packed water									

Figure 220 : Estimation des valeurs d'impact d'étapes exclues au regard des critères de coupure de l'étude (1/2)

					EF 3.1 no LT - climate change no LT	EF 3.1 no LT - energy resources: non-renewable no LT	EF 3.1 no LT - acidification no LT	EF 3.1 no LT - photochemical oxidant formation: human health no	EF 3.1 no LT - climate change no LT	EF 3.1 no LT - energy resources: non-renewable no LT	EF 3.1 no LT - acidification no LT	EF 3.1 no LT - photochemical oxidant formation: human health no	EF 3.1 no LT - climate change no LT	EF 3.1 no LT - energy resources: non-renewable no LT	EF 3.1 no LT - acidification no LT	EF 3.1 no LT - photochemical oxidant formation: human health no
Colle pour étiquette	4.34E-04	1.45E-02	1.60E-06	1.51E-06	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
Couches barrière - 1 - EVOH - 3% en masse	1.30E-03	4.34E-02	4.79E-06	4.54E-06	1%	2%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	1%	2%	1%	1%
Couches barrière - 2 - Nylon - 3% en masse	5.57E-03	6.90E-02	2.17E-05	1.70E-05	6%	4%	6%	5%	2%	2%	2%	2%	4%	3%	3%	2%
Consommation embouteillage - valeur 1	1.76E-02	2.39E+00	1.23E-04	6.60E-05	**19%**	**122%**	**34%**	**20%**	7%	**64%**	**11%**	7%	**11%**	**94%**	**17%**	10%
Consommation embouteillage - valeur 2	3.51E-02	4.78E+00	2.45E-04	1.32E-04	**38%**	**244%**	**68%**	**40%**	**15%**	**129%**	**22%**	**14%**	**23%**	**188%**	**35%**	**19%**
Consommation embouteillage - valeur 3	4.39E-03	5.98E-01	3.07E-05	1.65E-05	5%	**31%**	8%	5%	2%	**16%**	3%	2%	3%	**24%**	4%	2%
Trajet consommateur vers le magasin	5.32E-03	7.04E-02	1.89E-05	2.23E-05	6%	4%	5%	7%	2%	2%	2%	2%	3%	3%	3%	3%
Trajet consommateur vers le magasin si 100% du trajet n'est pas dédié aux courses mais 50%	2.66E-03	3.52E-02	9.46E-06	1.12E-05	3%	2%	3%	3%	1%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	2%
Stockage lors de la distribution - Distributeur - Elec	2.02E-04	2.75E-02	1.41E-06	7.59E-07	0%	1%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
Stockage lors de la distribution - Distributeur - Gaz	1.86E-03	2.76E-02	1.42E-06	3.19E-06	2%	1%	0%	1%	1%	1%	0%	0%	1%	1%	0%	0%
Stockage lors de la distribution - Magasin	2.18E-04	2.96E-02	1.52E-06	8.17E-07	0%	2%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
					2%	4%	1%	1%	1%	2%	0%	1%	1%	3%	1%	1%

Figure 221 : Estimation des valeurs d'impact d'étapes exclues au regard des critères de coupure de l'étude (2/2)

	données issues d'ecoinvent
	données issues d'autres sources
	calcul RDC
	égalité à d'autres cellules dans le fichier

Figure 222 : grille de lecture de l'analyse effectuée sur les critères de coupure

11.11. Annexe 11 : Hypothèses de production d'électricité

Dans le cadre de la présente étude, différents inventaires ont été utilisés pour permettre une modélisation de la production d'électricité en Europe et en France (selon les procédés considérés).

Outre les données d'arrière-plan intégrées aux inventaires (notamment de production des matériaux d'emballages), les inventaires utilisés sont les suivants, selon les cas (explicités dans le rapport, en section 7).

En France :

- *market for electricity, high voltage – FR (EI 3.9.1)*
- *market for electricity, medium voltage – FR (EI 3.9.1)*
- *market for electricity, low voltage – FR (EI 3.9.1)*

En Europe :

- *market group for electricity, high voltage – RER (EI 3.9.1)*
- *market group for electricity, medium voltage – RER (EI 3.9.1)*
- *market group for electricity, low voltage – RER (EI 3.9.1)*

Sur base de ces inventaires, les mix électriques moyens considérés pour la France et l'Europe sont respectivement représentés dans le *Tableau 136*

Méthode de production	France	Europe
Biogaz	0.22%	1.54%
Biomasse	0.53%	2.06%
Haut fourneau	0.02%	0.23%
Géothermique	0%	0.07%
Charbon	0.67%	7.41%
Hydrique	11.33%	17.34%
Lignite	0.1%	8.05%
Gaz naturel	6.21%	18.16%
Nucléaire	71.87%	27.38%
Pétrole	1%	1.13%
Photovoltaïque	1.27%	2.21%
Solaire	0.01%	0.16%
Récupération	0.07%	0.84%
Eolien	6.68%	13.33%

Tableau 136 : Mix électriques moyens considérés dans les inventaires de production d'électricité utilisés dans la modélisation

11.12. Annexe 12 : Résultats du scénario 6 basés sur EcoInvent 3.9.1

Tel qu'explicité en section 7.3.1.1, des données d'inventaire issues d'EcoInvent 3.10 ont été utilisées pour modéliser la production de PET. Pour permettre d'apprécier l'influence de ce choix de modélisation sur les résultats produits et notamment sur les points de basculement identifiés (présentés en Figure 27), le diagramme en arbre du scénario 6 a donc été produit sur base de la même modélisation et des mêmes données que dans la modélisation de base, mais en utilisant les inventaires suivant pour la production européenne (77.5%) et hors Europe (22.5%) de PET vierge :

- ***polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RER (EI 3.9.1)***
- ***polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RoW (EI 3.9.1)***

Ces résultats sont présentés dans la Figure 223 :

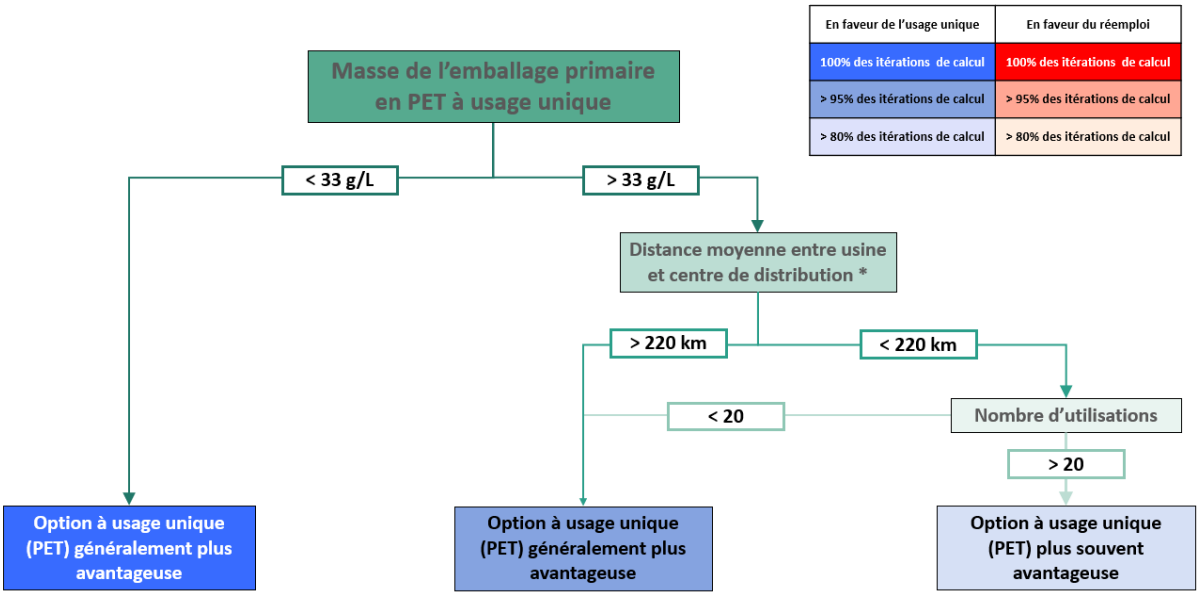


Figure 223 : Scénario 6 - Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique, et d'épuisement de ressources fossiles, calculé sur base d'inventaires EI3.9.1 pour la production de PET

11.13. Annexe 13 : Modélisation détaillée de l'acier pour le scénario 14

11.13.1. Formule CFF (Circular Footprint Formula) pour la modélisation de l'acier

Paramètres formule CFF pour le scénario 14 (BCAUP)		
	Gamme	CI
R1	0.1-0.25	0.25
R2	0.64-0.8	0.8
R3	0	0
A	0.5	0.5
Qs	1	1
Qp	1	1
i (incineration)	0.71	0.71

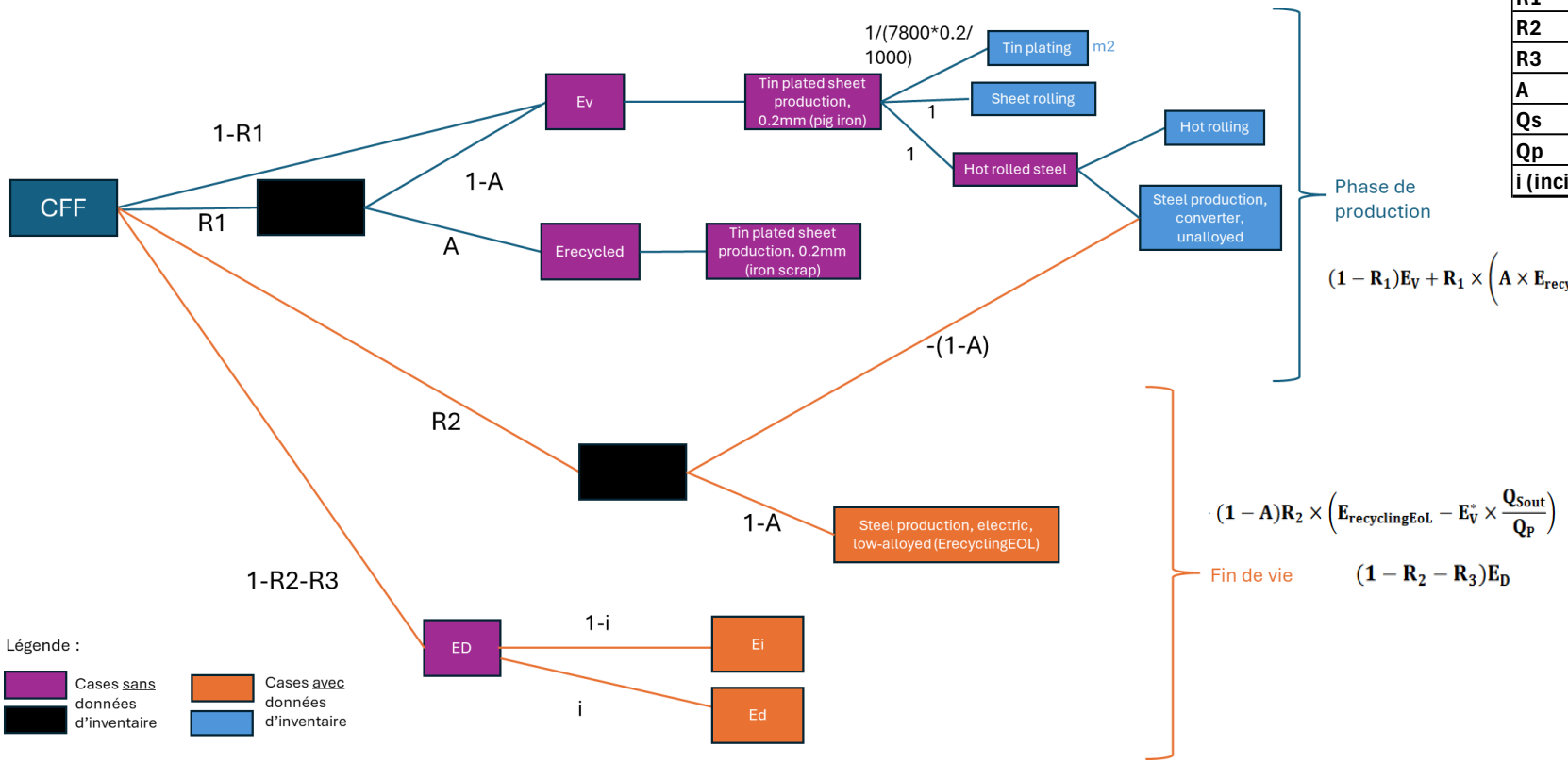


Figure 224 : Scénario 14 – Formule CFF pour la modélisation de l'acier

11.13.2. Tableau synthétique de la modélisation de l'acier

Modélisation	Etape de production		Résultats d'impacts exprimés pour :	Données d'inventaire considérées	Commentaires
Ecoinvent 3.9.1 & MPE - unalloyed steel	Production des feuilles d'acier	Ev (adapté sur base de la donnée "tin plated chromium steel sheet production , 2 mm - RER")	1kg d'acier vierge étamé sous forme de feuille d'épaisseur 0.2mm	Steel, unalloyed - steel production converter - RER	Une production d'acier 100% vierge est considérée en allouant tous les impacts (ceux du *pig iron* : 0.865 ; et ceux du *scrap iron* : 0.232) au *pig iron* (1.097 au total). Les pertes ne sont ici pas prises en compte. Le mix électrique a été adapté afin de tenir compte de la proportion d'acier produite en Europe (37%) et en France (63%).
				Hot rolling, steel - Europe without Austria	Le mix électrique du procédé ecoinvent initial est conservé.
				Tin plating, pieces - RER	La quantité d'étain prise en compte a été adaptée à 25g/m2 afin de prendre en compte les deux faces étamées (sachant que les épaisseurs sont plus importantes à l'intérieur qu'à l'extérieur en raison des agressions causées par les aliments). Les consommations électriques et énergétiques liées au processus d'étamage ont également été adaptées sur base de données industrielles de 2023 fournies par Arcelor Mittal. Les pertes ne sont ici pas prises en compte. La densité de l'acier considérée est de 7800kg/m3. Le mix électrique a été adapté afin de tenir compte de la proportion d'acier produite en Europe (37%) et en France (63%).
				Sheet rolling, steel- RER	Selon les données Ecoinvent, l'épaisseur finale d'acier issue du process *hot rolling* varie entre 1.2 et 20 mm, et celle du process *sheet rolling* entre 0.1 et 3 mm : il a été considéré une réduction d'épaisseur d'un facteur 10 entre ces deux processus. L'épaisseur finale souhaitée pour la boîte de conserve est de 0.2mm, or l'épaisseur de la donnée *tinplated chromium steel* est de 2mm. Comme le facteur de réduction entre les deux épaisseurs est à nouveau de 10, il est considéré que la consommation nécessaire pour passer de ~20mm à ~2mm est similaire à celle nécessaire pour passer de ~2mm à ~0.2mm. La consommation spécifique à l'étape d'amincissement de la feuille a donc été multipliée par deux. Les pertes ne sont ici pas prises en compte. Le mix électrique a été adapté afin de tenir compte de la proportion d'acier produite en Europe (37%) et en France (63%).
		Erecycled (adapté sur base de la donnée "tin plated chromium steel sheet production , 2 mm - RER")	1kg d'acier recyclé étamé sous forme de feuille d'épaisseur 0.2mm	Steel, unalloyed - steel production converter - RER	100% de scrap est considéré en allouant tous les impacts (ceux du pig iron : 0.865 ; et ceux du scrap iron : 0.232) au *iron scrap, sorted, pressed* (1.097 au total). Les pertes ne sont ici pas prises en compte. Le mix électrique a été adapté afin de tenir compte de la proportion d'acier produite en Europe (37%) et en France (63%).
				Hot rolling, steel - Europe without Austria	Identique à Ev
				Tin plating, pieces - RER	Identique à Ev
				Sheet rolling, steel- RER	Identique à Ev
		Recyclage de l'acier en fin de vie	1kg d'acier recyclé en fin de vie	Steel, unalloyed - steel production converter - RER	/
				Steel production, electric, low-alloyed - Europe w/ Switzerland and Austria	La collecte sélective et la collecte en mélange de l'acier ont été prises en compte conformément au cadre de référence ADEME. Le mix électrique a été adapté afin de tenir compte de la proportion d'acier produite en Europe (37%) et en France (63%).
		ED	1kg d'acier incinéré	Scrap steel, municipal incineration - Europe w/ Switzerland	/
			1kg d'acier mis en décharge	Waste aluminium, sanitary landfill - RoW	/
	Production des boîtes 3 pièces (avec revêtement) à partir des feuilles d'acier de 0.2 mm	Infrastructure	1 kg de boîte de conserve "3 pièces" en acier	*Basées sur la modélisation MPE*	Le mix énergétique a été adapté afin de considérer un assemblage français. Selon le rapport public MPE, la consommation de chaleur s'explique par l'utilisation d'étuves pour le séchage des laques, des vernis ou de la peinture. Les procédés et valeurs associées pour chacun des flux détaillés dans la colonne D ne sont pas publics et ne seront par conséquent pas explicités ici.
		Consommation d'électricité			
		Consommation de chaleur			
		Consommation d'eau			
		Emissions dans l'air			
		Revêtement interne		Phenolic resin production - RER	La surface de revêtement nécessaire par kg d'acier est de 0.018 m2. Cette valeur a été obtenue sur base de mesures et pesées RDC pour un emballage de dimensions médianes, par ailleurs très représenté dans l'échantillon d'emballages. En considérant une épaisseur de 0.25 mm de revêtement (hypothèse conservatrice RDC), on obtient la valeur de 4.8g/kg d'acier. Les impacts liés à l'application du revêtement sont pris en compte dans la modélisation MPE (cf. ligne ci-dessus).

Tableau 137 : Scénario 14 – Synthèse des données d'inventaires considérées et des hypothèses de modélisation pour chaque étape de production des boîtes de conserve en acier

11.13.3. Production de l'acier : *steel, unalloyed – steel production converter – RER*

La modélisation des données E_v et $E_{recycled}$ a été adaptée sur base de la donnée Ecoinvent 3.9.1 *tin plated chromium steel sheet, 2 mm – RER*. Les boîtes de conserve étant fabriquées à partir d'acier non allié, le procédé par défaut *Steel, chromium steel 18/8, hot rolled* a été remplacé par le procédé *Steel, unalloyed – steel production converter – RER*. Ce procédé de production d'acier a ensuite été adapté pour le paramètre E_v de sorte que tous les impacts soient alloués au procédé « pig iron », (acier 100% vierge) et pour le paramètre $E_{recycled}$ de sorte que tous les impacts soient alloués au procédé « iron scrap » (acier 100% recyclé), comme representé en Figure 202. La proportion d'acier produite en Europe (37%) et en France (63%) a également été prise en compte.

Inputs from technosphere	Amount
blast oxygen furnace converter	1.33e-11 unit
coke	0.000183 MJ
compressed air, 600 kPa gauge	0.0144 m3
dolomite	0.00442 kg
electricity, medium voltage	0.0242 kWh
ferromanganese, high-coal, 74.5% Mn	0.006 kg
iron ore concentrate	0.000623 kg
natural gas, high pressure	0.0012 m3
oxygen, liquid	0.0781 kg
pig iron	0.865 kg
quicklime, in pieces, loose	0.0448 kg

Inputs from technosphere, recyclable materials	Amount
iron scrap, sorted, pressed	0.232 kg

37% d'acier produit en Europe	63% d'acier produit en France
Electricity medium voltage, RER	*Electricity medium voltage, FR*
0.008954	0.015246

Ev	Erecycled
1.097	0

Ev	Erecycled
0	1.097

Figure 225 : Scénario 14 – Modélisation des paramètres E_v et $E_{recycled}$ pour l'acier (scénario 14) à partie de la donnée « Steel, unalloyed – steel production converter – RER »

11.13.4. Laminage des feuilles d'acier : *sheet rolling, steel – RER*

D'après la lecture du rapport Ecoinvent n°10 (Metals), Section 2.3 et Figure 2.3, les impacts de la consommation électrique liés aux étapes d'amincissement de la feuille d'acier représentent 30% des impacts totaux du procédé de laminage. La consommation électrique du procédé Ecoinvent 3.9.1 *sheet rolling, steel – RER a* donc été multipliée par 1.3. Le mix électrique a également été adapté afin de tenir compte de la proportion d'acier produite en Europe (37%) et en France (63%) comme représenté en Figure 226.

Inputs from technosphere	Amount
chemical, inorganic	1.58e-08 kg
electricity, medium voltage	0.224 kWh
heat, district or industrial, natural gas	0.996 MJ



37% d'acier produit en Europe	63% d'acier produit en France
Electricity medium voltage, RER	*Electricity medium voltage, FR*
0.107744	0.183456

Figure 226 : Scénario 14 – Modélisation de l'étape de laminage des feuilles d'acier (0.2 mm) sur base du procédé « Sheet rolling, steel, RER »

11.13.5. Etamage de l'acier : *tin plating, pieces – RER*

La quantité d'étain considérée a été adaptée à 25g/m^2 afin de prendre en compte les deux faces étamées (sachant que les épaisseurs sont plus importantes à l'intérieur qu'à l'extérieur en raison des agressions causées par les aliments). Les consommations électriques et énergétiques liées au processus d'étamage ont également été adaptées sur base de données industrielles de 2023 fournies par Arcelor Mittal (plus récentes que les données du BREF), comme représenté dans le Tableau 138. Le mix électrique a été adapté afin de tenir compte de la proportion d'acier produite en Europe (37%) et en France (63%).

Tin plating process	Valeur moyenne Arcelor Mittal*	Valeur borne haute issue du BREF**	**Modélisation**
Natural gas (MJ/m2)	0.015	0.062	*Heat, natural gas*
Electrolyte (kWh/m2)	0.280	0.312	*Electricity (63% en France et 37% en Europe)*
Steam (MJ/m2)	1.377	2.015	*50% Heat, natural gas "et 50% Heat other than natural gas*

Tableau 138 : Données de consommations électriques et énergétiques pour l'étape d'étamage de l'acier

** Moyennes calculées sur base des consommations d'énergies de l'année 2023 (année complète) d'Arcelor Mittal. Les données fournies ont été converties en MJ et KWh par m^2 en considérant une surface à étamer pour une épaisseur de 0.2 mm de 0.641 m^2/kg.*
*** Données du BREF de 2006 « Surface Treatment of Metals and Plastics » - page 180*

Inputs from technosphere	Amount
aluminium sulfate, powder	1.51e-05 kg
ammonia, anhydrous, liquid	0.00051 kg
chemical, inorganic	0.025 kg
chemical, organic	0.00167 kg
electricity, medium voltage	0.342 kWh
heat, district or industrial, natural gas	12.5 MJ
heat, district or industrial, other than natural gas	12.9 MJ
hydrochloric acid, without water, in 30% solution state	0.42 kg
nickel, class 1	1.78e-05 kg
rolling mill	2.71e-12 unit
soda ash, light	0.00167 kg
sodium hydroxide, without water, in 50% solution state	0.00633 kg
tin	0.0365 kg
water, deionised	3.33 kg

37% d'acier produit en Europe	63% d'acier produit en France
Electricity medium voltage, RER	*Electricity medium voltage, FR*
0.104	0.176

0.704
0.689
0.025

Figure 227 : Scénario 14 – Modélisation de l'étamage de l'acier sur base du procédé "tin plating, pieces - RER"

11.13.6. Recyclage de l'acier en fin de vie : *steel production, electric, low-alloyed – Europe w/ Switzerland and Austria*

La collecte sélective (19.4 km) a été prise en compte conformément au cadre de référence ADEME, et le transport en camion de la donnée *iron scrap, sorted, pressed* à l'intérieur du procédé de recyclage a par conséquent été mis à 0 afin d'éviter un double comptage comme représenté en La proportion d'acier produite en Europe (37%) et en France (63%) a également été prise en compte.

Inputs from technosphere, recyclable materials	Amount
iron scrap, sorted, pressed	1.13 kg
transport, freight, lorry, unspecified	0.0637 metric ton*km



0

Inputs from technosphere	Amount
anode, for metal electrolysis	0.00346 kg
argon, liquid	0.00109 kg
electric arc furnace converter	4e-11 unit
electricity, medium voltage	0.55 kWh
ferromanganese, high-coal, 74.5% Mn	0.0103 kg
ferrosilicon	0.00392 kg



37% d'acier produit en Europe	63% d'acier produit en France
Electricity medium voltage, RER	*Electricity medium voltage, FR*
0.2035	0.3465

Figure 228 : Scénario 14 – Modélisation du recyclage en fin de vie de l'acier sur base du procédé "steel production electric, low-alloyed – Europe w/ Switzerland and Austria »

11.14. Annexe 14 : Rapport de revue critique

11.14.1. Contexte

A la demande de l'ADEME, RDC Environnement a préparé un rapport comparatif « **Evaluation environnementale de la consigne pour le réemploi d'emballages en France – Volet B** » destiné à être communiqué à des tierces parties, en particulier dans le cadre de l'observatoire du Réemploi.

Le principal objectif de ses travaux comparatifs était de « *dresser un bilan environnemental de plusieurs dispositifs de consigne pour réemploi des emballages par les professionnels en France métropolitaine, en prenant en compte toutes les étapes de leur cycle de vie et différentes catégories d'impacts environnementaux. A cette fin, les paramètres influençant les performances environnementales des différents dispositifs sont identifiés, quantifiés et analysés, et ce afin de définir les éventuels points de bascule (ou valeurs seuils) et les cas de figure pour lesquels une solution d'emballage réemployable consignée est généralement plus avantageuse sur le plan environnemental qu'une solution analogue existante à usage unique, et vice-versa.* »

Cette étude générale sur le réemploi des emballages est structurée en deux volets. Le **volet B** - objet de ce rapport de revue critique - est « *axé sur la comparaison de solutions d'emballages réemployables et consignées en verre ou en PET avec des emballages constitués d'autres matériaux (hors verre), à usage unique* ». Il procède par la construction et l'évaluation de plusieurs scénarios « génériques » destinés à couvrir une large diversité de cas possibles.

L'étude précise que l'horizon temporel considéré pour les systèmes étudiés est l'année 2025, avec toutefois un horizon à 2030 pour rendre compte des objectifs prospectifs de recyclage.

Ce rapport comparatif indique viser la conformité aux normes ISO 14040 : 2006 et ISO 14044 : 2006 et la prise en compte des préconisations du référentiel méthodologique de l'ADEME « Cadre de référence - ACV comparative entre différentes solutions d'emballages », version 1, datant de janvier 2022. Pour répondre aux exigences de l'ISO, l'ADEME a mandaté un Comité de Revue Critique (Comité de RC) pour effectuer une revue du rapport élaboré par RDC Environnement.

Le présent rapport rédigé par le Comité de RC est destiné à être intégré dans son ensemble (y compris ses annexes), dans le rapport final de l'ADEME et de RDC Environnement.

11.14.2. Composition du Comité de Revue Critique

Le Comité de RC est constitué de différents experts :

- **Pierre Corre**, Directeur Associé de CPV Associés. Il porte l'expertise relative à la supply chain de produits de grande consommation, en lien avec son implication dans la définition de schémas directeurs logistiques y compris pour des dispositifs de réemploi dans le secteur des boissons/CHR.
- **Charlotte Hugrel**, co-fondatrice de Bleu Safran, praticienne ACV. Elle porte l'expertise en matière d'ACV appliquées aux domaines des déchets, de la valorisation matière et énergétique, de l'emballage et des problématiques liées aux transports, domaines dans lesquels elle a exercé plusieurs années comme chargée de recherche.
- **Magali Palluau**, co-fondatrice de Bleu Safran, praticienne ACV. Elle porte l'expertise en matière d'ACV appliquées aux emballages et à la gestion des déchets. Elle assure également la coordination des travaux de revue critique.

11.14.3. Travaux de revue critique, déroulement et limitations

11.14.3.1. Déroulement de la revue critique

La revue critique s'est échelonnée sur une période allant de novembre 2022 à mi-août 2024, en concordance avec les différentes phases de réalisation de l'étude.

Première phase – Novembre 2022 à mars 2023

- Phase dédiée au volet A dédié aux solutions d'emballages en verre (scénarios 1 à 5). Les principes méthodologiques et certaines données étant communes aux volets A et B, l'itération de commentaires réalisée sur le Volet A a également bénéficié au volet B, objet de cet avis de RC.

Seconde phase – Juin 2023 à octobre 2023

- Travaux de RDC Environnement et de l'ADEME relatifs aux scénarios 6 à 10 du volet B (volet B1).
- Une seule itération de commentaires a été réalisée par le comité de RC sur une version provisoire du volet B1 en raison du calendrier initial de finalisation envisagé pour cette étude. La version finale du volet B1 n'a donc pas été l'objet d'une seconde itération de commentaires.

Troisième phase – Janvier 2024 à août 2024

- Travaux de RDC Environnement et de l'ADEME relatifs aux scénarios 11 à 14 du volet B (volet B2)
- Des réunions d'échanges ciblées sur des sujets spécifiques (flux relatifs à l'utilisation d'eau, prise en compte des incertitudes) ainsi que deux itérations de commentaires sur deux versions successives du rapport ont été réalisées.

Précisons que le comité de RC n'a pas participé aux différentes réunions de présentation de l'étude au Comité de Suivi constitué de représentants sectoriels (environ 70 membres) et qu'il n'y a pas eu de temps d'échanges entre le Comité de RC et le Comité de Suivi.

Les principaux jalons du processus de revue critique sont décrits plus en détail dans le tableau ci-après.

Période	Etape	Précisions
Première phase (aspects transversaux aux volets A et B)		
2 au 9 novembre 2022	• Lancement du processus de revue et échanges préliminaires sur des éléments généraux	
1er au 20 mars 2023	• Transmission par RDC/ADEME du rapport complet provisoire du volet A • Analyse de ce rapport par le Comité de RC, rédaction et consolidation des commentaires • Réunion d'échanges sur les commentaires avec RDC, l'ADEME et le Comité de RC	Rapport provisoire portant sur les volets A et B1 (résultats non encore établis) 190 commentaires formulés*, dont certains communs aux volets A et B et d'autres spécifiques au volet B
14 avril et 5 mai 2023	• Points d'échanges complémentaires avec RDC et l'ADEME	Revue des ajustements envisagés en particulier sur les étapes logistiques
Seconde phase (volet B1)		
27 mai au 21 juin 2023	• Transmission par RDC/ADEME du rapport provisoire du volet B1(Sc6 à sc 10) • Analyse de ce rapport par le Comité de RC, rédaction et consolidation des commentaires • Réunion d'échanges sur les commentaires avec RDC, l'ADEME et le Comité de RC	44 commentaires formulés par le Comité de RC*
Juillet 2023 à octobre 2023	• Points d'échanges avec RDC et l'ADEME sur des sujets ciblés	• Restitution des points de basculement • Prise en compte des incertitudes • Distances logistiques moyennes
Octobre 2023	• Transmission par l'ADEME du rapport volet B1 finalisé (sc6 à sc10) • Rédaction d'avis partiel de revue critique NB : pas de seconde itération de commentaires	NB : avis partiel en raison de la poursuite des travaux
Troisième phase (volet B2)		
25 janvier et 15 février 2024	• Lancement des travaux de revue du volet B2	
29 mars et 9 avril 2024	• Réunions d'échanges avec RDC et l'ADEME dédiées à deux sujets ciblés (voir ci-contre)	• Orientations possibles pour le calcul et la prise en compte des incertitudes • Restitution dédiée aux flux eau
25 mars au 25 avril 2024	• Transmission par RDC/ADEME du rapport provisoire du volet B2 (résultats partiels) • Analyse de ce rapport par le Comité de RC, rédaction et consolidation des commentaires • Réunion d'échanges sur les commentaires avec RDC, l'ADEME et le Comité de RC	77 commentaires formulés par le Comité de RC*
Mai – juin 2024	• Echanges ciblés avec RDC Environnement et l'ADEME	• Modélisation de la solution acier • Arbitrage final de ADEME sur les incertitudes (pour plus de détail, voir section 4.5 du présent avis)

3 juin au 21 juin	• Transmission par RDC/ADEME du rapport complet provisoire du volet B2 (sc 11 à sc 14) • Analyse de ce rapport par le Comité de RC, rédaction et consolidation des commentaires • Réunion d'échanges sur les commentaires avec RDC, l'ADEME et le Comité de RC	55 commentaires formulés par le Comité de RC*
17 juillet au 8 août 2024	• Transmission par RDC/ADEME du rapport complet final intégrant les volet B1 et B2 • Rédaction de l'avis de revue critique NB : pas de 3ème itération de commentaires	

* Les commentaires formulés sur la version provisoire du rapport ont couvert les thématiques suivantes :

- Objectifs des travaux (portée des scénarios génériques, cas moyen, etc.)
- Méthodologie ACV
- Données (description des emballages, étapes logistiques, taux de recyclage, etc.)
- Résultats et interprétation
- Limites des travaux
- Clarté et pédagogie du rapport
- Transparence des données
- Remarques éditoriales

11.14.3.2. Nature des travaux de revue critique et limitations de la portée des conclusions de la revue critique

Les différents membres du Comité de RC ont collectivement réalisé les travaux suivants :

- Revue des orientations méthodologiques de l'étude, à savoir leur consistance avec les exigences de la norme ISO 14044 ainsi que leur adéquation avec les préconisations du Cadre de Référence ADEME.
- Evaluation du caractère plausible et approprié des données et de la validité scientifique et technique de l'étude, ceci en lien avec l'objectif des travaux. Dans le cadre de ces travaux, cela implique notamment :
    - La description technique des solutions d'emballages.
    - La description des différentes étapes considérées dans les scénarios étudiés (étapes de la chaine logistique, fin de vie des emballages, Etc.)
    - Le choix des inventaires d'arrière-plan utilisés, compte tenu des représentativités temporelle, technologique et géographique revendiquées
- Appréciation du domaine de validité des conclusions de l'étude et de la formulation des limites de l'étude.
- Appréciation de la clarté du rapport, de sa transparence et de sa cohérence.

Compte tenu des particularités de cette étude, **plusieurs limites générales de ce travail de revue critique – exposées ci-après – sont à souligner.**

Le Comité de RC a principalement travaillé sur la base des versions successives du rapport ACV qui lui ont été remises. Aucune vérification de la chaîne d'opérations allant de la collecte des données à la production des résultats, en passant par le traitement des données, la correcte mise en œuvre des données (dont les données de référence du « Cadre de Référence – ACV comparatives entre différentes solutions d'emballages » de l'ADEME), la modélisation à proprement parler ou encore l'identification des points de basculement, n'a été conduite par le Comité de RC.

En ce qui concerne la revue des résultats d'impacts, des tests de cohérence limités ont été réalisés sur les résultats des cas illustratifs accessibles dans le rapport, en lien avec les données descriptives de ces configurations. En revanche, les milliers de jeux de résultats d'impacts obtenus aléatoirement pour chacune des solutions étudiées et ayant permis d'établir les graphes range et range delta n'ont pas été examinés.

En complément, des tests limités ont été réalisés concernant le principe de mise en œuvre de la méthode de modélisation de la possible désoptimisation de la distribution du produit emballé dans un contexte comparatif.

Concernant les données descriptives des systèmes d'emballages et des schémas logistiques (notamment les masses, distances de transport), qui ont par ailleurs été soumises au Comité de Suivi de l'étude, le Comité de RC s'est appuyé sur son retour d'expérience pour se faire un avis sur la *plausibilité* de certaines valeurs hautes ou basses constituants les fourchettes étudiées. Il n'entrait cependant pas dans sa mission de procéder à une vérification des valeurs établies ou encore à des mesures ou pesées.

De plus, il n'entrait pas dans le champ de cette revue :

- D'analyser et de vérifier les feuilles de données individuelles de la modélisation réalisée par RDC Environnement, y compris celles créées dans le contexte de cette étude (ex : données de lavage).
- D'évaluer le fonctionnement du logiciel « RangeLCA ».

Compte tenu de la nature des travaux de revue qui ont pu être conduits, le comité de RC estime être en capacité de se prononcer sur :

i) Le caractère plausible et approprié des descriptions techniques des solutions d'emballage, de leurs données descriptives, des inventaires d'arrière-plan ainsi que des choix méthodologiques restitués dans le rapport d'étude,
ii) La plausibilité des résultats des cas illustratifs,
iii) Le principe de construction des arbres décisionnels,
iv) La validité des conclusions générales et la restitution adéquate des limites de l'étude,
v) La clarté et la transparence du rapport.

En revanche, le comité de RC n'est pas à même de se prononcer sur la vraisemblance en tant que telle des milliers de résultats d'impacts restitués via les nuages de points des graphes range et range delta.

11.14.3.3. Document concerné par ce rapport de revue critique

Le présent rapport de revue critique porte exclusivement sur le rapport final de l'étude « Evaluation environnementale de la consigne pour le réemploi d'emballages en France – volet B » tel que transmis au Comité de RC le 17 juillet 2024. Il ne couvre aucune autre version de ce rapport, aucun autre rapport, extrait, synthèse, publication ou inventaires du cycle de vie qui pourraient éventuellement être produits à partir de ces travaux. Les conclusions du Comité de RC ont été données en fonction de l'état de l'art et de l'information qu'il a reçue au cours du projet. Les conclusions du Comité de RC auraient pu être différentes dans un autre contexte.

11.14.4. Principaux commentaires et points discutés

11.14.4.1. Objectifs de l'étude

L'objectif de l'étude en tant que tel n'est pas revu car il relève de la responsabilité du commanditaire, à savoir l'ADEME. Toutefois, il a été examiné si la méthodologie mise en œuvre permet d'atteindre les objectifs annoncés et si l'objectif et les finalités des scénarios génériques et des cas illustratifs sont énoncés de manière explicite et compréhensible.

Le groupe d'experts a formulé différents commentaires communs aux deux volets de l'étude (n°61, n°62, n°63) visant à davantage expliciter la raison d'être et la finalité des scénarios génériques d'une part et des « cas illustratifs » d'autre part. Ces éléments, utiles à tout lecteur de cette étude, ont été apportées dans la version finale du rapport en section 5.1 « *Introduction au choix de valeurs de modélisation* ».

En raison du caractère « générique » des scénarios, d'autres commentaires (n°10, n°79) ont porté sur la nécessité d'éclairer le lecteur quant aux segments de marché concernés ou non par les 9 scénarios étudiés par volet. Ces précisions ont été apportées dans les fiches descriptives des scénarios présentées en section 3.1.4 du rapport final d'ACV.

Les échanges ont également permis de clarifier le positionnement de cette étude vis-à-vis de la question de la standardisation des emballages et de son intérêt environnemental, le rapport final précisant : « *Pour cette étude, il n'a pas été considéré d'étudier l'influence spécifique d'une standardisation des emballages primaires. [...]. L'influence de la mise en marché d'emballages standardisés par rapport à une alternative non-standardisée sur les opportunités et risques associés au réemploi doit donc faire l'objet d'analyses complémentaires* » (voir section 7.5 - Limites liées à la standardisation des emballages primaires réemployables).

Le Comité de RC considère que la démarche méthodologique mise en œuvre est appropriée pour répondre à l'objectif principal de l'étude, à savoir définir au travers d'une approche la plus générique possible « *les éventuels points de bascule (ou valeurs seuils) et les cas de figure pour lesquels une solution d'emballage réemployable consignée est généralement plus avantageuse sur le plan environnemental qu'une solution analogue existante à usage unique, et vice-versa* ».

11.14.4.2. Cohérence des méthodes utilisées avec les exigences de la norme ISO 14044 et les préconisations du Cadre de Référence ADEME

Le rapport final d'ACV couvre la grande majorité des différents items devant être restitués dans un rapport comparatif pour tierces parties selon les exigences de la norme ISO 14044 : 2006.

En ce qui concerne les préconisations du Cadre de Référence - ACV comparatives entre différentes solutions d'emballages (ADEME), le groupe d'experts a pointé plusieurs écarts lors de la relecture du projet de rapport transmis le 28 février 2023[a], certains concernant la méthodologie (ex : facteurs d'allocation des bénéfices du recyclage, désoptimisation du transport du produit emballé, comptabilisation du carbone biogénique), d'autres écarts concernant les données techniques de référence pour la France (ex : taux de recyclage actuels, consommations de carburant lors de la collecte des déchets d'emballages, distances centres de tri/recycleurs, etc.).

Un point clé de discussion a porté sur la méthodologie à mettre en œuvre, dans ce contexte comparatif, pour prendre en compte les impacts environnementaux découlant d'une désoptimisation de la distribution du produit emballé (ex : boissons) pouvant être engendrée par certaines solutions d'emballages comparativement à une solution la plus optimisée sur ce critère. Pour plus de détails, le lecteur pourra prendre connaissance de la section 5.5.1.4 « *Prise en compte du produit contenu et désoptimisation liée au réemploi* » du rapport final d'ACV.

Le Comité de RC a également incité le commanditaire et le réalisateur de cette étude à rendre transparent son positionnement vis-à-vis du Cadre de Référence de l'ADEME en explicitant les préconisations suivies et celles non suivies. Ceci a donné lieu à l'ajout d'une annexe dans le rapport final d'ACV du volet B.

Au final, la majorité des écarts a été levée. Les écarts résiduels sont clairement exposés dans le rapport final d'ACV et une justification a été apportée. Le Comité de RC considère ainsi que les principales préconisations du Cadre de Référence ADEME ont été appliquées de manière satisfaisante pour l'élaboration du rapport final d'ACV et que les écarts sont acceptables (ex : comptabilisation du carbone biogénique) compte tenu du périmètre et des objectifs de cette étude.

11.14.4.3. Validité scientifique et technique

En ce qui concerne la validité technique et scientifique des méthodes de caractérisation, cette étude a suivi les préconisations du Cadre de Référence de l'ADEME qui recommande d'utiliser les méthodes mid-points actuellement retenues par l'initiative européenne « Environmental Footprint ». Les analyses comparatives se sont plus particulièrement centrées sur quelques indicateurs, le rapport explicitant leur sélection et justifiant le choix de ne pas inclure l'indicateur d'épuisement des ressources en eau.

Dès le volet A de l'étude, plusieurs commentaires détaillés ont questionné la description technique de la logistique de distribution des produits emballés et des étapes logistiques relatives aux emballages réemployables vides telles que présentées dans le rapport complet provisoire[b].

Deux réunions d'échange dédiées à ces questions ont été organisées, ce qui a permis d'aboutir à des ajustements en ce qui concerne les données descriptives des étapes logistiques de distribution et de retour des emballages réemployables vides, le centre de distribution de proximité alimentant les points de vente constituant un point pivot. En effet, en amont et en aval de ces centres, les étapes logistiques peuvent présenter des caractéristiques différentes en termes de gabarits de camions utilisés, de distances parcourues ou encore de taux de chargement volumique réellement pratiqué. Les discussions et les modifications ont ainsi porté sur :

- La répartition entre les types de voies empruntées (urbain, rurale, voies rapides) par gabarit de camions en ce qui concerne le trajet allant des centres de distribution aux points de vente ou établissements CHR.
- La gamme de valeurs pertinentes à étudier pour tenir compte des effets de désoptimisation pouvant affecter la distribution avale des produits emballés et le retour aval des emballages réemployables vides déconsignés. Rappelons pour le lecteur qu'en raison de diverses contraintes et contingences, il n'est pas toujours possible d'assurer un remplissage optimal des camions et donc de tirer parti du volume de chargement disponible.
- La correcte mise en œuvre de cet effet de désoptimisation

Pour plus de détails, le lecteur pourra prendre connaissance des sections 5.5.1.2 « *Taux de chargement des camions* » et 5.5.1.5.2 « *Types de routes* » du rapport final d'ACV.

Les descriptifs techniques des solutions d'emballages des scénarios du volet B1 et B2 ont donné lieu à des commentaires importants de la part du comité de RC.

[a] *Voir notamment commentaires n°128, n°150, n°156, n°162, n°6, n°58, n°60, n°64, n°98, n°152, n°153, n°154, n°195, n°196 en annexe 1.*
[b] *Voir notamment commentaires n°102, n°113, n°114, n°115, n°116, n°118, n°133, n°139 en annexe 1.*

Volet B1 (voir commentaires n°b.7, n°b.8, n°b.9, n°b.10, n°b.11, n°b.16), en ce qui concerne notamment :

- Le choix d'une représentativité géographique appropriée des procédés de transformation dans le cas de la bouteille PET, du pot PS ou encore de la canette en aluminium. En effet, l'étude porte sur des emballages « *utilisés en France métropolitaine pour le conditionnement et la distribution de produits alimentaires* ». Dans ce contexte, certains procédés doivent être considérés comme réalisés en France, soit car ils sont directement réalisés sur le site de remplissage, soit en raison des choix industriels des acteurs (ex : sites de fabrication de canettes situés à proximité immédiate de leaders de la boisson). A titre d'exemple, il est donc pertinent de considérer que le soufflage des préformes de PET est réalisé en France (avec une électricité moyenne française) et non en Europe.
- La représentativité géographique des procédés de recyclage en fin de vie des emballages, ceux-ci devant être valables pour des emballages mis sur le marché en France
- L'origine géographique de certaines matières vierges ou recyclées, un profil générique « 100% Europe » n'étant pas toujours représentatif
- La nature des procédés de transformation à considérer dans le cas de la bouteille PET et de la canette, ainsi que certaines valeurs de taux de chutes.
- La nécessité de retravailler la modélisation de la canette en aluminium, une première modélisation très simplifiée ne prenant pas en compte les étapes de mise en forme de la canette.
- Le choix des matériaux de certains systèmes de fermeture (ex : pot PS)
- Le recours à des emballages de regroupement pour le transport des barquettes pour les scénarios 8 et 9.

Volet B2 (voir commentaires n°c.32 à 35, n°c.57&58, n°d.12, n°d.55, etc.), en ce qui concerne notamment :

- La nécessité de retravailler en profondeur la modélisation de la conserve en acier, notamment en ce qui concerne la production du fer blanc (tinplate), les étapes de production de la boite trois pièces, ainsi que les profils d'acier recyclé.
- L'étape de lavage industriel des bouteilles et bonbonnes en PET
- Le choix de l'emballage de regroupement pour la bouteille PET réemployable (scénario 11), en considérant un film de fardelage plutôt qu'un carton de regroupement des bouteilles.

L'attention du lecteur est également attirée sur les nécessaires simplifications qui ont été réalisées pour conduire, dans les délais attendus, cette étude dont le périmètre vise à englober un large éventail de solutions d'emballages. Par exemple, les additifs barrières, des charges, ou des colorants pouvant être utilisés dans les plastiques, les revêtements internes des canettes aluminium, n'ont pas été modélisés de manière spécifique. Les auteurs du rapport estiment cependant qu'au global le seuil de coupure est situé entre 5 et 10% pour les trois critères usuellement pris en compte en ACV (masse, énergie et impact environnemental).

A la lecture du rapport final ACV, la majorité des commentaires formulés ont été pris en compte de manière appropriée ou ont fait l'objet de mentions dans la section du rapport dédiée aux limites ou dans les réponses aux commentaires formulés par le comité de RC. En dernière analyse, les scénarios décrits et modélisés dans le rapport final d'ACV présentent un niveau approprié de plausibilité technique.

11.14.4.4. Choix des données en lien avec les objectifs de l'étude

Données descriptives

De nombreux commentaires détaillés (voir les annexes du présent document) ont questionné les gammes de valeurs proposées en ce qui concerne :

- la masse des contenants et de certains de leurs systèmes de fermeture,
- les taux d'intégration de recyclé considérés
- le principe de calcul et l'horizon temporel des taux prospectifs de recyclage
- les ratios volumiques tels que définis dans cette étude.

Ces remarques, conjuguées aux retours du Comité de Suivi et à des analyses complémentaires de la part de RDC Environnement, ont conduit à un ajustement des gammes de valeurs prises en compte dans le rapport final.

Le regard critique s'avère plus délicat à exercer pour les scénarios pour lesquels des données de terrain consolidées et représentatives sont encore peu disponibles. Cela concerne par exemple :

- Les distances logistiques, les gabarits de véhicules et les modalités de gestion des barquettes sales et propres entre les établissements CHR et des centres de lavage externalisés (ex : barquettes lavées et barquettes sales ne pouvant pas être transportées simultanément ou dans un même camion)
- Les solutions mobilisant des systèmes de re-remplissage (type « fontaine » avec bag-in-box ou fontaines dans cette étude) pour lesquels les données descriptives restent approximatives voire grossières.

Il s'agit d'un point d'attention qui peut justifier l'intérêt d'une d'actualisation des données descriptives en fonction de remontées de terrain à venir.

Comme précédemment exposé, la prise en compte des commentaires de la revue critique a conduit à une mise en cohérence de l'étude avec les données de référence du Cadre de Référence ADEME en ce qui concerne la modélisation de la fin de vie des emballages en France.

Inventaires d'arrière-plan et articulation avec les données descriptives

Concernant les inventaires de production des plastiques vierges, un point de discussion a porté sur le choix de la base de données d'arrière-plan à privilégier au regard des connaissances acquises ces dernières années sur le besoin de mieux prendre en compte les fuites de méthane dans les chaines de valeur du pétrole et du gaz (voir commentaire n°b.4). Par ailleurs, le volet B2 de l'étude ayant été conduit sur l'année 2024, s'est également posé la question de la prise en compte de la dernière version disponible des ICV de production des plastiques (version 3.10 d'ecoinvent). Le choix de l'ADEME et de RDC Environnement de restreindre cette adaptation vers ecoinvent 3.10 au PET et non à l'ensemble des plastiques est considéré comme acceptable par le comité de RC du fait qu'il s'agit d'un matériau constitutif d'emballages primaires de nombreux scénarios.

Dans le cas de l'inventaire de production du verre vierge, le Comité de RC prend acte de l'absence d'inventaire représentatif de la seule production française de verre d'emballage et donc de l'impossibilité d'établir un profil tenant compte de la proportion d'emballages en verre conditionnée en France / produite en France d'une part et conditionnée en France / produite dans le reste de l'Europe d'autre part. Les auteurs du rapport indiquent que « *le recours à un périmètre européen pourrait faire moduler les impacts spécifiquement liés aux postes énergétiques de la production de verre à une hauteur estimée à environ 15%. La combustion du gaz naturel et du fioul est quant à elle peu sensible au périmètre géographique considéré* ». Cette remarque ne mentionne toutefois pas clairement quels sont les indicateurs d'impacts concernés par cette analyse. Il est donc délicat d'apprécier pleinement dans quelle mesure ce choix contraint de représentativité est susceptible d'influencer ou pas les résultats et les conclusions de cette étude pour certains des indicateurs d'impacts étudiés.

Le Comité de RC souhaite également pointer un point d'amélioration résiduel ne remettant toutefois pas en cause la validité des grandes conclusions de l'étude. Le rapport indique en effet que le diesel modélisé pour les transports routiers correspond à un diesel conventionnel. Compte tenu du rôle clé des étapes logistiques dans cette étude, une approche plus adéquate aurait été de tenir compte des biocarburants incorporés en moyenne dans le diesel en France, soit environ 7%.

In fine, le Comité de RC considère que les données mobilisées dans le cadre de cette étude sont plausibles et adaptées à l'objectif principal du Volet B de l'étude.

11.14.4.5. Validité des résultats et des interprétations en lien avec les limites de l'étude

Scénarios génériques et indépendance des paramètres

L'étude de chacun des scénarios génériques est faite en calculant un nuage de 1000 points de résultats, ceux-ci correspondant à différentes combinaisons de paramètres descriptifs du scénario.

L'approche par nuage de points consiste à :

- Sélectionner les paramètres descriptifs potentiellement incidents sur les résultats du scénario
- Effectuer des tirages aléatoires de valeurs pour les paramètres. Pour chacun des paramètres, le tirage se fait à l'intérieur d'une plage de valeurs pouvant être assez large.
- Calculer les résultats d'impacts correspondant à chacune de ses combinaisons de paramètres.

La mise en œuvre de cette méthode suppose que les paramètres, objets des tirages aléatoires, sont indépendants les uns des autres.

Le comité de RC s'est interrogé sur l'indépendance effective des paramètres descriptifs sélectionnés et sur les implications de cette approche sur les résultats graphiques (voir commentaires n°167, n°91, n°93).

En effet, parmi les paramètres retenus, certains sont effectivement indépendants (ex : masse de l'emballage primaire versus distance de transport entre centre de distribution et points de vente). En revanche, d'autres paramètres semblent pouvoir être corrélés mais sans qu'il soit possible d'expliciter une relation prédictive entre eux (ex : masse du corps principal et masse des éléments de fermeture, masse des emballages primaires regroupés et masse d'un emballage de regroupement).

Le tirage aléatoire indépendant de deux paramètres qui ne sont pas indépendants dans la réalité peut donc engendrer des combinaisons aberrantes dont les résultats sont intégrés au nuage de 1000 points sans qu'il soit possible pour un lecteur de les identifier ou de les isoler.

En réponse aux questionnements exprimés, les auteurs de l'étude se sont prononcés sur l'incidence de ces combinaisons improbables et affirment en section 7.4.2 du rapport final qu'« *Après analyse, leur influence sur les grandes conclusions de cette étude est estimée comme étant nulle. Cependant, leur existence doit être prise en compte dans l'analyse de tendances générales (telles que l'allure des nuages de points ou des régressions linéaires générées) ou dans l'interprétation des valeurs associées à certains points de bascule (dont la valeur pourrait légèrement varier sur base de ces combinaisons extrêmes) ».*

Le Comité de RC prend acte de l'appréciation formulée par les auteurs de l'étude mais précise que le raisonnement ayant conduit à cette appréciation n'a pas été porté à sa connaissance.

Sensibilité de la détermination des points de basculement aux tirages statistiques

En cas de mise à jour des paramètres structurants d'un scénario d'ores et déjà modélisé, RDC Environnement a dû procéder de nouveau à un tirage aléatoire des valeurs descriptives des 1000 itérations. Cela implique que pour un même scénario ces 1000 itérations peuvent évoluer d'une version à l'autre du rapport qui a été soumis au comité de RC.

Lors des échanges sur les commentaires, RDC Environnement a précisé que ces nouveaux tirages de 1000 itérations sont tout autant représentatifs de la distribution visée (uniforme) que le tirage initialement réalisé.

Le comité de RC prend note de cette réponse mais s'interroge toutefois sur la « constance » des valeurs des points de basculement établies à partir des graphes range delta et leur sensibilité au millésime du batch de 1000 itérations[a], voire aux nombres d'itérations réalisées. Une des raisons sous-jacente à cette interrogation est que cette étude procède à un tirage de 1000 itérations par scénario, indépendamment du nombre de paramètres variables du scénario (ce nombre pouvant varier d'un scénario à un autre en fonction notamment de la complexité du système à étudier).

En cas d'actualisation future de ces travaux, le comité de RC suggère d'approfondir davantage cet enjeu de méthode.

Prise en compte des incertitudes

Un enjeu important soulevé par le comité de RC a porté sur la prise en compte des incertitudes dans la restitution des résultats et leur interprétation. Les normes ISO 14040 et ISO 14044 posent en effet le principe d'une prise en compte des incertitudes dans les ACV comparatives afin de pouvoir déterminer si les différences observées entre les solutions comparées sont ou ne sont pas significatives au regard des incertitudes sur les résultats d'impacts. Toutefois, les normes ne donnent pas d'indication sur la manière de procéder.

Pour toute étude ACV, il existe diverses sources d'incertitude, parmi lesquelles des incertitudes liées aux jeux de données d'inventaires utilisés, des incertitudes relatives aux modèles associés aux méthodes de caractérisation des impacts, des incertitudes liées aux choix méthodologiques, etc. Le Comité de RC a conscience des difficultés à quantifier l'incertitude finale résultant de ces différentes sources d'incertitudes.

Dans une étude telle que celle soumise à cette revue critique, cet enjeu peut influencer l'exploitation des graphes range delta qui résultent des itérations de calculs et *in fine* l'identification des valeurs des points de basculement restituées dans les arbres décisionnels. En effet, certains différentiels calculés entre les solutions comparées peuvent s'avérer non significatifs.

Le Comité de revue a donc incité le commanditaire et le réalisateur de cette étude à se positionner plus explicitement sur les incertitudes prises en compte et celles non prises en compte dans la détermination et la restitution des points de basculement qui structurent les arbres décisionnels des différents scénarios.

Les échanges dédiés à cet enjeu, et en particulier les réunions conduites lors de la troisième phase de cette revue critique ont permis à l'ADEME et à RDC Environnement de proposer une méthode de prise en compte des incertitudes associées aux méthodes de caractérisation.

In fine, l'arbitrage de l'ADEME a été le suivant :

- En base, la démarche d'élaboration des arbres décisionnels et des points de basculement reste sur la méthode antérieure aux échanges avec la revue critique, à savoir sans prise en compte des incertitudes (cf. sections 6.2 à 6.10 du rapport ACV dédiées aux 9 scénarios étudiés)
- De manière complémentaire (cf. section 6.11), la méthode de prise en compte des incertitudes associées aux méthodes de caractérisation a été mise en œuvre pour certains paramètres de deux des neuf

[a] Pour un des scénario étudié dans cette étude, le comité de RC a noté une évolution des graphes range delta et conséquemment une évolution notable des valeurs des points de basculement entre la version finale provisoire du rapport (datée du 31 mai 2024) et la version finale du rapport (datée du 17 juillet 2024) alors que la nature des paramètres et leurs fourchettes de valeurs respectives n'ont a priori pas évolué entre ces deux versions.

scénarios étudiés. Ce travail permet d'apporter un éclairage intéressant sur la possible évolution ou non des valeurs des points de basculement dès lors que ce type d'incertitude est pris en compte.

Le comité de RC partage l'enseignement tiré de ce travail, à savoir que « ***Globalement, cette analyse complémentaire invite à une lecture prudente des diagrammes en arbre présentés dans ce rapport, et à considérer les points de basculement qui y sont associés comme des tendances globales et des valeurs indicatives, plutôt que comme des valeurs « couperet », strictes et absolues* ».**

Dans une perspective de mise à jour de cette étude, le comité de RC recommande de systématiser en analyse de base la prise en compte des incertitudes pour construire les « arbres décisionnels » et établir leurs points de basculement.

Validité temporelle et limites

Le groupe d'experts a également encouragé les auteurs de l'étude à faire état de certaines évolutions structurelles des activités économiques pouvant conduire à limiter la validité temporelle de cette étude, ceci pour plusieurs raisons :

- Dans cette étude située à un horizon temporel prospectif mais proche (2025, voir 2030 dans le cas des taux de recyclage), la modélisation des étapes logistiques – qui peuvent contribuer notablement aux résultats d'impacts des scénarios étudiés – repose sur des transports routiers à motorisation diesel. Or la transition énergétique à l'œuvre devrait accélérer le déploiement de motorisations alternatives (GNV, bio-GNV, électrique pour des petits gabarits de camions, etc.) présentant des impacts environnementaux différents (à la baisse, ou à la hausse selon les catégories d'impacts) par rapport à l'usage du diesel.
- Beaucoup de secteurs d'activité affirment leur engagement à réduire leurs impacts, en particulier en matière d'émissions de gaz à effet de serre. Des changements structurels importants modifieraient les inventaires d'arrière-plan utilisés (ex : production des différents matériaux) et leurs profils d'impact unitaires. Ces évolutions pourraient entraîner des conséquences significatives sur les résultats d'impacts des solutions d'emballages comparées.

Enfin, plusieurs commentaires portant sur les limites de l'étude ont été pris en compte et ont ainsi permis de compléter la section 7 du rapport ACV qui leur est dédiée. Le Comité de RC encourage tout lecteur à prendre connaissance de cette section.

11.14.4.6. Restitution des résultats dans les différentes sections du rapport

Restitution et interprétation des contributions aux impacts par étapes du cycle de vie

Le comité de revue critique adhère pleinement à l'utilité d'éclairer un lecteur sur les étapes du cycle de vie des solutions d'emballage les plus contributrices aux différents impacts environnementaux. Les commentaires formulés (n°d.1, n°d.7 et n°d.33) ont d'ailleurs conduit à une amélioration la segmentation des contributeurs, notamment concernant les scénarios mobilisant des systèmes de re-remplissage.

Il souscrit à l'avertissement figurant dans le rapport final ACV concernant la portée des analyses de contributions restituées dans cette étude et invite donc le lecteur à ne pas les surinterpréter, en particulier les informations chiffrées, celles-ci ayant été construites sur la base du seul cas illustratif et n'étant pas directement transposables aux multiples autres configurations étudiées au travers des scénarios génériques ou à des configurations non étudiées (ex : autre représentativité géographique de la production des matériaux que celle retenue dans l'étude pour chaque scénario).

Résultats des cas illustratifs et cohérence entre le logiciel ACV et le rapport word

Pour rappel, compte tenu des limitations du travail de revue critique, les milliers de jeux de résultats d'impacts obtenus aléatoirement pour chacune des solutions étudiées et ayant permis d'établir les graphes range et range delta ayant permis d'établir les arbres décisionnels n'ont pas été examinés.

Lors de chaque itération de lecture, le comité de RC a examiné les valeurs numériques des résultats d'impacts – totaux et par étapes contributrices au cycle de vie – des cas illustratifs en procédant à des tests ponctuels (plus particulièrement sur l'indicateur changement climatique). Ce travail a également consisté à regarder la consistance de présentation de ces résultats, ceux-ci étant présentés dans la section 6 dédiée aux résultats par scénario (résultats numériques et graphiques pour la partie « cas illustratifs ») et dans l'annexe 5 qui présente les résultats numériques détaillés pour les étapes du cycle de vie. Des extractions de résultats sous Excel ont été également été ponctuellement demandées à RDC Environnement pour accompagner ce travail.

A chaque itération de lecture réalisée par le comité de RC, des problèmes de cohérence ont été identifiés entre ces différentes parties du rapport portant pourtant sur les mêmes résultats, en raison de problèmes divers (erreur de copier-coller, problème d'imports des résultats, actualisation non réalisée entre deux versions, etc.), l'importante volumétrie des résultats de cette étude constituant un facteur de risque.

Cette récurrence a notamment amené le comité de RC à formuler le commentaire n°d.43 lors de la dernière itération de commentaires : *« La revue des précédentes versions du rapport montre des problèmes récurrents de restitution*

des résultats détaillés accessibles dans le rapport (problème d'import ou autres). Nécessité d'une revue exhaustive de votre part pour garantir que les tableaux fournis dans le rapport sont bien fidèles aux résultats générés via vos modélisations. Ce commentaire est valable pour tous les scénarios et tous les indicateurs restitués ».

Lors de la dernière lecture et de tests ponctuels réalisés en vue de rédiger le présent avis[a], un problème similaire a de nouveau été identifié et signalé pour correction. Ainsi, la présence d'incohérence résiduelles dans la restitution des résultats des cas illustratifs dans le rapport final de l'étude ne peut être totalement écartée.

11.14.4.7. Transparence, clarté et cohérence du rapport

La transparence et la clarté du rapport final d'ACV ont été améliorées de manière significative par la prise en compte des commentaires détaillés formulés par le Comité de RC. Les principaux aspects ainsi améliorés ont concerné :

- La présentation de la finalité des scénarios génériques et des « cas illustratifs » et le positionnement de l'étude vis-à-vis de la question de la standardisation des emballages (cf. sections 5.1 et 7.5)
- La clarification de la nature des données effectivement projetées à 2025 et celles qui n'ont pas fait l'objet d'une projection (cf. section 3.5.1).
- L'ajout d'une section présentant le positionnement de cette étude vis-à-vis des préconisations majeures du Cadre de Référence – ACV comparatives entre différentes solutions d'emballages (cf. annexe 9)
- La possibilité pour les lecteurs d'accéder aux données brutes qui ont servi de base à RDC Environnement et à l'ADEME pour définir les plages de valeurs pour les masses des emballages et les ratios volumiques (cf. annexe 8)
- Pour chaque point de basculement présent sur les diagrammes en arbre, la possibilité pour le lecteur de prendre connaissance du graphe ayant permis de l'établir.

Une limite à la transparence, probablement inhérente à la forte volumétrie des données concernées, est que les combinaisons de paramètres tirés de manière aléatoire et les résultats d'impacts calculés qui leurs sont associés ne sont pas accessibles pour des lecteurs avertis.

11.14.5. Conclusions

11.14.5.1. Conclusion générale

Compte tenu des modifications apportées au rapport final ACV du volet B (version du 17 juillet), et sous réserve des limitations relatives aux travaux de revue réalisés (cf. section 3.2 du présent rapport de RC), le Comité de RC :

- n'identifie pas de points résiduels amenant à formuler une non-conformité quant au respect des exigences des normes ISO 14040 : 2006 et ISO 14044 : 2006.
- considère que rapport final d'ACV répond à l'objectif fixé dans le cadre des différentes typologies de limites de l'étude qui sont énumérées dans son chapitre 7

Les préconisations du Cadre de Référence – ACV comparatives entre différentes solutions d'emballages de l'ADEME ont été globalement satisfaites et les écarts ont été justifiés

Dans une perspective de mise à jour de ces travaux comparatifs et d'amélioration continue, le comité de RC recommande néanmoins de systématiser la prise en compte des incertitudes pour construire les « arbres décisionnels » et établir leurs points de basculement.

Le Comité de RC remercie l'équipe de RDC Environnement et l'ADEME pour leur écoute et les échanges constructifs conduits tout au long de cette revue. Il tient également à saluer l'important travail réalisé par l'équipe de RDC Environnement pour tenir compte des commentaires formulés, ceci dans le contexte d'un périmètre d'étude très ambitieux et de délais de réalisation contraints.

11.14.5.2. Transposition à des situations spécifiques

Une application additionnelle énoncée dans le rapport final d'ACV est de permettre aux acteurs individuels de pouvoir s'approprier les enseignements, l'approche par gamme de valeurs mise en œuvre ayant « *notamment pour objectif de permettre au plus grand nombre possible d'acteurs d'évaluer leur propre situation au regard des résultats produits, en identifiant les valeurs de données correspondant à leur réalité industrielle* »

La section 7.4 (Limites liées à la collecte des données) précise toutefois que cette modélisation générique « *ne se substitue pas à une évaluation spécifique basée sur des données de terrain précises, qui permettrait d'obtenir des résultats et conclusions plus fins pour une situation industrielle donnée. La collecte de données ayant mené à*

[a] Rappelons qu'il n'entrait pas dans la mission du comité de RC de vérifier la complète cohérence de l'ensemble des résultats restitués, ce travail relevant de la mission du réalisateur de l'étude.

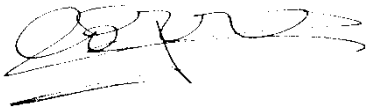
l'obtention des gammes de valeurs modélisées est par ailleurs cadrée dans le temps, donc limitée quant à son exhaustivité, et à sa représentativité du marché (notamment à l'horizon 2025). »

Le Comité de RC partage cette observation. Il note également qu'il sera probablement peu aisé pour un acteur donné d'identifier le positionnement spécifique qui serait le sien au sein des nuages de résultats présentés au regard d'un paramètre donné, ceux-ci résultant d'une combinaison de valeurs obtenues pour une multitude de paramètres variables. De plus, certains choix de modélisation pourraient être différents de ceux réalisés dans cette étude dans le contexte d'évaluations spécifiques (ex : transport routier par motorisation autre que le diesel, représentativité géographique et technologique différentes des inventaires de production des matériaux).

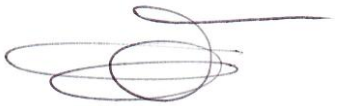
11.14.6. Annexes au rapport de revue critique

Les commentaires détaillés formulés par le Comité de RC ainsi que les réponses apportées par RDC Environnement constituent un complément au présent rapport de revue critique et y sont annexés.

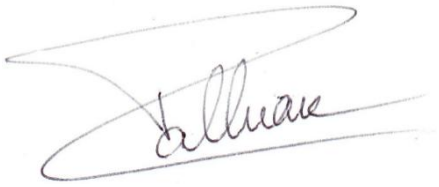
11.14.7. Signature des participants au Comité de Revue Critique



Pierre Corre
Expertise logistique et boissons, CPV Associés



Charlotte Hugrel,
Expertise ACV, Bleu Safran



Magali Palluau
Expertise ACV, Bleu Safran

Le 8 août 2024

11.14.8. Annexe 1 : tableau des commentaires détaillés formulés sur le rapport provisoire volets A et B en date du 28 février 2023

Commentaires avec niveau d'importance « ++++ » et « +++ » et ceux applicables au volet B

Les autres commentaires catégorisés « ++ » ne sont pas repris dans cette annexe mais peuvent être consultés dans le rapport de revue critique relatif au volet A en date du 1er juin 2023.

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
128	CH, MP	40	++++	Distribution après remplissage	Le cadre de référence expose que "Dans le cas où une solution d'emballage conduit à désoptimiser le transport du produit emballé par rapport à une autre solution, les impacts de cette désoptimisation doivent être spécifiquement associés à la solution d'emballage qui en est à l'origine" Ce cas de figure arrive dès lors que le nombre d'UF transporté pour l'étape de distribution du produit sera différent entre la solution "réemploi" et la solution "usage unique". Plusieurs scénarios du volet A et du volet B devraient être concernés par cette situation. Le rapport n'apporte pas d'élément clair sur cette question précise. Cet effet de désoptimisation a-t-il ou non été pris en compte ? Comment cela a-t-il été fait : - pour les graphes en nuage de points - pour les cas de base	Proposition : ce point ci-dessous doit être explicitement traité dans le rapport Le lecteur doit pouvoir comprendre sans ambiguïté si les orientations retenues sont conformes au cadre de référence Si le rapport actuel ne prend pas en compte cet effet, point important à discuter avec l'ADEME	Modélisation adaptée et explicitée dans le rapport	Ajout d'un point spécifique à ce sujet en section 4.4.1.4	ok
150	MP	46	++++	Fin de vie des emballages	A la lecture de cette section, on note que cette étude s'affranchit des préconisations du cadre de référence ADEME pour les ACV comparatives de solutions d'emballages (taux de recyclage, données descriptives de la collecte sélective, facteur d'allocation, modalités de détermination des valeurs qs/qp)	Proposition : l'étude devrait être alignée sur le cadre de référence ADEME sur les ACV comparatives de solutions d'emballages	Les données ont été rendues conformes au cadre de référence suite à nos échanges, quant aux taux de recyclage (notamment en bornes inférieures) des matériaux d'emballages, et à la modélisation des transports en fin de vie. Les écarts à ces données (notamment concernant les taux de recyclage) découlent de choix méthodologiques discutés avec l'ADEME.	Section 4.6 modifiée	ok
22	MP	18	+++	Scénarios du volet B	Pourquoi avoir retenu une bouteille en verre avec distribution en carton et non en caisse plastique réemployable pour la comparaison avec la bouteille PET ?	Merci d'expliquer les raisons vous ayant conduit à cet arbitrage	Scénarios du volet B	Correction apportée dans le volet B	
27	MP	19	+++	Les emballages considérés dans cette étude sont produits en Europe	Le choix est fait de considérer une production en Europe, y compris pour les contenants en verre réemployable et à usage unique. Cette représentativité s'écarte des propos généralement tenus par les fabricants de verre d'emballage en France. Ci-dessous un extrait d'un rapport du Conseil National de l'emballage : "Les verriers fournissent une grande diversité de clients, allant des multinationales de l'agroalimentaire, de la parfumerie ou encore de la cosmétique jusqu'aux viticulteurs indépendants, ce qui induit une demande de verre d'emballages répartie sur tout le territoire : il en résulte l'étroit maillage du territoire français avec 20 usines verrières, la distance moyenne entre les verreries et leurs clients est de seulement 300 kilomètres et 90% des emballages produits en France sont conditionnés en France. Quant aux matières premières (calcin, sable, carbonate de sodium), elles sont à plus de 95% produites en France, et ne parcourent en moyenne que 300 kilomètres entre lieu de collecte, extraction ou de production et la verrerie où elles sont transformées. L'industrie française du verre d'emballage s'est ainsi développée selon un principe de proximité qui limite les impacts environnementaux liés au transport, que ce soit pour l'approvisionnement des usines en matières premières ou pour les livraisons des clients. "	Proposition : Expliquer et justifier le choix de retenir une représentativité Europe plutôt qu'un mix France/Europe dans le cas des contenants en verre Mentionner, le cas échéant, les limites induites par ce choix	Disponibilité des données des bases de données: echelle européenne. Il est considéré que les données d'inventaire FEVE sont les plus représentatives de l'industrie en date. Celles-ci concernent une échelle européenne.	Les explications et les limites sont reprises au point 3.3.1	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
23	MP	18	+++	Scénario 9 - Barquette réemployable pour restauration	Ces barquettes réemployables en verre sont-elles empilables ou non lorsqu'elles sont vides ? Cela peut en effet influencer la logistique retour vers les centres de lavage externes	Proposition : précision à apporter	Correction apportée dans le volet B		
28	MP	19	+++	L'horizon temporel considéré pour les systèmes étudiés est fixé en 2025	Vous précisez le recours à des projections pour les taux de recyclage". Qu'en est-il des autres données ? D'autres données ont-elles l'objet d'extrapolations à un horizon temporel à 2025 ? Ex: mix enfouissement/incinération ? Ex: performance des incinérateurs ? Ex: inventaires de production du verre vierge et du verre recyclé ?	Proposition : apporter les précisions utiles pour qu'un lecteur comprenne quelles données sont concernées par cette projection temporelle et quelles données ont des représentativités temporelles autres (et plutôt antérieures à la réalisation de cette étude)	Précisions apportées au point 3.3.1 . Les projections concernent principalement les taux de recyclage et sont également considérées au travers des gammes de valeurs étudiées. Les données de modélisation transversales ne font pas l'objet de projections particulières.	Section 3.3.1	ok
33	MP	20	++	Etapes exclues du champ de l'étude	Les simplifications pourraient également être ajoutées dans cette section. Sauf erreur, vous n'avez pas modélisé de manière spécifique les additifs barrière (à l'oxygène, au CO2…) utilisés pour la conception de bouteille PET. Ils sont d'une certaine façon modélisée de manière simplifiée en les assimilant à du PET sachant que les impacts de ces additifs peuvent être différents de celui du PET. Cela mérite d'être signalé. Cette situation peu également concerner les autres contenants plastiques (ex: charge minérale/colorant pour le pot PS)	Proposition Faire état des simplifications réalisées concernant la présence de matériaux secondaires entrant dans la fabrication des contenants (ex: polymères barrière)	Exclusion ajoutée au point 3.3.2.2.4	Section 3.3.2.2.4	ok
38	CH, MP	21	+++	Diesel	Le diesel modélisé inclut-il ou non la part de biodiesel présente en moyenne dans le cas de la France (environ 7 % de biocarburant, correspondant au taux courant qui est intégré en France) ?	Préciser si le diesel modélisé inclut ou non une part de biodiesel	Pas de part allouée au biodiesel.	Notion précisée au point spécifique à la logistique dans le sous-chapitre 3.3.2.2.5.	ok
39	CH, MP, PC	21	+++	Le diesel étant le seul carburant considéré dans la modélisation, les scénarios prédictifs basés sur l'utilisation d'autres carburants à l'horizon 2025 n'ont pas été étudiés	Dans les systèmes de consigne, un certain nombre de parties intéressées poussent pour la prise en compte de motorisation alternative au diesel car des alternatives se déploient progressivement (GNV, bio-GNV, électrique pour des PL de petites gabarits…) en particulier dans le CHR (Bio diesel et électrique commence à apparaitre en particulier dans les ZFE-m) Il est attendu de développer davantage les arguments justifiant de cette exclusion/simplification de modélisation des transports	Compléter et justifier le fait de ne pas prendre en compte d'alternative à la motorisation diesel.	Justification et précision ajoutées au point spécifique à la logistique	3.3.2.2.5.	ok
50	MP	27	+++	Les données représentant les masses d'emballages et leur nombre d'utilisations sont des fourchettes de valeur tirées d'une analyse de la littérature	Cette analyse de la littérature n'est pas restituée dans le rapport. Il faudrait qu'elle le soit pour permettre au lecteur de comprendre ce qui constitue le socle de données techniques de cette évaluation environnementale	Proposition : cette analyse de la littérature jouant un rôle dans la détermination de données clés, elle doit pouvoir être accessible au lecteur. Ajouter un renvoi vers une synthèse de cette analyse de la littérature dans cette section.	Ajout des tableaux liés aux typologies de produits, en annexe	Ajout en annexe 8	ok
54	CH, MP	27	+++	Inventaire de cycle de vie publiés par la FEVE (2012)	Etant donné l'importance des ICV de production du verre pour ces travaux, les précisions suivantes pourraient être apportées : - Eléments justificatifs conduisant à considérer les données ecoinvent comme moins satisfaisantes - Nature des ICV publiés par la FEVE : s'agit-il des deux inventaires FEVE 100 % calcin et 0 % calcin ou de l'ICV moyen européen ? ICV spécifiques par coloris ou ICV tous coloris confondus ?	Mieux expliquer le recours aux ICV FEVE plutôt qu'aux ICV ecoinvent ICV FEVE : compléter leut description (100% vierge, 100% calcin ?) et leur représentativité concernant les coloris	Une note explicative quant au choix des inventaires FEVE a été ajoutée à ce point.	Page 35	ok
55	CH	27	+++	Inventaire de cycle de vie publiés par la FEVE (2012)	Dans le cas des emballages en verre, une représentativité France serait plus indiquée qu'une représentativité européenne (cf. précédent commentaire). D'après la profession, ces emballages parcourent un nombre de km limités entre le site de production et le site de conditionnement. Avez-vous envisagé une adaptation des données FEVE ?	Discuter de la représentativité géographique à rechercher dans le cas des emballages en verre.	Les inventaires sont agrégés. Le nombre de kilomètres parcourus entre le producteur d'emballage et le conditionneur est cependant une donnée spécifique de l'étude, qui a fait l'objet de validations lors des Comités de Suivi.		ok
56	MP	27	+++	Inventaire de cycle de vie publiés par la FEVE (2012)	Le cahier des charges établi par l'ADEME pour la réalisation de cette étude précisait : "Par ailleurs, l'évolution des données de l'industrie verrière feront l'objet d'une analyse de sensibilité particulière à partir des données qui pourront être communiquées par les acteurs de la filière (notamment	Proposition : Si des inventaires de production prospectifs du verre sont utilisés dans l'étude : 1) inclure une description des	Il n'est pas prévu de réaliser ces analyses dans le volet A, en l'absence d'inventaires FEVE mis à jour ou de données communiquées par les		ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					décarbonation de l'industrie du verre et augmentation du taux de recyclé). Cette analyse de sensibilité devra permettre de mettre en évidence les déplacements éventuels des points de bascule identifiés auparavant" Est-il prévu d'ici la fin de cette étude d'utiliser d'autres inventaires de production du verre vierge et du verre recyclé que ceux précités qui prendraient en considération de telles évolutions prospectives ? Si c'est le cas, il conviendrait de présenter dans le rapport les écarts d'impacts entre ces deux profils	projections prises en compte ainsi que leurs sources 2) inclure un tableau comparatif des résultats d'impacts unitaires par kg de verre vierge d'une part et recyclé d'autre part entre les ICV FEVE (2012) et les ICV prospectifs	verriers dans les délais de l'étude.		
59	MP, CH	29	+++	Méthode AWARE	Vous indiquez : « La méthode AWARE (Available WAter REmaining) pour l'évaluation de l'épuisement de la ressource en eau s'applique sur la consommation d'eau nette (consommations – émissions vers le même milieu) régionalisée. Les inventaires de cycle de vie ne sont généralement pas régionalisés, c'est le cas de la base de données Ecoinvent qui est majoritairement utilisée mais également des inventaires de cycle de vie des associations ou fédérations utilisés dans cette étude. Dans ce cas, le facteur de caractérisation moyen européen est appliqué » Sauf erreur, la méthode EF 3.1 telle que fournie par le JRC ne comporte pas de facteur de caractérisation moyen européen, en revanche elle fournit un facteur pour les flux non régionalisés. Vous vous écartez donc de la méthode.	Expliquez comment vous avez calculé le facteur de caractérisation moyen européen. Et comparez explicitement sa valeur à celle du facteur non régionalisé de la méthode (42,95). Etayez cet écart à la méthode. Nous attendons également en AS une application de la méthode PEF au sens strict avec le facteur de caractérisation par défaut qui est recommandé pour les flux non régionalisés.	Le facteur non régionalisé est bel et bien considéré, il s'agissait d'une erreur. La méthodologie a été adaptée.		ok
61	MP	31	+++	Inventaire de cycle de vie : données et hypothèses	Avant de rentrer dans chacune des sections descriptives de l'inventaire, et étant donné les particularités de cette étude (qui n'étudie pas des cas précis (existants ou prospectifs) mais des scénarios "génériques" en ayant recours à des tirages aléatoires de données), il est important d'exposer au lecteur la méthode et les choix réalisés pour construire ces inventaires. 1/ Expliquer les choix réalisés en ce qui concerne le recours ou non à des plages de variation : on découvre au fur et à mesure de la lecture que certaines données descriptives vont être définies selon des plages de valeurs (masse des contenants, des systèmes de fermeture, ratios volumiques, distances de transport, consommations de l'étape de lavage…)quand d'autres, pourtant importantes, sont définies par une valeur unique. La rédaction actuelle ne permet pas de comprendre quels arguments, explications conduisent à ne pas faire varier : - le taux d'intégration de recyclé (voir commentaire dédié) - le taux de recyclage, alors même que l'atteinte de taux cibles à horizon 2025 n'est pas garantie De la même façon, il aurait été intéressant - en complément d'une analyse conduite avec un facteur A respectant les préconisations du cadre de référence (0,5 en base et 0 en sensibilité), de faire varier pour les cas de bases (c'est-à-dire toutes choses étant égales par ailleurs) le facteur A d'affectation des bénéfices du recyclage et de comprendre l'incidence sur les enseignements.	Proposition : ajouter une section chapeau répondant aux points soulevés dans le commentaire	Une section introductrice aux notions de gammes de valeurs et de valeurs en cas "illustratifs" a été ajoutée. Des gammes de valeurs sont considérées en seconde itération pour les données de recyclage. Il est décidé en deuxième itération de considérer un facteur d'allocation de 0.5 pour tous les matériaux. Une analyse de sensibilité transversale sera par ailleurs considérée en faisant varier ce facteur entre 0 et 1.	Section 4.1	ok
62	MP	31	+++	Inventaire de cycle de vie : données et hypothèses	suite commentaire précédent 2/ Expliquer ce que vous cherchez à représenter et à encadrer avec les valeurs min et les valeurs max + Faire le lien avec la loi de distribution choisie pour générer vos tirages aléatoires puis vos résultats 3/ Expliquer pourquoi vous avez également défini des "cas de base" Il s'agit de clairement exposer : - ce que vous voulez représenter / analyser avec ces situations "cas de base" - ce que cela implique comme exigences pour établir les valeurs descriptives des cas de base	Proposition : ajouter une section chapeau répondant aux points soulevés dans le commentaire	Une section introductrice aux notions de gammes de valeurs et de valeurs en cas "illustratifs" a été ajoutée. La question de la standardisation est abordée dans la section 4.4 du rapport, consacrée à la modélisation de la logistique, en plus d'avoir été évoquée au point 3.3.2.2.5.	Section 4.1	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					- tout autre élément important (ex: limites de cet exercice ?) 4/ Expliquer comment vous avez ou non appréhender les questions liées à la standardisation des emballages				
63	MP	31	+++	Inventaire de cycle de vie : données et hypothèses	Standardisation des emballages : à la lecture de ce rapport, il nous semble que l'évaluation des effets d'une standardisation des emballages ne sont pas étudiés de manière complète et fouillée. Une véritable analyse bibliographique serait à conduire pour comprendre quels paramètres techniques sont influencés par une standardisation, puis pour établir des plages de valeurs tenant compte ou non d'une standardisation. En effet, quels enjeux : - sur le dimensionnement des parcs d'emballages à constituer, sur les temps moyens de rotations des emballages, et donc in fine sur le nombre moyens d'utilisations escomptés sur la durée de vie des modèles ? - sur l'optimisation des ratios volumiques ? sur les besoins en stockage lors des étapes retour ? - sur l'optimisation des chargements des étapes de logistiques retour, sur le gabarit des camions effectuant le retour vers les embouteilleurs depuis le centre de distribution regroupant les emballages sales ? - sur les distances parcourues sur les étapes de logistiques retours ? etc. Si cette étude n'a pas pour objectif d'appréhender toutes ces questions, cela s'entend. Mais dans ce cas il faudra veiller à être prudents concernant les messages portés par cette étude quand à la pertinence environnementale de la standardisation des emballages. Il faut pouvoir correctement comprendre les messages provisoires suivants délivrés au COSUI de février " *La standardisation ou non des contenants ainsi que le recours ou non à un centre de lavage n'influence pas la comparaison entre les options réemployable et à usage unique*." En conclusion générale provisoire de première itération : " A*ucune influence significative de la standardisation des contenants n'a été identifiée à ce stade*"	Proposition : Avoir une section dédié au sujet de la standardisation dès la section dédiée à l'inventaire	Comme discuté lors de notre échange, aucune conclusion quantitative quant à la standardisation ne sera apportée. Des éléments de réflexion indirects seront fournis au travers de deux typologies de trajets retour distinctes, mais aucune conclusion forte ne sera tirée des résultats produits quant à l'impact d'une standardisation ou non des contenants. Cet élément figurera dans les limites de l'étude		ok
70	MP	32	+++	Pour certaines analyses spécifiques des valeurs "cas de base" sont considérées, pour modéliser un cas de figure typique sur base des scénarios caractérisés	Dans le cas du volet A, nous comprenons que la comparaison usage unique/réemploi sera "encadrée" en ce qui concerne la masse du corps du contenant du fait du facteur d'augmentation de masse qui n'excèdera pas 20%. En revanche, les analyses spécifiques à venir pour le volet B vont être très sensibles aux choix des masses des cas de base. Si, comme le laisse penser vos tableaux, une comparaison devait être faite en volet B entre une bouteille en verre "cas de base" de 733 g+20% et une bouteille en PET "cas de base" de 27g, à quels genres de marchés/nature de boissons (tranquilles, très carbonatées ?) correspondraient cette comparaison ? cela nous interroge Un de nos questionnements est le suivant : pourquoi le cas de base de la bouteille verre réemployable avec regroupement en carton devrait-il être le même pour le volet A (comparaison avec verre UU) et le volet B (comparaison avec bouteille PET) ?	Proposition : pour chacun des scénario du volet A et du volet B, expliquer ce que représentent le cas de base de la solution usage unique et de la solution réemploi. Illustrer afin que le lecteur comprenne quels emballages "types" sont ainsi étudiés, à quels types de marchés ils correspondent	Au sein du volet B, les gammes de valeurs ainsi que les valeurs de cas illustratifs des différents scénarios sont adaptées, pour représenter des segments de marché cohérents. Ainsi, les données de masse considérées pour établir la gamme de valeurs pour l'option réemployable du scénario 6 (PET) sont limitées aux sodas, eaux, jus et soupes. Celles liées au scénario 10 (canettes en aluminium) correspondent aux sodas, bières, et eaux gazeuses. Les valeurs correspondantes ont été adaptées, et des précisions ont été apportées au travers d'un point explicatif en dessous du tableau.	Volet B	ok
75	CH, MP	32	+++	Inventaire de transformation	Ce tableau ne précise pas si des taux de chutes lors de la mise en œuvre des procédés de transformation ont été considérés. L'absence d'informations à ce sujet laisse penser qu'aucun taux de chutes n'a été considéré. Est-ce le cas ? Ce taux peut être important (jusqu'à 10% ou 15%) pour certains types d'emballages (ex : pots de yaourts), avec des implications sur la consommation de matières premières et sur la gestion de ces chutes.	Prendre en considération les taux de chutes si cela n'a pas été fait Justifier les taux retenus Décrire et justifier les modalités de gestion de ces chutes	Taux de chutes ajoutés au tableau.	Tableaux de la section 4.3	ok
76	MP	32	+++	Taux d'incorporation de matière recyclée R1 (%)	La rédaction actuelle ne permet pas de comprendre pourquoi des fourchettes de valeurs sont considérées pour plusieurs paramètres (masse des contenants, des systèmes de fermeture, ratios volumiques, distances de transport, consommations de	Proposition : voir s'il convient de reconsidérer l'absence de fourchette dans le cas du taux d'incorporation de	Des gammes de valeurs sont considérées pour les valeurs de R1 dans les itérations suivantes	Tableau 14	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					l'étape de lavage…) mais pas pour le taux d'intégration de recyclé Il s'agit pourtant d'une valeur qui peut varier en fonction des contenants, de leur coloris dans le cas du verre. Elle peut varier à l'échelle d'un emballage spécifique mais également à une échelle plus "macro" si on considère par exemple les emballages vert foncé, feuille morte, blanc… De plus, le taux R1 va aussi influencer les résultats dès lors que les bénéfices du recyclage ne sont pas intégralement affecté à la fin de vie (cf. allocation 50/50 demander en base dans le cadre de référence). Dans tous les cas, merci de détailler les arguments venant étayer le choix des valeurs de taux d'incorporation de matière recyclée pour tous les contenants.	recyclé, au moins pour certains emballages pour lesquels ce taux n'a aucune raison d'être unique			
77	MP	32	+++	Taux d'incorporation de matière recyclée R1	Le mémo d'analyse des enjeux de décarbonation du secteur verre en France (corédigé par l'ADEME) fait mention d'un taux d'incorporation de calcin de 65% en 2017 pour le verre creux (tous coloris et tous contenants donc). Il serait utile de comprendre pourquoi les valeurs retenues dans cette étude sont plutôt de 52% pour les bouteilles et 40% pour les pots.	Proposition : si besoin, amender les valeurs proposées et expliquer vos choix	Les données de recyclage (R1 et R2) ont été fixées et communiquées par l'ADEME, et validées en Comité de Suivi. Les gammes de valeurs ont pour but de couvrir une large diversité de cas, et les valeurs fixées en cas illustratifs pour R1 et R2 correspondent à une situation projetée à l'horizon 2025, donc probablement supérieure à la valeur du mémo.		ok
78	MP	32	+++	Masse pour les pots en verre	Une masse minimale de 550 g/l pour un pot en verre semble élevée. Pesée d'un pot pour purée de noisette de contenance 750 ml : masse de 290 g avec l'étiquette. Ca nous amène à 390 g/l Une masse maximale de 1255 g/l semble enlevée, et en tout cas peu réaliste si elle est établie à partir de masses de pot de contenance importante (0.5 l, 0.75 l). Elle peut correspondre à un mini pot de confiture de 4 cl de masse 52 g (1300 g/l) https://www.boboco.fr/pots-et-bocaux-en-verre-vides/132-portion-confiture-44cl.html Mais dans ce cas difficile d'adhérer à l'hypothèse avancée que "les impacts de production d'un contenant évoluent linéairement avec son volume"	Proposition : reconsidérer certaines des valeurs proposées à date pour les pots	De nouvelles pesées ont été effectuées depuis la première itération, adaptant certaines gammes de valeurs de masse. La borne inférieure des masses pour les pots/bocaux en verre est abaissée à 0.386 kg	Section 4.3.1	ok
79	MP, CH	33	+++	Tableau 7: Données liées à la production des contenants et tous les autres tableaux de données de la section inventaire + TOUS LES TABLEAUX de cette section	<u>NB : ce commentaire relatif aux données de masse des contenants est transposable pour tous les tableaux de données.</u> Alors même qu'il est important pour la suite des travaux, ce tableau est insuffisamment étayé. Il n'est pas possible de se forger un avis sur la validité et la rigueur de la méthode mise en œuvre pour établir les valeurs présentées et in fine sur la pertinence des valeurs retranscrites dans ce tableau. Ces valeurs pouvant représenter tout type de contenance, tout type de marché (jus de fruit , soupes, vins tranquilles, spiritueux, champagne, pots pour bébé mais aussi pots, pots pour compotes …), tout type de conception (design, recherche ou non d'écoconception), il est important d'accompagner le lecteur dans la compréhension de ce que ces valeurs de base, min et max représentent. Or ce tableau n'apporte aucune information sur le type de format, le type de segment de marché, ou tout autre critère pertinent que les valeurs minimales, maximales et de base cherchent à représenter. Nous nous permettons de rappeler les attentes suivantes du cadre de référence ADEME sur les données descriptives des solutions d'emballages : *" Un soin particulier sera à accorder à la présentation des sources de données, aux démarches entreprises pour s'assurer de leur validité technique et de leur représentativité vis-à-vis des segments de marché étudiés et des spécifications techniques qui sont les leurs.* *Une transparence satisfaisante est attendue*	Justifier, à partir de sources explicitement citées, les valeurs de masse des emballages qui sont considérées en base ainsi qu'en min et max. Les données détaillées ayant permis d'établir ces fourchettes sont à intégrer au rapport, par exemple en annexe. Si la volumétrie de données est importante, une publication sous forme d'annexe Excel/pdf peut être envisagée comme cela est fait pour les publications scientifiques (supplementary materials) Pour chaque valeur de ce tableau, des exemples illustratifs seraient à fournir. Dans tous les cas, il semble pour le moins pertinent qu'un lecteur soit en mesure de comprendre ou se situent sur la gamme de valeurs étudiée certains emballages	Un tableau de données explicitant les masses, volumes et produits correspondant aux emballages échantillonnés sera annexé au rapport, de même que certains éléments synthétiques permettant d'apprécier la distribution des valeurs échantillonnées au regard des typologies de produits	Ajout en Annexe 8	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					en ce qui concerne les données relevant d'hypothèses plutôt que de données techniques réelles, en particulier concernant l'étude de solutions d'emballages futures mais non parfaitement connues. Il convient en effet de montrer que ces hypothèses restent raisonnables et réalistes, en particulier lorsque ces solutions seront comparées à des solutions existantes."	emblématiques tels que : Une bouteille de bière de 33 cl et 75cl / Une bouteille de jus de fruit de 1l / Une bouteille de vin de Bordeaux de 75cl (si vous préférez les vins de bourgogne, aucune objection) / Une bouteille de champagne de 75 cl Ce besoin, illustré sur la bouteille, est à décliner sur tous les autres emballages réemployables ou à usage unique			
80	CH	33	+++	Taux d'incorporation de matière recyclée R1 pour les pots PS	Sauf erreur, nous ne disposons pas de rPS de qualité contact alimentaire à ce jour (et les projets de recyclage chimique en cours de déploiement pour du recyclé rPS contact alimentaire ne permettront pas d'atteindre un tel taux à 2025) Une valeur de 50 % de rPS en 2025 n'est pas crédible.	Modifiez le taux de rPS.	Le taux de rPS a été adapté à 0.	Volet B	
81	MP	33	++	Pot en polystyrène (pour produits frais) : inventaire de production	Nous avons réalisé récemment une revue critique portant sur la comparaison de différents pots de yaourts dont des pots en PS (destinés au marché français) et la fabrication incluait du PS general purpose et du PS high impact, ainsi que les additifs type masterbatch (qq %) De votre côté, avez-vous eu des informations métiers venant de producteurs de pots en PS pour retenir uniquement le profil General purpose (impact GES moindre que celle du HIPS) ?	Proposition : à rediscuter en volet B	Aucun retour n'a pu être obtenu des industriels. Une répartition discrète 50%/50% est appliquée sur les deux inventaires et sera affinée si apparaissant comme jouant un rôle en analyse de sensibilité.	Volet B	
82	MP	33	++	Polystyrene production, general purpose - RER (EI 3.9.1)	A rediscuter lors de la RC du volet B mais nous attirons dès à présent votre attention sur les points suivants : ICV ecoinvent v3.9.1 concerne en fait un ICV historiquement présent dans la V2 d'ecoinvent (données extrapolées depuis l'année 2002 indique la fiche ecoinvent) ICV plasticseurope s'appuie sur des données relatives à l'année 2013 L'impact CO2 de ces deux sources inventaires est très différent (env. 1.4 kg eq CO2 d'écart pour du GPPS). Cela pourra justifier une analyse de sensibilité quant au choix de l'inventaire	Proposition : à rediscuter en volet B	Les données Plastics Europe ont été intégrées à la modélisation	Données d'inventaire pour les plastiques adaptées dans la section 4.3.	ok
91	MP	34	+++	Couvercle en acier pour pot en verre	Dans le cas des comparaisons des contenants verre usage unique et verre réemployable, vous faites état de l'intérêt du principe de calcul retenu (facteur correctif) "évitant les biais de résultats découlant de masses différentes sélectionnées aléatoirement" Qu'en est-il des combinaisons contenant/système de fermeture ? Leur valeur de masse est-elle choisie de manière aléatoire indépendamment de la masse du contenant ? Une règle a-t-elle été mise en œuvre pour lier les paramètres ? En cas de paramètres non liés, on pourrait par exemple avoir des combinaisons "masse max contenant" avec "masse min couvercle" et inversement (ex: pot de 1255 g/l avec couvercle de 2g/l). Confirmez-vous ?	Proposition Indiquer en accompagnement du tableau si les valeurs de masse des systèmes de fermeture des emballages primaires sont considérés comme : Des paramètres indépendants des valeurs de masse des emballages primaires Des paramètres dépendants des valeurs de masse des emballages primaires. Si c'est le cas, décrire la règle liant ces deux paramètres	Oui, ces paramètres sont indépendants.	Précision ajoutée en fin de sous chapitre 4.3.1	ok
94	CH, MP	35	+++	Tableau 9 : Collerette ou caisse en carton 6 g/l en min 24 g/l en max 12 g/l en cas de base	Pour la caisse carton, les valeurs proposées semblent faibles : carton entre 6 et 24, ce qui fait 26 g à 108 g pour 6 bouteilles de 75 cl. Ceci me paraît très léger. De quoi parle-t-on ? Exemples : Etude Uzaje : carton de 200 g pour 6 bouteilles en verre de 1L pesant 375 g, on est 33g/l pour des bouteilles plutôt légères Carton pour 6 bouteilles de vin de 75 cl (carton réel venant de ma cave) : 450 g -> 100 g/l Pourquoi parler de collerette sur de l'emballage de regroupement ?	Proposition : reconsidérer les valeurs proposées	Une distinction est faite entre deux typologies d'emballages de regroupement en carton, l'une d'entre elles correspondant à des caisses en carton plus robustes. Il est proposé de ne pas effectuer de distinction pour le volet A (représentant une grande variété de formats et de produits) mais de considérer des emballages en carton plus petits (collerettes et petits cartons de regroupement)	Précision apportée en page 45	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
							pour les scénarios consacrés au pots PS et aux canettes en aluminium, et des caisses en carton exclusivement pour le scénario 6 (consacré aux bouteilles PET). Ainsi, la comparabilité des options à usage unique et réemployable est favorisée.		
99	MP, PC	37	+++	La méthode COPERT 5 établit des consommations de diesel par kilomètre parcouru en fonction des voies empruntées. Une différenciation est également faite sur le lieu d'émission (densité de population faible pour les zones rurales et voies rapides et densité forte pour les zones urbaines). Les voies empruntées par défaut par les camions modélisés font l'objet d'hypothèses et sont fixées à : 5% en zone urbaine, 15% en zone rurale, 80% en voie rapide.	Ce choix n'est pas aligné sur le cadre de référence ADEME. C'est le premier point à discuter en réunion d'échange avec l'ADEME. La répartition proposée pour les voies empruntées par les camions (5% en zone urbaine, 15% en zone rurale, 80% en voie rapide) est très dépendante de la partie du schéma logistique traité (Amont ou aval). Le profil proposé nous semble plausible pour la livraison des emballages neufs chez les embouteilleurs ou encore pour la distribution des produits pleins des embouteilleurs jusqu'aux entrepôts nationaux ou régionaux des distributeurs. En revanche, ce profil n'est pas adapté pour trajets dernier centre de distribution -> commerces (avec distinction à prévoir entre le cas des hypers, et le cas des petits magasins) ou CHR.	Proposition : à discuter, la demande du CdC de l'ADEME étant une mise en œuvre du cadre de référence ADEME, ce qui n'est pas le cas à date	Des proportions spécifiques de transports urbain/rural/voies rapides ont été appliquées aux différentes étapes de transport, tenant compte du dernier kilomètre et des spécificités des établissements CHR. Ces ratios ont été validés en COSUI et feront l'objet d'analyses de sensibilité transversales.	Section 4.4.1.5.2, Analyse de sensibilité en 6.6.5	ok
111	MP, CH, PC	38	+++	En accord avec les recommandations méthodologiques du "Cadre de référence – ACV comparatives entre différentes solutions d'emballages" publié par l'ADEME, la valeur du taux de trajet à vide est fixée à 0.66	Vous écrivez : "Les impacts associés à ce trajet sont ainsi distribués entre plusieurs processus et étapes du cycle de vie différents, notamment le trajet retour lié à la distribution des contenants, et le trajet de transport des contenants utilisés et déconsignés vers le site d'embouteillement" Il semble effectivement approprié de répartir les impacts du trajet retour préexistant (ce qui n'est pas toujours le cas en fonction du type de point de vente ou d'autres aspects) réalisé depuis les commerces ou établissements CHR et le dernier entrepôt de distribution entre : 1) la distribution du produit fini, 2) le transport des contenants déconsignés tirant profit de ce trajet préexistant. En revanche, pourquoi considérer que cette règle est applicable jusqu'au site d'embouteillement ? Il ne nous semble pas justifier de considérer un trajet de retour à vide existant entre le dernier centre de distribution et les embouteilleurs. Si votre analyse est différente, c'est un point important à discuter.	Proposition : à discuter suite à la réunion d'échange	Cette notion ne s'appliquera que sur les transports DC <-> Magasin. Le texte est adapté	Adaptation faite dans la section 4.4.1.3 au point "Taux de retour à vide et impacts des trajets retour"	ok
114	MP	38	+++	Par ailleurs, afin de modéliser la désoptimisation possible de la logistique et du chargement des camions lors du transport aval par rapport au transport amont, un facteur d'augmentation des taux de chargement a été appliqué aux transports retour pour les options réemployables.	Il est difficile de comprendre sans ambiguïté la problématique que vous cherchez à traiter et ce que vous appelez désoptimisation dans ce cas précis (et ses causes). En fonction de ce que l'on entend par désoptimisation, il nous semble que cette discussion peut renvoyer aux enjeux d'avoir ou non des emballages standardisés. La standardisation des emballages pourrait permettre d'optimiser de manière plus systématique les chargements, ce qui ne serait pas forcément le cas en non standardisé (le besoin d'alimenter les embouteilleurs de manière régulière pour ne pas créer de risque de rupture d'approvisionnement va primer sur la recherche d'un chargement optimisé). A discuter	Proposition : voir les ajustements à envisager en fonction des échanges à venir	Elements discutés lors de notre échange du 14 avril.	Des exemples concrets de désoptimisation du transport aval sont ajoutés dans la section 4.4.1.3 au point "Taux de retour à vide et impacts des trajets retour"	ok
115	CH	38	+++	Par ailleurs, afin de modéliser la désoptimisation possible de la logistique et du chargement des camions lors du transport aval par	Quelle est la source de cette valeur qui est très importante pour les résultats ?	Justifier la valeur de ce facteur de "désoptimisation"	Ces valeurs sont adaptées sur base de nos discussions récentes		ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
				rapport au transport amont, un facteur d'augmentation des taux de chargement a été appliqué aux transports retour pour les options réemployables. Un facteur de 1.00 à 1.25 est appliqué au ratio volumique					
116	MP	38	+++	Par ailleurs, afin de modéliser la désoptimisation possible de la logistique et du chargement des camions lors du transport aval par rapport au transport amont	Cet enjeu de désoptimisation nous amène à une interrogation : dans quelle mesure considérez-vous que les trajets retour préexistants (dont on tire profit) sont suffisants pour assurer le service de transport des contenants sales (notamment en caisses) vers les centres de distribution ? Convient-il de considérer qu'une partie des trajets retours devront se faire via des nouveaux trajets dédiés (et non à affecter en intégralité aux scénarios réemploi concernés) ?	Proposition : éléments de discussion à intégrer au rapport	Il est supposé dans cette étude que les capacités des transports retour sont suffisantes.	L'hypothèse et ses limites sont développées au point 4.4.3, au sous point Transport retour vers le centre de distribution	ok
117	MP, CH	39	+++	Tableau 12 : colonne " Taux de chargement pour contenant vide (%)"	S'agit-il bien de taux de chargement massique ? Faut-il comprendre que vous calculez ce taux massique et faisant l'hypothèse que le taux de chargement volumique est lui de 100%	Proposition : expliquer davantage ce que représente ce taux et les hypothèses sous-jacentes (ex: sur l'occupation du volume du camion)	Oui il s'agit du taux massique, basé sur un taux volumique (de 95% en seconde itération)	Tableaux adaptés en seconde itération	ok
118	CH, MP	39	+++	Tableau 12 : Gammes de valeurs considérées pour les ratios volumiques et taux de chargement des emballages étudiés au sein du volet A	Ce tableau présente en fait des intermédiaires de calcul mais ne présente pas le nombre final d'UF qui est prise en compte dans le cas des contenants remplis et dans le cas des contenants vides. Sauf erreur, pour produire ce nombre d'UF les paramètres du tableau doivent probablement être combinés avec les plages de variation de la masse des emballages (corps principal, fermeture et emballage II et III) ainsi qu'avec la masse du produit pour la phase de distribution. Dans le cas des contenants en verre, la demande de disposer du nombre d'UF par camion implique de dissocier le cas des contenant à usage unique et celui des contenants réemployables en raison de facteur d'augmentation de la masse (0-20%) que vous considérez entre usage unique et réemploi. Cela aura une incidence pour l'étape de transport du contenant rempli pour lequel le facteur limitant est massique	Editez, pour chaque solution d'emballage (usage unique et réemployable), chaque gabarit de camion et dans le cas des contenants vides et contenants pleins, un graphique qui montre la courbe de distribution du nombre d'UF contenus dans le camion (nuage de points) en fonction de la masse du corps principal de la solution. Cette visualisation nous aidera à nous prononcer sur la plausibilité des données prises en compte dans votre modélisation.	Un tableau récapitulatif des valeurs min-max prises par chaque paramètre, pour les différentes étapes de transport de chaque scénario est ajouté, et a été préféré aux graphes. En aval des discussions que nous avons pu avoir sur la modélisation de la logistique, si vous jugez toujours important d'obtenir ces représentations graphiques, nous vous les ferons parvenir en parallèle du rapport.	Tableaux récapitulatifs ajoutés en section 4.7.2	ok
119	MP	39	+++	Tableau 12 : Ratios volumiques et taux de chargement	Pour rappel, les données descriptives ayant permis d'établir les ratios volumiques sont à présenter dans le rapport. On doit pouvoir comprendre à quel type de palettisation correspondent les valeurs basses et hautes que vous considérez. Dans le cas de la bouteille PET (volet B), regroupée en pack avec un film de fardelage, la fourchette de 2,93 l/l à 5,23 l/l est surprenante. De la même façon, les ratios nous semblent élevés pour des bouteilles en verre vendues en carton : besoin de mieux comprendre vos hypothèses. Pour une autre étude, nous avions recueilli quelques exemples de palettisation pratiquée par de grandes marques de jus de fruits, d'eau et de lait (format 1 l, bouteille plastique, film ou carton) : - le ratio volumique varierait entre 1,72 l/l et 2,4 l/l en considérant le volume réel de leur palette - le ratio volumique varierait entre 2 l/l et 3 l/l s'il faut (cf. notre demande de clarification sur les modalités de quantification de votre ratio volumique) rapporter le nombre vrai d'UF à une palette fictive de 1,8 m de haut. Bouteille en verre en caisse PEHD : on pourrait s'attendre à ce que la standardisation optimise ce ratio volumique, et que l'on soit plutôt en fourchette basse. A discuter.	Présenter les données descriptives ayant permis d'établir les ratios volumiques et/ou traduire les ratios volumiques en exemples de palettisation. Reconsidérer les ratios (ex: cas bouteille PET, cas bouteille verre en carton, etc.)	Les données de ratios volumiques ont été revues, comme discuté lors de notre échange du 14 avril.	Section 4.4.1.2.1.	ok
120	MP	39	+++	Tableau 12 décliné aux cas de base	Quel ratio volumique a été considéré pour les différents cas de base ? A quel nombre d'UF aboutissez-vous pour les différents cas de base selon les gabarits et les types de trajet (contenant rempli / contenant vide) ?	Ajouter un tableau dédié aux cas de base, avec explicitation du ratio volumique utilisé, du taux de	Cf réponse au commentaire 118		ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
						chargement volumique considéré, du nombre d'UF obtenu et du taux de chargement massique obtenu selon les types de trajet, les gabarits			
127	CH, MP	40	+++	Distribution après remplissage	Il manque des informations importantes : 1/Le taux de retour à vide qui est pris en compte sur chacun des segments 2/L'affectation des impacts entre produit et emballage 3/La prise en compte de la désoptimisation potentielle de la logistique lors du passage à une solution réemployable (cf. commentaire plus détaillé ci-dessous)	Apportez les informations demandées Le lecteur doit pouvoir comprendre sans ambiguïté si les orientations retenues sont conformes au cadre de référence	Le TTV est le même pour tous les trajets (0.2) L'affection des impacts est intégralement dirigée vers le contenant. Le poids du contenu n'est considéré que pour le calcul des taux de chargement massiques des camions.	1. Valeur du taux de trajet à vide explicitée dans la section 4.4.1, dans le sous point consacré aux TTV. 2. et 3. Ajout d'un point spécifique "Prise en compte du produit contenu et désoptimisation liée au réemploi" en section 4.4.1	ok
129	CH	40	+++	Tableau 14 : Modélisation des types de camions sur base des surfaces de vente	Plusieurs commentaires sur la colonne "proportions" : - Cette proportion (40% hyper, 24% super...) a-t-elle vocation in fine à représenter une répartition des ventes d'UF par types de points de vente ? autre chose ? - Cette clé qui repose sur les m2 de surface de vente n'est-elle pas une approximation (surfaces de vente ne sont pas dédiées qu'à l'alimentaire et le ratio alimentaire/non alimentaire doit pouvoir varier selon les magasins). Quelle limite pour les travaux ? - Cette clé reflète semble-t-il une situation moyenne nationale ("macro"). A une échelle plus "micro", elle pourrait être différente ?	Préciser ce que vous entendez par proportion	La proportion concerne la répartition des types de commerces dans lesquels l'UF sera distribuée, et est approximée à travers les surfaces de vente à l'échelle nationale. Cette approximation est donc en effet très macro. La conséquence principale de ce choix méthodologique est une surreprésentation possible des hypermarchés.	Précision apportée sous le tableau en page 56	ok
130	MP	41	+++	Tableau 14 : Modélisation des types de camions sur base des surfaces de vente	Comment mettez-vous en œuvre cette proportion dans vos calculs ? en effet, les gabarits n'ont pas les mêmes charges utiles et ne transportent donc pas le même nombre d'UF ?	Expliciter et donner une illustration depuis les données du tableau 14	Une modélisation spécifique est considérée pour chaque type de camion (et donc pour chaque type de surface de vente). Il est considéré que X% du transport de l'UF est modélisé pour un transport via un type de camion donné, X étant la proportion considérée pour la surface de vente associée.	Clarification et exemple intégrés dans le texte à la suite du tableau en page 56	ok
132	MP, CH, PC	41	+++	Centre de distribution - Commerce (Aller)	Pour la distance de base, cf. commentaire demandant d'expliquer ce que l'on cherche à représenter avec les cas de base. S'il s'agit d'être sur des données moyennes représentatives à l'échelle nationale, il nous semble que cette valeur de 55 km (dont la source ou le mode d'obtention n'est pas indiqué) est faible. Pour des trajets CD vers hyper, un ordre de grandeur de 100 à 150 km semble plus réaliste Pour les livraisons réalisées en tournées depuis les CD vers les petits magasins ou les super de périphérie (avec retour au CD), une distance de tournée de 250 à 300 km semble plus réaliste.	Proposition : apporter des informations sur l'obtention des données retenues pour le cas de base Discuter des valeurs exposées dans le commentaire que reflètent le retour d'expérience de CPV Revoir au besoin les distances de distribution prises en compte dans ce tableau.	Une distance de 100km est choisie en cas illustratif pour les commerces/CHR. Cette distance se veut représentative d'une moyenne parcourue pour livrer une UF, et s'appliquerait donc également au cas des tournées.	Précisions et raisonnements ajoutés après le tableau 22.	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
141	MP, CH	43	+++	Plusieurs cas de figure logistique peuvent donc être considérés en interprétant les distances retour générés automatiquement (sur base de la même gamme de valeurs qu'à l'aller, 25 à 1200 km), notamment en les comparant avec les valeurs générés pour le transport aller pour une même itération de calcul. Ces éléments de discussion sont repris en Annexe 7.	Cette section sur la modélisation de la logistique retour est peu claire. L'objectif et la mise en œuvre de cette catégorisation (réalisée a posteriori) mérite d'être mieux expliquée durant la réunion d'échanges avec le panel de revue critique. Cette discussion sera à conduire en lien avec notre commentaire plus général sur les enjeux de la standardisation. A la lecture de l'annexe 7, on comprend que votre catégorisation en cas de figure repose sur une comparaison des distances aller et retour : Retour > Aller : non standardisé / lavage central (externalisé). Retour = Aller : non standardisé / lavage chez l'embouteilleur. Retour < Aller : standardisé / lavage chez l'embouteilleur. Retour <ou> Aller : standardisé / lavage central (externalisé) mais un autre raisonnement semble avoir présidé aux trois sous-scénarios exposé en section 4.3.3 puisque vous établissez des fourchettes de distance de 25-300 km, 300 - 700 km, 700 - 1200 km. En l'état actuel des explications, on ne comprend pas le raisonnement conduisant aux trois sous-scénarios avec plages de valeurs de distance à partir des cas de figures de l'annexe 7. Pourquoi le cas "non standardisé / lavage central (externalisé)" ne concernerait que les distances de retour au-delà de 700 km ? On pourrait tout à fait avoir un embouteilleur avec une distance Aller de 200 km et une distance Retour de 230 km dans ce cas de figure par exemple. De plus, pour les trois sous-scénarios, rien n'est dit sur les distances aller ainsi que sur les autres paramètres (masse, nombres d'utilisations, etc.). Si on ne raisonne pas "toutes choses étant égales par ailleurs" pour tous les paramètres autres que la distance retour "centre de distribution - site d'embouteillement", que vat-on pouvoir déduire des variations de résultats entre ces trois groupes ? A discuter. NB : on note d'ailleurs que dans les résultats présentés il ne reste plus que les scénarios "25-300 km" et "700 - 1200 km".	Proposition Expliquer, illustrer en réunion d'échanges les objectifs, la mise en œuvre, et les conclusions que vous tirez de l'analyse des trois sous-groupes Fournir au panel de RC, des extractions des paramètres générés et des résultats obtenus	Retrait de cette section suite à la décision de ne pas étudier la standardisation sous cet angle		ok
143	MP	43	+++	Centre de distribution - Site d'embouteillement	Vous faites varier les trajets aller et retour entre le centre de distribution et l'embouteilleur dans la gamme 25 km - 1200 km. On comprend que ces deux trajets sont tirés aléatoirement de manière indépendante. Confirmez-vous notre compréhension ? Peut-on se retrouver avec une valeur très inférieure à l'aller (ex: 47 km) par rapport à la distance retour (ex: 555 km) ? Ceci étant un exemple parmi d'autres. De tels cas semblent peu réalistes (ne serait-ce pour des raisons de couts), y compris pour des contenants non standardisés et avec un lavage centralisé. La question plus générale, et primordiale de notre point de vue, derrière ce questionnement est celui du paramétrage de RangeLCA lorsque deux paramètres ne sont pas indépendants.		Retrait de cette section suite à la décision de ne pas étudier la standardisation sous cet angle		ok
156	CH	47	+++	Tableau 24: Valeurs du facteur A selon les matériaux considérés	Les valeurs de A qui sont ici proposées sont celles de l'Annexe C du PEF. Le Cadre de Référence impose A = 0,5 en cas de base et A = 0 en analyse de sensibilité. Cet aspect a fait l'objet d'une réunion d'arbitrage avec les ingénieurs Ademe en charge du pilotage de ce document et c'est un point important notamment dans les comparaisons entre solutions à usage unique et solutions réemployables.	Modifier les valeurs de A qui sont prises en compte dans cette étude.	Les valeurs A ont été adaptées sur base du cadre, et l'analyse de sensibilité a été réalisée	Adaptation de la section 4.6.1., analyse de sensibilité effectuée en 6.6.3	ok
159	MP, CH	49	++	Procédés d'inventaire pour les impacts du recyclage	Cas du recyclage PS : l'approximation faite présente des limites fortes. En effet, pour ce matériau, tout l'enjeu de son recyclage repose sur des procédés de recyclage chimique et non mécanique (ex: dépolymérisation avec production de styrène) Les impacts environnementaux de production d'un PS recyclé seront très différents de celui d'un PE recyclé mécaniquement.	Proposition : identifier une proposition alternative pour représenter du rPS obtenu par recyclage chimique	Comme discuté lors de l'échange ayant lieu en mars et avec l'accord de l'ADEME, la modélisation du recyclage chimique du PS n'est pas considérée. Un point d'attention est ajouté sur ces implications dans le volet B.	Note de précision ajoutée en fin de section 4.6.2 du volet B	
160	MP, CH	49	+++	Procédés d'inventaire pour les impacts du recyclage	Bien que l'étude dise tenir compte d'une fin de vie en France, le choix des inventaires de recyclage (représentativité Europe) revient à s'écarter des destinations géographiques effectives des déchets d'emballages collectés	Améliorer la représentativité géographique des inventaires de recyclage pour être en	Les inventaires de fin de vie ont été adaptés pour représenter des processus européens exclusivement. Par ailleurs, les	Corrections apportés dans les tableaux 35 et 36 et précisions apportées en fins de sections 4.6.2 et 4.6.3.	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					en France Voir pour cela l'observatoire de la reprise CITEO : les déchets d'emballages comme verre, acier, PET sont majoritairement recyclés en France (et même proche de 100% pour le verre) Ex : 98 % des déchets d'emballages en verre sont recyclés en France Ex : 78 % des bouteilles plastiques sont recyclées en France L'enjeu de représentativité des inventaires européens utilisés pour cette étude concerne : - des écarts de technologies entre un contexte France et un contexte EU - des écarts liés aux impacts associés à l'électricité consommée par ces procédés de recyclage (il est connu que le profil de l'électricité France est différent de celui de l'électricité moyenne EU)	phase avec une fin de vie de déchets générés en France Adapter si possible les données d'inventaire exploitées afin qu'elles représentent mieux la réalité française. A défaut, il faut pointer à l'attention du lecteur les risques de biais qui sont introduits en utilisant des données dont la représentativité géographique est inadéquate.	consommations électriques des différents inventaires de recyclage ont été adaptées au mix français.		
165	CH	52	+++	Les résultats moyens d'impact correspondant à la moyenne des résultats obtenus pour l'ensemble des combinaisons aléatoires de paramètres	Nous comprenons que RangeLCA procède par tirage aléatoire des valeurs des paramètres d'entrée définis pour votre modélisation. Sur cette base, nous imaginons que les valeurs affectées aux paramètres d'entrée de votre modèle varient à chaque fois que vous refaites votre calcul. En conséquence, si vous lancez deux fois le calcul sur un même modèle, vous devriez obtenir deux nuages de points dont les points ne sont pas identiques (les nuages ne sont pas superposables). Si cette supposition est juste, ceci signifie que les résultats obtenus ne sont pas reproductibles à une échelle micro, c'est-à-dire qu'on ne peut pas générer deux fois le même ensemble de 1000 points. En conséquence, se pose la question de la reproductibilité/répétabilité de vos résultats à une échelle plus macro du nuage (sa forme) : est-ce que la régression qui est faite sur le nuage de points par rapport à un paramètre donné (ex : GES en fonction de la masse de la consommation de carburant) reste identique ainsi que le coefficient de détermination R2 lorsqu'on répète plusieurs fois le même calcul ? Ceci est-il vrai quelle que soit la distribution des valeurs (uniforme, normale, asymétrique, bimodale …) qui est adoptée dans la plage de variation et le nombre de paramètres d'entrée ?	Quelle démarche avez-vous mis en place pour vous assurer de la reproductibilité des résultats que vous obtenez dans la mesure où ceux-ci sont générés à l'issue d'un processus de tirage aléatoire des valeurs de paramètres d'entrée du modèle ?	La particularité de RangeLCA est d'être capable de reproduire systématiquement le même tirage aléatoire. Cela permet de comparer deux scénarios et déterminer la variabilité résiduelle, ce qui n'est pas possible d'avec d'autres logiciels ACV.	Précision apportée sur cet aspect dans la section 5	ok
167	CH	52	+++	Le classement de l'ensemble des paramètres par ordre décroissant de sensibilité du modèle ; le logiciel permet ainsi de déterminer la sensibilité des différents résultats à chaque paramètre variable du modèle, tous les autres paramètres restant variables (et non pas, classiquement, tous les autres paramètres étant fixes).	Je comprends que les valeurs des paramètres sont générés automatiquement par l'outil. Cela peut-il aboutir à générer des points de calcul dont les paramètres prennent des valeurs aberrantes ?	Apporter les précisions et illustrations simplifiées nécessaires en ce qui concerne les gardes-fous mis en place dans RangeLCA afin de se prémunir du calcul de combinatoires aberrantes et donc d'observation et conclusions qui ne seraient pas fondées.	Comme discuté lors de notre échange en mars, toutes les combinaisons de valeurs sont possibles si les paramètres ne sont pas corrélés entre eux (ou plafonnés) ce qui est le cas dans notre étude, pour la plupart des paramètres. Ce point sera évoqué dans les limites de l'étude	Limite évoquée en 8.3.1 et 8.3.2	ok
168	CH, MP	53	+++	Plusieurs distributions statistiques peuvent être définies dont	Le choix des distributions statistiques me semble assez déterminant sur la forme/la dispersion des nuages de point. On ne peut écarter le risque que ces distributions influencent les observations faites sur les graphiques et, par voie de conséquence, les conclusions qu'on en tire. Dans la réalité, il est peu probable que l'ensemble des paramètres d'entrée de votre modèle varient de manière uniforme. En fonction des paramètres on aurait tendance à supposer d'autres formes de distribution (normale ou multimodale par exemple dans le cas de la masse des contenants => distribution avec des valeurs centrées sur plusieurs "bosses" en fonction des marchés & formats)…	Justifiez le choix de distributions uniformes et explicitez les simplifications et limites éventuelles de ce choix	Il n'est pas question dans cette étude d'étudier des dominantes de marché, et la collecte de données n'a pas permis d'obtenir de données fiables sur les distributions. Par ailleurs, le recours à une uniforme n'influence pas les points de basculement (ou l'épaisseur) du nuage de points, mais simplement sa densité.	Précision apportée au point 5.2	ok
173	CH, MP	56	+++	Identification des paramètres influents	Expliquez d'où viennent ces tableaux	-	Le principe pour déterminer les paramètres les plus sensibles est : • On dessine un nuage de points normé - L'abscisse est la valeur normée du paramètre : si		ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
							a1 = valeur min du paramètre at a2 = valeur max du paramètre, on remplace une valeur a par (a-a1)/(a2-a1) - L'ordonnée est la valeur normée du résultat : si a1 = valeur min du résultat at a2 = valeur max du résultat , on remplace une valeur a par (a-a1)/(a2-a1) • On trace la droite des moindres carrés • On prend le coefficient angulaire. • On classe les paramètres par coefficient angulaire décroissant.		
175	CH, MP	58	+++	Identification d'éventuels points de basculement selon différents paramètres	Il faut rédiger une introduction à cette section. En l'état actuel, on ne comprend pas le choix des combinaisons entre paramètres et indicateurs. Par exemple, pour la masse du contenant en verre, on ne comprend pas pourquoi on explore le sujet ressources minérales et métalliques et pourquoi on ne regarde pas les résultats des autres indicateurs et notamment l'indicateur GES.	Rédigez tout d'abord une introduction qui explique et étaye votre stratégie de présentation des résultats. Pour chaque résultat, il faut ensuite problématiser avant de présenter le résultat en tant que tel : qu'est-ce que vous envisagez de tester, pourquoi, quel graphique est construit pour répondre à votre interrogation.	La philosophie derrière la méthode de présentation des résultats est explicitée en début de section	Ajout d'un point explicatif en début de section 6	ok
176	CH	58	+++	Figure 11 : Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur de réchauffement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range"	Compréhension de RangeLCA Vous est-il possible de nous transférer le tableau numérique complet qui correspond à ces deux nuages de données ? A savoir pour chacun des points de ce nuage : Le résultat GES obtenu La valeur prise par chacun des paramètres d'entrée (pas seulement la valeur du paramètre présenté en abscisse)	-	Une version simplifiée de nos fichiers d'export peut être communiquée. N'hésitez pas à revenir vers nous au moment de la revue critique de cette itération.		
188	CH, MP	62	+++	Comme pour tous les paramètres étudiés, l'option réemployable reste favorable pour toutes les valeurs de consommation diesel.	Figure 17 : je ne partage pas votre observation, mais peut-être ai-je mal compris le principe de vos figures. Sur cette figure, je vois des cas "usage unique" dont le résultat GES se situe entre 0,4 et 0,6 kg Eq. CO2 et je vois des cas "réemploi" dont le résultat GES se situe entre 0,6 et 0,8 kg Eq. CO2. Sur cette base, j'ai tendance à dire qu'il existe configurations pour lesquelles l'usage unique est plus intéressant en termes GES que le réemploi. En revanche, la figure ne nous dit pas s'il s'avère pertinent de comparer ces deux groupes de cas entre eux.	Corrigez mon interprétation ou modifiez vos observations	Cette formulation a été retirée de cette version du rapport. Il n'est pas effectué de comparaisons explicites entre options réemployables et à usage unique à l'égard des consommations de carburant, étant considéré que celles-ci sont la résultante de paramètres de modélisation sensibles, mais qu'elles ne sont pas un levier d'écoconception ou un facteur comparatif en soi. D'autant plus que ces consommations diffèrent entre options réemployables et à usage unique pour une même itération de calcul, rendant impossible le recours aux graphes range-delta. Il a été décidé avec l'ADEME de conserver la présentation de ces graphes range cependant, d'une part pour informer le lecteur quant aux tendances liées à l'évolution des impacts selon les consommations de carburant, et d'autre part pour lui permettre de se projeter quant à l'implémentation d'une solution de réemploi sur base de données de référence (fournies en annexe)	Section 6, pour chaque scénario	ok
189	CH, MP	63	+++	Tableau 33 : Zones et points de changement de conclusion liés aux	Comment ce tableau a-t-il été construit (où sont présentés et analysés les résultats qui démontrent ces conclusions ; sauf erreur seuls quelques couples paramètres/impacts	Etayez les conclusions de ce tableau.	Les graphiques présentés sont issus d'une sélection par RDC Environment afin de ne pas alourdir le	La réflexion derrière la présentation des résultats pour chaque scénario et l'utilité de	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
				différents paramètres et catégories d'impacts étudiés – Scénario 1	ont été présentés dans les pages précédentes) et comment doit-on le lire ? Par ailleurs, je ne le trouve personnellement pas très visuel.		rapport en présentant l'influence de chaque paramètre pour chaque catégorie d'impact. Le tableau a pour vocation de dresser un bilan des points de basculement, y compris n'ayant pas été présentés graphiquement.	chaque type de graphe/figure est explicitée au début du chapitre 6, avant l'explicitation de chaque scénario. Des explications supplémentaires devant faciliter la lecture du tableau sont ajoutées pour le scénario 1 (tableau 47), par ailleurs.	
191	MP	111	+++	Influence de la Standardisation	Vous écrivez : « Ces résultats indiquent que le schéma logistique de transport retour peut avoir une influence notable et significative sur les résultats des comparaisons entre les deux alternatives pour la catégorie d'impact d'épuisement des ressources minérales et métalliques. De fait, l'avantage de l'option réemployable pour les valeurs de masse élevées est plus marqué pour un scénario de trajet retour plus court. Il est en revanche plus difficile de départager les deux options pour un scénario de trajet retour long. La standardisation des contenants et l'intervention ou non d'un centre de lavage différentié peuvent donc avoir une influence notable sur les résultats des comparaisons effectuées pour cet indicateur. Pour les autres catégories d'impact cependant, cette distinction n'influence pas les résultats des comparaisons effectuées, et n'influence que très peu les contributions à la catégorie d'impact d'épuisement des ressources en eau » En dehors de l'indicateur d'épuisement des ressources minérales, vous semblez aboutir à la conclusion que la standardisation n'a pas véritablement d'influence sur les comparaisons effectuées. La standardisation ne se résume probablement pas à des effets de distance à parcourir (cf. nos commentaires précédents) Attention donc à être mesurés dans les conclusions et à ne pas conclure trop hâtivement que la standardisation ne présente pas d'intérêt environnemental pour une majorité d'indicateurs	Proposition :	Question de la standardisation traitée de manière moins directe suite à nos échanges. Ces sections n'apparaitront plus sous cette forme dans la nouvelle version.		ok

11.14.9. Annexe 2 : tableau des commentaires détaillés formulés sur le rapport provisoire volet B1 en date du 6 juin 2023

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
b.10	MP	44	++++	Canette en aluminium	Validité technique et plausibilité de la description de la production de la canette Alu (+ exigences ISO sur la comparabilité des systèmes "Les systèmes doivent être comparés en utilisant ... des considérations méthodologiques équivalentes telles que la performance, la frontière du système, la qualité des données, les règles d'affectation, les modes de décisions sur l'évaluation des intrants et des extrants ainsi que l'évaluation" A la lecture de la description des procédés, leur prise en compte s'arrête à l'obtention de feuilles d'aluminium et ne considère les étapes de "can manufacturing" du corps et du can end. Ces étapes sont pourtant pointées comme contributrices aux impacts dans plusieurs études (Sphera pour The Aluminium Association , RDC pour Metal packaging Europe, Sphera pour Ball). L'impacts GES de 150 g eq CO2/UF pour votre cas illustratif (canette de 38 g env) semble d'ailleurs plutôt faible en comparaison des résultats établis pour cet emballage dans plusieurs études récentes (Sphera pour The Aluminium Association 2021, Quantis pour la maison des eaux minérales 2021, Sphera pour Ball incorporation 2020, IFEU pour Tetrapak 2020) Une ACV Sphera sur les canettes alu North America montre que pour obtenir une canette de x grammes, la quantité d'ingot doit être de 1,5 x en raison des chutes au niveau de fabrication de la feuille puis de la canette. A la lecture du tableau, on comprend qu'il a été considéré dans cette étude un taux de perte très faible (env. 1%) Pourquoi considérer un mix sheet rolling (80.15%) et cast iron (18.85%), d'autres études semblant systématiquement considérer un sheet rolling pour le body comme le end cap (notamment l'étude Sphera pour Ball, fabricant de boite métal) ? Concernant l'aluminium secondaire, deux inventaires sont mentionnés (new scrap et postconsumer scrap) sans que le rapport précise leur mise en œuvre, notamment leurs proportions respectives en cas d'aluminium recyclé.	Description et modélisation à remettre à plat pour la canette Alu car elle nous semble inadaptée au regard du caractère comparatif de cette étude et à ses objectifs (identification de points de bascules)	En seconde itération, les changements suivants ont été apportés : - Modélisation plus exhaustive de la production des canettes, tenant compte des étapes de manufacture du corps et du "can end" sur base d'études passées - Adaptation des taux de pertes liés aux étapes de production sur base d'études passées - Prise en compte d'une transformation exclusivement basée sur du "sheet rolling" - Les proportions du scrap "new" et "post-consumer" (soit 50% chacun) sont explicités dans le rapport	Section 4.3	ok
b.34	MP	87	++++	Résultats du Volet B (tous scénarios)	Exigence ISO sur la prise en compte des incertitudes en ACV comparatives, et notamment se prononcer sur les différences significatives Comment dans vos résultats, tenez-vous compte ou pensez-vous tenir compte des incertitudes liées aux inventaires d'arrière-plan, aux méthodes de caractérisation, aux simplifications de modélisation, etc, dans : - L'identification et la restitution des points de bascule par indicateur - De manière plus générale, la présentation des résultats et leur interprétation A date, nous n'identifions pas via la lecture du rapport transmis comment ces incertitudes sont prises en compte	Expliquer et illustrer dans le rapport comment ces types d'incertitudes sont pris en compte dans la détermination des points de bascules, et plus généralement dans la présentation des résultats et leur interprétation	- La robustesse et les incertitudes autour des points de basculement identifiés ont été abordées via un code couleur utilisé dans les arbres de décision - Un chapitre consacré à l'analyse d'incertitude a été ajouté en annexe	Chapitre 6 et section 9.6.3	ok
b.35	MP	87	++++	Résultats du Volet B (tous scénarios)	Transparence des résultats et des interprétations A l'analyse des sections "Résultats selon les fourchettes de valeur établies", on remarque que certains points de bascule présentés dans le tableau dédié ne sont pas présentés au préalable via les graphes "range" ou "range delta". Il est dès lors difficile de se faire une idée du caractère approprié de l'interprétation et de la pertinence des points de bascule. Par exemple, il y a des points de bascule annoncés pour le scénario 8 pour des indicateurs comme la formation d'ozone photochimique et les émissions de particules, et pour autant aucun graphe range ou range delta ne présente les gammes de valeurs pour ces indicateurs pour ce scénario.	Proposition : Une démarche plus systématique et homogène pourrait être adoptée pour la présentation des sections résultats. Dès lors qu'un point de bascule relatif à un indicateur d'impact donné (ex: ressources en eau, formation d'ozone photochimique) et à un paramètre donné (ex: Nombre d'utilisations de l'emballage primaire, masse de l'emballage primaire réemployable) est	La structuration des résultats présentés a été repensée en seconde itération, sous forme d'arbres décisionnels déclinés ensuite en graphes range et range-delta qui ont permis d'établir les différents embranchements. Il a été considéré une présentation agrégée des résultats associés au changement climatique et aux ressources fossiles, d'une part, et aux indicateurs POF, PM et Ac d'autres part (les	Chapitre 6	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					Pour un scénario comme le scénario 7, les graphes présentés sont essentiellement des graphes "range delta", ceux-ci concernant différents indicateurs : CC, émissions de particules, ressources en eau, ressources minérales. En revanche, les seuls graphes "range" présentés concernent le changement climatique. Du coup, il n'est pas possible pour un lecteur de "relativiser" l'ordre de grandeur des résultats "range delta" par rapport aux gammes de résultats d'impacts établis via les graphes range pour les deux solutions comparées. L'importante volumétrie de résultats calculables pour ce type d'étude explique certainement qu'il a été nécessaire de faire des arbitrages mais il est important que les enseignements clés de votre étude, à savoir les points de bascule par paramètre et par indicateur concerné, puissent être étayés par les graphes de résultats range ET range delta. Dans le cas contraire, un enjeu de transparence se pose ainsi qu'une difficulté à apprécier la pertinence des interprétations	présenté dans le tableau dédié, le lecteur devrait pouvoir accéder au graphe range (pour apprécier les plages de valeurs d'impacts des solutions) et au graphe range delta correspondants. Le ou les points de bascules mériteraient par ailleurs d'être positionnés sur les graphes en question. Un renvoi vers les n° de figures des graphes depuis les tableaux pourraient faciliter la navigation dans le rapport	tendances observées étant généralement similaires au sein de ces groupements, et les points de basculement se voulant génériques pour ces catégories d'impact).		
b.37	MP	103	++++	Bilan des zones de basculement pour les paramètres et catégories d'impact étudiés (pour tous les scénarios étudiés)	L'interprétation des points de bascule et notamment des zones grises indiquées comme " Valeurs et situations pour lesquelles l'étude ne permet pas de conclure sur l'avantage relatif de l'une ou l'autre option" nous interroge. 1) Si on prend le cas de l'indicateur d'épuisement des ressources en eau et du paramètre "consommation d'électricité pendant le lavage", on lit dans le tableau que lorsque la valeur de consommation d'électricité pendant le lavage est < à 0.05 kWh/l alors on est en zone grise, donc sans pouvoir conclure sur l'avantage relatif de l'une ou l'autre option. A la lecture du graphe range delta n°23 relatif à ce point de bascule, il nous semble que cette conclusion peut être discutée. En effet, on voit que pour des conso < 0,05 kWh/l : - la grande majorité des points calculés montre un delta favorable à l'usage unique - la régression linéaire que vous calculez n'est jamais située au-dessus du zero, y compris pour des faibles valeurs de conso d'électricité lors du lavage - il peut exister une petite minorité de situations pour lesquelles la solution UU est moins favorable que la solution R Il nous semble donc que la question qui se pose est : 1) de comprendre quelles combinatoires de paramètres permet à la solution réemployable d'être plus favorable, 2) d'apprécier si ces combinatoires sont vraisemblables ou s'il s'agit de combinaisons improbables ou de contextes de comparaison improbables En fonction de l'analyse, il nous semblerait plus approprié de dire que pour des conso < 0.05 kwh/l, la solution UU est plus favorable sauf lorsque les paramètres x ou y sont inférieurs (ou supérieurs) à telle ou telle valeur 2) D'une manière plus générale, il nous semble que la restitution des zones grises mérite d'aller beaucoup plus loin dans les analyses en regardant si l'analyse des autres paramètres influents ne conduiraient pas à des sous-segmentations. Ex: si la masse de l'emballage primaire est < à x, et si le nbre de réutilisation est > y et tel au paramètre > à z, alors avantage à l'une ou l'autre des solutions	Proposition : les zones grises indiquent au lecteur une impossibilité de conclure. Il est donc important de pousser l'analyse pour identifier le "vraies" zones résiduelles pour lesquelles on ne peut pas trancher. Reste à voir le nombre d'itérations (et donc de paramètres à prendre en compte) qu'il est raisonnable de réaliser pour cela	En seconde itération, les changements suivants ont été apportés : - Une sous-scénarisation plus poussée a été réalisée pour les différents scénarios afin de réduire les zones d'incertitude - La prise en compte de points de basculement selon plusieurs degrés de certitude (en fonction du nombre d'itérations concernées) permet de faire apparaître des tendances supplémentaires, et de contextualiser la robustesse des conclusions	Chapitre 6	ok
b.39	CH	159	++++	Limites liées aux catégories d'impacts	Compte tenu des objectifs de ces travaux et aux enjeux / questions qui peuvent se poser autour du lavage, je serai favorable à la rédaction d'un § dédié aux limites de l'indicateur d'Epuisement de la ressource en eau. Je trouverai par exemple intéressant, si le praticien partage ce point de vue, que l'on y rappelle son principe actuel d'évaluation, les limites qui en découlent ainsi que les limites d'applicabilité : 1/Un prélèvement d'eau douce (nappe, rivière,	Rédiger un paragraphe pédagogique sur les principes de l'indicateur d'épuisement de la ressource en eau et sur les limites de cet indicateur. Ce paragraphe est peut-être à mettre plus haut dans le rapport dans la section 3.6 Catégories d'impact avec un rappel	Un point à ce sujet a été ajouté dans la partie Résultats, ainsi qu'une analyse qualitative puis comparative des flux d'eaux liés au verre et au réemploi	Section 6.7	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					lac…) qui est intégralement restitué aux eaux superficielles (rivière, lac…) ne contribue pas à cet impact même si l'eau est polluée du point de vue chimique, biologique ou thermique. Les seuls prélèvements d'eau douce qui contribuent à cet impact sont les prélèvements qui font l'objet d'une évaporation (directe ou indirecte par exemple via des cultures) ou qui sont rejetés après usage dans le milieu marin. Les prélèvements d'eau de mer ne participent pas à cet impact. Du fait de ce principe, l'impact sur l'épuisement des ressources en eau dans une ACV va souvent se retrouver largement piloté par : les intrants qui ont une origine agricole et les activités industrielles qui évaporent massivement de l'eau (ex : électricité nucléaire avec tour aéroréfrigérante). 2/L'applicabilité de ce principe, avec lequel on peut d'ailleurs être en accord ou en désaccord, nécessite une quantification fine des flux eaux qui sont prélevés et rejetés dans les ICV qui sont exploités. Or, l'expert ACV qui s'est d'ores et déjà confronté à la construction d'un ICV sait que cette quantification, même dans un contexte industriel français où les activités sont encadrées par des arrêtés préfectoraux, peut être une gageure : il peut exister plusieurs flux d'eau entrant qui sont ou non mesurés (eau du réseau, eau de pompage en milieu superficiel, eau de forage, eaux de pluie) et il peut exister plusieurs flux eaux sortant généralement non ou peu mesurés (eaux sanitaire, eaux industrielles de process, eaux de refroidissement, eaux de ruissellement). Nous imaginons que cet exercice peut être encore plus difficile en ce qui concerne des activités agricoles. 3/La méthode tient normalement compte de la régionalisation des prélèvements en considérant que la disponibilité de la ressource en eau varie selon les endroits. Dans la méthode d'origine, cette disponibilité est appréciée à l'échelle des bassins versants ; dans la méthode utilisée en ACV elle est appréciée à l'échelle nationale. 4/L'applicabilité de la méthode dans une étude ACV nécessite une régionalisation des flux eaux (flux prélevés et flux rejetés) dans les ICV qui sont exploités puisque 1 m3 qui est prélevé (rejeté) dans un milieu donné (ex : nappe) n'est pas comptabilisé de la même manière selon que le rejet a lieu en France, en Allemagne, aux Philippines ou dans d'autres pays. La régionalisation d'un ICV nécessite de disposer d'une vision de la localisation des différentes étapes : c'est un travail lourd, qui nécessite des données fines. Dans les faits, un certain nombre d'ICV exploités n'ont pas été régionalisés ou ont été régionalisés de manière très imparfaite (ex : ICV RER se retrouvant avec des flux eau RER et non pas avec des flux correspondant au mix réel des implantations dans les pays européens ; ex : mauvaise connaissance / incertitude des parts de marché entre pays pour un produit donné comme les "starch {GLO}, market" qui sont utilisés dans les ICV carton). On pourrait démultiplier les exemples sur toute la base de données.	des limites dans cette conclusion ?			
b.1	CH	19	++	Scénario 8	Dans ce scénario, il est mentionné qu'il n'y a pas d'emballage de regroupement (ce qui est par ailleurs à discuter, à la fois pour des questions pratique de manipulation et d'hygiène). Or en annexe, les résultats détaillés du cas illustratif du scénario 8 montrent une contribution notable du poste "emballage additionnels", ce qui laisse penser que des emballages de regroupement ont été pris en compte. Ce commentaire s'applique également au scénario 9.	Vérifier la cohérence entre les données présentées et la modélisation pour les scénarios 8 et 9 et pour le cas des emballages additionnels.	Adapté en seconde itération: des emballages de regroupement (carton notamment) ont été considérés pour la distribution. Des emballages de transport supplémentaires sont en outre considérés dans le scénario 9 (caisses PEHD) pour le transport vers et depuis centres de lavage.	Chapitres 3 et 4	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
b.2	MP	37	++	Via ce travail itératif, on estime, à dire d'expert, que le seuil de coupure est de moins de 5% pour les trois critères : masse, énergie et impact environnemental.	Au regard des données descriptives des solutions d'emballages et des procédés de fabrication, notre perception est que les modélisations reposent sur diverses simplifications (ex: pas de prise en compte des additifs barrières, charge, colorants pour les plastiques, idem pour les coatings et autres additifs de la canette alu. Modélisation simplifiée de la chaine des étapes de mise en forme et parachèvement, pas de travail poussé de collecte de données sur les chutes de production pour certaines étapes), il nous semble optimiste d'affirmer à dire d'expert que le seuil de coupure est de moins de 5% sur les critères masse, énergie et impact environnemental (d'autant que sur ce dernier critère certaines matières peu contributrices en masse peuvent l'être fortement sur certains indicateurs environnementaux spécifiques, par exemple les ressources minérales)	Etayer davantage votre dire d'expert, voir être plus modeste sur le seuil de coupure atteignable	Le seuil de coupure a été adapté, et une section explicative quant aux raisonnements et calculs autour des seuils de coupure a été ajouté en annexe	Section 3.5 et Annexe 11 (section 9.11)	ok
b.3	MP	42	++	Emballages primaires et systèmes de fermeture	Transparence du rapport et évaluation de la consistance méthodologique Il serait intéressant de rendre accessible au lecteur, en annexe, les résultats d'impacts pour 1 kg de contenant produit en montrant les contributions respectives des inventaires de production des matériaux et de transformation. A minima, fournir ces données à la revue critique.	Proposition : voir commentaire	Envoi par mail au 31/08		ok
b.4	MP	44	+++	Inventaire de production des plastiques vierges	Caractère approprié des données : cas des inventaires de production des plastiques vierges On note une dérogation à la règle de priorité donnée à ecoinvent 3.9 en recourant aux inventaires plasticseurope alors que les inventaires ecoinvent 3.9.1 pour le PET, le PEHD, le PEHD et le PP sont basés sur les données d'activité des écoprofils les plus récents de plasticseurope Contexte 1 : Depuis la publication des derniers écoprofils plasticseurope, de nouveaux travaux ont porté sur les chaines de valeur du pétrole et du gaz. De gros enjeux de sous-estimation des fuites de méthane ont ainsi été identifiés. Leur correcte prise en compte conduit à une augmentation sensible de l'impact GES des plastiques (estimés de l'ordre de +20% selon travaux réalisés par Sphera et IFEU pour plasticseurope). A date, les inventaires ecoivent ne tiennent pas compte de cette meilleure prise en compte des fuites de méthane. Contexte 2 : pour le PET, le PE et le PP, les profils d'impacts sont sensiblement différents entre plasticseurope et ecoinvent, la valeur d'impacts GES avec ecoinvent se rapprochant davantage des profils après ajustements sur les émissions diffuses de méthane des chaines de valeurs pétrole/gaz Point spécifique PET : l'inventaire plasticseurope utilisé semble présenter une anomalie pour l'indicateur d'épuisement des ressources minérales (possible pb de mauvaise prise en compte du catalyseur à base d'antimoine exprimé en stibnite dans l'inventaire original).	Point à discuter en réunion de revue critique : opter en base ou a minima en AS pour des inventaires ecoinvent pour le PET, le PEBD, le PEHD et le PP	Suite aux échanges avec le Comité RC, les inventaires ecoinvent ont été utilisés pour les plastiques.	Section 4.3	ok
b.5	MP	44	++	Bouteille en verre – Volet B – Scénario 6 *	A la lecture de la section "facteur d'augmentation de la masse", on comprend que les valeurs de masse présentées dans le "Tableau 12 : Données liées à la production des emballages primaires à usage unique ne seraient pas les valeurs de masse du contenant en verre réemployable mais des masses pour leur équivalent usage unique. Après échange, on comprend de plus que ce facteur d'augmentation (1 à 1,2) : - a été appliqué aux cas illustratifs des scénarios 6,7 et 10 (valeur de 1,2) - n'a été appliqué aux cas illustratifs des scénarios 8 et 9 (valeur de 1,2) Ce choix de présentation complique la lecture et peut conduire à des mauvaises interprétations des résultats, masse "points de bascule".	Voir s'il ne serait pas plus facile et lisible de partir directement sur des plages de valeurs applicables aux contenant en verre réemployables (suppression du facteur d'augmentation, héritage du volet A). S'il est décider de maintenir cette procédure de calcul, rendre plus explicite le fait que les valeurs indiquées pour le verre sont pour des emballages usage unique pour les scénarios 6,7 et 10	Suite aux échanges avec le Comité RC, le facteur d'augmentation de masse lié au réemploi a été directement intégré aux gammes de valeurs de masse des emballages primaires réemployables des scénarios 6 , 7 et 10.	Section 4.3	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
b.6	MP	44	+++	Inventaire de production du verre Glass Container - Virgin - EU-28+EFTA (FEVE, 2012) Glass Container – Recycled content 100% - EU-28+EFTA (FEVE, 2012)	Transparence des sources et des adaptations + pertinence de l'adaptation sur les flux eau pour les inventaires du verre Sauf erreur, l'adaptation réalisée par RDC sur les flux intervenant dans l'indicateur "ressources en eau" n'est pas mentionnée et expliquée. Il s'agit pourtant d'un changement radical d'ordre de grandeur - 2,03 E+0 m3 deprived pour le vierge dans version initiale, -1.55E+0 m3 deprived pour le verre 100% recyclé dans version initiale - 9,45E-3 m3 deprived par kg de verre après adaptation, même valeur pour le vierge et le recyclé (valeur prise en compte pour ce rapport). Nous comprenons que l'adaptation a été faite sur base d'inventaires ecoinvent. Nous souhaiterions mieux comprendre de quel inventaire il s'agit. En effet, en consultant le site d'ecoinvent v3.9.1, nous lisons les valeurs suivantes pour différents inventaires disponibles pour le verre avec une représentativité en Europe, Suisse, allemande ou GLO: - packaging glass production, green, RER w/o CH+DE : 0,17409 m3 world eq. deprived pour EF 3.1 - packaging glass production, white, RER w/o CH+DE : 0,20345 m3 world eq. deprived pour EF 3.1 - packaging glass production, green, CH : 0,1903 m3 world eq. deprived pour EF 3.1 - packaging glass production, green, DE : 0,081794 m3 world eq. deprived pour EF 3.1 - packaging glass production, white, without cullet, GLO +DE : 0,31774 m3 world eq. deprived pour EF 3.1 Ce point nous semble d'autant plus important à étayer que l'analyse des résultats des cas illustratifs montrent des ordres de grandeur d'impacts par kg de contenant en E-1 ou en E-2 pour cet indicateur exprimé en m3-world eq pour les matériaux de contenant (plastiques ou alu)	Proposition : Rendre compte dans le rapport des raisons de cette adaptation + expliquer et justifier l'adaptation réalisée	En concertation avec l'ADEME, il a été décidé de ne pas analyser en détails les contributions à la catégorie d'épuisement de la ressource en eau. Les adaptations apportées aux inventaires de production du verre à cet égard ne sont donc plus explicitées et n'influencent plus les comparaisons entre solutions d'emballage étudiées. Les comparaisons effectuées au regard des consommations et prélèvements d'eau sont par ailleurs basées sur des inventaires Ecoinvent et non FEVE, pour le verre.	Section 6.7.3	Choix noté mais question non traitée
b.7	MP	44	+++	Pot en polystyrène (pour produits frais) ***	Validité technique et la plausibilité de la description du pot PS : Les inventaires de transformation : après le thermoformage (taux de perte de 6% d'après le tableau), il y a une étape de découpe dont la conso d'énergie est certainement négligeable mais qui engendre des pertes de matières (ex: étoiles). Selon le tableau, l'extrusion et le thermoformage sont modélisés selon un profil Europe. L'étude précise que les emballages sont "utilisés en France métropolitaine pour le conditionnement et la distribution de produits alimentaires". Si les sites de conditionnement sont en France, alors le thermoformage doit être avec un profil France (adaptation du mix électrique) dans le cas des pots PS utilisés pour des produits frais. Idem si extrusion et thermoforming in line. Si les deux procédés sont réalisés sur des lieux distincts, pour l'extrusion des feuilles, la situation peut être différente, le sourcing pouvant effectivement venir de différents pays.	Proposition : Adapter la modélisation ou apporter des éléments justificatifs pour maintenir les choix exposés	En seconde itération, un mix français a été considéré pour le thermoformage du polystyrène. Un taux de pertes de 15% lié à la découpe a par ailleurs été considéré (sur base de calculs réalisés par RDC).	Section 4.3	ok
b.8	MP	44	+++	Bouteille en PET	Validité technique et plausibilité de la description de la bouteille PET : Le tableau indique 50% injection moulding et 50% blow moulding : à discuter car nous serions plutôt parties sur 100% injection moulding pour la préforme et 100% stretch blow moulding pour le soufflage de la bouteille PET à partir de la préforme Pour les deux inventaires procédés, le tableau indique une représentativité Europe. Compte tenu du périmètre de l'étude (produits conditionnés en France), nous aurions plutôt attendu que le soufflage de la préforme soit systématiquement fait en France car cette étape est faite sur le site de conditionnement (dont profil elec FR). Pour la fabrication de la préforme, un mix FR/EU serait à définir. Sourcing géographique du PET vierge et du rPET Cas du PET vierge : nous prenons note de votre choix d'une représentativité Europe. Toutefois, à ce jour les importations en Europe de PET vierge contact alim en provenance d'autres régions du Monde (dont Asie) sont de l'ordre de 20% et plutôt en augmentation ces derniers	Proposition : Adapter la modélisation ou apporter des éléments justificatifs pour maintenir les choix exposés	En seconde itération, les changements suivants ont été apportés : - Prise en compte d'un mix français pour le soufflage - Prise en compte de PET recyclé d'origine française - Prise en compte de PET vierge d'origine hors Europe - 100% de soufflage et d'injection sont considérés	Section 4.3	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					temps. Cas du rPET : nous prenons note de votre choix d'une représentativité Europe. Dans les faits, certains recycleurs de rPET en France sont également des conditionneurs (ex: Roxane, plastipak) qui utilisent de fait du rPET France. Certains utilisateurs de rPET contact alim disent également s'approvisionner hors Europe (ex: Asie). Les profils d'impacts env de ces différents sourcing ont de fortes chances d'être assez différents au moins en raison des mix électriques. L'étude devrait a minima indiquer en limite que ces enseignements sont valables pour des sourcing moyens Europe et pas pour des cas spécifiques qui sont pourtant présents sur le terrain (ex: sourcing Asie, soucing rPET France)				
b.9	MP	44	++	Extrusion of plastic sheets and thermoforming, inline - RER (EI 3.9.1) Taux de perte = 6%11	Validité technique et plausibilité de la description de la production de barquette PP : Pour ce type d'emballage, il nous semble en effet que le lieu de fabrication de la barquette n'est pas contraint par son lieu de remplissage contrairement à certains autres scénarios Disposez-vous de données sur la provenance géographique des barquettes PP ? Quid de la part d'imports pouvant venir d'Asie par exemple ? Expliquer si la représentativité Europe est un choix par défaut en l'absence de visibilité ou s'il s'appuie sur des données réelles de marché	Apporter les clarifications. Voir s'il convient d'indiquer en limites de l'étude que pour certains emballages (ex: barquettes) les imports hors EU (sous formes granules, ou sont forme barquettes) ne sont pas couverts par l'étude	Ajout d'un point sur la représentativité géographique de la production des emballages, faisant référence au cas des barquettes.	Section 7.6.2	ok
b.11	MP	46	+++	Type de système de fermeture	Validité technique des descriptions des solutions pour les fermetures : Justifier le choix d'un couvercle acier pour le scénario 7 (pots en verre destinés aux marchés crèmes et yaourts) et non d'une approche hybride comme pour les scénarios 6 et 10. En effet, dans le cas des yaourts portion individuelle des solutions en verre existantes ont plutôt des couvercles plastiques. En scénarios 6 et 10, la prise en compte de liège à hauteur de 25% dans le modèle hybride semble a priori peu pertinent compte tenu des marchés ciblés (eaux, bières, sodas, jus). Bouchage acier des scénarios 6,7 et 10 : ne manque-t-il pas un procédé "sheet rolling" (dont cold rolling, annealing, etc.) entre le "hot rolling" et le "deep drawing" ? En scénarios 6 et 10, pour le bouchage aluminium, expliquer le recours à l'inventaire cast iron production à hauteur de 18,85% car ce choix ne semble pas évident. Ne manque-t-il pas un inventaire additionnel prendre en compte le procédé d'emboutissage pour former le bouchon ? Scénario 7 : à notre connaissance, les opercules multimatériaux pour pots de yaourt PS sont à base de PET et non de PEHD. Certains sont des complexes papier/PET/alu avec une majorité de papier Scénario 7 : gamme de masse de l'opercule semble très basse. Après clarification auprès de RDC, nous comprenons que les masses de fermeture mesurées via les échantillonnages ("petits" pots de contenance 100 - 150 g pour le cas PS) n'ont pas été ramenés à l'UF (1 litre de produit). Nous aurions plutôt tendance à considérer qu'il faut x petits pots PS pour satisfaire l'UF et donc x opercules.	Adapter les modélisations lorsque cela est pertinent au regard des questions posées, apporter les éléments explicatifs dans le rapport	Respectivement : - Le choix du système de fermeture découle de discussions avec le Comité de Suivi de l'étude et l'ADEME, le cas des systèmes de fermeture hybrides liés aux bouteilles ayant principalement pour vocation d'englober la grande diversité de produits associés aux bouteilles (bières, vins, sodas etc). Un point d'attention à cet égard a été ajouté dans les limites cependant. - Le liège a été retiré du système hybride pour le scénario 6 (maintenu dans le 10) - Le procédé de sheet rolling a été ajouté dans la modélisation et le rapport - Le procédé de deep drawing a été ajouté dans la modélisation et le rapport - Une modélisation à base de PET et non de PEbd a été considérée - Les masses des systèmes de fermeture des pots et barquettes (scénarios 7 à 9) ont été ramenées au g/L	Respectivement - Section 7.9.1 - Section 4.3.1 - Section 4.3.1 - Section 4.3.1 - Section 4.3.1 - Section 4.3.1 et Annexe 8	ok
b.12	CH	46	++	Containerboard production, linerboard, kraftliner - RER (EI 3.9.1) *Containerboard production, linerboard, testliner – RER (EI 3.9.1)	Les emballages de regroupement en carton apparaissent comme un contributeur notable à l'impact épuisement des ressources en eau. L'analyse des deux ICV cartons cités montre que : - L'épuisement des ressources en eau du Kraft serait de l'ordre de 220 m3/t de kraft dont 22 % environ s'explique par le process et 37 % environ par l'amidon incorporé dans le carton (environ 11 kg d'amidon /t de kraft) - L'épuisement des ressources en eau du Testliner serait de l'ordre de 380 m3/t de Testliner dont 83 % environ s'explique par l'amidon incorporé dans le carton (environ 50 kg d'amidon /t de testliner) Dans les deux cas, on constate ainsi que l'amidon qui constitue somme toute un intrant secondaire pilote, ou contribue de manière majeure, aux résultats.	Une discussion sur la plausibilité ou l'incertitude de ces résultats et de leur influence sur la comparaison entre les solutions mérite d'être conduite.	En concertation avec l'ADEME, il a été décidé de ne pas analyser en détails les contributions à la catégorie d'épuisement de la ressource en eau. A cet égard, l'analyse détaillée des principaux flux contributeurs de l'emballage en carton à cette catégorie d'impacts ne semble plus pertinente en seconde itération.	Section 6.7.3	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
b.13	MP	48	++	Tableau 14 : Valeurs de R1 pour les emballages primaires et leurs systèmes de fermeture	Caractère approprié des données Un R1 de 58% pour l'acier des couvercles nous surprend. Les inventaires Wordsteel font état de taux d'intégration de recyclé de l'ordre de 8% pour les qualités d'acier destinées aux applications packaging (ex: tinplate). La valeur de 58% est peut-être représentative d'autres produits acier R1 bouteille PET : ok avec la large plage car le taux de R1 est dans les mains des conditionneurs. R1 canette alu : avez-vous d'autres précisions sur l'origine de la valeur de 18% ? Elle semble en effet en décalage (bien plus faible) avec les données du PEF, des études ACV faites pour des fabricants de canettes (et ils ne sont pas si nombreux en Europe) ou des données International Aluminium "The journey of a European Aluminium Beverage Can"	R1 Acier : Considérer une révision de cette valeur ou justifier davantage la représentativité du 58% aux produits acier modélisés ici	En seconde itération, les changements suivants ont été apportés : - La borne minimale pour la valeur de R1 de la canette aluminium est fixée à 42% - La valeur de R1 pour l'acier a été fixée à 8%	Section 4.3.1	ok
b.14	MP	48	++	Tableau 14 : Valeurs de R1 pour les emballages primaires et leurs systèmes de fermeture	Clarté, pédagogie des explications Les *** ne renvoient pas à une explication dans le cas du pot PS et de la barquette PP: Oubli ? Dans tous les cas, il faudrait a minima ajouter que cette étude, bien que prospective à 2025, ne se projette pas sur la disponibilité de rPS (je ne parle pas de recyclé mass balance credit method mais de rPS obtenu via dépolymérisation). Idem pour le rPP et le rPE. De manière générale, la non prise en compte des futurs gisements de recyclés issus du recyclage chimique (PET, PS, PP, PE) devrait être abordée de manière plus claire dans le rapport compte tenu du caractère prospectif de l'étude (certains projets annoncent des démarrages d'unités de production à cet horizon de temps)	Proposition : clarifications sur la non prise en compte de recyclé issu de procédés de recyclage chimique (ex: rPS ou RPET via procédés de dépolymérisation) à ajouter dans la section "limites" de l'étude ou ailleurs si plus pertinent.	La non prise en compte du recyclage chimique a été abordée dans les limites de l'étude	Section 7.6.1	ok
b.15	MP	49	+	Tableau 15 : Données liées à la production des emballages de regroupement	Cohérence du rapport On ne retrouve pas dans ce tableau, les plages de valeurs indiquées dans le bilan récap en section 4.7.1 pour l'emballage regroupement carton de la canette alu (min 18.5, max 29.4, CI 23 g/l). S'agit-il d'un oubli ? Pour le scénario 10, comment expliquez-vous une valeur min plus faible pour la bouteille en verre que pour la canette ? D'autres incohérences existent entre les deux tableaux (ex: masse CI du regroupement carton pour le scénario 10 verre, film PEBD masse min)	Mettre en cohérence les différents tableaux	Une vérification a été effectuée afin de mettre en cohérence les données reprises dans le corps du texte et dans le tableau récapitulatif	Sections 4.3 et 4.7	ok
b.16	MP	49	++	Tableau 15 : Données liées à la production des emballages de regroupement	Validité des descriptions techniques Absence d'emballages de regroupement pour le transport des barquettes verre et PP des scénarios 8 et 9 : l'hypothèse de mettre directement les barquettes PP ou en verre empilées sur une palette sans emballage de regroupement type carton a-t-elle été validée par des remontées terrain ? Lors d'une étude réalisée pour des cuisines centrales utilisant des barquettes PP pour la restauration scolaire, les données de terrain recueillies faisait état de livraison en carton + sachet plastique. Les masses associées à ces emballages de regroupements en kg/l seront probablement faibles, au moins pour les barquettes PP, mais le point mérite d'être traité ne serait-ce que pour des questions de réalisme "métier"	Expliquer l'absence d'emballages de regroupement, ou adapter la modélisation, ou justifier du caractère négligeable de ces emballages pour les deux scénarios concernés par les barquettes	En seconde itération, des emballages de regroupement (carton et film Pebd) ont été considérés pour la distribution initiale des barquettes à usage unique et réemployables. En outre, une caisse en PEHD a été modélisée pour le transport des barquettes vers et depuis les centres de lavage	Sections 4.3.2 et 4.3.3	ok
b.17	CH	65	++	market for tap water - Europe without Switzerland, (EI 3.9.1)	Cet ICV doit être adapté au cas France en ce qui concerne l'électricité et les flux eau. Pour avoir fait cet exercice dans le cas d'un autre projet, les impacts Water use sont divisés par un facteur 6 entre un modèle Europe et un modèle adapté à la France.	Adapter cet ICV au cas de la France pour toutes les étapes de lavage/prélavage.	Les inventaires ont été adaptés en seconde itération, mais non explicités en détails dans le rapport du fait que l'épuisement de la ressource en eau ne fait pas l'objet d'analyses comparatives fines dans le rapport final		ok
b.18	CH	65	+++	Tableau 27 : Consommations de lavage industriel, établies sur base des données collectées	Dans la description des données de prélavage et lavages (restaurateur ou industriel), il manque l'ICV de traitement des eaux de lavage (Waste Water), celui-ci devant être adapté au cas français.	Ajouter l'ICV considéré pour le traitement des eaux	Les inventaires utilisés et les adaptations réalisées pour tenir compte d'une réalité française ont été explicités dans le rapport	Section 4.5.3	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
b.19	CH	66	+++	Composition du détergent de lavage modélisé (modélisation A) 50% ethoxylated alcohol (AE3) production, coconut oil - RER (EI 3.9.1)	D'après vos éléments d'interprétation des résultats relatifs à l'épuisement des ressources en eau, les détergents utilisés lors du lavage constituent un contributeur notable. Or si je ne me trompe pas, l'alcool ethoxylé AE3 à partir d'huile de coco devrait expliquer une part importante de vos résultats. Est-ce que vous confirmez ? Si confirmation, cela nous renvoie potentiellement à : L'incertitude sur la part de d'alcool AE3 dans les détergents La plausibilité des résultats Epuisement des ressources en eau de l'ICV alcool éthoxylé AE3 : cet épuisement semble s'expliquer par une irrigation des cocotiers lors de leur culture aux Philippines. Pourtant, quand on lit une présentation du CIRAD sur le cocotier (https://www.cirad.fr/nos-activites-notre-impact/filieres-agricoles-tropicales/cocotier/plantes-et-usages), l'arbre semble assez peu exigeant : "Pour cultiver le cocotier, la nature du terrain importe peu. On trouve le cocotier en bordure de mer, sur sables pauvres, là où il trouve soleil et vent chargé d'embruns salés". Cela interroge nécessairement sur la plausibilité de l'impact eau de cet inventaire.	La contribution des détergents à l'épuisement de la ressource en eau interroge. Pouvez-vous faire une analyse de sensibilité en remplaçant l'ICV de l'alcool éthoxylé AE3 par un autre alcool (dans les détergents et produits de rinçage) ?	En concertation avec l'ADEME, il a été décidé de ne pas analyser en détails les contributions à la catégorie d'épuisement de la ressource en eau. A cet égard, ces inventaires n'influencent plus significativement les résultats des comparaisons effectuées, et la réalisation d'une analyse de sensibilité consacrée aux inventaires qui y contribuent ne semble plus pertinente. Les limites et incertitudes autour de cet indicateur et de la modélisation du lavage font cependant l'objet d'une section spécifique. Par ailleurs, dans les comparaisons basées sur les flux d'eau, la prise en compte ou non de la modélisation du détergent est considérée	Section 6.6	ok
b.20	MP	74	+++	Procédés d'inventaire pour les impacts de l'incinération	Caractère approprié des données A la lecture du tableau laisse penser que les inventaires n'ont pas été adaptés au contexte français en termes de performance énergétique des incinérateurs (qté électricité et chaleur valorisée). Qu'en est-il, sachant que ces données font partie des données de référence du cadre méthodologique ADEME		Des procédés EcoInvent (dont le produit de référence est par exemple "waste polyethylene") ont été utilisés pour modéliser les émissions, et les taux xer_elec / xer_heat ont été modélisés de manière additionnelle.		ok
b.21	MP	74	+++	Tableau 36 : Procédés d'inventaire modélisant la fin de vie de l'emballage primaire et des systèmes de fermeture	Caractère approprié de la modélisation Les inventaires listés sont exprimés pour des matières recyclées (sortants du recyclage) et non pour les déchets entrants en recyclage. A date, il est difficile de comprendre comment ces inventaires ont été mis en œuvre dans la modélisation. Merci également de rendre accessibles (ex: tableau) des données suivantes pour chacun des scénarios : - Point de calcul de R2 (entrée régé, sortie régé, corrigé ou non des impuretés/indésirables) - Rendement de l'opération de recyclage considéré - Quantité de matière recyclée obtenue (exprimée par UF par exemple)	Expliquer comment vous avez mis en œuvre les inventaires de recyclage notamment Rendre accessibles les données mentionnées dans le commentaire	Une clarification a été apportée quant à la nature des taux considérés, et un tableau reprenant les valeurs associées aux différentes étapes des processus de recyclage a été ajouté en annexe	Section 4.6.1.1 et Annexe 9/Section 9.9	ok
b.22	CH	74	+	La collecte des déchets et leur transport vers les quais de transfert Le transport des déchets depuis les quais de transfert vers les centres de tri/traitement appropriés	Ce n'est pas tout à fait ça. Cas de la collecte en mélange (OMr) : 2 étapes = collecte puis transfert (après massification en quais de transfert) vers les centres de traitement (UIOM ou ISDND) Cas de la collecte séparée : 3 étapes = collecte puis transfert (après massification en quais de transfert) vers les centres de tri ; puis transport depuis la sortie des centres de tri vers les sites de recyclage.	Pour la clarté du rapport, revoir la présentation de ces étapes.	Changements apportés au rapport	Section 4.6.4	ok
b.23	CH	74	+	Transport vers les quais de transfert	Plutôt que transport, utilisez le terme collecte séparée et transfert.	Je propose de remplacer votre titre par collecte/transfert	Changements apportés au rapport	Section 4.6.4	ok
b.24	CH	74	+++	4.6.4.1. Transport vers les quais de transfert en fin de vie 0.009 litres de diesel pour la fraction de collecte en mélange (un facteur de 1-R2 est appliqué aux masses de déchets d'emballages, pour chaque matériau hors verre) 0.0194 litres de diesel pour la collecte séparée des recyclables secs (un facteur égal à R2 est appliqué aux masses de déchets	Il y a une erreur de 1000 dans les ordres de grandeur considérés et le transfert n'a pas été pris en compte. Ex : pour la collecte séparée des recyclables secs, la collecte séparée coût 19,4 litre/t et le transfert 1 l/t, soit 20,4 litres/t collectée.	Corriger et vérifier que la modélisation est adéquate	Texte adapté. Il s'agissait bien d'une coquille et pas d'une erreur de modélisation.	Section 4.6.4.1	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
				d'emballages, pour chaque matériau hors verre) 0.0062 litres de diesel pour la collecte des emballages en verre					
b.25	CH	74	+++	L'inventaire suivant est utilisé pour modéliser la consommation de diesel : Market for diesel, low-sulfur – Europe without Switzerland (EI 3.9.1)	Attention, les chiffres ci-dessus de consommation pilotent la consommation de carburant et toutes les émissions associées à cette consommation dans les véhicules de collecte/transport. En citant l'inventaire Market for diesel on a l'impression que vous ne prenez en compte que les amonts (production du carburant) et non pas les émissions, ce qui ne serait pas correct. A clarifier lors de notre réunion de revue critique.	Corriger et vérifier que la modélisation est adéquate	Ajout d'une mention de la modélisation COPERT, pour préciser qu'il n'y a pas que la production qui est prise en compte	Section 4.6.4	ok
b.26	CH	74	+++	4.6.4.2. Transport vers les centres de traitement en fin de vie Pour cette étape, il est considéré les consommations de carburant suivantes par tonne de déchets collectés : 0.0054 litres de diesel pour les bouteilles, pots et barquettes en verre 0.0101 litres de diesel pour les emballages en plastique, notamment les bouteilles en PET, les pots en polystyrène, les barquettes en polypropylène, et les emballages de regroupement et de transport en PEhd et en PEbd. 0.0145 litres de diesel pour les canettes en aluminium 0.0047 litres de diesel pour les emballages de regroupement et de transport en carton L'inventaire suivant est utilisé pour modéliser la consommation de diesel : Market for diesel, low-sulfur – Europe without Switzerland (EI 3.9.1)	Même commentaire que précédemment (N°24) sur l'ordre de grandeur de ces données et sur la modélisation qui en est faite.	Corriger vos chiffres et vérifier que la modélisation est adéquate	Texte adapté. Il s'agissait bien d'une coquille et pas d'une erreur de modélisation.	Section 4.6.4.2	ok
b.27	MP	75	+++	* Pour approcher au mieux les impacts de recyclage associés à la réalité du territoire français, les consommations électriques de chacun des inventaires associés aux processus de recyclage en ont été soustraites, et un inventaire français ("market for electricity, low voltage – FR (EI 3.9.1)") a été ajouté, à consommations égales.	Caractère approprié des données / enjeu de représentativité: Vous indiquez : "* Pour approcher au mieux les impacts de recyclage associés à la réalité du territoire français, les consommations électriques de chacun des inventaires associés aux processus de recyclage en ont été soustraites, et un inventaire français ("market for electricity, low voltage – FR (EI 3.9.1)") a été ajouté, à consommations égales." Le commentaire formulé lors de la revue du volet A visait à adapter des inventaires de recyclage en fonction des destinations géographiques des déchets d'emballages collectés en France. Ceci implique de tenir compte des % orientés chez en recycleurs situés en France, ailleurs en Europe (plus marginalement hors EU pour cette filière). Considérer un recyclage 100% en France et donc une électricité 100% FR n'est pas davantage représentatif que considérer un profil d'électricité 100% moyenne EU. Par ailleurs, nous avions compris de nos précédents échanges que cette adaptation n'était pas possible pour l'inventaire verre recyclé FEVE. Confirmez-vous ?	Adapter les profils électricité des inventaires de recyclage sur base des statistiques moyennes établies pour les déchets d'emballages ménagers en France (cf. données ADEME et/ou CITEO) et restituer ces données dans le rapport	La proportion de matière recyclée à l'étranger a été prise en compte en seconde itération pour les emballages primaires hors verre. Il est en effet impossible de réaliser cette adaptation sur les inventaires FEVE.	Section 4.6.3	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
b.28	MP	78	+	Bilan des données liées aux emballages	Certaines valeurs dans ce tableau récap sont différentes de celles présentées dans les tableaux précédents Ex: R1 des cas illustratifs pour bouteille PET et canette alu, masse de certains systèmes de fermeture (ex: masse opercule pot PS en cas illustratif)	Vérifier les concordances et apporter les modifications nécessaires	Une vérification a été effectuée afin de mettre en cohérence les données reprises dans le corps du texte et dans le tableau récapitulatif	Sections 4.3 et 4.7	ok
b.29	MP	78	+	Emballage de regroupement	Editorial : problème d'unité pour la masse pour les emballages de regroupement	Corriger unité	Correction apportée	Section 4.7.1	ok
b.30	CH	78	+++	2.2	Transport entre le site de production et le site de remplissage dans le cas Bouteilles PET : le ratio volumique semble montrer que vous avez considéré un transport de bouteilles PET vides. Or, on ne transporte pas des bouteilles mais des préformes. La fabrication de la bouteille à partir de la préforme est faite sur le site de conditionnement.	Corriger le ratio volumique pour cette étape de manière à considérer un transport de préformes.	Les valeurs présentées ont été adaptées. La modélisation tenait bien compte de ce transport mais les tableaux étaient erronés.	Section 4.7.2.1	ok
b.31	MP	79	+(++)	Bilan des données logistiques	Données erronées Dans les tableaux de cette section, les contrôles de cohérence réalisés sur certaines données présentées (calcul du nombre d'UF par camion et du taux de chargement pour le trajet site de remplissage centre de distribution) montrent que certains chiffres sont inexacts Nombre d'UF inexact pour la solution verre des scénarios 6, 7 et 10 : non prise en compte du facteur d'augmentation de masse de 1,2. Taux de chargement massique des solutions UU lorsqu'il est inférieur à 100% : non prise en compte de la masse du couvercle Nos contrôles étant limités, d'autres erreurs n'ont peut-être pas été détectées Après échange avec RDC, nous comprenons que ces calculs ont été réalisés indépendamment de la modélisation et donc que les erreurs ne porteraient que sur les tableaux du rapport et non sur la modélisation et ses résultats	Corriger les tableaux de bilan des données logistiques Vérifier et confirmer que la modélisation est quant à elle exempte d'erreurs	Une vérification a été effectuée afin de mettre en cohérence les données reprises dans le corps du texte et dans le tableau récapitulatif	Section 4.7.2.	ok
b.32	CH	79	+++	Ratio volumique (L/L) : 1.67	Transport entre le site de production et le site de remplissage dans le cas Pots PS : le ratio volumique semble montrer que vous avez considéré un transport de pots PS vides. Or, on ne transporte pas des pots mais des bobines de PS. La fabrication du pot à partir des bobines PS est faite sur le site de conditionnement.	Corriger votre ratio volumique à cette étape de manière à prendre en compte un transport de bobines.	Les valeurs présentées ont été adaptées. La modélisation tenait bien compte de ce transport mais les tableaux étaient erronés.	Section 4.7.2.2	ok
b.33	CH	81		Ratio volumique (L/L) : 2.2	OK. Contrairement au cas bouteilles PET et pots PS, dans le cas canettes on transporte effectivement des canettes vides (non fermées) jusqu'au site de conditionnement. Les systèmes de fermetures sont acheminés de manière indépendante des canettes.		Après discussion avec le panel de RC, il a été décidé de considérer en cas de base un scénario d'approvisionnement des feuilles d'aluminium et une production finale des canettes dans la proximité immédiate du site de remplissage. Le transport d'approvisionnement représenté dans le tableau est donc celui des feuilles d'aluminium.	Section 4.7.2.5	ok
b.36	MP	98	+	Contributions de l'option réemployable (BPUP) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire en PET - graphe "range	Editorial : on doit plutôt représenter ici la solution usage unique, non ?	Proposition : modifier le titre	Adapté dans le rapport	Section 6.2	ok
b.38	CH	159	+++	Limites de l'étude	L'analyse des résultats détaillés par étape des cas illustratifs semble montrer que les emballages additionnels (emballage de regroupement et de transport) présentent une contribution importante dans les impacts des solutions réutilisables. En l'état actuel du rapport, les emballages de regroupement correspondent à des solutions usage unique principalement carton. D'autres solutions auraient pu être étudiées par exemple des solutions réemployables standardisées, avec des résultats d'impact différents.	Dans les limites, rappeler que les emballages de regroupement considérés pour les solutions réemployables sont des emballages usages uniques à dominante carton, que d'autres solutions peuvent être mises en œuvre et que ceci peut avoir une influence notable sur les résultats d'impact	Un point à ce sujet a été ajouté dans la section consacrée aux limites	Section 7.8.2	ok

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
						(poste emballage additionnel mais également postes distribution et retour).			
b.40	CH	175	++	Valorisation énergétique de l'incinération Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) du déchet est valorisé sous forme de chaleur. Cette chaleur peut être convertie en énergie thermique et/ou électrique.	Le cadre de référence préconise des quantités d'électricité et de chaleur à considérer : elles sont basées sur l'ensemble du parc des incinérateurs en France. Vous ne présentez aucune donnée dans vos explications.	Explicitez davantage votre modélisation sur cet aspect.	Les facteurs de valorisation énergétique ont été explicités en seconde itération	Section 9.1 - Annexe 1	ok
b.41	CH	175	+	Les PCI par matériaux sont présentés dans le tableau suivant	Pouvez-vous ajouter une colonne à ce tableau et présenté le PCI sur déchet que vous avez pris en compte ?	Complétez votre tableau	Par manque de temps, les valeurs de PCI/déchet n'ont pas pu être ajoutées		Non fait
b.42	MP	179	++	Annexe 2 : Résultats pour les 16 catégories d'impacts	Clarté du rapport : sauf erreur, ces résultats sont ceux établis pour les cas illustratifs uniquement, ce qui devrait être précisé De plus, le titre "résultats totaux par filière" nous semble peu clair, qu'entend-on par filière ? Il s'agit en effet de résultats ponctuels (les cas illustratifs) au sein de gamme de résultats pouvant être larges compte tenu de l'approche par scénarios génériques adoptée	Proposition : envisager des ajustements rédactionnels	Précisions et modifications apportées sur ce tableau	Section 10.2 - Annexe 2	ok
b.43	MP	186	++	PlasticsEurope : la base de données ecoinvent v3.9 est utilisée	Pour les inventaires plasticsEurope, vous indiquez que la base de données ecoinvent v3.9 est utilisée. Du coup, je ne suis pas sûre de comprendre quels inventaires vous avez utilisé dans cette étude car à ma connaissance les inventaires plasticseurope du PET, PP, PE, PS sont antérieurs à la publication de la version ecoinvent v3.9 (2022). De plus, les prestataires ACV sont différents selon les plastiques. PE International a notamment réalisé les ecoprofils du PS (donc probablement pas avec la base ecoinvent mais leur propre base)	Proposition : clarifier	Coquille. Elément retiré en seconde itération, les inventaires Plastics Europe n'étant plus utilisés.	Section 10.4 - Annexe 4	ok
b.44	MP	187	+++	Annexe 5 : Contributions des étapes de cycle de vie aux catégories d'impact étudiées	Clarté du rapport : préciser que dans cette analyse, vous ne présentez que les cas illustratifs. D'autres combinatoires auraient abouti à des résultats absolus différents et à des contributions par étapes différentes. De manière générale, besoin de vérifier que vos graphes sont bien en phase avec les résultats chiffrés présentés. Cela ne semble pas être le cas pour l'usage unique du scénario 6 sur le changement climatique par exemple (on lit plus de 6,0E-1 pour la production du contenant sur le graphe et 7,25E-2 dans le tableau). Il y a peut-être d'autres incohérences	Proposition : 1) Indiquer que toute cette section concernant les cas illustratifs 2) s'assurer systématiquement de la correcte cohérence entre graphes et tableaux chiffrés des résultats	Une vérification a été effectuée sur les résultats nouvellement exportés.	Section 10.5 - Annexe 5	ok

11.14.10. Annexe 3 : tableau des commentaires détaillés formulés sur le rapport provisoire volet B2 en date du 25 mars 2024

Les commentaires avec niveau d'importance « ++++ » sont présentés en premier

Les autres commentaires sont présentés selon leur ordre de numérotation

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
c.32	MP	240	++++	Boîte de conserve en acier	ICV de production de l'acier des boites de conserve Les boites en acier emballage sont à notre connaissance de manière générale des boites en acier étamé (ou fer blanc). Dans ecoinvent, il n'y a pas d'ICV spécifique pour l'acier étamé. De plus, l'ICV «steel production converter, unalloyed» est basé sur des données anciennes Dans Simapro, on trouve dans les «industry data» des données de Wordsteel avec un profil «acier étamé» pour l'Europe (produit semi-fini sous forme de feuille) Il existe également un ICV «tinplate» établi par l'APEAL et basé sur des données 2012/2013. Il faudrait pouvoir comparer ces différentes sources. A discuter en réunion car contrairement au cas des bouchons en acier, la solution UU du scénario 14 est intégralement en acier donc le choix des ICV de production et de recyclage de ce matériau est particulièrement impliquant.	Dans tous les cas, il est important que le rapport explique la co-existence de ces différentes sources de données et explique les raisons ayant conduit à retenir une source plutôt qu'une autre	Une proposition de modélisation sera transmise à la RC pour validation avant le prochain export. La modélisation de la boîte acier est explicitée en Annexe 15	9.16	Vu
c.35	MP	240	++++	Etapes de production d'une conserve en acier	Chaines de procédés pour la boite acier D'après l'executive summary d'une ACV faite par RDC pour Metal packaging europe (publication de juin 2022), les impacts de production d'une boite de conserve en acier de 50 g (contenance de 425 ml) et fabriquée en Europe sont de 145 g eq CO2/boite. En extrapolant à une contenance de 1 l et donc à une masse de 117+18 g (votre cas illustratif pour la boite et son couvercle), on arrive à 391 g eq CO2/UF (1 l). Selon les résultats détaillés du cas illustratif UU de votre scénario 14, vous arrivez pour l'étape de production à 283 g eq CO2/l(UF) pour la boite et son couvercle, soit un écart très important par rapport aux travaux de Metal packaging Europe (-27%). Cet écart nous questionne et mérite d'être examiné pour comprendre s'il est justifié ou non. Avez-vous conduit des recherches bibliographiques (travaux ACV ou autre) pour vous assurer que les principales étapes de process à considérer dans le cas de la fabrication d'une boite de conserve en acier sont prises en compte dans votre modélisation ? Les recherches bibliographiques que nous avons conduites pour comprendre les étapes successives mises en œuvre pour fabriquer les bobines de fer blanc, puis les boites, nous laisse penser qu'il existe un risque que certaines étapes ou entrants de la chaine des procédés (fabrication bobine de fer blanc à partir d'acier brut puis fabrication boite métal) soient négligés ou mal représentés dans la modélisation «simplifiée» réalisée pour cette étude. Pour rappel , l'ISO 14044 (4.2.3.7) pose des exigences sur la comparabilité des systèmes :" Pour une étude comparative, l'équivalence des systèmes comparés doit être évaluée avant d'interpréter les résultats. Par conséquent, le champ de l'étude doit être défini de manière à ce que les systèmes puissent être comparés. Les systèmes doivent être comparés en utilisant la même unité fonctionnelle et des considérations méthodologiques équivalentes telles que la performance, la frontière du système, la qualité des données, les règles d'affectation, les modes de décisions sur l'évaluation des intrants et des extrants ainsi que l'évaluation de l'impact. Toutes les différences relatives à ces paramètres entre les systèmes étudiés doivent être identifiées et consignées"	La fabrication de boites métal implique une chaine relativement complexe d'étapes successives depuis l'acier brut (coil) issu de train à chaud jusqu'aux emballages prêt à conditionner. Etant donné la portée comparative de cette étude, il est important que la modélisation de ces emballages soit suffisamment robuste et n'implique pas des coupures/exclusions majeures. Nous recommandons une remise à plat de la modélisation existante en partant d'une description technique de la réalité de la fabrication de ces types d'emballages et en évaluant les options possibles quant aux ICV d'arrière-plan à mobiliser	Une proposition de modélisation sera transmise à la RC pour validation avant le prochain rapport.	9,16	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
c.41	MP, CH	243	++++	Boîtes de conserve en acier et intégration de recyclé	Taux maximal d'intégration de recyclé pour boite de conserve en acier Pour R1, la fourchette 0% à 100% pour la boite de conserve en acier est surprenante (et donc le R1 à 50% pour le CI). Lors du premier volet B (volet B1), nous avions déjà évoqué le profil «tinplate de worldsteel» et fait état de taux d'intégration de recyclé beaucoup plus faible (< 10%). Quelle source vous permet d'envisager une fourchette d'intégration de recyclé de 0% à 100% alors même que vous évoquez dans ce rapport les particularités de la chaine d'approvisionnement française (sourcing France important) ? En quoi la référence «11» («ADEME (2022) Mesures, pesées ou calculs réalisés par l'ADEME») a-t-elle pu permettre d'établir des taux d'intégration de recyclé ? Nos propres recherches nous ont amenées à identifier qu'en France les aciers pour emballages (aciers plats) sont exclusivement produits via des hauts fourneaux. Les aciéries électriques françaises fabriquent essentiellement des produits longs/à section (dossier concertation Arcelor Mittal Dunkerque, Conseil National de l'industrie "Parorama et enjeux de développement de la filière "aciéries électriques"" (2022) En Europe il semble que des aciéries électriques en Allemagne et en Italie soient en capacité de fabriquer des produits plats (pas nécessairement pour l'emballage) mais les statistiques d'importations de boites de conserve vides en France montrent que les principaux pays à l'origine de ces importations sont l'Espagne et le RU (Conseil National de l'industrie "Parorama et enjeux de développement de la filière "aciéries électriques"" (2022) Dès lors, on imagine mal comment il serait possible d'atteindre des taux d'intégration de recyclé de plusieurs dizaines de % voire 100% (votre fourchette haute) pour les aciers utilisés pour les emballages pour l'horizon de temps de cette étude.	Si des éléments techniques fondés sur la réalité industrielle permettent de justifier votre choix de fourchette, merci de les partager avec la RC et d'en faire état dans le rapport. Sinon, reconsidérer la fourchette prise en compte, sachant que dans le cas de Wordsteel notre compréhension est que le % d'acier recyclé considéré pour le tinplate correspond à de l'acier recyclé via les unités de type haut fourneau	Une proposition de nouvelles valeurs sera transmise à la RC pour validation avant le prochain rapport.	5.3.1.3	Vu
c.1	MP	26	++(+)	Présentation des scénarios	Scénarios 12 et 13 Pour ces scénarios, quelle plage de contenances des bouteilles réemployables (verre) est envisagée ? Du 0.5 l comme du 1, ou 1.5 l ou autre ? Confirmez-vous que le reremplissage en point de vente peut également concerner les petites contenances même si elles sont plus particulièrement adaptées à de la consommation nomade ? Scénarios 11 Quelle plage de contenances des bouteilles réemployables PET est envisagée ? Du 0.25 l comme du 0,5 l, 0,75 l, 1 1, ou 1.5 l ou autre ? Selon réponse, faire le lien avec les ratios volumiques retenus	Des explications arrivent tardivement dans le rapport concernant les bouteilles en verre remplies au point de vente. L'annoncer beaucoup plus tôt	Adapté dans le rapport (intégré aux tableaux descriptifs).	3.2.2	Vu
c.2	MP	27	+++	Choix d'un emballage de regroupement type Caisse PEhd (réemployable) pour le scénario 11 (bouteille PET R)	Choix emballage de regroupement, scénario 11 Pour le scénario 6 (bouteille R en verre et bouteille PET UU), vous aviez fait le choix d'un emballage de regroupement en carton (UU). Etant donné que ces deux scénarios visent les mêmes marchés (Eaux plates et gazeuses, sodas et jus) et ont la même option à usage unique (bouteille PET), pourriez-vous expliquer/justifier le choix d'un emballage de regroupement de type caisse PEHD pour le scénario 11 et non d'un carton comme pour le scénario 6 ? Quel pourrait être l'emballage de regroupement alternatif à étudier ? NB : ce choix de l'emballage secondaire n'est pas anodin. Sur base des résultats provisoires des cas illustratifs, on note d'ailleurs que l'impact GES de l'étape de distribution est plus importante pour ce sc 11 en bouteille PET R/caisse (3.22 E-2 kg eq CO2/UF) que pour le scénario 6 en bouteille en verre R/carton (2.55 E-2 kg eq CO2/UF)	Justifier ce choix. Discuter de l'intérêt d'étudier une variante, notamment au vu des points de bascule qui seront identifiés ou non	Le choix d'une caisse en Pehd réemployable pour l'option réemployable du scénario 11 découle d'un benchmarking des initiatives en place à l'étranger. Ce type d'emballage de regroupement semble y être majoritaire. Une analyse de sensibilité discrète avec emballage carton sera réalisée (sur les cas illustratifs)	AS ajoutée en 6.13	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
c.3	MP	28	+	Emballage de regroupement à déterminer (sc 13)	Quelles sont les options en discussion pour l'emballage de regroupement pour la poche sirop/poudre ?		Après enquête auprès de fast-foods, un emballage en carton protégeant la poche sera ajouté à la modélisation	Données intégrées en 5.3.1	Vu
c.4	MP	29	++(+)	Non prise en compte d'un lavage en centre dédié pour la bouteille PET R	*"Pour cause, les technologies de lavage spécifiques au PET qui représenteraient un investissement considérable à court-terme pour les centres de lavage dédiés pour bouteilles (actuellement principalement focalisés sur le lavage du verre"* Pouvez-vous étayer le point en ce qui concerne le caractère «considérable» de l'investissement pour les centres de lavage dédiés ? Ce choix a-t-il été validé en COSUI par les représentants de centres de lavage dédiés ?	Apporter davantage d'éléments explicatifs au lecteur dans le rapport	Ce point a en effet été validé auprès des membres du COSUI. L'argumentaire sera étayé dans le rapport.	3.2.2.1	Vu
c.5	MP, CH, PC	29	+++	Gestion des pools de bouteilles PET réemployables	*"En outre, certains enjeux spécifiques au réemploi du PET concernent les problématiques associées aux mélanges de flux et à l'utilisation d'une même bouteille pour le conditionnement de produits différents, successivement"* Comment faut-il comprendre les implications du point soulevé en ce qui concerne les enjeux de mutualisation (ou de non mutualisation) d'un pool d'emballage entre différent conditionneurs ? Faut-il comprendre que les flux seront séparés par marque/conditionneur et ne pourront pas être mutualisés ? Pouvez-vous expliquer les implications de ces contraintes sur votre modélisation notamment en ce qui concerne la logistique retour ? Voir également commentaire 52		Abordé en réunion : distances de transport, pas de lavage central et pas de repalettisation		Vu
c.6	MP	30	++	Eaux plates et gazeuses, purs jus	Pourriez-vous apporter quelques éléments explicatifs permettant à un lecteur de comprendre pourquoi le scénario 12 ne vise pas les sodas et les nectars (concernés par le scénario 13 mais qui implique l'usage de concentrés/poudre mis en œuvre hors du lieu de production de l'industriel) ?		Complété dans le rapport	3.2.2.2	Vu
c.7	MP	32	++(+)	Sc 14 : Aucun emballage de regroupement pour les boites de conserve et les pots	Est-on certain qu'aucun emballage de regroupement est utilisé depuis le conditionneur jusqu'au lieu de vente (que l'on soit sur la solution en verre R ou sur la boite acier), ne serait-ce que pour pouvoir ensuite constituer les palettes multi-produits livrées dans les magasins de petites et moyennes tailles ? Il peut s'agit d'emballage de regroupement enlevés lors de la mise en rayon		Adapté dans le rapport, considéré comme une exclusion. Une recherche en grandes surfaces a révélé que les boîtes en acier et les pots en verre étaient globalement transportés et mis en rayon via des cartons de dimensions et masses similaires.	3.5.4	Vu
c.8	MP	32	+	boîtes de conserve « 3 pièces = dominante du marché	Pouvez-vous préciser la source de cette information ?		Echantillonnage RDC, confirmé par un acteur sectoriel de l'acier. Ajouté au rapport.	3.2.2.4	Vu
c.9	MP	35	Ecart exigence rapport ISO	Hypothèses sur la production d'électricité	La norme ISO 14044 précise les éléments qui doivent être présents dans le rapport d'ACV communiqué au public, l'un d'entre concernant les hypothèses sur le production de l'électricité (section frontière du système). Nous n'avons pas identifié cette section dans le rapport intermédiaire transmis		Ajouté en Annexe 12	9,12	Vu, approche locaton-based
c.10	MP	40	+++	Justification de l'exclusion de certaines étapes (avec interaction produit)	*"Dans ce cadre, il est ainsi considéré que la carbonatation de la boisson directement via la fontaine en magasin (par exemple via l'intégration de capsules ou de bonbonnes de CO2) n'implique pas de différence d'impact significative avec un système "traditionnel" de carbonatation sur le site de production"* Cela a-t-il été confirmé par les conditionneurs ? Ne peut-il pas y avoir des écarts en termes de pertes de CO2 ou encore les qtés de matériels mises en œuvre entre une solution industrielle et une solution «petite échelle» en magasin à UF équivalente ? Ne s'agit-il pas davantage d'une limite de l'étude qui n'est pas en mesure d'appréhender à date s'il pourrait ou non y avoir des écarts non négligeables sur le plan environnemental ?	Argumentation à renforcer, point à basculer en limite le cas échéant	Point basculé dans les limites	7.10.4	Vu, pas d'éléments de réponse précis accessibles à date
c.11	MP	40	+++	Justification de l'exclusion de certaines étapes (avec interaction produit)	*"Il est en outre estimé que les impacts associés à ces processus [carbonatation, filtration] relèvent du produit contenu, et non de son contenant"* Cette argumentation a ses limites, en effet, et comme le prévoit le cadre de référence ADEME, les incidences de la solution	Argumentation à renforcer, point à basculer en limite le cas échéant	Point basculé dans les limites	7.10.4	Vu, pas d'éléments de réponse précis accessibles à date

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					d'emballage sur le cycle de vie du produit est un sujet pertinent pour l'évaluation comparative de solutions d'emballages. (cf. fiche «TENIR COMPTE DES INTERACTIONS ENTRE LE CYCLE DE VIE DUPRODUIT EMBALLÉ ET CELUI DES SOLUTIONS D'EMBALLAGE?» A ce sujet, on peut s'interroger sur les différences (recette, pertes produits, etc.) qu'engendre l'option R du scénario 13 par exemple, puisque celle-ci implique de recourir à des sirops/poudres plutôt qu'à une boisson intégralement préparée sur site industriel. Soit ce point peut être présenté et argumenté avec un discours technique adéquat, soit c'est hors scope de l'étude et cela relève d'une limite des travaux, sans pouvoir préjuger du caractère significatif ou non des incidences.				
c.12	MP	40	+	Justifications des exclusions	Exclusion de la production des étiquettes et le processus d'étiquetage des emballages primaires Vous indiquez une similitude entre les options UU et R pour les étiquettes. Toutefois, cela mériterait d'être davantage précisé dans le cas des scénarios 12 et 13 et de la bouteille en verre (contenant final de remplissage) : y aura-il bien ajout d'une étiquette sur le lieu de vente lors du remplissage ? Anticipez-vous des différences notables de taille d'étiquette, de mode d'impression entre UU et R ?		Exclusion intégrée aux cut-offs, spécifiquement pour les scénarios 12 et 13	3.5.4	Vu
c.13	MP	40	+++	Déplacement consommateur	«Il est donc considéré que les impacts de ce transport associés à l'emballage étudié et à l'unité fonctionnelle établie sont négligeables. Un calcul réalisé sur base des données mises à disposition dans le document « PEFCR Packed water » montre que ces étapes de déplacement du consommateur peuvent présenter une contribution située entre 0% et 6% suivant les enjeux environnementaux considérés et le fait que le déplacement soit dédié ou non à l'achat/retour du produit» Ce niveau de contribution nous semble faible si cette fourchette tient compte d'un possible déplacement dédié (ex: en déplaçant un véhicule diesel particulier sur 10 km, on arrive vite à 100 g eq CO2/km *10 km). Pouvez-vous SVP détailler vos hypothèses et vos calculs (éléments à mettre à disposition de la RC, la pertinence de les mettre dans le rapport sera à discuter en réunion)		Ces éléments seront transmis et éventuellement discutés avec le panel de RC.		Non vu
c.14	MP	46	+	Schéma scénario 11 : Boissons – Distribution aux particuliers – Bouteille en PET réemployable vs bouteille en PET à usage unique	1/Bloc «centre de lavage» en pointillé . Ce bloc n'est -il pas sensé représenter un lavage en centre dédié (non retenu pour ce scénario) ? Modifier le schéma si besoin 2/ En légende, il est écrit «Etape potentielle de lavage». On peut se demander la raison du terme «potentiel» (utilisé dans d'autres scénario qd il y a avait plusieurs alternatives ?) et s'il est bien adéquat pour ce scénario. Même remarque pour certains scénarios suivants Modifier le schéma si besoin		Adapté dans le rapport	3.5.5.2	Vu
c.15	MP	46	+	Schéma scénario 11 : Boissons – Distribution aux particuliers – Bouteille en PET réemployable vs bouteille en PET à usage unique	*"Les bouteilles réemployables sont quant à elles soufflées sur leur site de production, et transportées vides vers le site de remplissage"* Est-il possible de préciser dans ces explications la localisation géographique retenue pour la production de la préforme et le soufflage des bouteilles PET réemployables ?		Adapté dans le rapport	3.5.5.2	Vu
c.16	MP, CH	47	++(+)	Schéma scénario 12 : Boissons – Distribution aux particuliers – Bouteilles en PET à usage unique VS système de reremplissage via bonbonnes en PET réemployables	Logistique bouteilles réemployables Pour le scénario 12, selon ce schéma, les bouteilles sales/propres sont gérées via des étapes logistiques impliquant directement les points de vente. Peut-il exister des alternatives logistiques ? (ex: massification du sale et du propre via les centres de distribution jouant alors le rôle de points de massification pour certains points de vente ?)		Un cas de figure impliquant une massification en centre de distribution sera étudié en analyse de sensibilité transversale. La distance entre magasin et centre de distribution évoluera entre 25 et 250 km.	3.5.5.2	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
c.17	MP	49	+	Scénario 14 : Denrées alimentaires – Distribution aux particuliers – Pot en verre consigné réemployable VS boîte de conserve en acier à usage unique	Symbole palox non harmonisé avec volet B1		Sera adapté d'ici le rapport final		Vu
c.18	MP	50	+	Scénario 14 : Denrées alimentaires – Distribution aux particuliers – Pot en verre consigné réemployable VS boîte de conserve en acier à usage unique	*"Etant donné les dominantes vendues sur le marché pour les solutions d'emballages du scénario 14, aucun emballage de regroupement n'a été considéré"* Sur quelle source vous êtes-vous appuyés pour établir ce constat ? Merci de le préciser/de citer la source		Echantillonnage RDC, confirmé par un acteur sectoriel de l'acier. Adapté dans le rapport final.	3.5.5.2	Vu
c.19	MP	50	+	Commentaires accompagnant les schémas	*"Le schéma d'approvisionnement de l'acier pour les contenants et systèmes de fermeture à usage unique du scénario 14 fait l'objet de considérations particulières, qui sont détaillées en section 9.5.2.1.2."* C'est assez sibyllin. Possibilité de présenter ne serait-ce que succinctement ces «considérations particulières». Comment elles ont été identifiées ? S'agit-il de suppositions, ou de faits étayés ?		Données de littérature validées par un acteur sectoriel de l'acier. Précisé dans le rapport.	3.5.5.2	Vu
c.20	MP, CH	57	++	Section "Suppression de la variabilité commune à deux scénarios comparés"	"Des fourchettes de valeur influencent la variabilité globale d'un scénario mais ne reflètent pas l'exactitude d'une comparaison entre deux scénarios" Nous ne comprenons pas le sens de cette phrase et notamment «ne reflètent pas l'exactitude d'une comparaison entre deux scénarios». D'autres lecteurs pourraient partager ce point. Par ailleurs nous nous interrogeons également sur le choix du titre de cette section. A discuter lors de la réunion d'échanges		Reformulé, à clarifier de vive voix si pertinent.	4.2.2	Vu
c.21	MP	60	ISO	4.2.2. Articulation de la présentation des résultats par scénario	Pour les rapports d'évaluation comparative dont les informations sont destinées à être divulguées au public, l'article 5.3.1 de l'ISO 14044 précise que divers aspects doivent être traités par le rapport et notamment "l*es résultats des analyses d'incertitude et de sensibilité »* ainsi qu'une *"une évaluation de la signification des différences trouvées"*. S'agissant d''un rapport intermédiaire du volet B2, ces sections ne sont pas présentes. Elles devront en revanche être présentes dans le rapport final provisoire à revoir par le comité de RC		Les analyses de sensibilité transversales ont été intégrées	6,13	**Vu pour les AS** **En revanche, commentaire résiduel sur les incertitudes qui ne sont pas pleinement prises en compte**
c.22	MP, CH	61	+++	Principe d'identification de points de basculement	"Plus de 80% des itérations de calcul réalisées confirment le point de basculement identifié (une option est alors considérée "plus souvent" avantageuse). Plus de 95% des itérations de calcul réalisées confirment le point de basculement identifié (une option est alors considérée "généralement" plus avantageuse)." Il ressort de la réunion d'échanges dédiées aux incertitudes (9 avril) que les modalités de calcul de ces itérations > 80% ou 95% sont à clarifier. A discuter en réunion d'échanges le 25 avril		Discuté en réunions de revue critique		Vu
c.23	MP	62	+++	Finalité de l'analyse des flux eau	*"Pour des raisons d'ordre méthodologique décrites au point 6.6.3.4, les résultats associés à la catégorie d'épuisement de la ressource en eau et des flux d'eau de manière générale sont traités de manière spécifique dans ce même chapitre. Il n'est pas considéré une comparaison entre solutions d'emballage au même titre qu'explicité en section à adapter, mais plutôt une analyse visant à mettre en perspective les impacts associés à cette ressource selon le réemploi ou non des emballages primaires (notamment dans le cadre du lavage)"* Rédaction à revoir pour en améliorer la clarté nous semble-t-il. Suite à la réunion d'échange dédiée aux indicateurs eau du 29 mars, notre		Sera adapté dans le rapport pour être conforme aux conclusions de notre échange du 29/03/2024. Démarche et méthodologie déjà exposées dans le rapport	6,11	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					compréhension est que l'analyse des flux eau que vous conduisez n'est pas réalisée en cycle de vie mais permet plutôt de mettre en perspective les flux eau associés à l'étape de lavage d'un emballage par rapport à ceux associés à la phase de production de ce même emballage.				
c.24	MP	100	+	En accord avec le Cadre Méthodologique de l'ADEME consacré aux ACV des solutions d'emballage, une valeur de 0.5 est fixée pour le facteur A, et ce pour tous les matériaux considérés	Redite		Adapté dans le rapport	5.7.1.2	Vu
c.25	MP	236	++	Cas illustratifs et leur "portée"	*Cas illustratifs : « N'ont pas pour vocation de permettre des comparaisons* ***non-biaisées*** *entre les options réemployable et à usage unique d'un scénario. [...] Elles sont cependant censées approcher* ***une réalité de marché générique****.»* Nous ne sommes pas très à l'aise avec cette présentation des cas illustratifs et notamment les mots en gras rappelés ci-dessus. Le recours à des données médianes permet de s'affranchir des effets de données extrêmes (irréalistes ou non représentatives). Pour autant, il nous semble un peu présomptueux de dire qu'ils permettent de représenter une réalité de marché générique		Adapté et reformulé dans le rapport. L'approche est en effet spécifique plutôt que générique.	5.1.2	Vu
c.26	MP	236	+	En outre, pour les options réemployables, deux cas illustratifs sont considérés pour chaque scénario, sur base de deux valeurs fixes de nombres d'utilisation	Sauf erreur, le cas de la bonbonne en PET (sc 12) n'est pas explicité		Reformulé : "emballages primaires réemployables"	5.1.2	Vu
c.27	MP	236	++(+)	Un cas illustratif à 20 utilisations d'emballage primaire, supposé représenter un cas réaliste mais optimiste quant au potentiel de réemploi des emballages primaires.	Choix de la valeur de 20 utilisations en cas illustratif Pour le verre, cette valeur est une valeur représente ⅔ de la valeur «haute» de la fourchette (2 à 30). En revanche pour la bouteille PET, il s'agit de la valeur haute de votre fourchette (2 à 20). Si une logique similaire à celle du verre avait été retenues, un nombre de 13 (éventuellement 15) aurait été retenu. A discuter		Adapté dans le rapport et dans la modélisation, un nombre de 15 est retenu.	5.1.2	Vu
c.28	MP	237	++	Tableau 70 : Volet B2 - Nombres d'utilisations considérés pour les emballages primaires, de regroupement, de distribution et de transport	A notre connaissance, dans le cas de bouteilles PET réemployable, le nombre moyen d'utilisations effectivement réalisé à l'échelle d'un pool d'emballages est conditionné par le taux de déclassement des emballages retournés (qui serait plus élevé que pour les bouteilles en verre). Vos travaux confirment-ils cette situation ? Dans tous les cas, des éléments explicatifs sont les bienvenus pour qu'un lecteur comprenne pourquoi la valeur maximale de l'intervalle de nombres d'utilisations est plus élevée dans le cas de la bouteille en verre que dans celui de la bouteille PET réemployable		Des éléments explicatifs sont ajoutés au rapport	5,2	Vu
c.29	MP	240	+++	Masse de la bouteille en PET à usage unique	Masse par volume de contenu - Valeur maximale en g/l pour la bouteille PET UU (sc 6, 11, 12, 13) Nous nous interrogeons sur les valeurs retenues pour la bouteille PET UU pour les scénarios 11, 12 et 13. En effet : - En scénario 6, la valeur maximale était de 52 g/l (borne max pour le segment eau, source Quantis/MEM pour les bouteille single use). Or, cette valeur est systématiquement plus basse pour les scénarios 11 et 12 qui pourtant couvrent les eaux plates et gazeuses. Pour quelles raisons ?		Une nouvelle collecte de données a été réalisée concernant les jus (purs jus et concentrés), y compris les marques évoquées. Nous avons adapté les gammes de valeurs et cas illustratifs (médianes) en fonction de ces nouvelles données. Par ailleurs, les scénarios 12 et 13 ne retiennent pas les petits formats. Il faut toutefois noter que les données collectées récemment	9,8	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					- L'annexe présentant les données de masse recueillies montre une forte dominante de jeux de données relatifs aux eaux et finalement peu de valeurs pour les jus ou des sodas. Un nombre insuffisamment grand de jeux de données expose au risque de sous-estimer la borne haute pour les sodas et les jus. Cela est particulièrement vrai pour le scénario 13 qui cible les sodas/nectars Ainsi, la borne à 35 g/l pour le sc 12 (hors soda mais avec pur jus) surprend en comparaison des sc 6 (52 g/l), 11 (48 g/l) et 13 (48 g/l). Est-elle cohérente avec les masses des bouteilles de jus de marque telles que Tropicana ou Innocent ?		pour les jus mènent à une hause de la borne supérieure de masse pour ces emballages.		
c.30	MP, CH	240	+++	77.5% Polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RER (EI 3.9.1) 22.5%28 polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade – RoW (EI 3.9.1)	ICV de production du PET vierge et BDD ecoinvent Faut-il comprendre que ce rapport intermédiaire s'appuie sur les inventaires ei 3.9.1 et non sur les ICV 3.10 pour le PET vierge comme discuté en février ? La version 3.10 sera-t-elle bien prise en compte pour la version finale du rapport ?		A date il s'agit bien de 3.9.1. L'utilisation de 3.10 pour les inventaires de production du PET est prévue pour la prochaine itération.	5.3.1.1	Vu
c.31	MP, CH	240	+++	Fourchette de masse des bouteilles en verre	Masse de la bouteille en verre réemployable - Sc 12 et 13 Il est assez compliqué pour un lecteur d'appréhender le bien-fondé de ces gammes de valeurs car l'annexe 8 pour le volet B2 renvoie aux données du volet B1 qui portent sur des segments de marché différents et peut inclure des contenances plus faibles de 70 cl à 1l. Merci de faciliter la lecture en ajoutant en annexe 8 le tableau de données dédié aux sc 12 et 13 pour la bouteille en verre. 2) les valeurs hautes (1034 g/l en sc 12 et 1287 g/l en sc 13) nous semblent très élevées pour des bouteilles pour lesquelles vous indiquez avoir considéré des contenances de 70 cl à 1,5l. **3) Par voie de conséquence, les masses de 620 g et 730 g semblent élevées en cas illustratif** A discuter en réunion		Les petits formats seront exclus de ces gammes de valeurs dans l'itération suivante. Les nouvelles bornes maximales pour les scénarios 12 et 13 sont 825 g/L et **940** g/L, respectivement. Les valeurs en cas illustratif seront adaptées également.	5.3.1.1	Vu
c.33	MP	240	+++	Conserve acier : production à 63% française de l'acier sera considérée en seconde itération (source : ADEME 2021)	Production des boites de conserve en acier Il serait utile de comprendre si cette proportion de 63% : - Concerne la proportion de boites métal fabriquée en France/mise en marché, avec une production de l'acier tinplate connue comme étant française. NB : En France, deux sites de production de fer blanc Arcelor Mittal a priori à Basse Indre et Florange, l'acier brut en bobine provenant de hauts fourneaux d'Arcelor Mittal (Dunkerque, Bassens) - Concerne la proportion de boites métal fabriquée en France/mise en marché en France mais sans pouvoir préjuger du ou des pays de fabrication de l'acier tinplate auprès desquels s'approvisionnent les fabricants de boites NB : selon elementarium, «Dans l'Union européenne la production d'aciers pour emballages (fer blanc et fer chromé) est réalisée dans 7 pays : Allemagne, Pays Bas, France, Espagne, Royaume Uni, Slovaquie et Belgique » Faut-il comprendre que le complémentaire est considéré comme produit en Europe ? Selon les stat douanières, les boites à conserve (denrées alimentaires) vides importées en France proviennent essentiellement d'Espagne et du Royaume Uni		Cette valeur fait bien référence à la production française d'acier, le reste étant lié à une production européenne. Adapté dans le rapport.	5.3.1.1	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
c.34	MP	240	+++	Deep drawing, steel, 3500 kN press, automode - RER (EI 3.9.1	Selon votre tableau, le procédé choisi est du deep drawing (emboutissage profond). Sauf erreur, la boite de conserve trois pièces n'est pas fabriquée par emboutissage mais plutôt à partir de feuille mince d'acier étamé et via découpe, soudure, sertissage non ?		Une proposition de modélisation sera transmise à la RC pour validation avant le prochain export.	9,16	Vu
c.36	MP	240	++(+)	Bonbonne en PET	Masse de la bonbonne Peu de valeurs semblent avoir été recueillies pour cet emballage. 1/ / La valeur retenue pour le cas illustratif (52) est très proche de la valeur fourchette haute, pourquoi ? (effet faible échantillon car 4 valeurs uniquement selon votre annexe) Possibilité de recueillir d'avoir de données pour avoir un calcule de médiane plus fiable ? 2/ Des recherches réalisées de notre côté font état de masses aux alentours de 650 g pour les contenances de 19 l en bonbonne réemployables. S'agit-il d'une contenance réaliste pour ce scénario ?. De manière générale, quelles pourraient être les contenances les plus pertinentes pour ce scénario ?		La majorité des données collectées correspondent en effet majoritairement à des emballages de 19L. Globalement, les contenants de plus de 10L ont été considérés. De nouvelles données ont été intégrées, basculant la valeur de cas illustratif à 36.3 g/L.	5.3.1.1	Vu
c.37	MP	240	+++	Composition de la poche (sc 13)	Composition de la poche : 75 % PEBD, 25%EVA. Confirmez-vous que ce type de poche ne contient pas, ou n'est pas susceptible de contenir une couche d'aluminium ? Merci de justifier le choix de l'ICV «extrusion, plastic film» pour ce complexe plutôt qu'un procédé type «extrusion/coextrusion of plastics sheets» disponible dans ecoinvent et issu d'une étude eco-emballages/elipso		La poche est bien constituée d'EVOH. L'EVA est utilisé comme proxy pour modéliser du EVOH. Les poches modélisées ne contiennent que du plastique (validé par nos enquêtes auprès des fast-foods). L'inventaire "extrusion/coextrusion of plastic sheets" sera préféré en seconde itération.	5.3.1.1	Vu
c.38	MP	241	++	Sc 11 : corrélation masse entre bouteille UU et bouteille R	Sc 11 : «Pour limiter les comparaisons biaisées de bouteilles en PET à usage unique légères avec des bouteilles en PET réemployables lourdes (et vice-versa), il est établi dans la modélisation une corrélation linéaire entre l'évolution des paramètres de masse des deux options d'emballage, pour chaque itération de calcul» Au-delà du principe, il convient de rendre compte du ou des facteurs de corrélation que vous avez considéré. Lors de la réunion d'échange du 15/02, vous aviez évoqué un facteur d'augmentation de masse de 230 à 250%. Qu'en est-il ?		La notion de linéarité a été retirée, la relation n'est pas stricto senso linéaire puisque les gammes de valeurs n'ont pas la même amplitude. L'application d'un facteur d'augmentation de masse "linéaire" mènerait à des valeurs extrêmes soit pour les masses faibles, soit pour les masses élevées (selon le facteur considéré). Ce facteur représente ici une moyenne industrielle plus qu'une réalité technique. Là où le facteur de 110% pour le verre aboutissait à des tendances homogènes sur toute la gamme de valeurs considérée, la variabilité relative liée au PET (12 à 48 g/L) mènerait potentiellement à des valeurs "augmentées" allant de 30 g/L (trop faible) à 120 g/L (trop élevé). Concrètement, un pourcentage est attribué à la valeur prise par l'UU (où la borne min = 0% et la borne max = 100%) et la valeur au sein de la gamme de l'option réemployable est déterminée pour correspondre au même pourcentage.	5.3.1.1	rediscuté post réunion
c.39	MP	242	+	Bouchon en PEHD pour bouteilles et bonbonnes en PET	Nous avons pris note du besoin d'ajuster ces données en seconde itération.		Données ajustées	5.3.1.2	Vu
c.40	MP, CH	243	+++	Itérations de calculs et paramètres considérés comme indépendants via le modèle mais ne le sont probablement pas	Vous écrivez : *"Il est à noter que les valeurs de masse déterminées à chaque itération de calcul au sein des gammes présentées pour les systèmes de fermeture sont indépendantes des valeurs de masses obtenues pour l'emballage primaire (bien qu'en situation réelle, ces deux paramètres soient probablement corrélés). Toutes les combinaisons "masse de système de fermeture/masse d'emballage primaire" sont donc possibles au sein des itérations de calcul, y compris de valeurs extrêmes opposées pour ces deux paramètres, qui ne seraient pas représentatives de situations réelles. Il est cependant à considérer que les itérations de calcul liées à de telles combinaisons n'influencent pas les comparaisons effectuées entre options d'emballage, ou l'identification de points de changements de conclusions. "* Merci d'expliciter plus clairement pourquoi		Ajout de deux phrases explicatives. La prise en compte de sous-scénarisations permet de représenter et d'appréhender les éventuels cas extrêmes dans la lecture et la présentation des points de basculement.	5.3.1.2	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					«les itérations de calcul liées à de telles combinaisons n'influencent pas les comparaisons effectuées entre options d'emballage, ou l'identification de points de changements de conclusions» . Ce n'est pas clair pour nous à la lecture.				
c.42	MP, CH	243	+++	Tableau 73 : Valeurs de R1 pour les emballages primaires et leurs systèmes de fermeture	"Il a cependant été précisé qu'une incorporation de matière recyclée trop conséquente limitait le nombre de cycles de réemploi possibles pour les bouteilles en PET réemployables" Pourriez-vous expliquer les raisons techniques sous-jacentes à cette limitation du taux d'incorporation de recyclé dans le cas de bouteilles réemployables, mais pas dans le cas de la bonbonne en PET réemployable ?		Le R1 de la bonbonne sera également fixé à 0.	5.3.1.3	Vu
c.43	MP	244	++	Caisse en PEHD pour bouteilles en PET réemployables	**Masse des caisses PEHD** Il semble que ces valeurs soient identiques à celles considérées pour le volet A (sc 2 et 3) qui portait sur des bouteilles en verre, donc beaucoup plus lourdes. Ce point a-t-il été validé avec des acteurs de terrain ?		Ces éléments ont été présentés et validés en COSUI	5.3.2	Vu
c.44	MP	246	+++	Données liées aux fontaines pour reremplissage	**Production des fontaines** Il s'agit d'une modélisation très grossière en effet. Peut-on avoir de l'électronique dans ces fontaines, des plastiques ainsi que des métaux dont les impacts de production (ex: eq CO2) sont plus élevés que ceux de l'acier «de base» (ex: ABS/PS, aluminium, cuivre, etc. du fait de câbles, de pompes, etc.), un circuit froid ? Quand aux procédés, il doit y en avoir d'autres entre le laminage à chaud de l'acier et l'emboutissage (ne serait-ce que du laminage à froid, du recuit, etc.). Question subsidiaire : dans quelle étape se retrouvent les impacts associés à la fontaine dans les graphiques détaillés des scénarios 12 et 13 ?	Il faudrait aller un cran plus loin pour démontrer le caractère peu contributeur de ces infrastructures car en l'état l'argumentaire est davantage dans la supposition que dans la démonstration.	Nous proposons d'ajouter du cuivre, des composants électroniques (modélisation générique) et des plastiques à cette modélisation, en deuxième itération. Les impacts liés aux fontaines et aux emballages de distribution seront par ailleurs isolés dans les résultats.	5,4	Vu sur le principe
c.45	MP	247	++(+)	Tableau 76 : ratios volumiques	Intitulé à revoir dans le tableau pour la bouteille en PET réemployable avec caisse de regroupement en PEhd Pourriez-vous SVP préciser davantage comment ont été obtenues les valeurs de 1.9 et 5 ?		Sera adapté dans le rapport. Le ratio volumique était basé sur celui des caisses transportant les bouteilles en verre (mesure de dimensions de caisses de formats divers).	5.5.1.2.1	Vu
c.46	MP	247	++	Tableau 76 : Bonbonne en PET sans emballage de regroupement	Pour les bonbonnes, les ratios volumiques sont-ils vraiment issus de mesures de RDC ? Les valeurs semblent être identiques à celles de la bouteille PET UU (approximation par analogie avec un autre emballage auquel cas) Confirmez-vous que le ratio volumique n'est pas plus intéressant que pour des contenants plus petits ?		Ces valeurs sont basées sur des extrapolations. Nous proposons de passer la borne max de ce ratio volumique à 2.5 en seconde itération, pour les bonbonnes.	5.5.1.2.1	Vu
c.47	MP	248	++	Tableau 76 : Pot en verre sans emballage de regroupement	Pour le pot en verre, comment expliquez-vous une valeur de 0.4 en cas illustratif alors que la fourchette est entre 1.33 et 2 ? Erreur de saisie ?		Adapté dans le rapport	5.5.1.2.1	Vu
c.48	MP	248	++	Tableau 76 : Boîte de conserve en acier sans emballage de regroupement	Pour la boite acier, il doit y avoir une erreur sur la valeur de la médiane et donc du cas illustratif puisque la valeur actuelle de votre tableau est supérieure à la valeur maximale Confirmez-vous que la boite métal n'a pas une valeur minimale plus faible que les bouteilles en PET ou en verre ? En effet sa forme semble de prime abord plus favorable à une optimisation du rapport volumique		Adapté dans le rapport. D'après nos mesures, 1.33 est surtout une borne min très optimisée (mais plausible) pour les bouteilles.	5.5.1.2.1	Vu
c.49	MP	248	+	Tableau 76 **	Enlever la référence aux barquettes pour le volet B2		Adapté dans le rapport	5.5.1.2.1	Vu
c.50	MP	251	+	Masse d'un emballage en PET = 733 g / litre de boisson	Il doit y avoir un soucis dans votre exemple car 733 g d'emballage par litre de boisson ressemble plus à du verre qu'à du PET	Modifier l'exemple	Adapté dans le rapport	5.5.1.2.4	Vu
c.51	MP	256	++	Cas particulier des boîtes de conserve en acier à usage unique (scénario 14)	Quelle est la source de ces données descriptives de la logistique des boites de conserve ? Et pour quelle représentativité «marché» et géographique ? Par ailleurs, s'agit-il de dire d'expert ? Données statistiques ?Autre ?	Pour une meilleure transparence et traçabilité, compléter le rapport	Chaîne logistique établie en concertation avec les membres du cosui spécialisés dans l'acier. Phrase ajoutée dans ce sens.	5.5.2.1.3	Vu
c.52	MP	256	+		*"Le schéma d'approvisionnement de l'acier pour les contenants et systèmes de fermeture du scénario 14 est détaillé dans la Figure 120 ci-dessous. Une fois l'acier produit, il est transporté à 1000 km de son site de production où il sera transformé en bobines. Les bobines sont ensuite transportées sur une distance comprise entre 100 et 1500 km et transformées en boîtes et en opercules "*		Adapté dans le rapport	5.5.2.1.3	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					Suggestions : remplacer "acier produit" par "Acier brut produit (coil)", remplacer "en bobines " par «en bobine d'acier pour boite de conserve (acier étamé ou fer blanc)».				
c.53	MP, CH, PC	258	+++	(Scénarios 12 et 13) Bouteilles réemployables : Magasin vers Centre de lavage	Les distances considérées pour le segment magasin vers centre de lavage sont de 5 (min), 50 km (max) selon votre tableau Cette fourchette nous semble plutôt faible et en tout cas sensiblement plus basse que ce qui a été considéré pour les scénarios barquettes (20 km, 200 km et 100 km en CI) sur le segment CHR vers centre de lavage. Quels éléments explicatifs peuvent expliquer ces différences d'hypothèses ? A discuter en réunion d'échanges le 25/04/2024		Pour tenir compte de la densité plus faible des centres de lavage pouvant traiter les bouteilles, nous proposons une gamme de 20-250 km (CI à 150) pour le segment magasin-centre de lavage.	5.5.2.3	Vu
c.54	MP, CH, PC	261	+++	Gestion des pools de bouteilles PET réemployables	"L'importance de ne pas utiliser une même bouteille en PET pour conditionner successivement des produits de flux différents. Par exemple, la présence de limonène dans certains jus ou sodas affecterait la capacité de l'emballage à respecter les qualités organoleptiques de produits conditionnés ultérieurement, notamment des eaux." Cela implique-t 'il de différencier les parcs d'emballages par couple «conditionneur/produit» ? Quid des incidences sur les temps de stockage ? Quid des incidences sur la logistique retour vers les conditionneurs (distances des trajets, gabarits des véhicules, etc.) Besoin de clarifier lors de la réunion du 25/04 les implications de cette contrainte. Voir également commentaire 5.		Les implications de cette contrainte sont liées aux distances retour, et à l'absence de repalettisation et de lavage central		Vu
c.55	MP	262	++(+)	Non prise en compte d'un lavage en centre dédié pour la bouteille PET R	"La prévalence estimée d'emballages standardisés sur le marché, après implantation d'initiatives de réemploi du PET à l'échelle territoriale, qui limiterait la fluidité d'un lavage mutualisé en centre dédié." En première lecture, cet argument semble peu clair. A discuter en réunion pour clarifier cet aspect		Non standardisés*. Adapté dans le rapport.	5.5.3.3	Vu
c.56	MP	263	+	Prélavage par les consommateurs	*"Ce type de lavage concerne le scénario 14 (à savoir les pots en verre). Une probabilité d'occurrence de 50% est arbitrairement fixée pour ce processus de prélavage par le consommateur (certains consommateurs n'ayant pas recours à cette pratique, et certains produits contenus en bocaux étant secs et n'amenant pas à un processus de prélavage). Il est par ailleurs arbitrairement modélisé qu'aucun prélavage n'est effectué par le consommateur dans le cas des bouteilles (scénarios 11, 12 et 13)."* Nous avons bien noté le caractère «arbitraire» de ces choix, pour autant il est intéressant de restituer les raisons ayant amené à faire une différence entre le sc 14 et les autres scénarios Restes alimentaires carnés, gras pour scénario 14 ? Autre ?		Précisé dans le rapport	5.6.1	Vu
c.57	MP	265	+++	Lavage bouteille PET et soude, tableau 86	Lavage industriel du PET/ consommation de soude «En outre, suite aux retours de ces mêmes acteurs, une consommation de soude variant entre 2 et 3.5% est considérée pour le lavage du PET» 1/ Une consommation de soude de 20 à 35 g par UF (donc 1 l) semble disproportionnée de prime abord ... 2/ Elle semble de plus décorrélée de la consommation d'eau : les paramètres étant indépendants dans votre modélisation, on pourrait avoir une conso d'eau de 0.06 l mais une conso de soude de 20 ou même 35 g. 3/ Par ailleurs, les % recueillis concernent-ils la soude «pure» ou la soude en solution aqueuse telle que généralement commercialisée ? 4/ N'y a t-il pas double comptage avec la consommation de détergent que vous considérez par ailleurs, ses modélisations montrant qu'il contient également de l'hydroxyde de sodium (soude) A challenger et à discuter en réunion		Nous proposons en seconde itération : - De retirer la soude incluse dans les inventaires de détergent - De retenir la valeur de 2 à 3.5 g/L considérée actuellement dans la modélisation (après export) - De corréler cette concentration à la consommation d'eau par itération	5.6.3.1	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
c.58	MP	265	+++	Lavage bouteille PET et soude, tableau 86	Choix de l'ICV de production de la soude utilisée pour le lavage Votre tableau mentionne «Soda production, solvay process - RER", or ce procédé concerne le carbonate de soude : "This dataset represents the production of soda ash (sodium carbonate, Na2CO3), calcium chloride (CaCl2) and sodium bicarbonate (NaHCO3) by means of the Solvay process. Soda is primarily used in the glass industry as raw material for the decomposition of sand" L'inventaire approprié à notre connaissance est : " Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state". Avec un impact GES de 0.89 à 1.49 g eq cO2/g de soude selon l'origine géographique (RER ou RoW), cela implique, our le haute de fourchette (35 g), une contribution aux impacts allant de 31 g eq CO2 à 52 g eq CO2/UF D'où le besoin de challenger la plausibilité de la fourchette établie		Nous adapterons la modélisation en faveur de cet inventaire	5.6.3.1	Vu
c.59	MP, CH	268	+++	Tableau 91 : Rendement du processus de recyclage (%)	Verre : un taux de rendement de 100% semble très optimiste, il y a toujours de la perte ne serait-ce que chez les traiteurs de calcins (fines, refus de tri optique) qui sont en aval par rapport au taux de collecte que vous indiquez considérer. Rendement pour les plastiques : le recours au rendement tel que présenté dans les inventaires ecoinvent peut présenter un biais par rapport à la réalité car il peut s'agit d'un rendement «plastique recyclé sortant»/»déchets entrants» qui va être influencé par les impuretés, l'humidité, les matériaux types étiquette pour les bouteilles, etc. En rendement au borne du seul plastique ciblé (logique MFA), les % peuvent être supérieurs à cette valeur de 82.6%.		Nous proposons de retenir des valeurs de 95% pour le verre et de 90% pour les plastiques.	5.7.1..1	Vu, mais raisonnement obsolète en V Finale du fait du changement du mode de calcul des taux de recyclage
c.60	MP	268	+++	Tableau 91 : acier (boîtes et leur système de fermeture)	Les taux de recyclage que vous considérez sur la boite de conserve en acier - Valeur minimale 49%, alors que le taux de recyclage pour ce matériau est de près de 81% selon le cadre de référence ADEME (basé sur des données 2019). Attention il y a de l'acier recyclé sur mâchefers après incinération. NB : PPWR = 70% à horizon 2025 - Valeur haute de 100% : comment justifiez-vous cette valeur à un horizon 2025 pour cet emballage à usage unique ? - Valeur CI : 100% Valeurs surprenantes à notre sens. A clarifier + expliquer davantage les informations tirées des sources citées, le renvoi vers les sources étant trop vague (ex: Source 22 : CITEO (2022) « Les chiffres du recyclage en France »). A discuter en réunion		Taux de recyclage adaptés et fixés par l'ADEME	5.7.1..1	Vu
c.61	MP	268	+++	Tableau 91 : PET (bouteilles réemployables)	Taux de recyclage R2 qui s'applique pour la bouteille PET réemployable Le choix d'une valeur de 95% pour les bouteilles écartés lors de la logistique retour (dont lavage) semble plausible. Par contre, et sauf mauvaise compréhensions de notre part de vos choix de modélisation, pour ce qui est des bouteilles non retournées par les consommateurs, cette valeur semble très optimiste car elle suppose un meilleur geste de tri vers le bac jaune sur la bouteille PET R que sur la bouteille PET UU. Il faudrait pouvoir distinguer les deux cas. A discuter en réunion		Tel que discuté en réunion, nous proposons : - pour les itérations où N>8: une valeur de R2 de 95 % (hypothèse de déclassement) - pour les itérations où N<8 : une valeur égale à celle du PET à usage unique	5.7.1..1	Vu
c.62	MP, CH	268	+++	Tableau 91 : Poches	Selon le site internet du COTREP, la matrice recyclabilité indique pour les emballages souples multicouches type PE/EVA : COMPATIBILITÉ LIMITÉE - À ÉVITER (étude en cours) Pourriez-vous préciser davantage l'apport de la source «49» qui est citée ? A horizon 2025 (horizon temporel de cette étude), peut-on vraiment considérer un taux de recyclage de 90% ? A discuter en réunion		Nous proposons de fixer le taux de recyclage à 0% en seconde itération. Un taux de recyclage de 59.2% peut être fixé pour le carton (= R2 pour le carton d'emballage de regroupement)	5.7.1..1	Vu
c.63	MP	268	+++	Tableau 91 : Bouchon en PEhd pour bouteille en PET	Pour quelles raisons considérez-vous un taux de recyclage de 5,8% pour le bouchon de la bouteille PET réemployable du sc 11 ? Ce taux semble bas, sauf à demander aux consommateurs de retourner les bouteilles		Coquille : cette valeur devait être fixée à 55.8% (cf Cadre de référence, page 100). A l'instar du R2 de la bouteille elle-même, nous proposons :	5.7.1..1	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
				réemployable (fermeture)	réemployables vides sans leur bouchon et sauf à considérer que ces bouchons ne seront pas recyclés même s'ils sont mis dans le bac jaune N'est-il pas envisageable d'imaginer une collecte organisée des bouchons lors du retour de la bouteille par les consommateurs ? Merci de clarifier votre raisonnement et de justifier davantage cette valeur particulièrement basse		- Un R2 de 95% Lorsque N>8 utilisations - Un R2 égal à la bouteille PET UU lorsque N<8 utilisations		
c.64	MP	268	++	Tableau 91 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les emballages primaires et systèmes de fermeture	Sauf erreur, votre tableau 91 ne précise pas vos hypothèses en ce qui concerne les bouchons PEHD des bonbonnes PET (sc 12)		Adapté dans le rapport	5.7.1..1	Vu
c.65	MP	273	+	Tableau 97 : proportions du recyclage d'emballages primaires en France et hors France	ce tableau est à replacer au bon endroit (et non dans la section sur les emballages de regroupement)		Adapté dans le rapport	5.7.2	Vu
c.66	MP	274	+	Transport vers les centres de traitement	Cette section du volet B2 est à adapter car en l'état elle semble faire référence aux scénarios du volet B1 (ex: mention pot PS, canette alu.); Citer également la source de ces données (sauf erreur, cadre de référence ADEME, fiche n°19)d		Sera adapté dans le rapport	5.7.4	Vu
c.67	MP	316	+++	Annexe 5 : Contributions des étapes de cycle de vie aux catégories d'impact	**Contribution de l'étape de distribution pour les options PET usage unique étudiées en scénarios 6,11,12,13** Comment expliquez-vous le changement d'ordre de grandeur de l'impact GES de l'étape de distribution des boissons entre le scénario 6 (2.2 E-3 kg eq CO2/UF) et les scénarios 11 (2.0 E-2 kg eq CO2/UF), 12 (1.0 E-2 kg eq CO2/UF) et 13 (1.05 E-2 kg eq CO2/UF) Au vu des données descriptives des cas illustratifs, nous n'avons pas identifié de raisons expliquant de tels écarts. Quelle est votre analyse ?	Apporter les éléments explicatifs sur ces écarts importants + vérifier l'absence d'erreur de modélisation ou d'export des résultats	Adapté en seconde itération. Les modélisations du scénario 6 et des scénarios actuels ont été rendues cohérentes. Par ailleurs la distribution des scénarios 12 et 13 tient compte du transport des emballages de distribution et la production des fontaines également.	9,5	Réponse hors sujet, notre commentaire porte sur la bouteille à usage unique
c.68	MP	345	+++	Tableau 129 : Changement climatique (kg CO2 eq)	**Scénario 11 : détails par étapes du cycle de vie, tableau 129** Erreur d'import des résultats ? Autre problème ? En effet, dans le cas de l'usage unique (GES), le total des étapes recalculable via le tableau 129 ne correspond pas au total mentionné avant dans le rapport Le pb semble également exister sur le cas 5 utilisations de la solution PET R. Nous n'avons pas vérifié les autres indicateurs	Systématiser la vérification des tableaux de résultats détaillés en vue de l'édition de la prochaine version à soumettre à la RC	Adapté en seconde itération.	9,5	Vu, une réponse plus précise aurait été appréciable
c.69	MP	345	+++	Tableau 129 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 11	Résultats étape de lavage pour la bouteille PET R (scénario 11) La contribution GES de cette étape (1.64 E-2 kg eq CO2/UF) est élevée en comparaison de l'étape de lavage : - De la bouteille en verre du scénario 6 (8.85 E-3) - De la bouteille en verre et de la bonbonne du scénario 12 (1.14 E-2) - De la bouteille en verre du scénario 13 (4.95E-3) - Du pot en verre (avec % prélavage chez le consommateur) du scénario 14 (1.3 E-2) Cette hiérarchie nous interroge notamment en lien avec le commentaire précédemment formulé sur la modélisation de la consommation de soude lors du lavage des bouteilles PET Merci d'investiguer ce point quant aux facteurs explicatifs afin d'en discuter lors de la réunion du 25/04		Cf commentaire précédent sur la soude. Sera adapté en seconde itération.	5.6.3.1	Vu
c.70	MP	350	+++	Tableau 130 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 12	**Bonbonne PET (emballage de distribution)** En première lecture, le bénéfice de fin de vie semble un peu faible pour la bonbonne en comparaison de son étape de production (R2 de 95% sauf erreur). Pourriez-vous investiguer ce point ?		Adapté en seconde itération. Le bénéfice de fin de vie est amorti par le nombre d'utilisations élevé de l'emballage.	9,5	Comme la production...! Cette réponse ne permet pas de répondre correctement à notre interrogation

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
c.71	MP	350	+++	Tableau 130 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 12	**Contributions des fontaines, contributions des bonbonnes** Dans quelle colonne de résultats se trouve la production d'une part et la fin de vie d'autre part des fontaines ? Question pour les scénarios 12 et 13 Si ces données sont globalisées avec les bonbonnes, pourrions avoir le détail de leurs contributions respectives ? En attendant, serait-il possible de nous renseigner sur l'impact GES de production d'un kg de bonbonne ?		Nous pouvons vous faire parvenir les données isolées en parallèle de votre lecture. La production et la fin de vie de la fontaine sont comprises dans la phase de distribution.	9,5	Vu
c.72	MP	355	+++	Tableau 131 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 13	**Scénario 13 : étape de distribution pour la solution poche** Le tableau indique un impact supérieur à celui de la solution bouteille PET UU (1,17E-2 contre 1.05E-2) alors que la distribution se fait sous forme de concentrés livrés en poche (eau ajoutée au point de vente). Cela ne nous semble pas logique. A discuter le 25/04 à la lumière des résultats issus des modélisations utilisées pour ce rapport intermédiaire	Investiguer s'il s'agit d'une erreur de report des chiffres dans le rapport ou d'un problème de modélisation	Adapté en seconde itération	9,5	Vu, une réponse plus précise aurait été appréciable
c.73	MP	361	++	Tableau 132 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 14	Scénario 14, tableau 132 Résultats détaillés non examinés en détail, la modélisation étant à réexaminer de notre point de vue en ce qui concerne la solution conserve acier		Discuté dans les commentaires précédents		-
c.74	MP	394	+	Figure 192	Données brutes issues de la littérature ou d'entretiens auprès d'industriels du secteur – Bonbonnes en PET réemployables - Scénario 12 Certaines sources sont assez imprécises…comme "site fournisseur", "site de fournisseur GLOBAL Supply"		Nous prenons note de ce point et ferons notre possible dans le temps imparti pour y remédier		Vu
c.75	MP	400	+	13.9.2 Flux de matière liés au recyclage des emballages primaires modélisés (cas illustratifs)	Annexe qui sera à compléter avec les scénarios du volet B2		Si possible dans les délais impartis, ces annexes seront complétées en dernière itération.		Vu
c.76	MP	415	+	Liste de références	Les références qui n'indiquent que l'adresse générale du site internet (ex: Site web « lecomptoirdubrasseur.fr », consulté en décembre 2022, Site web « https://agrifournitures.fr/ », consulté en mars 2024, Site web « www.amazon.com », consulté en décembre 2022) ne permettent pas d'identifier la référence/page réellement consultée. C'est donc assez incomplet et assez peu utile à un lecteur en fait		Nous prenons note de ce point et ferons notre possible dans le temps imparti pour y remédier		Vu
c.77	MP	355	+++	Tableau 131 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 13	En faisant la somme des étapes, on ne retrouve pas le valeur de 1.73 E-1 kg eq CO2/UF précédemment présentée (tableau 119 et section résultats) (test uniquement fait sur l'indicateur GES). Même chose pour les résultats avec 20 utilisations Autre incohérence : la fin de vie de la poche n'a pas les mêmes résultats entre les situations «5 ut» et «20 ut» qui ne concernent que la bouteille en verre A date, difficile de se faire une idée sur la plausibilité des résultats de ce scénario tels que présentés dans cette version intermédiaire	Vérifier d'ou vient les problèmes et corriger les tableaux incorrects car en l'état De manière générale, systématiser la vérification des tableaux de résultats détaillés en vue de l'édition de la prochaine version à soumettre à la RC	Adapté en seconde itération	9,5	Vu, une réponse plus précise aurait été la appréciable

11.14.11. Annexe 4 : tableau des commentaires détaillés formulés sur le rapport final provisoire volet B2 en date du 31 mai 2024

Les commentaires avec niveau d'importance « ++++ » sont présentés en premier

Les autres commentaires sont présentés selon leur ordre de numérotation

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
d.32	MP, CH	219	++++	Figure 112 : Scénario 12 – Système de reremplissage via bonbonnes en PET (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)	De manière générale, l'interprétation des contributions est assez peu poussée pour les différents scénarios de cette étude. Par exemple, nous n'avons pas identifié dans cette section d'explication permettant à un lecteur de comprendre la forte contribution de la phase de distribution à l'indicateur d'épuisement des ressources minérales et fossiles ou encore d'explication sur la bonne ou mauvaise robustesse de ce résultat (s'il est conditionné par la BOM de la fontaine et les hypothèses sur les composants électroniques, on peut en effet s'interroger)	Etoffer l'interprétation des résultats présentés au travers des cas illustratifs, en apportant des éléments explicatifs (lien avec le "technique"), des informations sur les sous-étapes / flux élémentaires contributeurs, en prenant de la distance critique lorsque la modélisation s'avère présenter des limites de robustesse. Notamment (suggestions pour illustration, les aspects à étayer étant à travailler de votre côté) dans les situations suivantes : - Les résultats pour l'étape de fin de vie des emballages correspondent à des impacts nets et non des bénéfices nets - Vous obtenez des résultats qui sont des bénéfices nets pours d'autres étapes que la fin de vie des emballages - Lorsque des étapes, plutôt contributrices secondaires sur certains impacts (ex: Changement climatiques), ressortent comme des contributeurs majeurs pour d'autres impacts	La segmentation des phases de cycle de vie a été déclinée pour permettre plus de détails, et des éléments d'information supplémentaires ont été apportés à ces sections pour caractériser les différentes contributions aux impacts. Une analyse a l'échelle des flux élémentaires n'a pas été réalisée au vu de la volumétrie des scénarios, et l'analyse a été préférentiellement centrée sur les comparaisons entre emballages et sur l'analyse des points de basculement	6	Vu
d.53	CH, MP	419	++++	Annexe 14 : Evaluation de l'incertitude liée aux modèles associés aux méthodes de caractérisation des impacts Figure 228 : Scénario 6 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUP_i) et réemployable (BVRP6_i) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PET (avec prise en compte des incertitudes) – graphe "range delta"	**Prise en compte des incertitudes pour deux scénarios. Suppression des points «équivalence des solutions» + votre conclusion** : « *La prise en compte des incertitudes sur les catégories d'impact n'a pas mené à un changement significatif de tendance quant à l'avantage relatif des deux options (l'option à usage unique étant pour ce scénario toujours favorable dans une majorité de situations)*» Nous ne sommes pas en accord avec votre façon de conduire l'interprétation et la détermination des points de bascule (voir powerpoint joint en complément de nos commentaires) Vous retirez de l'analyse les points qui correspondent à une équivalence entre les deux solutions (pas de différence significative). Sauf, que ce ne sont pas des points aberrants : ils doivent donc être pris en compte dans l'analyse et non pas être retirés du graphique <u>Notre commentaire, formulé sur le scénario 6, est également valable pour l'autre scénario étudié</u>	Revoir l'interprétation des nuages de points intégrant les incertitudes en tenant compte des points correspondant à une équivalence entre solutions Ne pas minorer, dans le rédactionnel, l'incidence des incertitudes. Ex : passer de seuils 21 g et 33 g à des seuils de 18 g et 26 g est une évolution malgré tout notable, a fortiori sur ces gammes de valeur où nombre de bouteilles peuvent être concernées	Discuté en réunion d'échange : L'approche quant aux incertitudes a été revue et fait maintenant l'objet d'une section dédiée dans le corps du rapport. Leur mention dans les conclusions. La terminologie employée pour qualifier leur influence a été revue. Les points incertains ont été conservés dans les graphes range/delta pour faciliter la lecture de cette influence.	6,11	Vu
d.1	MP	35	++	Section 3.5.3 «Etapes du cycle de vie incluse», dont étapes spécifiques aux systèmes de reremplissage (scénarios 12 et 13)	**Segmentations des contributeurs** Il nous semble préférable d'utiliser la même segmentation que celle que vous utilisez pour les graphiques «cas illustratifs» de la section résultats et de l'annexe 5 ou a minima de faire une correspondance avec les découpages d'étapes que l'on retrouve en résultats Par exemple, dans cette section vous parlez d'une étape de «production» qui inclut les fontaines mais dans l'excel envoyé à la RC en complément du rapport vous écrivez « Production et utilisation fontaine (fait partie de la phase "distribution", et les impacts de fin de vie de la fontaine sont directement inclus dans cette phase)» NB : cette remarque s'applique à toute la section 3.5.3 «Etapes du cycle de vie incluse»		La segmentation des étapes de cycle de vie a été retravaillée, notamment pour les scénarios 12 et 13	6.8/6.9/9.5.7 /9.5.8	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
d.2	MP	65	++	Tableau 16 : Nombres d'utilisations considérés pour les emballages primaires, de regroupement et de transport	**Nombre de rotations pour la caisse PEHD du scénario 11** Pour la caisse PEHD, votre hypothèse basse de 10 rotations nous semble pessimiste pour une caisse mentionnée comme réemployable et consignée dans votre présentation du scénario 11 De quelles données de terrain disposez-vous pour étayer cette valeur de 10 utilisations ? Ce choix n'est pas anodin car l'amplitude de cette fourchette influence la hiérarchie des paramètres influents et potentiellement les paramètres que vous considérez dans vos arbres de décision.		Comme discuté en réunion d'échange, cette borne minimale représente un cas de figure pessimiste quant aux taux de retour de la caisse. Cette borne minimale se veut relativement extrême (au même titre que le nombre de 2 utilisations pour les emballages primaires). A noter par ailleurs : le choix des paramètres utilisés pour réaliser les arbres décisionnels n'est pas strictement basé sur les paramètres influents mais sur leur tendance à faire apparaître des points de basculement cohérents		Vu
d.3	MP, CH	68	++	****100% : Blow moulding - RER (EI 3.9.1)	**Procédé de soufflage pour les bouteilles PET** Comme nous l'avions déjà précisé dans un précédent commentaire, à notre connaissance il s'agit plutôt de «stretch blow moulding» dans le cas de bouteilles PET. Remarque également valable pour les autres scénarios volet B2 avec bouteille PET		Adapté dans le rapport, il s'agissait d'une coquille.	5.3.1.1	Vu
d.4	MP	69	++	les consommations d'électricité associées aux processus de transformation du PET ont été modifiées pour s'approcher au milieu de la réalité industrielle actuelle spécifique à la production de bouteilles en PET. Ainsi, il a été considéré une consommation de 1.15 kWh/kg pour l'injection, et de 0.65 kWh/kg pour le soufflage des préformes. La consommation totale associée à la transformation du PET est issue des données de Plastics Europe	**Adaptation des données de consommation d'électricité des procédés de mise en forme de la bouteille PET** Pourriez-vous davantage préciser la représentativité temporelle de ces données plasticseurope ? Elles semblent en effet notablement plus basses que celles d'ecoinvent, il convient donc d'être le plus précis possible que les représentativité de ces données		Les données sont issues des eco-profils PlasticsEurope 2010 et ont été confirmées par de la collecte spécifique de données réalisées au cours de la présente étude. Précision apportée au rapport	5.3.1.1.	Vu, mais données spécifiques non rendues accessibles à la RC
d.5	MP	70	+	****100% : Injection moulding – RER (EI 3.9.1) Taux de perte : 0.6%18 ****100% : Blow moulding - RER (EI 3.9.1) Taux de perte : 2.25%18	**Adaptation des données de consommation d'électricité des procédés de mise en forme de la bouteille PET** Compte tenu des adaptations apportées à ces inventaires (cf. votre note), il semble nécessaire de mentionner dès ce tableau qu'il s'agit d'inventaires adaptés et dans le cas du blow moulding de plutôt mettre une représentativité géographique FR (adaptée de EI 3.9.1 RER) Sinon, on a l'impression que vous avez systématiquement pris une électricité RER		Adapté dans le rapport.	5.3.1.1	Vu
d.6	MP	70	++	Hot rolling, steel - Europe without Austria (EI 3.9.1) Sheet rolling, steel – RER (EI 3.9.1) Tin plating, pieces – RER (EI 3.9.1) Le mix électrique des	**Présentation des procédés pris en compte pour la boite de conserve en acier** La mention des étapes additionnelles pour la production de la boite de conserve à partir de feuille de tinplate devraient apparaître dans ce tableau.		Ces étapes de transformation sont utilisées sous forme de LCIA découlant de données confidentielles (Metal Packaging Europe). Leur mention est cependant ajoutée dans le tableau	5.3.1.1	Vu, mais données spécifiques non rendues accessibles à la RC

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
				procédés de transformation (à l'exception du hot rolling) ont été adaptés afin de tenir compte de la proportion d'acier produite en Europe (37%) et en France (63%) 14					
d.7	MP	70	++	Bonbonne en PET	La bonbonne et la poche apparaissent dans ce tableau dédié à la production des emballages primaires alors que dans les résultats graphiques et numériques des cas illustratifs des Sc12 et 13, vous distinguer «production de l'emballage primaire» et «production de l'emballage de distribution»	Pour la clarté du rapport et pour ne pas perdre les lecteurs, un effort serait à consentir pour harmoniser dans l'ensemble du rapport (frontières du système, données et hypothèses, résultats) le vocabulaire et le recours aux segmentations utilisées pour rendre compte des contributeurs	Une distinction a été faite dans ce tableau (emballages de distribution)	5.3.1.1	Vu
d.8	MP	71	+	("electricity, low voltage, residual mix – FR (EI 3.9.1)").	Il est fait référence à un mix résiduel, alors que l'ensemble de l'étude met en œuvre des mix géographiques selon le rapport.	Pourriez-vous clarifier ce point ? (anomalie ponctuelle de modélisation si ma compréhension est correcte)	Adapté dans le modèle et dans le rapport	5.3.1.1	Vu
d.9	MP	74	+	Tableau 20 : Données liées à la production des systèmes de fermeture (volet B2 – Scénarios 11 à 14)	Harmoniser les unités car elles varient selon les systèmes de fermeture (et devraient être toutes en g/l sauf erreur)		Comme discuté lors de nos échanges dans le cadre du volet B1, seules les masses des couvercles de pots et de barquettes sont ramenées au L, étant considéré que les masses des opercules de bouteilles ne sont pas corrélées au volume contenu		Vu
d.10	MP	75	++	*** En l'absence de données suffisamment nombreuses concernant les masses de systèmes de fermeture pour bonbonnes, la collecte de données a été étoffée via des bouchons de bidons et bouteilles à large volume pour le conditionnement de produits divers (eaux, huiles…).Etc.	**Bonbonne PET (scénario 12) - bouchon** Quelles étaient les données de masse des bouchons auxquels il est fait référence ? L'annexe 8 et sa figure 215 n'apporte aucun détail suffisant à ce sujet. A titre d'exemple, vos valeurs conduisent à un bouchon de 26 g pour une bonbonne de 19 l (cas illustratif) et même près de 44 g si la valeur haute était retenue. Pour poursuivre sur le cas illustratif, cela veut dire que le bouchon (1.4 g/l) compte autant en masse que la bonbonne en tant que telle à l'échelle de l'UF (bonbonne = 36 g/l et 25 utilisations soit 1.4 g/UF)	Il nous semble pertinent de mieux documenter cette fourchette de valeur (et de la confirmer ou l'ajuster au besoin)	Sources ajoutées au tableau en annexe	9,8	Vu
d.11	MP, CH	77	++	Injection moulding – RER (EI 3.9.1) Taux de perte : 0.6%18	**Production de la caisse en PEHD pour bouteilles PET réemployables (sc 11) - représentativité géographique de l'étape d'injection** Sur quelle source s'appuie le choix de considérer que l'étape de fabrication des caisses se déroule à 100% selon un profil géographique «Europe» ? Est-ce cohérents avec les travaux réalisés par l'ADEME par ailleurs ? (ec: rapport «La valorisation des emballages en France - Données 2021»)		Une cohérence a été maintenue avec le scope géographique de l'étude, y compris avec les scénarios du volet A tenant également compte de caisses en PEHD		Explication peu convaincante, une origine en prise avec la réalité terrain ayant été faire pour d'autres emballages ou matériaux (ex : bouteille PET, conserve acier)
d.12	MP	77	+++	Le choix de l'emballage de regroupement pour les bouteilles réemployables en PET s'est porté sur une caisse en PEhd réemployable et consignée, à l'instar d'initiatives de	**Scénario 11 - Choix de l'emballage de regroupement pour la bouteille PET réemployable** Dans le cas de bouteilles PET réemployables, est-il envisageable d'avoir un emballage de regroupement de type film de fardelage uniquement, comme c'est le cas pour la bouteille PET usage unique ? Même s'il existe une différence de masse entre les deux solutions, celle-ci reste de qq	Il nous semble que le choix de faire une analyse de sensibilité en considérant un carton de regroupement plutôt qu'un film de fardelage mérite d'être davantage contextualisé (avec des pratiques de terrain par exemple) et donc justifié. La réalisation d'une seconde AS (mais pas uniquement pour le cas illustratif) mais pour les 1000 itérations mériterait	Une analyse de sensibilité tenant compte d'un film de fardelage a été ajoutée. Par souci de cohérence avec les autres AS et en raison de la complexité d'exploiter les AS sur 1000 itérations, cette AS a toutefois été réalisée sur les valeurs de cas illustratif.	6,14	Vu, cela reste une recommandation en cas de MAJ de ces travaux

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
				réemploi en place à l'étranger, et de systèmes de réemploi du verre actuellement en place en France	dizaines de grammes par litre. Avez-vous investigué cet aspect ?	également d'être envisagée si le recours à un film de fardelage fait sens			
d.13	MP	77	+	Outre cette modélisation, une analyse de sensibilité considérant un emballage de regroupement sous la forme d'un carton à usage unique a été considérée, sur base des valeurs de cas illustratifs.	Afin de faciliter la navigation dans le rapport pour le lecteur, pourriez-vous faire un renvoi explicite vers cette analyse de sensibilité ?		Renvoi de sections ajouté	5.3.2	Vu
d.14	MP	105-107	+++	Les taux présentés dans cette étude correspondent bien à des taux de recyclage	**Logique de détermination des R2 considérés** Pourriez-vous etre plus précis sur le point de calcul ? S'agit-il du point selon décision 2005/270/CE modifiée par la décision 2019/665, ie « le point où les déchets d'emballages entrent dans l'opération de recyclage au cours de laquelle les déchets sont retraités en produits, matières ou substances qui ne sont pas des déchets, ou le point où les déchets d'emballages cessent d'être des déchets à l'issue d'une opération de préparation avant d'être retraités ») Autre point de calcul (ex: sortie centre de tri) ? A clarifier pour le lecteur compte tenu des évolutions réglementaires récentes relatives aux taux de recyclage en ce qui concerne les emballages		Point de calcul explicité dans le texte	5.7.1.1	Vu les éléments explicatifs additionnels apportés par l'ADEME
d.15	MP	105-107	+++	Les taux présentés dans cette étude correspondent bien à des taux de recyclage (et non à des taux de collecte), et la modélisation a été réalisée dans ce sens. Lorsque seuls des taux de collecte étaient disponibles dans les textes réglementaires ou la littérature, une conversion en taux de recyclage a été réalisée en tenant compte d'un taux de perte de 22% entre la collecte et le recyclage, tenant compte de la nouvelle méthodologie européenne de calcul des taux de recyclage11	**Tableaux avec valeurs de R2 et rendement** 1/ Votre remarque ne précise pas quels matériaux sont concernés par des taux disponibles sous forme de «taux de collecte» : tous les matériaux ? Uniquement certains ? 2/ En lien avec la remarque précédente, préciser les coefficient de conversions (il ne s'agit pas à proprement parler de pertes) par type de matériaux (pour nous, le 22% ne concerne que certains types de déchets plastiques et permet d'aboutir à un stade paillette produit par des régénérateurs de plastiques) 3/ Pourriez-vous SVP nous expliquer et nous illustrer en réunion quelle incidence cela a eu sur votre modélisation ? En effet, vous indiquiez dans les précédentes versions du rapport que tous les taux R2 avaient en fait été considérés dans la modélisation comme des taux de collecte) En particulier, le cas des plastiques nous interroge compte tenu du «taux de perte» de 22% que vous semblez considérer par rapport à la collecte et du rendement de recyclage de 82.6% que vous mentionnez dans le tableau 42		Discuté en réunion d'échange. Les données et leur présentation ont été retravaillées en accord avec l'ADEME. Un seul et même point d'entrée est dorénavant considéré, et les éventuels taux de perte sont intégrés au tableau de données.	5.7.1	Vu
d.16	MP	105-107	+++	Tableau 42 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les emballages primaires et systèmes de fermeture (volet B1 – Scénarios 6 à 10) et tableau 43	**Modalités d'obtention des R2** Votre tableau ne permet d'identifier quelles valeurs étaient directement disponibles comme étant des taux de recyclage et quelles valeurs ont été converties à partir de taux de collecte disponibles dans des textes réglementaires ou via la littérature. 1/ Merci d'ajouter cette précision dans vos tableaux pour davantage de clarté vis-à-vis des futurs lecteurs du rapport et du comité de revue critique. 2/ Une annexe permettant de synthétiser à un même endroit les différents taux cibles réglementaires (France et EU) et leurs horizons de temps serait la bienvenue pour aider le lecteur à mieux positionner vos		Discuté en réunion d'échange. Les données et leur présentation ont été retravaillées en accord avec l'ADEME. Un seul et même point d'entrée est dorénavant considéré, et les éventuels taux de perte sont intégrés au tableau de données.	5.7.1	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					hypothèses par rapport à ce contexte réglementaire				
d.17	MP	105-107	+++	Horizon 2030 pour établir les valeurs de R2	**Changement d'horizon par rapport aux versions précédentes du rapport qui se plaçait à 2025 et non à 2030.** 1/ Repousser à un horizon 2030 pour cette version finale du rapport n'est pas anodin et peut requestionner certains choix. 2/ Par exemple, pour les solutions type barquettes PP ou pots PS, le R2 n'a pas changé entre les deux versions du rapport (puisque relevant du volte B1) alors que l'horizon temporel a été repoussé de 5 ans par rapport aux travaux réalisés sur le volet B1 et aux résultats intermédiaires du volet B2 Pourquoi ce choix de repousser l'horizon temporel que vous aviez considéré jusqu'à présent ? Quelle a été votre approche pour retravailler les R2 de l'ensemble des scénarios du volet B ?		Discuté en réunion d'échange. Le parti pris ici est d'englober un maximum de perspectives possibles, et le choix de valeurs associées à un horizon 2030 (notamment pour les données de recyclage) permet une plus grande flexibilité quant aux situations étudiées. Des interprétations et extrapolations sont possibles lors de la lecture des résultats et des points de basculement pour mettre en perspective la plausibilité de ces données.	5.7.1	Vu
d.18	MP	106	++	R2 min du PET (bouteille UU)	**R2 min de 44.5% pour la bouteille PET à usage unique.** Dans le rapport intermédiaire, cette valeur était de 61% avec la même explication (« * La borne minimale associée aux bouteilles en PET découle de données spécifiques à la France issues d'un reporting de la France à la Commission Européenne de 2021 consacré aux emballages de boissons. Ce taux a par ailleurs été validé en Comité de Suivi auprès d'acteurs sectoriels) La modification vient-elle de la conversion d'un taux de collecte à un taux de recyclage ? Si c'est le cas, 61%*(1-22%)=47.6. Pourquoi 44.5% ?		Discuté en réunion d'échange. La donnée de base retenue par l'ADEME est de 57%, avant application d'un taux de perte de 22%.	5.7.1.1	Vu
d.19	MP	106	++	R2 max du PET (bouteille UU)	**R2 max de 81% pour la bouteille à usage unique** La référence (26) manque de précision car un renvoi vers le code de l'environnement est très (trop) vague. 1/ Faites-vous référence à l'article L541-10-11 et à «La France se donne pour objectif d'atteindre un taux de collecte pour recyclage des bouteilles en plastique pour boisson de 77 % en 2025 et de 90 % en 2029» ? 2/ Si c'est le cas, alors cela devrait être beaucoup plus explicite et il s'agira également de préciser si vous êtes sur la cible 2029 car jusqu'à présent toute l'étude était sur un horizon 2025 (cf. commentaire sur le l'horizon temporel de l'étude qui évolue par rapport à toutes les versions précédentes). 3/ Le 90% étant un taux de collecte auquel pour avez a priori appliqué le taux de perte mentionné dans votre introduction à cette section. Ainsi, 90% * (1-22%) = 70.2%. Vous indiquez 81%, pourquoi ? Merci d'expliquer et de justifier. 4/ Pourquoi le bouchon en PEHD reste quand à lui avec des valeurs à 61% (min) et 77% qui sont les valeurs précédemment renseignées dans le rapport intermédiaire ?		Discuté en réunion d'échange. Les données et leur présentation ont été retravaillées en accord avec l'ADEME. Un seul et même point d'entrée est dorénavant considéré, et les éventuels taux de perte sont intégrés au tableau de données.	5.7.1.1	Vu
d.20	MP	107	++	Rendement recyclage (verre)	**Rendement de recyclage bouteille ou pot en verre** Pourquoi le rendement du processus de recyclage est-il de 95% pour les scénarios 12, 13 et 14 mais de 100% pour les scénarios 6 à 10 ?	Apporter une explication (y compris si elle s'explique par le séquençage des travaux en deux volets)	Les données et leur présentation ont été uniformisées entre le scénario 6 et le volet B2.	5.7.1.1	Vu, mais information non utile avec MAJ mode de calcul taux de recyclage
d.21	MP	107	++	Bouchon en PEhd pour bonbonne en PET réemployable ******	Pourquoi le R2 max est-il différent de celui de la bonbonne ?		Il est considéré une fin de vie gérée par les professionnels pour les bonbonnes (explication ajoutée dans le rapport)	5.7.1.1	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
d.22	MP	107	+++	Tableau 43 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les emballages primaires et systèmes de fermeture (volet B1 – Scénarios 11 à 14	**Rendement de recyclage bouteille PET UU** Pourquoi le rendement du processus de recyclage de la bouteille en PET est-il de 90% pour les scénarios 11, 12 et 13 alors qu'il est indiqué comme étant de 82.6% pour le scénario 6 (selon tableau 42 de ce rapport) ? Cela pose la question de la cohérence entre ces rendements de recyclage et le point de calcul considéré pour établir les R2. A clarifier et harmoniser dans les modélisations et dans le rapport		Les données et leur présentation ont été uniformisées entre le scénario 6 et le volet B2.	5.7.1.1	Vu, mais information non utile avec MAJ mode de calcul taux de recyclage
d.23	MP	107	++	Tableau 43 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les emballages primaires et systèmes de fermeture (volet B1 – Scénarios 11 à 14)	Pourquoi le R2 des cas illustratifs est-il tantôt calé sur votre R2 max et tantôt sur une autre valeur ? - R2 de 77% pour la bouteille réemployable <8 (et non R2 max de 81%) - Bonbonne réemployable en PET : R2 max de 90% mais R2 cas illustratif de 95%		Les données et leur présentation ont été retravaillées en accord avec l'ADEME. Les cas illustratifs sont fixés en fonction des bornes max.	5.7.1.1	Vu
d.24	MP	107	++	Tableau 43 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les emballages primaires et systèmes de fermeture (volet B1 – Scénarios 11 à 14)	**R2 de la boite acier** Pour la valeur minimale (63.7%), pourquoi avoir considéré une source APEAL (référence vague ne permettant pas de comprendre la représentativité géographique et temporelle de ce chiffre) et non des sources ADEME ou CITEO pour rendre compte d'une boite acier mise sur le marché en France et arrivant donc en fin de vie en France ?		Source adaptée pour représenter un document de l'ADEME.	5.7.1.1	Vu, erreur de source corrigée
d.25	MP	111	+++	Tableau 47 : Procédés d'inventaire modélisant la fin de vie de l'emballage primaire et des systèmes de fermeture	Il y a un problème dans votre tableau pour les inventaires du PET notamment. Inventaire plastique recyclé SRP n'est pas mentionné au bon endroit. Du coup, ce tableau n'explique pas quels inventaires sont utilisés pour modéliser l'évitement de PET vierge (colonne impacts évités). 1/ Notre point de fond est de savoir si vous bien avez considéré un mix RER/RoW comme pour l'étape de production des bouteilles PET ? Si ce n'est pas le cas, à discuter. Merci de nous détailler poste par poste lle calcul de fin de vie d'un des emballages PET modélisé dans l'étude pour examiner ce point. 2/ Tableau à remettre au clair pour l'ensemble des matériaux si besoin (nous pensons notamment à l'acier de type fer blanc)		Le mix RER/RoW a bien été considéré, et le rapport a été adapté dans ce sens. Le tableau de modélisation a également été remis au clair (notamment pour l'acier de type fer blanc). La modélisation complète de l'acier est cependant détaillée en annexe étant donné sa complexité.	5.7.2	Vu
d.26	CH, MP	127	+++	Scénario 6 (suite MAJ avec ei3.10 pour la production du PET)	L'analyse des fichiers détaillés transmis (valeurs des paramètres pour les 1000 itérations de calcul + résultats CC pour les 1000 itérations transmises pour la modélisation du scénario 6 full ei 3.9.1 et la nouvelle modélisation avec ei 3.10 pour le PET) met en évidence que les tirages aléatoires, de la masse de la bouteille PET usage unique ont été modifiés entre ces deux versions. 1/ Quelle est la raison de ces modifications ? 2/ L'annexe 13 du rapport montrant l'arbre décisionnel lorsque l'inventaire ei 3.9.1 de production du PET vierge semble identique à celui déjà présent dans le rapport intermédiaire. Confirmez-vous ? Si c'est le cas, cela pose question en raison du changement dans les valeurs des 1000 itérations pour la masse de la bouteille PET (il n'est pas possible de faire une analyse «toutes choses étant égales par ailleurs»)		Discuté en réunion d'échange. Du fait d'une mise à jour du modèle sur ses paramètres structurants, le tirage aléatoire a été effectué une nouvelle fois entre les deux versions du rapport selon les mêmes gammes de valeur. Selon la méthode Monte-Carlo, ce tirage de 1000 itérations est tout autant représentatif de la distribution visée (uniforme) que le tirage précédent.		Vu, mais remarque résiduelle (voir avis)
d.27	CH, MP	127	+++	Scénario 6 (suite MAJ avec ei3.10 pour la production du PET)	L'analyse des fichiers détaillés transmis (valeurs des paramètres pour les 1000 itérations de calcul + résultats CC pour les 1000 itérations transmises pour la modélisation du scénario 6 full ei 3.9.1 et la nouvelle modélisation avec ei 3.10 pour le PET) met en évidence que les paramètres de la bouteille en verre n'ont pas évolué mais les résultats d'impacts ont évolués (entre -41 % et + 54 % selon les itérations). Voir powerpoint en complément de nos commentaires		Discuté en réunion d'échange, évolution liée à la structuration de l'étape de transport/distribution. Tous les modèles et résultats ont été mis à jour et revus pour cette version finale.	6,2	Vu, on prend acte (non vérifiable par la RC)

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					1/ Quelle est la raison de cette évolution ? 2/ Pourquoi ne se fait elle pas toujours dans le même sens (+ ou -) ? 3/ Ce point peut-il concerner d'autres scénarios du volet B1 ?				
d.28	CH, MP	137	+++	Une erreur dans le calcul des taux de chargement a été noté au moment de l'intégration des résultats. Celle-ci n'aura que peu d'influence sur les résultats observés, mais fera disparaitre le point de basculement « total » à 21g/L.	1/ Votre remarque sur l'erreur découverte amène plusieurs besoins de clarification : - Quelle est la nature de cette erreur ? - Concerne-t-elle la solution PET, la solution verre, ou les deux ? - Cette erreur concerne-telle d'autres scénarios du volet B1 A discuter en lien avec notre autre commentaire relatif aux fait que les résultats de la solution réemployable en verre ont changé depuis la précédente édition du volet B1 de l'étude, alors que les valeurs aléatoires établies pour les 1000 itérations des données descriptives de cette solution sont restées inchangées.		Discuté en réunion d'échange. Tous les modèles et résultats ont été mis à jour et revus pour cette version finale.	6,2	Vu, on prend acte (non vérifiable par la RC)
d.29	MP	209	++	Tableau 79 : Scénario 11 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptée l'épuisement des ressources minérales et métalliques)	En lien avec le commentaire sur la modélisation de la bouteille réemployable et de la caisse PEHD, voir si cette hiérarchie doit être revue		Les gammes de valeurs liées au nombre d'utilisations ayant été conservés en accord avec l'ADEME, cette hiérarchisation persiste.	6.7.1	Vu
d.30	MP	209	++	Scénario 11 : la masse de l'emballage primaire en PET influence directement les impacts associés à sa productionmais contribue aussi (à un degré moindre) aux impacts associés au transport en augmentant la masse chargée.	Afin de nous permettre d'apprécier la portée de votre analyse pourriez nous indiquer, pour une même distance (disons 600 km, ie valeur haute de votre fourchette), quelle est la différence d'impact de la phase de distribution entre une bouteille PET dont la masse en g/l est au min et au max de votre fourchette ?		Discuté en réunion : Pour une masse de PET de 0.013 g/L : 0.016 kg CO2 eq./FU Pour une masse de Pet de 0.052 g/L : 0.018 kg CO2 eq./FU Surplus d'impact de 11%		Vu
d.31	MP	219	+++	Figure 112 : Scénario 12 – Système de reremplissage via bonbonnes en PET (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif	**Scénario 12 - Epuisement des ressources minérales/métalliques** 1/ Qu'est ce qui explique cette contribution importante de l'étape de lavage pour cet indicateur ? En particulier, quels sont les contributeurs et les flux élémentaires en jeux ? Compte tenu de votre modélisation et de ses éventuelles limites, considérez-vous ce résultat comme robuste ? 2/ Même questionnement pour l'étape de distribution	Enrichir les interprétations pour apporter aux lecteurs des éléments explicatifs Si besoin, relativisier la portée des résultats, contribution relatives à la lumière de la robustesse de la modélisation pour cet indicateur	Discuté en réunion d'échange, étant donnée la faible robustesse des résultats pour cet indicateur (liée à des incertitudes dans la modélisation des infrastructures de transport et de lavage notamment), il a été retiré de l'analyse des résultats principaux (excepté pour les scénarios 10 et 14)	6	Vu
d.33	MP	219	+++	Figure 112 : Scénario 12 – Système de reremplissage via bonbonnes en PET (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)	Pour ce scénario, il peut être assez compliqué pour un lecteur de comprendre : - Ce qu'il y a derrière le contributeur «emballages additionnels» - Ce qu'il y a derrière le contributeur «Production système de fermeture» - De savoir avec certitude dans quelle étape se trouve la production de la bonbonne ou encore la fontaine Pour ce scénario (ainsi que le scénario 13) qui implique différents contenants et équipements (fontaine, poche, bonbonne) en plus de la bouteille en verre réemployable, il faut accompagner le lecteur pour lui permettre de comprendre dans quelles étapes se retrouvent la production, le transport et la fin de vie de ces objets. Sauf mauvaise lecture de ma part, je n'ai pas identifié dans cette section de résultats cette aide à la compréhension des contributions Envisager une aide à la lecture qui serait d'ailleurs à mettre également dans la section principale de présentation des résultats		La segmentation des étapes de cycle de vie a été retravaillée pour ces scénarios et une explication a été ajoutée en début de sections quant aux terminologies employées	6.8.1/6.9.1	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
d.34	MP	219	+++	Figure 112 : Scénario 12 – Système de reremplissage via bonbonnes en PET (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)	Cf. commentaire formulé sur l'annexe 5 pour ce scénario. Nous n'avons pas identifié dans cette section d'explication permettant à un lecteur de comprendre la forte contribution de la phase de distribution à l'indicateur d'épuisement des ressources minérales et fossiles ou encore d'explication concernant la bonne ou mauvaise robustesse de ce résultat (s'il est conditionné par la BOM de la fontaine et les hypothèses sur les composants électroniques, on peut en effet s'interroger)		Résultats mis à jour dans cette dernière version du rapport, et présentés avec un degré de détail supplémentaire (permettant notamment de distinguer la distrbution des emballages primaires, celle des emballages de distribution, et le transport vers le lavage des emballages primaires).	6.8.1/6.9.1	Vu
d.35	MP	230	+++	Figure 123 : Scénario 13 – Système de reremplissage via poches (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)	**Contribution de la phase de distribution.** Cf. commentaire formulé sur l'annexe 5 pour ce scénarios. On s'interroge sur la vraisemblance de bénéfices nets pour la phase de distribution. Sur base de notre compréhension de ce scénario, cela nous semble impossible.	Investiguer et si besoin corriger la modélisation. Dans tous les cas, expliquer ces résultats contre-intuitifs s'ils sont confirmés	Erreur de modélisation revue pour cette dernière version du rapport	6,8	Vu, on prend acte (non vérifiable par la RC)
d.36	MP	242	+++	Figure 134 : Scénario 14 – Boîte de conserve en acier à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif)	**Impacts nets en fin de vie pour la solution boite acier malgré un R2 élevé (80%)** A la lecture de ce graphique ainsi que des résultats par grands contributeurs en annexe 5 pour la boite acier, nous sommes étonnées des résultats d'impacts pour la fin de vue des emballages primaires et regroupement (impacts nets pour tous les indicateurs) Cela surprend compte tenu du R2 que vous considérer pour la boite de conserve en cas illustratif (80%) Ce résultat est également étonnant car il est radicalement différent de ceux du rapport intermédiaire qui faisait état de bénéfices nets pour la majorité des impacts, dont le changement climatique 1/ Besoin que vous puissiez apporter davantage de détail sur cette étape de fin de vie qui regroupe plusieurs sous-contributeurs liés à la boite acier (envoi recyclage, incinération, enfouissement) et les emballages additionels (ex: détail à fournir sous excel pour le CC) 2/ Besoin de vérifier s'il peut y avoir un problème de modélisation et de nous éclairer le cas échéant sur ce problème et sa résolution		Il s'agissait d'une erreur de modélisation, revue pour cette dernière version du rapport. Aujourd'hui la fin de vie mène à des bénéfices nets pour toutes les catégories d'impact principales (exceptées les ressources minérales et métalliques).	6.10.1.2	Vu, on prend acte (non vérifiable par la RC)
d.37	MP	294	++	Section 'Enseignements ", Tendances générales liées aux catégories d'impact étudiées	Dans cette section, voir ce qui convient de maintenir comme éléments explicatifs relatif à l'indicateur d'épuisement en eau qui a été retiré des résultats restitués dans le rapport		Section enseignements retravaillée en accord avec l'ADEME. Les éléments conclusifs liés aux flux d'eau sont principalement explicités dans la section prévue à cet effet.	6.12/8	Vu
d.38	MP, CH	296-298	+++	Section 'Enseignements ". 8.2. Principaux paramètres influents	Vous écrivez qu'il est à «**considérer que l'influence représentée concerne exclusivement les paramètres soumis à variabilité (et non des données méthodologiques fixées telles que le facteur d'allocation A ou les types de transport routiers considérés»)** Il ne s'agit de «variabilité» dans l'absolu mais de variabilité compte tenu de ce que vous avez choisi d'étudier ou non dans cette étude. Par exemple, si vous aviez choisi d'étudier la variabilité liée à la provenance géographique des granulés PET (ex: Europe versus Asie, voire tel pays d'Europe versus tel autre pays), ce paramètre aurait possiblement pu se révéler être influent. En choisissant dans l'étude de systématiquement partir sur un seul profil de production (EU ou mix EU/reste du monde par exemple), vous n'êtes alors pas en capacité d'avoir un discours sur l'influence	Ajuster la rédaction	Section Enseignements retravaillée avec l'ADEME pour cette dernière version du rapport. Cette mention n'y apparait plus.	8,2	Vu, mais cette clarification est pourtant utile à de futurs lecteurs

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					de ce paramètre mais si cette variabiité existe dans la réalité de terrain.				
d.39	MP	296-298	+++	Section 'Enseignements ". Tableau 91 et 92.	Vous écrivez en tableau 91 en ce qui concerne le taux d'intégration de recyclé (R1) et le taux de recyclage (R2) : **"Leur rôle dans l'identification des points de basculement est cependant limité, d'une part parce que d'autres paramètres présentent une influence plus marquée sur les résultats de chaque option d'emballage; d'autre part parce que les gammes de valeurs associées aux données de recyclage sont souvent relativement restreintes (l'influence des paramètres étant mesurée par rapport à leur variabilité)."** Il nous semble que les enseignements sur les paramètres inflluents et en particulier sur le R1 et le R2 sont certes à analyser aux bornes d'un scénario mais également de manière plus transversale. A la lecture de cette section, mais également des tableaux signalant les paramètres influents par scénario, on peut avoir le sentiment que R1 et R2 jouent un rôle assez secondaire. Pourtant, un lecteur pourrait être étonné des tendances très différentes que vous montrez dans cette étude, en particulier dans le cas des scénarios 6 et 7 qui mettent tout deux en jeux un emballage réemployable en verre versus un emballage à usage unique en plastique (PET "bouteille" dans un cas, PS "Pot" dans l'autre). Sauf erreur de notre part, cette divergence dans les tendances mises en évidence dans la comparaison avec l'emballage en verre réemployable tient beaucoup à la capacité des emballages à usage unique en plastiques à être recyclés (filière existe ou n'existe pas ou peu, effet sur le R2) et à intégrer du recyclé (contact alimentaire ou non puisque vous considérez uniquement du recyclé mécanique avec contenu physique en recyclé). Il nous semble que le rôle déterminant de cette réalité technique, et sa traduction en termes de R1 et de R2, mériteraient d'être davantage souligné.		Rédaction ajustée pour ne pas minorer le rôle de ces paramètres	8,2	Vu, cela nous semble effectivement un point utile pour de futurs lecteurs
d.40	MP	297	++	Section 'Enseignements ". Tableau 92 : Principaux paramètres influents des solutions d'emballages réemployables et à usage unique du volet B2 (scénarios 11 à 14)	Concernant les paramètres influents du scénario 11, vous ne mentionnez pas la masse de la caisse en PEHD alors qu'il y a quasiment un ratio de 1 à 3 entre votre valeur min et votre valeur max (en g/l) Ce paramètre n'aurait-il pas sa place, tout autant que le nombre d'utilisation de cette caisse (votre fourchette de 10 à 50 utilisations n'étant pas nécessairement le reflet des données de terrain sauf erreur) ?		Ce paramètre présente une influence à peine trop faible pour être considérée comme significative, d'après notre méthodologie. Son influence serait probablement plus marquée si la borne minimale du nombre d'utilisations était encore plus basse (et que l'influence de sa production était donc moins amortie). En l'état et pour notre modélisation, l'influence de ce paramètre de masse est légèrement moins marquée que le nombre d'utilisations ou même le ratio volumique de la caisse. Toutefois, la mention "caractéristiques de la caisse en PEhd" a été préférée dans les tableaux de paramètres influents.		Vu
d.41	MP	299	++		Vous écrivez "**L'analyse réalisée quant aux risques liés aux déchets sauvages indique cependant que l'option à usage unique en PET présenterait des impacts plus importants à l'égard de la biodiversité que l'option réemployable en verre**" La référence à la "biodiversité" est trop englobante, bien d'autres facteurs devant être pris en compte pour évaluer les atteintes aux écosystèmes. Recentrer le point sur les atteintes aux écosystèmes en lien avec l'abandon des déchets (ex: écosystèmes marins).		Section Enseignements retravaillée avec l'ADEME pour cette dernière version du rapport. Cette mention n'y apparait plus.	8.4.1	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
d.42	MP	328	+++	Tableau 107 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact - Scénario 6	**Etape de distribution : bouteille PET usage unique (scénarios 6, 11, 12 et 14)** Nous réitérons un commentaire déjà formulé sur le rapport intermédiaire concernant les ordres de grandeur d'impact pour la phase de distribution dans le cas de la bouteile à usage unique qui est étudiée dans plusieurs scénarios. Ce point n'a pas été discuté lors de la réunion d'échange sur le rapport intermédiaires et la réponse au commentaire qui a été fournie reste vague et ne lève pas nos interrogations. Le point est le suivant et concerne l'impact CC : - Scénario 6 : 2.19E-3 kg eq CO2/UF - Scénario 11 : 1.00 E-2 kg eq CO2/UF selon votre excel (!attention, tableau 112 du rapport final provisoire revu mentionne 2.13E-3 mais cette valeur n'est pas celle de l'excel !) - Scénario 12 : 1.00 E-2 kg eq CO2/UF selon votre excel (!attention, tableau 113 du rapport final provisoire mentionne 8.85 E-0 mais cette valeur n'est pas celle de l'excel !) - Scénario 13 : 1.05 E-2 1/ Besoin de vérifier la cohérence entre les résutats générés via vos modélisations et les résultats exploités et restitués dans le rapport 2/ Pourquoi des ordres de grandeur si différents entre scénarion 6 et autres scénarios pour la bouteille PET à usage unique (même ratio volumique pour tous ces scénarios) ? 3/ Peut-il y avoir une erreur de modélisation dans le scénario 6, auquel cas cette erreur concerne-t-elle également les 1000 itérations faites pour ce scénario ?	Fournir les explications détaillées permettant de comprendre les écarts, et leur caractère justifié ou non.	Cette différence découlait de la mise à jour du modèle entre les volets B1 et B2. Les résultats ont été revus pour cette dernière version du rapport.	6/9.5	Vu, mais explication peu claire
d.43	MP	353	+++	Annexe 5. Scénario 11, dont Tableau 112 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 11	**Scénario 11 : écarts de résultats entre le tableau 112 et les résultats détaillés transmis en complément via fichier Excel (lignes 25 à 54)** Pour le scénario Usage unique, on note des écarts pour le changement climatique : - Distribution : 1.00 E-2 dans l'excel mais 2.13E-3 dans le tableau 112 - Fin de vie emballage I et regroupement A vérifier pour vos soins pour les autres indicateurs NB : Graphiques à mettre à jour, les données correctes étant, selon votre message du 5 juin, celles transmises via l'Excel Autre remarque : modifier votre tableau en indiquant «15 utilisations» et non «20 utilisations» pour ce scénario qui concerne du PET réemployable	La revue des précédentes versions du rapport montre des problèmes récurrents de restitution des résultats détaillés accessibles dans le rapport (problème d'import ou autres) Nécessité d'une revue exhaustive de votre part pour garantir que les tableaux fournis dans le rapport sont bien fidèles aux résultats générés via vos modélisations. <u>Ce commentaire est valable pour tous les scénarios et tous les indicateurs restitués.</u>	Les résultats ont été revus pour cette dernière version du rapport.	6/9.5	Vu, on prend acte (non vérifié par la RC)
d.44	MP	353	+++	Annexe 5. Tableau 112 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 11	**Scénario 11 : cohérence des contributions bouteilles réemployables versus caisse PEHD - Phase de production des emballages** Compte tenu des données descriptives que vous considérez pour les cas illustratifs de ce scénario (bouteille réemployable de 69 g/l, R1 de 0%, R2 de 77% (5 ut.) ou 95% (15 ut.) / Caisse PEHD de 207 g/l, 30 utilisations, R1 de 0%, R2, de 22%), nous nous interrogeons sur certains résultats (centrés sur CC). Cas 15 utilisations : la masse de la bouteille PET/UF est à diviser par 15, soit 4.6 g/UF. La masse de la caisse PEHD est de 6.9 g/UF (207/30). A la lecture de votre résultat pour la phase de production, on constate une contribution aux impacts nettement supérieure pour la bouteille. Ramenée par kg d'emballages, l'impact de la production est de l'ordre de 6.15 kg eq CO2/kg de bouteille PET réemployable (contre 4.6 kg eq CO2/kg de bouteille UU d'après votre Excel) et de 2.8 kg eq CO2/kg de caisse PEHD. 1/ Pourriez-vous apporter davantage de détails par postes contributeur (granulés, procédés, transports) sur la modélisation effectuée pour la bouteille PET et pour la caisse PEHD car : 1) l'impact unitaire pour la bouteille PET réemployable nous semble élevé, 2) l'écart d'ordre de grandeur entre ces deux emballages plastiques nous semble très important, sachant que vous avez	En fonction de la confirmation des contributions de la caisse PEHD aux résultats : réinterroger le besoin de tenir compte de fourchette de valeurs potentielles pour le R1 (0% actuellement) Discuter de l'utilité de basculer en ei v 3.10 Réviser la modélisation (ex: provenance géographique du PEHD ? Ex: quid d'une part d'import hors EU comme pour le PET ?)	Discuté en réunion d'échange : Un R1 évoluant entre 0 et 50% a été considéré pour cette version du rapport. En accord avec l'ADEME, il n'a cependant pas été considéré d'approvisionnement géographique spécifique pour le PEhd (cohérence avec le scope de base de l'étude pour les emballages de regroupement notamment), ni d'avoir recours à des données EI 3.10 (ce besoin ayant été identifié spécifiquement pour le PET, en raison des évolutions notables de contributions suite à la mise à jour, et du fait qu'il s'agit d'un matériau constitutif d'emballages primaires de nombreux scénarios).	5.3.2	Vu

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					considéré un R1 de 0% pour ces deux emballages. NB : à titre de point de repère, dans l'étude MEM, ils étaient à moins de 4 kg eq CO2/kg de bouteille PET vierge avec représentativité RER et ei 3.7 2/ Nous nous questionnons sur le choix de considérer une valeur de R1 de 0% pour la caisse PEHD. La masse de caisse par UF étant significative en comparaison de la masse de bouteille, ce choix n'est pas anodin. Est-on certain de cette absence d'intégration ? Pourquoi ne pas procéder par fourchette dans le cas de ce scénario ? 3/ La contribution de la caisse PEHD aux résultats pose la question du choix de la version ecoinvent pour l'inventaire de production du granulé PEHD. Comme pour le PET, il y a une importante différence d'impact unitaire entre la version 3.9.1 et la version 3.10 4/ Nous avons bien noté la limite indiquée quant aux problèmes pouvant être engendrés par un R1 important pour la bouteille réemployable. Toutefois, votre choix de considérer un R1 de zéro est fort. Discuter de la possibilité de considérer une analyse de sensibilité pour voir dans quelle mesure ce choix est conditionnant pour les «points de basculement» ?				
d.45	MP	353	+++	Tableau 112 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 11	**Scénario 11 : cohérence des contributions bouteilles réemployables versus caisse PEHD - Fin de vie des emballages** Pour le scénario avec réemploi, on remarque que pour l'indicateur changement climatique vous calculez, en fin de vie, non pas un bénéfice net mais un impact net. Cette tendance est différente du cas de la bouteille UU. Toutefois, les résultats mis à notre disposition agrègent la contribution de la bouteille PET et celle de la caisse PEHD. 1/ Pourriez-vous distinguer la contribution de la bouteille PET de celles des autres emballages (dont caisse) pour présentation au comité de RC mais également pour les lecteurs. A date, nous n'avons pas identifié dans le rapport de commentaire permettant de comprendre pourquoi vous obtenez des valeurs d'impacts nets pour ce scénario. Ceci pourrait étonner un lecteur étant donné les R2 considérés pour la bouteille (77% pour 5 ut et 95% pour 15 ut.) 2/ Confirmez-vous que les résultats que vous calculez (impact net plus important pour 15 utilisations que pour 5 utilisations) s'expliquent par la contribution de la fin de vie de la caisse pour laquelle pour avez considéré un R2 unique de 22%. ? Il nous semble que cette valeur de R2 à 22% mérite d'être questionnée et que la pertinence de considérer non pas une valeur unique mais une fourchette se pose. A discuter.	En fonction de la confirmation des contributions de la caisse PEHD aux résultats : réinterroger le besoin de tenir compte de fourchette de valeurs potentielles pour le R2 (22% actuellement mais valeur moyenne tous emballages industriels plastiques)	Discuté en réunion d'échange : un R2 évoluant entre 22 et 90% a été choisi pour cette dernière version du rapport. Les impacts de fin de vie correspondent maintenant à des bénéfices nets.		Vu
d.46	MP	354	+++	Annexe 5. Scénario 12	**Modélisation du lavage pour le scénario 12 concernant la bonbonne PET** Selon les indicateurs, la contribution aux impacts du «lavage» est entre 2 et 4 fois plus importante que dans le cas du scénario 13, ces deux scénarios se distinguant par le lavage de la bonbonne PET réemployable (concerne le sc 12 uniquement) A la lumière de ce constat, nous nous interrogeons sur la modélisation du lavage de la bonbonne PET qui se distingue d'une bouteille «emballage UVC» par sa contenance (par ex, majorité de bonbonne de 19 l dans l'échantillonnage vous ayant permis d'établir les valeurs de masse) Sauf mauvaise compréhension de notre part, nous comprenons que la même modélisation du lavage a été appliquée en terme de consommations par UF (ie par litre de boisson) que l'on soit sur une bouteille UVC (0.5 à 2 litres) ou sur une bonbonne	Argumentation à renforcer si la modélisation actuelle devait être conservée.	Discuté en réunion d'échange. En l'absence de données de lavage spécifiques, il a été considéré de diviser les consommations d'eau et d'électricité par deux pour ces emballages, par rapport aux consommations associées aux bouteilles. Un point d'attention a été ajouté dans ce sens dans la section consacrée à la modélisation du lavage.	5.6.3	Vu, approche simplifiée adoptée Ok compte tenu du timing ne permettant plus une collecte de données

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					(contenance non explicite dans le rapport mais échantillonnage de bonbonnes de 19 l) Cette similarité nous interroge. En effet, compte tenu de la (très large) fourchette de consommation d'eau que vous considérez (0.06 l/l à 1.6 l/l), cela nous amène à un besoin en eau allant de 1.15 litre à 30.5 litres pour laver une bonbonne. Nous nous questionnons sur la plausibilité d'une consommation de plusieurs dizaines de litres par laver une telle bonbonne. Quelle est l'analyse des experts du lavage sur ce point précis ?				
d.47	MP	354	++	Annexe 5. Scénario 12	**Epuisement des ressources minérales/métalliques - contribution de l'étape de lavage pour le scénario 12** Qu'est ce qui explique cette contribution importante de l'étape de lavage pour cet indicateur ? En particulier, quels sont les contributeurs et les flux élémentaires en jeu ? Compte tenu de votre modélisation et de ses éventuelles limites, considérez-vous ce résultat comme robuste et pourquoi ?	Vérifier la modélisation / enrichir l'interprétation	Discuté en réunion d'échange, étant donnée la faible robustesse des résultats pour cet indicateur (liée à des incertitudes dans la modélisation des infrastructures de transport et de lavage notamment), il a été retiré de l'analyse des résultats principaux (excepté pour les scénarios 10 et 14)	9,5	Vu arbitrage RDC/ADEME
d.48	MP	358	+++	Annexe 5. Tableau 113 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 12	**Production de l'emballage de distribution** 1/ Selon l'excel transmis à la RC en complément du rapport, l'impact changement climatique de production de la bonbonne PET est de 1.05E-02 kg eq CO2/UF. Pour cet indicateur, le total de la phase «Production de l'emballage de distribution» étant de 1.49E-2, à quoi correspond la différence ? S'agit-il du bouchon de la bonbonne ? Autre ? Merci de clarifier 2/ Si la valeur de 1.05E-02 correspond strictement au corps de la bonbonne en PET (36 g/l et 25 utilisations en cas illustratif), cela implique un impact de production de plus de 7 kg eq CO2/kg de bonbonne PET (1,05E-2/(36/25/1000). Cela nous semble beaucoup. Merci de nous éclairer. 3/ Nous renouvelons la remarque formulée après lecture du rapport intermédiaire en ce qui concerne le bénéfice de fin de vie de l'emballage de distribution (ici la bonbonne et son bouchon) qui nous semble faible en comparaison de son étape de production compte tenu des R2 de 95% pour la bonbonne et 90% pour son bouchon. Vos valeurs : -9.88E-04 en FdV et 1.49E-02 en production (7%) A titre de point de repère. Bouteille PET UU avec son système de fermeture et son emballage de regroupement : -1.09E-02 en fin de vie et 1.11E-1 en production (10%) alors que les R2 sont beaucoup plus faibles (81% pour la bouteille et son bouchon) Nous souhaitons comprendre cette différence a priori contre-intuitive mais pour laquelle nous ne pouvons pas aller plus loin sur base des seuls résultats accessibles dans le rapport ou même dans l'Excel fourni NB : commentaire réitéré car réponse au commentaire précédent peu précise et peu pertinente, la fin de vie comme la production étant amorties sur le nombre d'utilisations («Adapté en seconde itération. Le bénéfice de fin de vie est amorti par le nombre d'utilisations élevé de l'emballage»)		Discuté en réunion d'échange : 1 cet écart est bien lié majoritairement au bouchon, et dans une moindre mesure, au transport à l'étape d'approvisionnement. 2 Une erreur dans la modélisation menait à ce résultat incohérent. Les résultats ont été revus pour cette dernière itération de calcul. 3 Les résultats ont été revus après intégration d'EI3.9.1 à la modélisation de la bonbonne PET, et mènent aujourd'hui à un évitement avoisinant 20% des impacts de production	9,5	Vu
d.49	MP	363	+++	Annexe 5. Tableau 114 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 13	**Les résultats de ce scénario pour la phase de distribution dans le cas de la solution réemployable nous interrogent : comment expliquer les résultats négatifs (donc des bénéfices) pour la phase de distribution ?** 1/ Cette phase englobant plusieurs postes (distribution des poches ? Tout le cycle de vie des fontaines semble-t-il, transport des bouteilles réemployables vides vers les centres de distribution ?), un premier point de clarification est de comprendre quels postes sont effectivement pris en compte et leurs contributions respectives aux résultats d'impacts de cette phase.		Discuté en réunion d'échange : la déclinaison des phases dans le modèle et le rapport a été clarifiée pour cette itération de calculs. La phase de distribution présente dorénavant un impact net positif. La notion de distribution des emballages primaires fait référence au transport initial des	9,5	Vu, on prend acte (non vérifié par la RC)

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					2/ Ensuite, comment expliquez-vous ces impacts négatifs sur plusieurs indicateurs (CC, particules, ozone photochimique) ? Cela nous questionne sur la modélisation réalisée des étapes de transport de la poche ou encore sur la modélisation de la fontaine. 3/ Comment expliquez-vous que ce résultat varie alors que le nombre d'utilisations de la bouteille en verre ne devrait pas avoir d'influence sur cette phase sauf mauvaise compréhension de notre part ? 4/ Il faudrait également que vous puissiez expliquer pourquoi cette phase contribue autant à l'indicateur d'épuisement des ressources minérales et vous assurer qu'il s'agit d'un résultat suffisamment solide. 5/ Distinguer la distribution au sens «logistique» et la distribution au sens «équipements des magasins» est une piste à envisager pour davantage de clarté ou alors prévoir un tableau additionnel pour «éclater» en sous-postes les étapes qui englobent plusieurs contributeurs de nature différente.		bouteilles en verre neuves vers le point de vente, après quoi le transport correspond à d'autres étapes de cycle de vie. Cette étape de distribution des emballages primaires est donc amortie au fil des utilisations.		
d.50	MP, CH	380	++	Annexe 6. Incertitude sur les données d'inventaire	De manière générale, nous trouvons très optimiste les évaluations à dire d'experts concluant sur une «incertitude faible» (cf. votre tableau), en particulier concernant la production des matériaux constitutifs des emballages. Il peut y avoir un écart important entre les représentativités (géographique, technologique et temporelle) nécessaires aux scénarios de l'étude et celles relatives aux ICV d'arrière-plan in fine utilisés (sources eoinvent ou FEVE) En l'absence de ruptures technologiques majeures, on peut malgré tout avoir des écarts d'impacts significatifs entre deux périodes temporelles de production d'inventaires (les inventaires FEVE sont tout de même basés sur des données 2012 pour un horizon temporel d'étude à 2025 et même 2030) Pour certains matériaux, les ICV ecoinvent que vous utilisez ne sont pas toujours basés sur un échantillonnage de sites industriels avec un fort taux de couverture (ex: cas de l'acier qui n'est d'ailleurs pas mentionné dans votre tableau alors que le scénario 14 implique une boite de conserve en acier) Au-delà de la production des matériaux semi-finis (ex: lingot acier), la revue des modélisations de cette étude a également montré l'importance de représenter de manière adéquate la succession des procédés pour arriver à des emballages tels que les canettes alu ou les boites acier. Cet aspect n'est pas restitué à proprement parlé et donc évalué pour ces types d'emballages (et ne devrait pas donné lieu à une incertitude faible selon nous) Pour la fin de vie des plastiques, votre tableau semble ne pas tenir compte du fait que les ICV du SRP ont été utilisés pour le cas de la France. En résumé, notre analyse est que cette évaluation sous-estime probablement les incertitudes associées aux choix des données d'inventaires, qu'il s'agisse de la production des matériaux semi-finis ou des procédés.		Cette annexe étant initialement produite pour répondre au besoin de prise en compte des incertitudes, nous suggérons de la retirer du rapport (ces éléments étant maintenant traités en section 6.11)		Vu
d.51	MP	405	++	Annexe 9 : Synthèse des flux de matière en fin de vie	Cette annexe est a priori à revoir compte tenu du changement d'approche entre les deux dernières version du rapport concernant la détermination des R2 De plus, elle ne contient pas à date de données sur les scénarios du volet B2		Discuté en réunion d'échange : section supprimée car jugée obsolète et incomplète		Vu
d.52	CH, MP	418	++	Annexe 14 : Evaluation de l'incertitude liée aux modèles associés aux méthodes de caractérisation des impacts	Pour les deux scénarios pour lesquels la démarche de prise en compte des incertitudes liées aux méthodes de caractérisation a été conduite, le lecteur devrait pouvoir lire à un même endroit les valeurs des points de bascule «avec» et «sans» leur prise en compte plutôt que de devoir faire l'effort de se reporter plusieurs dizaines de pages avant		Discuté en réunion d'échange : la comparaison a été explicitée, mais n'est plus présentée sous forme d'un diagramme en arbre.	6,11	Vu, on prend acte des arbitrages ADEME

N°	Auteur	Page	Impor-tance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
d.54	MP	425	++	Tableau 142 : Scénario 14 – Synthèse des données d'inventaires considérées et des hypothèses de modélisation pour chaque étape de production des boîtes de conserve en acier	**Production des boites trois pièces** Les valeurs des données d'activité (consommation de chaleur, consommation d'électricité, mix de ces énergies) ne sont pas restitués dans le rapport, ce qui ne permet pas de juger de leur plausibilité 1/ Comme cela a été fait pour le production de la canette alu (scénario 10), merci de rendre compte de ces données d'activité et choix d'iventaires		Les étapes de transformation sont utilisées sous forme de LCIA découlant de données confidentielles (Metal Packaging Europe). Leur mention est cependant ajoutée dans le tableau, ainsi que les flux qui sont pris en compte.	5.3.1.1	Vu, données non mise à disposition de la RC
d.55	CH, MP	427	+++	La description de la donnée tin plating, pieces du rapport ecoinvent N°7 ne mentionne pas avec précision si le revêtement est appliqué sur les deux faces de la feuille d'acier. Afin de prendre une hypothèse conservatrice, nous avons considéré qu'une seule face était prise en compte. Etc..	**Production des boites acier trois pièces** En complément des échanges dédiés qui ont eu lieu suite au commentaire formulé sur le rapport intermédiaire, il reste un point à clarifier sur la façon de mobiliser l'inventaire Tin plating Nous remettons ici le point soulevé par Charlotte le 30/05 : «Juste un point à modifier (sauf si erreur de mon côté) sur le calcul de la surface qui correspond à 1 kg d'acier en 0,2 mm d'épaisseur, pour laquelle il y a une coquille d'un facteur 10 : «1kg de feuille d'acier de 0.2mm est la suivante : 1/(7800*2/1000) = 0.064 m2» => «1kg de feuille d'acier de 0.2mm est la suivante : 1/(7800*0,2/1000) = 0.64 m2» 1/ Merci de faire part de votre retour sur le point soulevé 2/ Nous partager les résultats mis à jour pour ce scénario le cas échéant		Les résultats ont été mis à jour en prenant bien en compte une surface de 0.64 m2 étamée pour 1kg de feuille d'acier de 0.2 mm.	5.3.1.1	Vu

Références bibliographiques

1. ADEME (2010) « Emballages industriels : évaluation environnementale, économique et sociale de l'intérêt comparé entre réutilisation et usage unique. Volet emballages réutilisables en cafés, hôtels et restaurants. »
2. ADEME (2018) « Analyse du cycle de vie de dispositifs de réemploi ou réutilisation (BtoC) d'emballages ménagers en verre. »
3. ADEME (2019) "ACV comparative de sacs destines à l'emballage de marchandises au point de vente autres que les sacs de caisse"
4. ADEME (2021) « Consigne pour réemploi et recyclage des bouteilles de boissons. »
5. ADEME (2021) « Etudes ADEME relatives à la collecte des bouteilles plastique de boisson et à la consigne pour réemploi et recyclage des bouteilles de boisson : Notes de position des acteurs »
6. ADEME (2021) « Empreinte projet : évaluer l'empreinte environnementale d'un projet »
7. ADEME (2021) "Identification des alternatives aux emballages plastiques à usage unique"
8. ADEME (2021) « Réemploi et substitution des emballages plastiques : état des lieux »
9. ADEME (2021) "Un benchmark international des dispositifs de réemploi ou réutilisation et/ou de substitution des emballages plastiques à usage unique"
10. ADEME (2022) « Cadre de référence - ACV comparative entre différentes solutions d'emballages »
11. ADEME (2022) « Réemploi des emballages et alternatives aux emballages plastiques à usage unique »
12. ADEME (2022) Mesures, pesées ou calculs réalisés par l'ADEME ou collectés via le Comité de Suivi de l'étude
13. ADEME (2023) « Tableau de bord - Emballages des ménages - 2023 » (modifié avec les nouvelles règles de calcul de la commission européenne, décision (UE) 2019/665), accessible sur https://filieres-rep.ademe.fr/ressources/ressources_par_filiere
14. ADEME (2022) « Valorisation des emballages en France - Données 2020 - Directive 94/62/CE modifiée relative aux emballages et aux déchets d'emballages »
15. ADEME (2023) « Valorisation des emballages en France - Données 2021 »
16. ADEME (2021) « Verre, mémo d'analyse des enjeux de décarbonation du secteur »
17. ADEME (2023) « Etude du potentiel d'amélioration du recyclage des métaux en France »
18. APEAL (2023) Packaging and packaging waste regulation (PPWR) proposal
19. Base de données ecoinvent 3.9.1 (2022)
20. Barabasz W., Albinska D., Jaskowska M., Lipiec J. (2002) Ecotoxicology of Aluminium
21. Botté et al. (2022). Aluminium in aquatic environments: abundance and ecotoxicological impacts.
22. Boulay et al. (2018) The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints : assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE).
23. Cariou et al. (2022). Thorough investigation of non-volatile substances extractible from inner coatings of metallic cans and their occurrence in the canned vegetables.
24. Charte d'Engagements « Verre 100% solutions » (2019)
25. CITEO (2018) « Gisement des emballages de la consommation hors domicile »
26. CITEO (2020) « Journées R&D - FAQ Pots & Barquettes »

27. CITEO (2021) « Vers une définition des gammes standards réemployables »
28. CITEO (2022) « Les chiffres du recyclage en France »
29. CITEO (2024) Communication de données de terrain
30. Code de l'Environnement, France (2023)
31. Comité National Routier (2023) Enquête Longue Distance 2022
32. Conseil National de l'Emballage (2016) « Emballages et consigne : Panorama des systèmes de réemploi »
33. COTREP (2016) « Recyclabilité des emballages en plastique »
34. CTCPA (2024) Projet Pack
35. Dhaka, V., Singh, S., Anil, A.G. *et al.* (2022) Occurrence, toxicity and remediation of polyethylene terephthalate plastics. A review.
36. Deroche (2009) « Bilan environnemental de la bouteille en verre consigné « 75 cl Alsace » commercialisée dans l'Est de la France par comparaison avec une bouteille en verre à usage unique »
37. Echanges lors de la réalisation de l'étude avec différentes parties prenantes (CCEP, CITEO, SIDEL, ELIPSO, SNFBM)
38. ELIPSO (2024) Communication de données de terrain
39. Eunomia (2022) PET Market in Europe: State of Play 2022
40. European Commission (2010) ILCD Handbook; General guidance for Life Cycle Assessment – Detailed guidance
41. European Commission (2021) COMMISSION RECOMMENDATION of 16.12.2021 on the use of the Environmental Footprint methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations (Annex C)
42. European Commission (2022) Eurostat database
43. European Environment Agency (2018) COPERT 5
44. Fédération Nationale des Boissons (2023) Communication de données de terrain
45. Fondation Ellen Macarthur (2016) "Pour une nouvelle économie des plastiques"
46. Gallo et al. (2020). Marine Litter Plastics and Microplastics and Their Toxic Chemicals Components
47. GIZ (2022). Assessing the role and impact of EPR in the prevention of marine Plastic Packaging Litter.
48. González-Fernández et al. (2021). Floating macrolitter leaked from Europe into the ocean.
49. Grant, T., and Berenyi T, (2021) Life Cycle Assessment of the Return and Earn Container Deposit Scheme, Lifecycles, September 2021, Melbourne.
50. Hardesty et al. (2021). Socioeconomics effects on global hotspots of common debris items on land and the seafloor.
51. Herrman M. (2014) "Packaging – Materials review"
52. Institut Economie Circulaire (2022) "Fiche Acier"
53. KOPO (2011) « Analyse de cycle de vie de gobelets réutilisables, jetables et biosourcés. »
54. Lausanne Polytechnique (2009) « Analyse de cycle de vie - gobelets jetables, réutilisables, recyclables. »
55. Mata, T.M., Costa, C.A.V (2001) Life cycle assessment of different reuse percentages for glass beer bottles
56. Metal Packaging Europe (2019) "Life Cycle Assessment of Aluminium Beverage Cans in Europe"

57. Ministère de la Transition Ecologique (2021) Chiffres clés des énergies renouvelables
58. Modélisation EcoTransit (2022)
59. Morales-Caselles (2021). An inshore–offshore sorting system revealed from global classification of ocean litter.
60. Öko-Institut e.V (2011) Preparatory Studies for Eco-design Requirements of Energy-using products – Lot 24 : Professional Washing Machines, Dryers and Dishwashers
61. PEF/OEF (2018) “Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs) : Packed water.”
62. PERIFEM (2023) Communication de données de terrain
63. PETAINER (2024) Communication de données de terrain
64. PNUE (2021). De la pollution à la solution. Une évaluation mondiale des déchets marins et de la pollution plastique.
65. Projet de Règlement emballages (Union Européenne)
66. Quantis (2020) “Plastic Leak Project: Methodological Guidelines”
67. Quantis (2022) “Comparative Life Cycle Assessment of different water containers”
68. RDC Environment (2022) Mesures, pesées, résultats ou hypothèses issus des travaux de RDC Environment.
69. Recy-Québec (2015) « Mise à jour d’une analyse de cycle de vie de emballages primaires de bières au Québec. »
70. Réseau Consigne (2022) « Boissons : Comment passer au réemploi? »
71. SIDEL (2024) Communication de données de terrain
72. Site web « https ://energieplus-lesite.be », consulté en décembre 2022
73. Site web « https ://www.cedre.info/recycler-au-bureau/canettes/ », consulté en décembre 2022.
74. Site web « lecomptoirdubrasseur.fr », consulté en décembre 2022
75. Site web « https://agrifournitures.fr/ », consulté en mars 2024
76. Site web « https://blog.alpla.com/en/blog/products-innovation/protecting-climate-reusable-pet-packaging », consulté en mars 2024
77. Site web « www.amazon.com », consulté en décembre 2022.
78. Site web « www.appenzellerbier.ch », consulté en novembre 2022.
79. Site web « www.berlingpackaging.eu » consulté en mars 2024.
80. Site web « www.bewustpuur.nl », consulté en décembre 2022.
81. Site web « www.bol.com », consulté en décembre 2022.
82. Site web « www.brasser-sa-biere.fr », consulté en novembre 2022.
83. Site web « www.btobeer.com », consulté en novembre 2022
84. Site web “www.cabby.fr/transport/transport-de-vin-en-vrac-en-europe/”, consulté en avril 2023
85. Site web « www.cater4you.co.uk », consulté en décembre 2022.
86. Site web “ www.dekantoorvakhandel.nl ”, consulté en février 2024
87. Site web “ www.digisystem.com”, consulté en février 2023
88. Site web “www.ecovend.com”, consulté en février 2023
89. Site web « www.ggmgastro.com », consulté en décembre 2022.
90. Site web « www.glas-shop.be », consulté en décembre 2022.
91. Site web « www.globalsupply.fr », consulté en février 2024

92. Site web “www.incomrecycle-rvm.com”, consulté en février 2023
93. Site web “www.jumpshare.com”, consulté en février 2023
94. Site web « www.lafab-pack.fr », consulté en décembre 2022
95. Site web « www.lecomptoirdubrasseur.fr », consulté en novembre 2022.
96. Site web « www.lsa-conso.fr », consulté en décembre 2022.
97. Site web « www.nisbets.be », consulté en décembre 2022.
98. Site web « https://o-chwette-boissons.com », consulté en mars 2024
99. Site web “ www.raja.fr/stockage-manutention-securite/bacs-et-caisses/bacs-navette/”, consulté en mai 2023
100. Site web “ www.arcoroc.com,” consulté en Juillet 2023
101. Site web “https://www.edf.fr/la-centrale-nucleaire-de-chooz/”, consulté en Août 2023
102. Sphera (2021) Life Cycle Assessment of North American Aluminium Cans
103. Stratégie 3R (Réduction, Réemploi, Recyclage) pour les emballages en plastique à usage unique (2022)
104. Stefanini, R., Borghesi, G., Ronzano, A. *et al.* (2021) Plastic or glass: a new environmental assessment with a marine litter indicator for the comparison of pasteurized milk bottles
105. Syndifrais (2021) « Des pots de yaourt en polystyrène recyclé, c’est possible! »
106. Valipac (2019) « Panorama des poids de référence des emballages industriels »
107. Verones (2024). Life Cycle Assessment and biodiversité impacts, LCN webinar, April 11th 2024.
108. Verralia (2021) Rapport de Responsabilité Sociétale d’Entreprise
109. Woods et al. (2016). Towards a meaningful assessment of marine ecological impacts in life cycle assessment (LCA).
110. Zampori, L. and Pant, R. (2019) “Suggestions for updating the Product Environmental Footprint (PEF) method”

TABLEAUX

Tableau 1 : Exemple simplifié de caractérisation des impacts pour la catégorie d'impacts « changement climatique » 21
Tableau 2 : Récapitulatif des principales caractéristiques des scénarios du volet B1 de l'étude 25
Tableau 3 : Fiche descriptive du scénario 6 – volet B1 27
Tableau 4 : Fiche descriptive du scénario 7 – volet B1 28
Tableau 5 : Fiche descriptive du scénario 8 – volet B1 29
Tableau 6 : Fiche descriptive du scénario 9 – volet B1 30
Tableau 7 : Fiche descriptive du scénario 10 – volet B1 31
Tableau 8 : Récapitulatif des principales caractéristiques des scénarios du volet B2 de l'étude 33
Tableau 9 : Fiche descriptive du scénario 11 – volet B2 34
Tableau 10 : Fiche descriptive du scénario 12 – volet B2 36
Tableau 11 : Fiche descriptive du scénario 13 – volet B2 37
Tableau 12 : Fiche descriptive du scénario 14 – volet B2 38
Tableau 13 : Catégories de produits majoritairement concernées de chaque scénario – Volet B 39
Tableau 14 : Questionnement menant à la définition de l'unité fonctionnelle 40
Tableau 15 : Catégories d'impacts potentiels étudiées 60
Tableau 16 : Nombres d'utilisations considérés pour les emballages primaires, de regroupement et de transport 73
Tableau 17 : Données liées à la production des emballages primaires (volet B1 – Scénarios 6 à 10) 76
Tableau 18 : Données liées à la production des emballages primaires (volet B2 – Scénarios 11 à 14) 78
Tableau 19 : Données liées à la production des systèmes de fermeture (volet B1 – Scénarios 6 à 10) 81
Tableau 20 : Données liées à la production des systèmes de fermeture (volet B2 – Scénarios 11 à 14) 82
Tableau 21 : Valeurs de taux d'incorporation de recyclé pour les emballages primaires et leurs systèmes de fermeture 85
Tableau 22 : Données liées aux emballages de transport 86
Tableau 23 : Données liées à la production des emballages de regroupement 88
Tableau 24 : Modélisation des fontaines pour reremplissage (scénarios 12 et 13) 89
Tableau 25 : Gammes de valeurs considérées pour les ratios volumiques et taux de chargement des emballages (volet B1 – Scénarios 6 à 10) 91
Tableau 26 : Gammes de valeurs considérées pour les ratios volumiques et taux de chargement des emballages (volet B2 – Scénarios 11 à 14) 92
Tableau 27 : Valeurs du facteur de désoptimisation (FD) lié aux contraintes logistiques, selon les étapes de transport 93
Tableau 28 : Répartition des différentes normes d'émissions telle que modélisée (Estimation basée sur les données d'âge des véhicules en Europe[41]) 98
Tableau 29 : Types de routes empruntées par les camions modélisés, selon les étapes de transport 99
Tableau 30 : Modélisation des types de camions sur base des surfaces de vente 101
Tableau 31 : Données clés de la logistique de distribution, ou logistique aller[68] 103
Tableau 32 : Modélisation de la déconsignation automatique via RVM 106
Tableau 33 : Consommations par unité fonctionnelle liées au prélavage à la main par le consommateur[68] 108
Tableau 34 : Consommations par unité fonctionnelle liées au prélavage en machine par le consommateur[68] ... 109
Tableau 35 : Consommations par unité fonctionnelle liées au lavage en machine par le restaurateur[68] 109
Tableau 36 : Consommations de lavage industriel des emballages en verre, établies sur base des données collectées 110
Tableau 37 : Consommations de lavage industriel des emballages en PET, établies sur base des données collectées 111
Tableau 38 : Composition du détergent de lavage modélisé (modélisation A) 111
Tableau 39 : Composition du détergent de lavage modélisé (modélisation B) 112
Tableau 40 : Composition du produit de rinçage modélisé 112
Tableau 41 : Modélisation des infrastructures de lavage 113
Tableau 42 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les emballages primaires et systèmes de fermeture 117
Tableau 43 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les emballages additionnels 118
Tableau 44 : Valeurs utilisées pour les taux d'incinération, de revalorisation énergétique et de stockage [10] 118
Tableau 45 : Taux de substitution aux matières premières d'origine vierge 120
Tableau 46 : Procédés d'inventaire modélisant la fin de vie de l'emballage primaire et des systèmes de fermeture 121
Tableau 47 : proportions du recyclage d'emballages primaires en France et hors France 122
Tableau 48 : Procédés d'inventaire modélisant la fin de vie des emballages de regroupement et de transport .. 123
Tableau 49 : Valeurs de degrés d'impureté en fin de vie pour les différents matériaux considérés [10] 124
Tableau 50 : Bilan des données d'emballages pour les options réemployables et à usage unique des différents scénarios (R = Option réemployable; U = Option à usage unique; R1 = Taux d'incorporation de matière recyclée; R2 = Taux de recyclage; CI = Cas illustratif ; Bout. = Bouteille; Barq. = Barquette; Can. = Canette; NA = Non applicable; * = masse exprimée en g/L; ** = les valeurs exprimées pour les données de recyclage liées aux systèmes de fermeture hybrides sont issues d'une moyenne pondérée de leurs différents constituants) 125
Tableau 51 : Bilan des données logistiques pour le scénario 6 (emb.reg. = emballage de regroupement ; R = Option réemployable; U = Option à usage unique; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides) 127

Tableau 52 : Bilan des données logistiques pour le scénario 7 (emb.reg. = emballage de regroupement ; R = Option réemployable; U = Option à usage unique; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides) 128
Tableau 53 : Bilan des données logistiques pour le scénario 8 (R = Option réemployable; U = Option à usage unique; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides) 129
Tableau 54 : Bilan des données logistiques pour le scénario 9 (R = Option réemployable; U = Option à usage unique; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides) 129
Tableau 55 : Bilan des données logistiques pour le scénario 10 (emb. prim.= emballage primaire ; emb.reg. = emballage de regroupement ; R = Option réemployable; U = Option à usage unique; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides) 130
Tableau 56 : Bilan des données logistiques pour le scénario 11 (emb.reg. = emballage de regroupement ; R = Option réemployable ; U = Option à usage unique ; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides) 131
Tableau 57 : Bilan des données logistiques pour le scénario 12 (emb. prim.= emballage primaire ; emb.reg. = emballage de regroupement ; R = Option réemployable primaire ; R.dist = Emballage de distribution de l'option réemployable ; U = Option à usage unique; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides) 132
Tableau 58 : Bilan des données logistiques pour le scénario 13 (emb. prim.= emballage primaire ; emb.reg. = emballage de regroupement ; R = Option réemployable primaire ; R.dist = Emballage de distribution de l'option réemployable ; U = Option à usage unique ; BiB = Bag-in-Box ; CI = Valeur de cas illustratif; Urb = transport urbain; VR = transport par voies rapides) 133
Tableau 59 : Bilan des données logistiques pour le scénario 14 (emb.reg. = emballage de regroupement ; R = Option réemployable ; U = Option à usage unique ; CI = Valeur de cas illustratif ; Urb = transport urbain ; VR = transport par voies rapides) 134
Tableau 60 : Scénario 6 – Bouteille en verre réemployable – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 138
Tableau 61 : Scénario 6 – Bouteille en PET à usage unique – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 139
Tableau 62 : Scénario 6 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources minérales et métalliques) 141
Tableau 63 : Scénario 7 – Pot en verre réemployable - Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 156
Tableau 64 : Scénario 7 – Pot en PS à usage unique - Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 157
Tableau 65 : Scénario 7 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources minérales et métalliques) 158
Tableau 66 : Scénario 8 – Barquette en verre réemployable, lavée par le restaurateur - Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 170
Tableau 67 : Scénario 8 – Barquette en PP à usage unique - Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 172
Tableau 68 : Scénario 8 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources minérales et métalliques) 173
Tableau 69 : Scénario 9 – Barquette en verre réemployable, lavée en centre de lavage dédié - Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 186
Tableau 70 : Scénario 9 – Barquette en PP à usage unique - Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 187
Tableau 71 : Scénario 9 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources minérales et métalliques) 188
Tableau 72 : Scénario 10 – Bouteille en verre réemployable – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 204
Tableau 73 : Scénario 10 – Bouteille en aluminium à usage unique – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 205
Tableau 74 : Scénario 10 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources minérales et métalliques) 206
Tableau 75 : Scénario 10 - Paramètres influents pour l'épuisement des ressources minérales et métalliques 207
Tableau 76 : Scénario 11 – Bouteille en PET réemployable – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 220
Tableau 77 : Scénario 11 – Bouteille en PET à usage unique – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 221
Tableau 78 : Scénario 11 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptée l'épuisement des ressources minérales et métalliques) 222
Tableau 79 : Scénario 12 – Système de reremplissage via bonbonnes en PET – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 233
Tableau 80 : Scénario 12 – Bouteille en PET à usage unique – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 234
Tableau 81 : Scénario 12 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptée l'épuisement des ressources minérales et métalliques) 235
Tableau 82 : Scénario 13 – Système de reremplissage via bag-in-box – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 247

Tableau 83 : Scénario 13 – Bouteille en PET à usage unique – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 248
Tableau 84 : Scénario 13 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptée l'épuisement des ressources minérales et métalliques) 250
Tableau 85 : Scénario 14 – Pot en verre réemployable – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 258
Tableau 86 : Scénario 14 – Boîte de conserve en acier à usage unique – Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif) 259
Tableau 87 : Scénario 14 - Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptée l'épuisement des ressources minérales et métalliques) 261
Tableau 88 : Ecarts minimaux considérés pour les indicateurs dans le cadre de l'analyse d'incertitudes réalisée 268
Tableau 89 : Prélèvements d'eau liés à la production et au lavage d'une bouteille en verre 279
Tableau 90 : Evaluation relative des risques de fuite dans l'environnement associés aux emballages primaires étudiés pour chaque scénario 283
Tableau 91 - Récapitulatif des scénarios du volet B 318
Tableau 92 - Principaux paramètres influents des solutions d'emballages réemployables et à usage unique du volet B 321
Tableau 93 - Principaux paramètres influents des solutions d'emballages réemployables et à usage unique du volet B ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 94 : Valeurs de pouvoir calorifique intérieur spécifiques aux matériaux considérés [68] 340
Tableau 95 : Mix chaleur [10] 340
Tableau 96 : valeurs de DOC et DOCf retenues pour l'étude 341
Tableau 97 : sources de données pour déterminer la valeur de DOCf du papier/carton 341
Tableau 98 : Volet B1 - Résultats totaux pour chaque option des différents scénarios (sur base des valeurs de cas illustratifs) pour les 16 catégories d'impacts EF 3.1 (1/2) 343
Tableau 99 : Volet B1 - Résultats totaux pour chaque option des différents scénarios (sur base des valeurs de cas illustratifs) pour les 16 catégories d'impacts EF 3.1 (2/2) 345
Tableau 100 : Volet B2 - Résultats totaux pour chaque option des différents scénarios (sur base des valeurs de cas illustratifs) pour les 16 catégories d'impacts EF 3.1 (1/2) 346
Tableau 101 : Volet B2 - Résultats totaux pour chaque option des différents scénarios (sur base des valeurs de cas illustratifs) pour les 16 catégories d'impacts EF 3.1 (2/2) 347
Tableau 102 : Facteurs de normalisation et pondération EF3.1 348
Tableau 103 : Volet B1 - Résultats exprimés en pourcentage du total normalisé et pondéré pour chaque filière 349
Tableau 104 : Volet B2 - Résultats exprimés en pourcentage du total normalisé et pondéré pour chaque filière 350
Tableau 105 : Catégories d'impacts sélectionnées pour une analyse dans le corps du rapport (1/2) 351
Tableau 106 : Catégories d'impacts pour une analyse dans le corps du rapport (2/2) 352
Tableau 107 : Grille d'évaluation des inventaires du cycle de vie sur la cohérence méthodologique avec la présente étude 355
Tableau 108 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact - Scénario 6 360
Tableau 109 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact - Scénario 7 365
Tableau 110 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact - Scénario 8 370
Tableau 111 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact – Scénario 9 375
Tableau 112 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact – Scénario 10 380
Tableau 113 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 11 383
Tableau 114 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 12 387
Tableau 115 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 13 392
Tableau 116 : Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d''impact – Scénario 14 397
Tableau 117 : Critères d'évaluation de la qualité des données 399
Tableau 118 : Critères de notation de la qualité des données 400
Tableau 119 : Critère d'évaluation de la note globale des inventaires de cycle de vie 400
Tableau 120 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la production des emballages primaires réemployables et de leurs systèmes de fermeture 401
Tableau 121 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la production des emballages primaires à usage unique et de leurs systèmes de fermeture 402
Tableau 122 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la production des emballages de regroupement 402
Tableau 123 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la production des emballages de transport 403
Tableau 124 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser les infrastructures de transport et le transport routier 404
Tableau 125 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser les processus et infrastructures de lavage 404
Tableau 126 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la fin de vie des emballages primaires réemployables en verre et de leurs systèmes de fermeture 404
Tableau 127 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la fin de vie des emballages primaires à usage unique et de leurs systèmes de fermeture 405

Tableau 128 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la fin de vie des emballages de regroupement 406
Tableau 129 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la fin de vie des emballages de transport 406
Tableau 130 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la revalorisation énergétique des matériaux en fin de vie 407
Tableau 131 : Evaluation de la qualité des données primaires utilisées pour caractériser les emballages modélisés 407
Tableau 132 : Evaluation de la qualité des données primaires utilisées pour caractériser les étapes de transport 408
Tableau 133 : Evaluation de la qualité des données primaires utilisées pour caractériser les processus de lavage modélisés 409
Tableau 134 : Données de tonnages de verre liés aux emballages réemployables et à usage unique en verre pour différentes catégories de produits, annuellement mis en marché en France 410
Tableau 135 : Données de tonnages de verre liés aux emballages réemployables et à usage unique en matériaux hors verre pour différentes catégories de produits 411
Tableau 136 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation – Pots en verre Scénario 7 420
Tableau 137 : Mix électriques moyens considérés dans les inventaires de production d'électricité utilisés dans la modélisation 437
Tableau 138 : Scénario 14 – Synthèse des données d'inventaires considérées et des hypothèses de modélisation pour chaque étape de production des boîtes de conserve en acier 440
Tableau 139 : Données de consommations électriques et énergétiques pour l'étape d'étamage de l'acier 442

FIGURES

Figure 1 : Volet B1 - Scénario 6 - Frontières du système 47
Figure 2 : Volet B1 - Scénario 7 – Frontières du système 48
Figure 3 : Volet B1 - Scénario 8 – Frontières du système 49
Figure 4 : Volet B1 - Scénario 9 - Frontières du système 50
Figure 5 : Volet B 1 - Scénario 10 – Frontières du système 51
Figure 6 : Volet B2 - Scénario 11 - Frontières du système 52
Figure 7 : Volet B2 - Scénario 12 - Frontières du système pour l'option réemployable 53
Figure 8 : Volet B2 - Scénario 13 - Frontières du système pour l'option réemployable 54
Figure 9 : Volet B2 - Scénario 14 - Frontières du système 55
Figure 10 : Représentation simplifiée du cycle du carbone biogénique 61
Figure 11 : Exemple de graphique « Range » obtenu avec RangeLCA **(ne représente pas les résultats de cette étude)** 63
Figure 12 : Illustration de l'incertitude et la précision d'une comparaison 65
Figure 13 : Exemple fictif de graphe "Range-Delta" 65
Figure 14 : Schématisation de l'allocation des impacts du transport retour en phase de distribution 96
Figure 15 : Schéma d'approvisionnement de l'acier 101
Figure 16: Illustration simplifiée d'un schéma de distribution (étape de transport amont) 103
Figure 18 : Scénario 6 – Bouteille en verre réemployable (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 138
Figure 19 : Scénario 6 – Bouteille en PET à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 140
Figure 20 : Scénario 6 - Contributions de l'option réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage - graphe « range » 141
Figure 21 : Scénario 6 - Contributions de l'option réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage (zoom 1 - entre 2 et 8 utilisations) - graphe « range » 142
Figure 22 : Scénario 6 - Contributions de l'option réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage (zoom 2 - entre 8 et 30 utilisations) - graphe « range » 143
Figure 23 : Scénario 6 - Contributions des options à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur à l'indicateur de changement climatique sur le nombre d'utilisations de l'emballage réemployable – graphe "range" 144
Figure 24 : Scénario 6 - Contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon la distance moyenne de transport amont – graphe "range" 144
Figure 25 : Scénario 6 - Contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PET – graphe "range" .. 145
Figure 26 : Scénario 6 - Comparaison des contributions des options à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range delta" 146
Figure 27 : Scénario 6 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique et d'épuisement de ressources fossiles 148
Figure 28 : Scénario 6 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PET – graphe "range delta" 149
Figure 29 : Scénario 6 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon la distance moyenne de transport amont – graphe "range delta" 150
Figure 30 : Scénario 6 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon la distance moyenne de transport amont et le nombre d'utilisations – graphe "range delta" 151
" 151
Figure 31 : Scénario 6 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur d'émission de particules selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PET – graphe "range delta" 152
Figure 32 : Scénario 6 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur d'acidification selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PET – graphe "range delta" 152
Figure 33 : Scénario 6 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de formation d'ozone photochimique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PET – graphe "range delta" 153
Figure 34 : Scénario 7 – Pot en verre réemployable (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 156
Figure 35 : Scénario 7 – Pot en verre réemployable (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 156
Figure 36 : Scénario 7 – Pot en PS à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 157

Figure 37 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PS – graphe "range" 159
Figure 38 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur de changement climatique selon la distance moyenne de transport amont – graphe "range" 159
Figure 39 : Scénario 7 - Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique et d'épuisement de ressources fossiles 161
Figure 40 : Scénario 7 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PS – graphe "range delta" 162
Figure 41 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PS, le nombre d'utilisations et la distance entre site de remplissage et centre de distribution ("distance amont") – graphe "range delta" 163
Figure 42 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur de changement climatique selon la distance moyenne de transport amont – graphe "range delta" 163
Figure 43 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon la distance moyenne de transport amont – graphe "range delta" 164
Figure 44 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur d'émission de particules selon la distance moyenne de transport amont – graphe "range " 164
Figure 45 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur de formation d'ozone photochimique selon la masse de l'emballage à usage unique en PS – graphe "range " 165
Figure 46 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur d'acidification selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range " 165
Figure 47 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur d'émission de particules selon la distance moyenne de transport amont – graphe "range delta" 166
Figure 48 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur de formation d'ozone photochimique selon la masse de l'emballage à usage unique en PS – graphe "range delta" 166
Figure 49 : Scénario 7 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PPUP) et réemployable (PVRPb) à l'indicateur d'acidification selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range delta" 167
Figure 50 : Scénario 7 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories d'émission de particules, de formation d'ozone photochimique, et d'acidification 168
Figure 51 : Scénario 8 – Barquette en verre réemployable lavée par le restaurateur (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 171
Figure 52 : Scénario 8 – Barquette en verre réemployable lavée par le restaurateur (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 171
Figure 53 : Scénario 8 – Barquette en PP à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 172
Figure 54 : Scénario 8 - Contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLr) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range" 174
Figure 55 : Scénario 8 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLr) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta" 174
Figure 56 : Scénario 8 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique, d'épuisement de ressources fossiles et de formation d'ozone photochimique 177
Figure 57 : Scénario 8 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations et la masse de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta" 178
Figure 58 : Scénario 8 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique et le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range delta » 179
Figure 59 : Scénario 8 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations et les masses des emballages primaires – graphe "range delta » 180
Figure 60 : Scénario 8 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLr) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire réemployable – graphe "range" 180
Figure 61 : Scénario 8 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLr) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta" 181
Figure 62 : Scénario 8 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories d'émission de particules et d'acidification 182

Figure 63 : Scénario 8 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur d'émission de particules selon la masse et le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable en verre – graphe "range delta" 183
Figure 64 : Scénario 8 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur d'émission de particules selon la masse et le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable en verre – graphe "range delta" 184
Figure 65 : Scénario 9 – Barquette en verre réemployable lavée en centre de lavage dédié (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 186
Figure 66 : Scénario 9 – Barquette en verre réemployable lavée en centre de lavage dédié (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 186
Figure 67 : Scénario 9 – Barquette en PP à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 187
Figure 68 : Scénario 9 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range" 189
Figure 69 : Scénario 9 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range-delta" 189
Figure 70 : Scénario 9 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique et d'épuisement de ressources fossiles 191
Figure 71 : Scénario 9 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations et la masse de l'option réemployable – graphe "range-delta" 192
Figure 72 : Scénario 9 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations et la masse des options réemployable et à usage unique – graphe "range-delta" 193
Figure 73 : Scénario 9 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations et la masse des options réemployable et à usage unique – graphe "range-delta" 194
Figure 74 : Scénario 9 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire à usage unique – graphe "range" 194
Figure 75 : Scénario 9 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire réemployable – graphe "range" 195
Figure 76 : Scénario 9 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire à usage unique – graphe "range-delta" 195
Figure 77 : Scénario 9 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire réemployable – graphe "range-delta" 196
Figure 78 : Scénario 9 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories d'émission de particules, d'acidification et de formation d'ozone photochimique 197
Figure 79 : Scénario 9 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire à usage unique et la masse et le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range-delta" 198
Figure 80 : Scénario 9 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur d'émission de particules, selon la masse de l'emballage primaire à usage unique et la masse et le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range-delta" 200
Figure 81 : Scénario 9 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur d'émission de particules, la masse et le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range-delta" 201
Figure 82 : Scénario 10 – Bouteille en verre réemployable (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 204
Figure 83 : Scénario 10 – Bouteille en verre réemployable (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 204
Figure 84 : Scénario 10 – Canette en aluminium à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 205
Figure 85 : Scénario 10 - Contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range" 208
Figure 86 : Scénario 10 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta" 208
Figure 87 : Scénario 10 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique, d'épuisement de ressources fossiles et de formation d'ozone photochimique 210
Figure 88 : Scénario 10 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable et la masse de l'emballage primaire à usage unique – graphe "range delta". 211

Figure 89 : Scénario 10 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable et la masse des emballages primaires réemployable et à usage unique – graphe "range-delta" 212
Figure 90 : Scénario 10 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable et la masse des emballages primaires réemployable et à usage unique – graphe "range-delta" 213
Figure 91 : Scénario 10 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur d'épuisement des ressources minérales et métalliques selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en aluminium – graphe "range " 213
Figure 92 : Scénario 10 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur d'épuisement des ressources minérales et métalliques selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en aluminium – graphe "range-delta" 214
Figure 93 : Scénario 10 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur d'émission de particules selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range" 215
Figure 94 : Scénario 10 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur d'émission de particules selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range-delta" 215
Figure 95 : Scénario 10 – Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories d'émission de particules et d'acidification 216
Figure 96 : Scénario 10 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur d'émission de particules selon le nombre d'utilisations et la masse de l'emballage primaire réemployable, et la masse de l'emballage primaire à usage unique – graphe "range-delta" 217
Figure 97 : Scénario 10 – Comparaison des contributions de l'option à usage unique (CAUP) et réemployable (BVRP10) à l'indicateur d'émission de particules selon le nombre d'utilisations et la masse de l'emballage primaire réemployable, et la masse de l'emballage primaire à usage unique – graphe "range-delta" 217
Figure 98 : Scénario 11 – Bouteille en PET réemployable (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 220
Figure 99 : Scénario 11 – Bouteille en PET réemployable (15 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 220
Figure 100 : Scénario 11 – Bouteille en PET à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 222
Figure 101 : Scénario 11 - Contributions de l'option à usage unique (BPUPc1) et réemployable (BPRP) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range" 224
Figure 102 : Scénario 11 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUPc1) et réemployable (BPRP) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta" 224
Figure 103 : Scénario 11 - Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'épuisement de ressources fossiles 226
Figure 104 : Scénario 11 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations et la masse de l'option réemployable – graphe "range-delta" 227
Figure 105 : Scénario 11 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUPc1) et réemployable (BPRP) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire, celui des caisses en PEHD et la masse des options réemployable et à usage unique – graphe "range-delta" 228
Figure 106 : Scénario 11 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations et la masse des options réemployable et à usage unique – graphe "range-delta" 229
Figure 107 : Scénario 11 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations, la masse des options réemployable et à usage unique et la distance de transport amont – graphe "range-delta" 230
Figure 108 : Scénario 12 – Système de reremplissage via bonbonnes en PET (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 233
Figure 109 : Scénario 12 – Système de reremplissage via bonbonnes en PET (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 233
Figure 110 : Scénario 12 – Bouteille en PET à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 235
Figure 111 : Scénario 12 - Contributions de l'option à usage unique (BVRPb) et réemployable (BPUPb) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range" Figure 55. 236
Figure 112 : Scénario 12 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVRPb) et réemployable (BPUPb) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta" 237
Figure 113 : Scénario 12 - Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'épuisement de ressources fossiles 239

Figure 114 : Scénario 12 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUPb) et réemployable (BVRPb) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'option à usage unique – graphe "range-delta" 240
Figure 115 : Scénario 12 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable et la masse de l'option à usage unique– graphe "range-delta" 241
Figure 116 : Scénario 12 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire, la distance de transport entre le commerce et le centre de lavage et la masse de l'option à usage unique – graphe "range-delta" 242
Figure 117 : Scénario 12 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUPb) et réemployable (BVRPb) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations et la masse des options réemployable et à usage unique – graphe "range-delta" 243
Figure 118 : Scénario 12 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BPUPb) et réemployable (BVRPb) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'option à usage unique et les distance de transport usine-distribution et commerce-lavage – graphe "range-delta" 244
Figure 119 : Scénario 13 – Système de reremplissage via bag-in-box (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 247
Figure 120 : Scénario 13 – Système de reremplissage via bag-in-box (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 247
Figure 121 : Scénario 13 – Bouteille en PET à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 249
Figure 122 : Scénario 13 - Contributions de l'option à usage unique (BVRPp) et réemployable (BPUPp) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range" 250
Figure 123 : Scénario 13 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVRPp) et réemployable (BPUPp) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta" 251
Figure 124 : Scénario 13 - Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique, de formation d'ozone photochimique, d'acidification et d'épuisement de ressources fossiles 253
Figure 125 : Scénario 13 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable et la masse de l'option à usage unique – graphe "range-delta" 254
Figure 126 : Scénario 13 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire, la masse des options à usage unique et réemployable, et la distance entre le commerce et le centre de lavage – graphe "range-delta" 255
Figure 127 : Scénario 13 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations, la distance commerce-centre de lavage et la masse des options à usage unique et réemployable – graphe "range-delta" 256
Figure 128: Scénario 14 – Pot en verre réemployable (5 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 258
Figure 129 : Scénario 14 – Pot en verre réemployable (20 utilisations) - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 258
Figure 130 : Scénario 14 – Boîte de conserve en acier à usage unique - Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (cas illustratif) 260
Figure 131 : Scénario 14 - Contributions de l'option à usage unique (BCAUP) et réemployable (PVRPb2) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range" 261
Figure 132 : Scénario 14 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PVRPb2) et réemployable (BCAUP) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable – graphe "range delta" 262
Figure 133 : Scénario 14 - Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique et d'épuisement de ressources fossiles 264
Figure 134 : Scénario 14 - Comparaison des contributions de l'option à usage uniqueet réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable et la masse de l'option à l'usage unique – graphe "range-delta" 265
Figure 135 : Scénario 14 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable, la distance de transport amont et la masse de l'option à usage unique – graphe "range-delta" 266
Figure 136 : Scénario 14 - Comparaison des contributions de l'option à usage unique et réemployable à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations et la masse des options réemployable et à usage unique – graphe "range-delta" 267
Figure 137 : Scénario 6 - Comparaison des contributions des options à usage unique (BPUP_i) et réemployable (BVRP6_i) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PET – graphe "range delta" avec prise en compte graphique des itérations de calcul jugées incertaines 270
Figure 138 : Scénario 6 - Comparaison des contributions des options à usage unique (BPUP_i) et réemployable (BVRP6_i) à l'indicateur d'acidification selon la masse de l'emballage primaire à usage unique en PET – graphe "range delta" avec prise en compte graphique des itérations de calcul jugées incertaines 271

Figure 139 : Scénario 7 - Comparaison des contributions des options à usage unique (PPUP_i) et réemployable (PVRP_i) à l'indicateur de changement climatique selon la masse du pot en PS à usage unique – graphe "range delta" avec prise en compte graphique des itérations de calcul jugées incertaines..... 272
Figure 140 : Scénario 7 - Comparaison des contributions des options à usage unique (PPUP_i) et réemployable (PVRP_i) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations du pot en verre réemployable – graphe "range delta" avec prise en compte graphique des itérations de calcul jugées incertaines 273
Figure 141 : Les dix catégories de débris les plus répandus à travers le monde dans les environnements terrestre et marin (issu de GIZ[47], d'après des données de Hardesty et al [50]) 281
Figure 142 : Composition des déchets marins selon les différentes régions du monde (issu de GIZ[47], d'après des données de Morales-Caselles[59]) 282
Figure 143 : estimation des durées de décomposition de différents types de débris marins (NOAA, 2015) 285
Figure 144 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option réemployable en verre du scénario 6 (5 utilisations) → Résultats également représentatifs de l'option réemployable des scénarios 7, 10 et 14..... 293
Figure 145 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option à usage unique en PET du scénario 6 → Résultats également représentatifs de l'option à usage unique des scénarios 11, 12, et 13 294
Figure 146 : Scénario 6 - Comparaison des contributions des options à usage unique (BPUP) et réemployable (BVRP6) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable (facteur d'allocation A fixé à 0 pour le verre et le plastique) – graphe "range delta"..... 295
Figure 147 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option à usage unique en PS du scénario 7..... 296
Figure 148 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option à usage unique en PP des scénarios 8 et 9 297
Figure 149 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option réemployable en verre du scénario 9 (5 utilisations) 298
Figure 150: Scénario 6 - Comparaison des contributions des options à usage unique (BaPU) et réemployable (BaVRLc) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable (avec passage des barquettes réemployables en centre de distribution avant et après lavage) – Graphe "range-delta" 299
Figure 151 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport aux cas illustratifs des options à usage unique en polystyrène et en polypropylène des scénarios 7, 8 et 9 300
Figure 152 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option à usage unique en aluminium du scénario 10 301
Figure 153 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option réemployable en PET du scénario 11..... 302
Figure 154 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option réemployable en verre du scénario 12..... 303
Figure 155 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option réemployable en verre du scénario 13..... 304
Figure 156 : Contributions relatives des sous-scénarios étudiés en analyses de sensibilité pour les principales catégories d'impact, par rapport au cas illustratif de l'option à usage unique en acier du scénario 14 305
Figure 157 : Grille de lecture de la synthèse sur les paramètres influents des différents scénarios..**Erreur ! Signet non défini.**
Figure 158 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)..... 356
Figure 159 : Option réemployable (Catégories d'impact : Res_f = Epuisement des ressources fossiles)..... 357
Figure 160 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)..... 358
Figure 161: Option à usage unique (Catégories d'impact :;Res_f = Epuisement des ressources fossiles)..... 359
Figure 162 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)..... 361
Figure 163: Option réemployable (Catégories d'impact : Res_m = Epuisement des ressources minérales/métalliques;Res_f = Epuisement des ressources fossiles) 362
Figure 164 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)..... 363
Figure 165: Option à usage unique (Catégories d'impact : Res_f = Epuisement des ressources fossiles)..... 364
Figure 166 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)..... 366
Figure 167: Option réemployable (Catégories d'impact. Res_f = Epuisement des ressources fossiles)..... 367
Figure 168 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)..... 368
Figure 169 : Option à usage unique (Catégories d'impact : Res_f = Epuisement des ressources fossiles)..... 369
Figure 170 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)..... 371
Figure 171 : Option réemployable (Catégories d'impact : Res_f = Epuisement des ressources fossiles)..... 372
Figure 172 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)..... 373

Figure 173 : Option à usage unique (Catégories d'impact : Res_f = Epuisement des ressources fossiles) 374
Figure 174 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)..... 376
Figure 175 : Option réemployable (Catégories d'impact : Res_m = Epuisement des ressources minérales/métalliques; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) 377
Figure 176 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)..... 378
Figure 177 : Option à usage unique (Catégories d'impact : Res_m = Epuisement des ressources minérales et métalliques ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles)..... 379
Figure 178 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) – Scénario 11 381
Figure 179 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification, Res_f = Epuisement de ressources fossiles) – Scénario 11 382
Figure 180 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ;) – Scénario 12..... 384
Figure 181 : Option réemployable (Catégories d'impact : AC = Acidification ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) – Scénario 12 385
Figure 182 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) – Scénario 12 386
Figure 183 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique) – Scénario 13..... 389
Figure 184 : Option réemployable (Catégories d'impact : AC = Acidification ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) – Scénario 13 390
Figure 185 : Option à usage unique (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) – Scénario 13 391
Figure 186 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; AC = Acidification ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) – Scénario 14 393
Figure 187 : Option réemployable (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; AC = Acidification ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles) – Scénario 14 394
Figure 190 : Schéma logistique de consigne de bouteilles en verre distribuées en bacs consignés aux particuliers 412
Figure 191 : Schéma logistique de consigne de bouteilles en verre distribuées en bacs consignés aux CHR ... 413
Figure 192 : Schéma logistique de consigne de bouteilles en verre distribuées aux particuliers sans emballage de regroupement réemployable..... 414
Figure 193 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment – Bouteilles en verre - Scénarios 6 et 10 (1/4)..... 415
Figure 194 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Bouteilles en verre - Scénarios 6 et 10 (2/4)..... 416
Figure 195 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Bouteilles en verre - Scénarios 6 et 10 (3/4)..... 417
Figure 196 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Bouteilles en verre - Scénarios 6 et 10 (4/4)..... 418
Figure 197 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation des bouteilles en verre – Scénarios 6 et 10 (incluant certaines données utilisées en scénario 7) 418
Figure 198 : Bornes minimales et maximales des valeurs de masse (kg/L) de bouteilles en verre (scénarios 6 et 10) selon les typologies de produits étudiées..... 419
Figure 199 : Données brutes collectées issues de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Scénario 7 420
Figure 200 : Données brutes collectées issues de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Scénarios 8 et 9 421
Figure 201 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation – Scénarios 8 et 9 421
Figure 202 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Bouteilles en PET – Scénario 6 422
Figure 203 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation des bouteilles en PET – Scénario 6 423
Figure 204 : Bornes minimales et maximales des valeurs de masse (kg/L) des bouteilles en PET (scénario 6) selon les typologies de produits étudiées 423
Figure 205 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Pots en polystyrène pour produits laitiers – Scénario 7 424
Figure 206 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation des pots en PS – Scénario 7 424
Figure 207 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Barquettes en polypropylène – Scénarios 8 et 9 425
Figure 208 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation des barquettes en polypropylène – Scénarios 8 et 9 425

Figure 209 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment - Canettes en aluminium - Scénario 10 426
Figure 210 Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation – Scénario 10 ... 426
Figure 213 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment – Bouteilles en PET à usage unique - Scénario 11 428
Figure 215 : Données brutes issues de pesées/mesures réalisées par RDC Environment – Conserves en acier – Scénario 14 430
Figure 216 : Récapitulatif des préconisations majeures du Cadre de Référence ADEME et de la conformité de l'étude à leur égard (1/4) 431
Figure 217 : Récapitulatif des préconisations majeures du Cadre de Référence ADEME et de la conformité de l'étude à leur égard (2/4) 432
Figure 218 : Récapitulatif des préconisations majeures du Cadre de Référence ADEME et de la conformité de l'étude à leur égard (3/4) 433
Figure 219 : Récapitulatif des préconisations majeures du Cadre de Référence ADEME et de la conformité de l'étude à leur égard (4/4) 434
Figure 220 : Estimation des valeurs d'impact d'étapes exclues au regard des critères de coupure de l'étude (1/2) 435
Figure 221 : Estimation des valeurs d'impact d'étapes exclues au regard des critères de coupure de l'étude (2/2) 436
Figure 222 : grille de lecture de l'analyse effectuée sur les critères de coupure 436
Figure 223 : Scénario 6 - Diagramme en arbre reprenant les points de basculement identifiés pour les catégories de changement climatique, et d'épuisement de ressources fossiles, calculé sur base d'inventaires EI3.9.1 pour la production de PET 438
Figure 224 : Scénario 14 – Formule CFF pour la modélisation de l'acier 439
Figure 225 : Scénario 14 – Modélisation des paramètres E_v et $E_{recycled}$ pour l'acier (scénario 14) à partie de la donnée « Steel, unalloyed – steel production converter – RER » 441
Figure 226 : Scénario 14 – Modélisation de l'étape de laminage des feuilles d'acier (0.2 mm) sur base du procédé « Sheet rolling, steel, RER » 442
Figure 227 : Scénario 14 – Modélisation de l'étamage de l'acier sur base du procédé "tin plating, pieces - RER" 443
Figure 228 : Scénario 14 – Modélisation du recyclage en fin de vie de l'acier sur base du procédé "steel production electric, low-alloyed – Europe w/ Switzerland and Austria » 444

Sigles et acronymes

Acronyme	Signification
A	Facteur d'allocation des impacts du recyclage (Portion des impacts alloués à l'incorporateur de matière recyclée)
Ac	Acidification (Catégorie d'impacts)
ACV	Analyse du cycle de vie
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AGEC	Loi Anti-Gaspillage pour une Economie Circulaire
AWARE	« Available Water REmaining » - Méthode d'évaluation de l'épuisement de la ressource en eau
BaPU	Barquette de restauration à usage unique en polypropylène
BaVRLc	Barquette de restauration en verre réemployable lavée en centre de lavage dédié
BaVRLr	Barquette de restauration en verre réemployable lavée par le restaurateur dans son établissement
BC	Part de biogaz capté en centre de stockage
BCAUP	Boîte de conserve en acier à usage unique
BPRP	Bouteille en PET réemployable avec emballage de regroupement réemployable en PEhd, distribuée aux particuliers
BPUP	Bouteille en PET à usage unique avec emballage de regroupement en PEbd à usage unique, distribuée aux particuliers
BVR2CHR	Bouteille en verre réemployable avec emballage de regroupement réemployable en PEhd, distribuée aux établissements CHR
BVR2P	Bouteille en verre réemployable avec emballage de regroupement réemployable en PEhd, distribuée aux particuliers
BVRP10	Bouteille en verre réemployable avec emballage de regroupement en carton à usage unique, distribuée aux particuliers (Scénario 10 - Volet B)
BVRP6	Bouteille en verre réemployable avec emballage de regroupement en carton à usage unique, distribuée aux particuliers (Scénario 6 - Volet B)
BVRPa	Bouteille en verre réemployable avec emballage de regroupement en carton à usage unique, distribuée aux particuliers (Volet A)
BVRPb	Bouteille en verre réemployable pour reremplissage via bonbonnes en PET, distribuée aux particuliers (Volet B)
BVRPp	Bouteille en verre réemployable pour reremplissage via poches multicouches et sirop/concentré, distribuée aux particuliers (Volet B)
BVRPm	Bouteille en verre réemployable avec emballage de regroupement en carton à usage unique, distribuée aux particuliers via massification régionale et après transport en bulk
BVUCHR	Bouteille en verre à usage unique avec emballage de regroupement en carton à usage unique, distribuée aux établissements CHR
BVUP	Bouteille en verre à usage unique avec emballage de regroupement en carton à usage unique, distribuée aux particuliers
C	Critère d'évaluation de complétude
CAUP	Canette en aluminium à usage unique
CC	Changement climatique (Catégorie d'impacts)
CFF	« *Circular Footprint Formula* »
CH	Qualifie un inventaire décrivant un processus à l'échelle suisse
CH4	Méthane
CH4	Méthane
CHR	Cafés Hôtels Restaurants
CI	Valeur de modélisation fixée en « Cas illustratif »
cL	Centilitres

Acronyme	Signification
cm	Centimètres
CO	Monoxyde de carbone
CO2	Dioxyde de carbone
CTUe	« Comparative Toxic Unit for ecosystems » - Unité comparative de toxicité pour les écosystèmes
CTUh	« Comparative Toxic Unit for human » - Unité comparative de toxicité pour l'humain
Directive SUP	Directive sur les plastiques à usage unique
DLC	Date limite de consommation
DLUO	Date limite d'utilisation optimale
DOC	Carbone organique dégradable contenu dans un déchet
DOCf	Fraction de carbone organique dégradable se décomposant
DVM	Durée de vie du modèle d'emballage
ECP	Empreinte carbone d'un produit
EDIP	"Environmental Design of Industrial Products"
EF	« Environmental Footprint » - Base de données de caractérisation d'impacts
EI	Ecoinvent - Base de données d'inventaire
emb.reg	Emballage de regroupement
EPDM	éthylène-propylène-diène monomère
EU w/o CH	Qualifie un inventaire décrivant un processus à l'échelle européenne hors Suisse
F	Fraction de CH4 dans le biogaz capté
FEDEVERRE	Fédération des Industries du Verre
FEVE	Fédération Européenne du Verre d'Emballage
FR	Qualifie un inventaire décrivant un processus à l'échelle française
g	Gramme(s)
GES	Gaz à effet de serre
GLO	Qualifie un inventaire décrivant un processus à l'échelle mondiale
GNV	Gaz naturel pour véhicules
GR	Critère d'évaluation de représentativité géographique
GWP	« Global warming potential » - Potentiel de réchauffement climatique
ICV	Inventaire de cycle de vie
JRC	« Joint Research Center » - Centre de recherche de la Commission Européenne
kBq U235 eq	Equivalents en kilobecquerel d'uranium 235 (radioactivité)
kg	Kilogramme(s)
kg CFC-11-eq	Equivalents en kilogrammes de trichlorofluorométhane
kg N eq	Equivalents en kilogrammes d'azote
kg NMVOC eq	Equivalents en kilogrammes de composés volatils organiques hors méthane
kg P eq	Equivalents en kilogrammes de phosphore
kg SB eq	Equivalents en kilogrammes d'antimoine
kgCO2-eq	Equivalents en kilogrammes de CO2
kW	Kilowatts
kWh	Kilowatts x heures
L	Litre(s)
M	Critère d'évaluation de pertinence et cohérence méthodologiques
m³	Mètres cube
MEMN	Maison des Eaux Minérales Naturelles
MJ	Mégajoules
mm	Millimètres
Mol H+ eq	Equivalents en moles d'ions hydrogène

Acronyme	Signification
Mol N eq	Equivalents en moles d'azote
N2O	Protoxyde d'azote
NA	Non-applicable
NH3	Ammoniac
NOx	Oxydes d'azote
Ox	Facteur d'ozydation du méthane
PCI	Pouvoir calorifique inférieur
PEbd	Polyéthylène basse densité
PEF	« *Product environmental footprint* »
PEhd	Polyéthylène haute densité
PET	Polyéthylène téréphtalate
PM	Particules fines
PM	Emission de particules (Catégorie d'impacts)
PO4	Phosphate
POF	Formation d'ozone photochimique (Catégorie d'impacts)
PP	Polypropylène
PPUP	Pot en polystyrène à usage unique avec emballage de regroupement en carton, distribué aux particuliers
PS	Polystyrène
PVRPa	Pot/bocal en verre réemployable sans emballage de regroupement, distribué aux particuliers (Volet A)
PVRPb	Pot en verre réemployable avec emballage de regroupement en carton à usage unique, distribué aux particuliers (Scénario 7)
PVRPb2	Pot en verre réemployable sans emballage de regroupement, distribué aux particuliers (Scénario 14)
PVUP	Pot/bocal en verre à usage unique sans emballage de regroupement, distribué aux particuliers
Qs/Qp	Facteur de substitution - Qualité relative de la matière secondaire (recyclée) par rapport à la matière primaire (vierge)
R1	Taux d'incorporation de matière recyclée
R2	Taux de recyclage effectif
REP	Responsabilité Elargie du Producteur
RER	Qualifie un inventaire décrivant un processus à l'échelle européenne
Res_f	Epuisement des ressources fossiles (Catégorie d'impacts)
Res_m	Epuisement des ressources minérales et métalliques (Catégorie d'impacts)
RoW	Qualifie un inventaire décrivant un processus à l'échelle mondiale hors Europe
RVM	« Reverse vending machines » - infrastructures de déconsignation automatique
SESEMN	Syndicat des Eaux de Source et des Eaux Minérales Naturelles
SO2	Dioxyde de soufre
t	Tonnes
TeR	Critère d'évaluation de représentativité technologique
TiR	Critère d'évaluation de représentativité temporelle
TTV	Taux de trajet à vide
UF	Unité fonctionnelle
Urb	Taux de transport urbain
UVC	Unité de vente consommateur
v.km	Véhicules x kilomètres
VOC	Composé organique volatil

Acronyme	Signification
Volet A	Volet de l'étude consacré aux comparaisons entre emballages primaires réemployables en verre, et emballages primaires à usage unique également en verre
Volet B	Volet de l'étude consacré aux comparaisons entre emballages primaires réemployables en verre, et emballages primaires à usage unique faits de matériaux hors-verre
VR	Taux de transport par voies rapides
WMO	World Meteorological Organization
WU	Epuisement des ressources en eau (Catégorie d'impacts)

L'ADEME EN BREF

Au cœur des missions qui lui sont confiées par le ministère de la Transition écologique, le ministère en charge de l'Energie et le ministère en charge de la Recherche, l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - partage ses expertises, coordonne le financement et la mise en œuvre de projets de transformation dans plusieurs domaines : énergie, économie circulaire, décarbonation, industrie, mobilité, alimentation, adaptation et sols.

Elle mobilise les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, et leur donne les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse. Résolument engagée dans la lutte contre le changement climatique et la dégradation des ressources, l'ADEME conseille, facilite et aide au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions. Elle met ses capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un Établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC).

LES COLLECTIONS DE L'**ADEME**

FAITS ET CHIFFRES
L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.

CLÉS POUR AGIR
L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.

ILS L'ONT FAIT
L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.

EXPERTISES
L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard

HORIZONS
L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté Égalité Fraternité

ADEME AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

EXPERTISES

EVALUATION ENVIRONNEMENTALE DE LA CONSIGNE POUR LE REEMPLOI D'EMBALLAGES EN FRANCE

Volet B

Le volet B de cette étude dresse le bilan environnemental via une méthode d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) de neuf options d'emballages consignées et réemployés par le professionnel, en comparaison à une alternative à usage unique. La comparaison porte sur différentes typologies d'emballages à usage unique :

- Bouteilles en PET
- Pots en PS
- Barquettes en PP de la vente à emporter
- Canettes en aluminium
- Boites de conserves en acier

L'analyse porte sur les emballages alimentaires mis sur le marché en France hexagonale, à horizon 2025. Les scénarios sont génériques et peuvent représenter de multiples produits comme différentes réalités logistiques.

L'étude a permis d'identifier les cas de figure et les valeurs seuils pour lesquelles une solution d'emballage est plus avantageuse sur le plan environnemental, et d'identifier des pistes d'éco-conception associées.

Les limites de cette étude sont exposées et une revue critique a été réalisée conformément aux normes ISO 14 040-44. L'étude se base sur les préconisations méthodologiques du référentiel publié par l'ADEME : "Cadre de référence - ACV comparative entre différentes solutions d'emballages".

Direction de la supervision des filières REP
Responsabilité élargie du producteur

RÉEMPLOI RÉUTILISATION Observatoire national

Pour tous les types d'emballages à usage unique étudiés du volet B, il existe au moins une alternative réemployable pertinente qui peut présenter un moindre impact sur l'environnement.

Réduire l'impact environnemental des emballages réemployables, les professionnels peuvent notamment favoriser le retour des emballages par le consommateur et réduire leur masse (tout en garantissant de multiples rotations).