

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

Evaluation environnementale
Volet A

RAPPORT FINAL

REMERCIEMENTS

Comité de pilotage de l'étude :

- Marianne GUIOT (ADEME)
- Elisa JEMET (ADEME)
- Faustine LAURENT (ADEME)
- Sylvain PASQUIER (ADEME)

Comité de suivi de l'étude :

- Alice ABBAT (Réseau Consigne)
- Mostafa ABOULFARAJ (France Aluminium Recyclage)
- Emmanuel AUBERGER (UZAJE)
- Olivier AYCAGUER (INTERFEL)
- Evangéline BAEYENS (ILEC)
- Laure BOMY (Fédération Nationale des Boissons)
- Jacques BORDAT (FEDEVERRE)
- Christine BOURGE (PERIFEM)
- Denis CANS (MEMN)
- Xavier CAPILLA (Institut du Verre)
- Antoine CARDON (SESEMN)
- Anne-Claire CAZOTTES (Exportateurs de Vins & Spiritueux)
- Solène CHAMBARD (ADEPALE)
- Augustin CHAZAL (FFVA)
- Anaëlle CONTREPOIS (ADCF)
- Emmanuel CORRE (Bout' à Bout')
- Hélène COURADES (Boissons Rafraichissantes de France)
- 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)
- Damien FOULON (GNR)
- Axèle GIBERT (FNE)
- Camille GIRARD (La Coopération Agricole)
- Agnès JACQUOT (Sources Alma)
- Catherine JUNG (INTEREMBALLAGE)
- Stéphanie LUMBERS (Fédération des Entreprises de Beauté)
- Thibaud PASCAL (Boissons Rafraichissantes de France)
- Matthew PAVAGEAU (CITEO)
- Lucia PEREIRA (Réseau Vrac)
- Célia RENESSON (Réseau Vrac)
- Christian ROSE (CGF Grossistes)
- Aymeric SCHULTZE (ADEPALE)
- Tifène SCIACCALUGA (Brasseurs de France)
- Bruno SIRI (Conseil National de l'Emballage)
- Lucile TALLEU (FFS)
- Thibault TURCHET (ANIA)
- Frank VANDEWAL (Tetrapak)
- Shu ZHANG (Pandobac)

CITATION DE CE RAPPORT

LHOTELLIER Johan, JEUNIAUX Romain, LE BIHAN Mathilde, DE CAEVEL Bernard, RDC ENVIRONMENT, Elisa JEMET, ADEME, 2023. **Evaluation environnementale de la consigne pour réemploi d'emballages en verre – Volet A.** 282 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'oeuvre 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 : RDC ENVIRONNEMENT

Coordination technique - ADEME : JEMET Elisa

Direction/Service : Direction de supervision des filières REP / Observatoire du réemploi et de la réutilisation

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	7
ABSTRACT	8
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	9
1.1. CONTEXTE	9
1.2. OBJECTIFS.....	9
1.3. DÉFINITIONS	10
1.4. APPLICATIONS ENVISAGÉES ET PUBLIC CIBLE	12
1.5. REVUE CRITIQUE	12
2. DESCRIPTION DE L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE	13
2.1. L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE EN BREF	13
2.2. DESCRIPTION DE LA MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DU CYCLE DE VIE	13
3. CHAMP DE L'ÉTUDE	15
3.1. CHOIX DES SCÉNARIOS.....	15
3.1.1. Identification de produits prioritaires	15
3.1.2. Identification de typologies logistiques et des caractéristiques des emballages	15
3.1.3. Scénarios retenus	16
3.2. UNITÉ FONCTIONNELLE.....	25
3.3. FRONTIÈRES DU SYSTÈME.....	25
3.3.1. Limites temporelles et géographiques	25
3.3.2. Étapes du cycle de vie	26
3.3.3. Représentation schématique des frontières des scénarios	30
3.4. EXIGENCE SUR LA QUALITÉ DES DONNÉES.....	35
3.5. CRITÈRE DE COUPURE	37
3.6. CATÉGORIES D'IMPACTS POTENTIELS.....	37
3.7. CONCEPT DE NEUTRALITÉ CARBONE	38
4. INVENTAIRE DE CYCLE DE VIE : DONNÉES ET HYPOTHÈSES	40
4.1. INTRODUCTION AUX CHOIX DE VALEURS DE MODÉLISATION.....	40
4.2. NOMBRE D'UTILISATIONS DES EMBALLAGES RÉEMPLOYABLES	41
4.3. PRODUCTION DES EMBALLAGES.....	42
4.3.1. Emballages primaires et systèmes de fermeture	43
4.3.2. Emballages de regroupement	45
4.3.3. Emballage de transport	47
4.4. DONNÉES LOGISTIQUES	48
4.4.1. Modélisation du transport camion	48
4.4.2. Données logistique Aller	56
4.4.3. Données logistique Retour	59
4.5. LAVAGE DES EMBALLAGES RÉEMPLOYABLES	61
4.5.1. Pré-lavage par le consommateur	61
4.5.2. Lavage industriel	61
4.6. FIN DE VIE DES EMBALLAGES	65
4.6.1. Aspects méthodologiques de la modélisation de la fin de vie des emballages	65
4.6.2. Fin de vie des emballages primaires et systèmes de fermeture.....	69
4.6.3. Fin de vie des emballages de regroupement et de transport	69
4.6.4. Transport vers les sites de traitement en phase de fin de vie	70
4.7. RÉCAPITULATIF DES DONNÉES DE MODÉLISATION	72
4.7.1. Bilan des données liées aux emballages	72
4.7.2. Bilan des données logistiques.....	73
5. MÉTHODOLOGIE ASSOCIÉE À LA PRODUCTION DES RÉSULTATS	79
5.1. PRÉSENTATION DE RANGELCA	79
5.2. ÉTUDE DE SENSIBILITÉ AVEC RANGELCA	80
5.3. SUPPRESSION DE LA VARIABILITÉ COMMUNE À DEUX SCÉNARIOS COMPARÉS	80

6. RÉSULTATS DU VOLET A	82
6.1. SCÉNARIO 1	84
6.1.1. Résultats selon les fourchettes de valeur établies	84
6.1.2. Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)	96
6.1.3. Résultats par étapes de cycle de vie (cas illustratifs)	97
6.2. SCÉNARIO 2	99
6.2.1. Résultats selon les fourchettes de valeur établies	99
6.2.2. Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)	109
6.2.4. Résultats par étapes de cycle de vie	110
6.3. SCÉNARIO 3	112
6.3.1. Résultats selon les fourchettes de valeur établies	112
6.3.2. Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)	120
6.3.3. Résultats par étapes de cycle de vie (cas illustratif)	122
6.4. SCÉNARIO 4	124
6.4.1. Résultats selon les fourchettes de valeur établies	124
6.4.2. Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)	131
6.4.3. Résultats par étapes de cycle de vie (cas illustratif)	132
6.5. SCÉNARIO 5	134
6.5.1. Résultats selon les fourchettes de valeur établies	134
6.5.2. Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)	143
6.5.3. Résultats par étape de cycle de vie (cas illustratif)	144
6.6. ANALYSES DE SENSIBILITÉ COMPLÉMENTAIRES	146
6.6.1. Types de camions modélisés (normes EURO)	146
6.6.2. Facteur de substitution	148
6.6.3. Facteur d'allocation des impacts du recyclage	149
6.6.4. Taux de trajet à vide	151
6.6.5. Proportion de transport urbain	151
6.6.6. Scénario de désoptimisation des taux de chargement	153
6.6.7. Utilisation de gaz naturel lors du lavage industriel	154
7. ANALYSE DE LA QUALITÉ DES DONNÉES	157
7.1. MÉTHODOLOGIE	157
7.1.1. Evaluation des données d'inventaire et d'arrière-plan	157
7.1.2. Evaluation des données primaires modélisées	159
7.2. EVALUATION DE LA QUALITÉ DES DONNÉES	160
7.2.1. Données d'inventaire et d'arrière-plan	160
7.2.3. Données primaires	164
8. LIMITES DE L'ÉTUDE	166
8.1. LIMITES LIÉES AUX CATÉGORIES D'IMPACTS	166
8.2. LIMITES LIÉES À L'APPROCHE DE MODÉLISATION RETENUE	166
8.3. LIMITES LIÉES À LA COLLECTE DE DONNÉES	167
8.3.1. Recours à des gammes de valeurs	167
8.3.2. Combinaisons extrêmes de valeurs	167
8.3.3. Limites liées aux données de lavage	167
8.4. LIMITES LIÉES À LA STANDARDISATION DES EMBALLAGES PRIMAIRES	168
8.5. LIMITES LIÉES À LA LOGISTIQUE MODÉLISÉE	169
8.5.1. Stockage des emballages	169
8.5.2. Suroptimisation du transport	170
8.6. LIMITES LIÉES À LA PRODUCTION ET AU REMPLISSAGE DES EMBALLAGES	170
8.6.1. Validité temporelle de l'étude	170
8.6.2. Embouteillage des emballages	170
9. CONCLUSIONS	171
9.1. VERRE RÉEMPLOYABLE COMPARÉ AU VERRE À USAGE UNIQUE	171
9.1.1. Considérations générales	171
9.1.2. Analyse des données collectées	172
9.1.3. Tendances générales	172
9.1.4. Cas particulier de l'eutrophisation d'eaux douces	173
9.1.5. Lavage et cas particulier de l'épuisement des ressources en eau	174
9.2. ANALYSE DES ÉCARTS AUX ÉTUDES ANTÉRIEURES	175

9.2.1.	Choix méthodologiques.....	175
9.2.2.	Données et processus actualisés	177
9.3.	PROCESSUS CONTRIBUTEURS ET PISTES D'ÉCOCONCEPTION.....	178
9.3.1.	Nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable.....	178
9.3.2.	Masse de l'emballage primaire	178
9.3.3.	Nature et dimensionnement des emballages de regroupement	179
9.3.4.	Distances de transport	180
9.3.5.	Processus de lavage	181
9.3.6.	Systèmes de fermeture	181

10. ANNEXES 183

10.1.	ANNEXE 1 : MODÉLISATION DE LA VALORISATION ÉNERGÉTIQUE DE L'INCINÉRATION ET RÉCUPÉRATION DE MÉTHANE EN CENTRE DE STOCKAGE	183
10.2.	ANNEXE 2 : RÉSULTATS POUR LES 16 CATÉGORIES D'IMPACTS (CAS ILLUSTRATIFS)	185
10.3.	ANNEXE 3 : SÉLECTION DES CATÉGORIES D'IMPACTS PERTINENTES	187
10.4.	ANNEXE 4 : ANALYSE DE LA COHÉRENCE MÉTHODOLOGIQUE DES DONNÉES D'INVENTAIRE.....	191
10.5.	ANNEXE 5 : CONTRIBUTIONS DES ÉTAPES DE CYCLE DE VIE AUX CATÉGORIES D'IMPACT ÉTUDIÉES (CAS ILLUSTRATIFS).....	193
10.5.1.	Scénario 1	193
10.5.2.	Scénario 2	198
10.5.3.	Scénario 3	203
10.5.4.	Scénario 4	208
10.5.5.	Scénario 5	213
10.6.	ANNEXE 6 : DONNÉES DE RÉFÉRENCE DE CONSOMMATION DIESEL.....	218
10.7.	ANNEXE 7 : DONNÉES DE BENCHMARKING.....	220
10.7.1.	Tonnages liés aux catégories de produits	220
10.7.2.	Systèmes logistiques	221
10.8.	ANNEXE 8 : DONNÉES BRUTES COLLECTÉES POUR LES EMBALLAGES MODÉLISÉS.....	223
10.9.	ANNEXE 9 : CONFORMITÉ AVEC LE CADRE DE RÉFÉRENCE ADEME POUR ACV COMPARATIVES DE SOLUTIONS D'EMBALLAGE.....	229
10.10.	ANNEXE 10: RAPPORT DE REVUE CRITIQUE	233
10.10.1.	Contexte.....	233
10.10.2.	Composition du Comité de Revue Critique.....	233
10.10.3.	Travaux de revue critique, déroulement et limitations	233
10.10.4.	Principaux commentaires et points discutés	236
10.10.5.	Conclusions.....	241
10.10.6.	Annexe au rapport de revue critique	241
10.10.7.	Signature des participants au Comité de Revue Critique	241
10.10.8.	Annexe : tableau des commentaires détaillés formulés sur le rapport en date du 28 février 2023	242

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 268

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES 271

SIGLES ET ACRONYMES..... 278

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 environnementale de dispositifs de consigne pour réemploi d'emballages en verre**. 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 en verre consignés pour réemploi, en substitution à des emballages à usage unique. L'étude est consacrée à la **comparaison d'emballages primaires en verre réemployables et consignés avec des emballages primaires à usage unique, en verre (volet A) et en autres matériaux (volet B)**.

Au total, **10 scénarios** (un scénario étant une comparaison entre une solution réemployable et son alternative à usage unique) ont été caractérisés, dont 5 appartiennent au volet A et 5 autres au volet B. **Ce présent rapport traite du volet A** (le volet B étant présenté dans un second livrable de l'étude).

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. Seules les initiatives de réemploi par le professionnel sont étudiées, excluant de fait le réemploi des emballages par les particuliers (par exemple au travers de systèmes de vrac).

L'étude a pour vocation d'être **la plus générique possible** (et non une analyse de cas spécifique), afin qu'elle puisse 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 donc pas considéré de focaliser les analyses sur des typologies de produits définies. Les scénarios correspondent à **plusieurs situations industrielles distinctes**. Le caractère générique de cette étude est également assuré par **l'utilisation de gammes de valeurs** pour caractériser les emballages et leur distribution. Une collecte de données recouvrant une large diversité de situations réelles a ainsi été effectuée, par exemple quant au dimensionnement des emballages ou aux 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.

Au sein de chaque scénario, la comparaison entre options à usage unique et réemployable est donc réalisée selon l'entièreté des gammes de valeurs associées aux différents paramètres, permettant de faire apparaître des **points de bascule permettant de conclure quant à l'avantage systématique d'une solution d'emballages**.

Les résultats produits pour le volet A de cette étude suggèrent un **avantage relatif du verre réemployable pour une grande majorité de situations étudiées, et ce pour 5 des 7 catégories d'impact** faisant l'objet d'analyses approfondies (y compris le changement climatique). Pour tous les scénarios impliquant une distribution aux particuliers, cette observation est notamment d'application pour toutes les masses d'emballage et distances modélisées, et dès la deuxième utilisation de l'emballage primaire, qui permet d'amortir les impacts significatifs liés à la production et à l'approvisionnement du verre. 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 issus des verriers.

Les performances relatives des solutions à usage unique et réemployables à l'égard de **l'épuisement des ressources en eau** dépendent principalement des consommations associées au lavage, notamment en électricité (du fait de la mobilisation d'eau impliquée dans la production nucléaire) et en détergent (du fait du recours à certains composés d'origine végétale).

Le recours à des emballages de regroupement à usage unique en carton contribue grandement à **l'eutrophisation d'eaux douces**, et complique les comparaisons entre options. Selon les scénarios, le dépassement d'une valeur seuil de masse ou de nombre d'utilisations mène cependant à un avantage systématique de l'option réemployable pour cet indicateur.

ABSTRACT

The Climate and Resilience Act (“Loi Climat et Résilience”), implemented in 2021, sets up the Reuse Observatory (“Observatoire du réemploi et de la réutilisation”) through which is assigned, among other things, the task of carrying out **an environmental assessment of deposit schemes for the reuse of glass packaging units**. The aim of this study was to assess the environmental impact of using reusable glass primary packaging as a substitute for single-use packaging. **The study compares returnable and usable glass primary packaging units with single-use primary packaging units made of glass (part A), and other materials (part B).**

A total of **10 scenarios** (a scenario being a comparison between a reusable solution and its one-way alternative) were characterised, 5 of which belonging to part A and 5 to part B. **This specific report is related to part A** (part B being presented in a second deliverable of the study).

The scope of the study corresponds to European packaging production, for packaging and filling on French soil, and the analyses focus on the agri-food sector. Only reuse initiatives carried on by professionals are studied, thus excluding the reuse of packaging by private individuals (through bulk buying for instance).

The study is intended to be **as generic as possible** (and not a specific case analysis), so that it can be **assimilated by a wide range of sector actors** (who will thus be able to assess the opportunities and risks associated with reuse on the basis of their own specific case). It is therefore not intended for the analyses to be focused on defined product typologies. The scenarios deal with **several distinct industrial situations**. The generic nature of this study is also ensured by the **use of ranges of values** in order to characterize packaging and its distribution. Data has therefore been collected with the intent of covering a wide range of real-life situations, for example in terms of packaging sizing or transport distances. Data relating to the washing of reusable packaging was also collected from actors specializing in the washing of reusable packaging.

Within each scenario, the comparison between single-use and reusable options is therefore carried out according to the entire range of values associated with the various parameters, **enabling tipping points to be identified that allow conclusions to be drawn as to the systematic advantage of one of the packaging solutions**.

The results produced for part A of this study suggest **a relative advantage for reusable glass for a large majority of the situations studied, for 5 of the 7 impact categories** covered by the in-depth analyses (including climate change). For all the scenarios involving distribution to private individuals, this observation applies in particular for all the masses of packaging and distances modelled, and from the second use of the primary packaging, which makes it possible to cushion the significant impacts associated with the production and supply of glass. These results take into account detailed modelling of road transport (amended by manufacturers and logistics experts) and the use of inventory data from glassmakers.

The relative performance of single-use and reusable solutions with regard to the **depletion of water resources** depends mainly on the consumption associated with washing, in particular electricity (due to the use of water in nuclear production processes) and detergent (due to the use of certain compounds of plant origin in its formulation).

The use of single-use cardboard grouping packaging contributes in a major way to the **eutrophication of freshwater**, and complicates comparisons between options. Depending on the scenario, however, exceeding a threshold value for mass or number of uses leads to a systematic advantage for the reusable option for this indicator.

1. Contexte et objectifs

1.1. Contexte

En France, les impacts associés à la production, au transport et à la fin de vie des emballages représentent un enjeu majeur en matière de développement durable. Dans ce cadre, le développement de solutions de réemploi est perçu comme étant l'un des grands défis actuels. Ces problématiques sont rendues d'autant plus concrètes et formelles par la loi dite "**Climat et Résilience**".

Portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, cette loi du 22 août 2021, qui vise à accélérer la transition écologique de la société et de l'économie françaises, institue un Observatoire du réemploi et de la réutilisation en son article 25 et lui attribue, entre autres, une mission d'évaluation de dispositifs de consigne pour réemploi d'emballages en verre:

*"Il est institué un observatoire du réemploi et de la réutilisation au plus tard six mois après la publication de la loi no 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets. L'observatoire du réemploi et de la réutilisation est chargé de collecter et de diffuser les informations et les études liées au réemploi et à la réutilisation des produits soumis au principe de responsabilité élargie du producteur en application de l'article L. 541-10 du présent code [Code de l'Environnement] et pour lesquels des objectifs de réemploi et de réutilisation sont fixés dans les cahiers des charges mentionnés au II du même article L. 541-10. Il propose une trajectoire nationale visant à augmenter la part des emballages réutilisés et réemployés mis sur le marché par rapport aux emballages à usage unique. **Il peut mener dans son domaine de compétence, en lien avec éco-organismes mentionnés audit article L.541-10, toute étude nécessaire à l'évaluation de la pertinence des solutions de réemploi et de réutilisation d'un point de vue environnemental et économique.**"*

"Des dispositifs de consigne pour réemploi peuvent être mis en œuvre pour les emballages en verre lorsque le bilan environnemental global est positif. [...] 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."

1.2. Objectifs

L'objectif principal de cette étude est de dresser un bilan environnemental de plusieurs dispositifs de consigne pour réemploi des emballages en verre par les professionnels (distributeurs ou restaurateurs) en France, en prenant en compte toutes les étapes de leurs cycles de vie et différents facteurs d'impacts environnementaux. A cette fin, les paramètres influençant les performances environnementales des différents dispositifs seront 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 plus avantageuse sur le plan environnemental qu'une solution analogue existante à usage unique, et vice-versa.

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 consignés et des solutions analogues en verre à usage unique.
- Le **volet B** est quant à lui axé sur la comparaison de solutions d'emballages en verre réemployables et consignés avec des emballages constitués d'autres matériaux (hors verre), à usage unique.

Au sein de chaque volet, les comparaisons sont structurées à travers la construction de 5 "scénarios". Chaque scénario correspond à une comparaison quantitative des performances environnementale d'une option à usage unique et d'une option alternative en verre réemployable consignée 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 (dans le volet B).

Le présent rapport se concentre sur la modélisation, les résultats et analyses associées au **volet A** de l'étude.

Dans la suite de ce rapport, le terme « emballage réemployable » sera 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.

1.3. 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 diverse pratiques commerciale)

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 re remplir (réemployer) un emballage à domicile dans le cadre d'un dispositif de recharge.¹

¹ Issu de l'étude ADEME « Réemploi des emballages et alternatives aux emballages plastiques à usage unique », « Rapport de la Tâche 3 », Janvier 2022

Seul le réemploi par le professionnel est considéré dans cette étude. Le réemploi par le consommateur est exclu du périmètre.

1.4. 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 1.1). 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) est par ailleurs considérée. Dans la conduite de ce projet, l'ADEME est accompagnée par un prestataire, RDC Environment, et un comité de suivi.

Le comité de suivi est composé d'un panel d'une soixantaine d'acteurs de la chaîne de valeur du réemploi d'emballages en verre (dont la liste est reprise dans les Remerciements de l'étude). Les hypothèses structurantes et certains choix méthodologiques ont été partagés avec le comité, qui s'est réuni à 3 reprises pendant l'étude.

1.5. Revue critique

La conformité a été établie par les experts de revue critique (voir en Annexe 10).

Cette étude vise la conformité aux normes ISO 14 040-44, et se base sur les préconisations méthodologiques du référentiel publié par l'ADEME : "Cadre de référence - ACV comparative entre différentes solutions d'emballages"⁸. 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 à ce cadre méthodologique a été analysée par le comité de revue critique, et les écarts à celui-ci ont fait l'objet de justifications et de validations auprès du commanditaire et du comité de revue critique.

Ce rapport sera 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 .

2. Description de l'analyse du cycle de vie

2.1. L'analyse du cycle de vie en bref

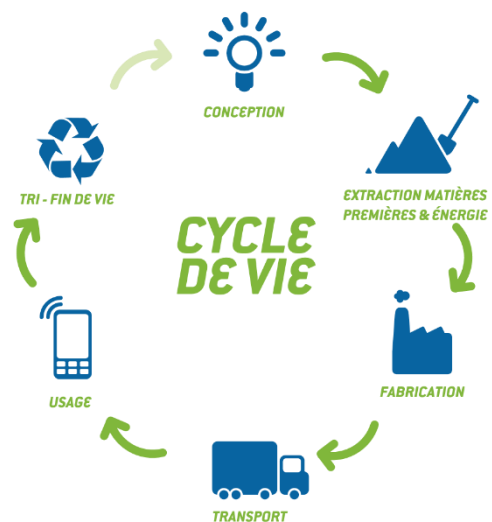
L'analyse du cycle de vie (ACV) est l'outil le plus abouti en matière d'évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux. Cette **méthode normée** permet de mesurer les effets quantifiables de produits ou de services sur l'environnement.

Il s'agit d'un outil d'aide à la décision, dont les 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.



2.2. 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 :

1. Définition des objectifs et du champ de l'étude
2. Inventaire
3. Évaluation de l'impact
4. 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 seront arrêtées.

À 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 (CO₂, SO₂, NO_x, PO₄, minerais...) généralement issu 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 ²	Résultats caractérisés
Unité	kg / unité fonctionnelle	kg CO ₂ -eq/flux	en kg CO ₂ -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 ₂ O	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.

² Source : IPCC 2021 direct 100 ans (facteurs publiés par la Commission Européenne : paquet EF 3.1)

3. Champ de l'étude

Les choix méthodologiques et de modélisation qui ont mené à la réalisation de la présente étude ont été effectués en tenant compte du document **“Cadre de Référence – ACV comparatives entre différentes solutions d’emballages”**⁸, publié par l’ADEME. Les écarts à ce cadre sont explicités dans l’Annexe 10.

3.1. Choix des scénarios

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 des volets A et B. Celle-ci a visé à baser la caractérisation des scénarios sur base de données industrielles concrètes (telles que les tonnages d’emballages mis sur le marché pour différents produits ou matériaux), pour ensuite agréger cette réalité de terrain à travers des typologies logistiques, qui se veulent représentatives de canaux de distribution et de consommation identifiés en France ou à l’étranger.

3.1.1. 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 en une évaluation des tonnages d’emballages mis en marché en France pour différentes catégories (alimentaire, hygiène, etc.) et sous-catégories (boissons alcoolisées, sodas, épices, etc.) de produits. Le résultat de cette évaluation est présenté en Annexe 7. 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 (non-industriels) mis sur le marché en France^{14,17}.
 - o En leur sein, les boissons représentent une large majorité (plus de 80%) des emballages en verre mis en marché^{3,14,17}.
- 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 fortement le potentiel de réemploi de leurs emballages.

3.1.2. 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^{5,7}, 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 dans l’Annexe 7. Au travers de ce travail, les éléments distinguant les schémas de distribution de certaines catégories de produits en France et à l’étranger ont été identifiés. Il a notamment été noté que :

- L’emballage de regroupement des emballages primaires réemployables pouvait être réemployable (notamment sous la forme de caisses en PEhd) ou à usage unique.
- Le lavage industriel des emballages primaires réemployables pouvait être effectué en centre de lavage dédié, ou par le producteur sur le site d’embouteillage.

- Le réemploi des emballages primaires en verre pouvait 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 faisaient 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 seront 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:

- o Du type de matériau utilisé pour l'option à usage unique
 - o 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)
 - o De la cible visée par la distribution (ménages ou CHR)
 - o ...
- Des paramètres dits "**influent**", qui correspondent quant à eux à des variables continues et quantitatives. Il est donc question de faire varier ces paramètres au sein des scénarios qui seront 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:
 - o La masse d'emballage primaire par litre transporté, pour un matériau donné
 - o Les distances de transport aller et retour des emballages
 - o Les taux de retour et nombres de réemplois effectifs des emballages.
 - o ...

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

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.

3.1.3. 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 B) 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 A, et sont synthétisés dans les sections suivantes (certaines données d'inventaire et hypothèses spécifiques aux différents scénarios sont détaillées dans le chapitre 4).



Les termes utilisés dans cette étude et dans ce chapitre sont explicités dans la partie 1.3 « Définitions ». En particulier, le terme « emballage réemployable » est une abréviation pour le terme « emballage réemployable consigné ».

La liste des cinq scénarios à l'étude retenus pour le volet A est présentée ci-dessous.

Scénarios étudiés (volet A) :

- **Scénario 1 : Boissons** – Distribution aux particuliers – Bouteille en verre réemployée et consignée avec **emballage de regroupement à usage unique** vs bouteille en verre à usage unique avec emballage de regroupement à usage unique
- **Scénario 2** : Boissons – Distribution aux particuliers - Bouteille en verre réemployée et consignée avec **emballage de regroupement réemployé et consigné** vs bouteille en verre à usage unique avec emballage de regroupement à usage unique
- **Scénario 3** : Boissons – Distribution aux **établissements CHR** – Bouteille en verre réemployée et consignée avec emballage de regroupement réemployé et consigné vs bouteille en verre à usage unique avec emballage de regroupement à usage unique
- **Scénario 4** : Boissons – Distribution aux particuliers - Bouteille en verre réemployée et consignée avec emballage de regroupement à usage unique, **distribuée via transport en bulk avec un conditionnement régionalisé**, vs bouteille en verre à usage unique avec emballage de regroupement à usage unique.
- **Scénario 5 : Aliments conservés et produits laitiers** – Distribution aux particuliers – Pot en verre réemployé et consigné **sans emballage de regroupement** vs pot en verre à usage unique sans emballage de regroupement, distribués aux particuliers

3.1.3.1.Synthèse des scénarios du volet A

Scénario	Option réemployable en verre*				Option à usage unique en verre			
	Type d'emballage primaire	Emballage de regroupement**	Distribution (cible, transport)	Système de fermeture ***	Type d'emballage primaire	Emballage de regroupement	Distribution (cible, transport)	Système de fermeture
1	Bouteille réemployable pour boisson	Carton (usage unique)	Aux particuliers	Acier Aluminium Liège PEHD	Bouteille à usage unique pour boisson	Carton (usage unique)	Aux particuliers	Acier Aluminium Liège PEHD
2	Bouteille réemployable pour boisson	Caisse PEHD (réemployable et consignée)	Aux particuliers	Acier Aluminium Liège PEHD	Bouteille à usage unique pour boisson	Carton (usage unique)	Aux particuliers	Acier Aluminium Liège PEHD
3	Bouteille réemployable pour boisson	Caisse PEHD (réemployable et consignée)	Aux CHR	Acier Aluminium Liège PEHD	Bouteille à usage unique pour boisson	Carton (usage unique)	Aux CHR	Acier Aluminium Liège PEHD
4	Bouteille réemployable pour boisson	Carton (usage unique)	Aux particuliers, avec transport en bulk et embouteillage régional	Acier Aluminium Liège PEHD	Bouteille à usage unique pour boisson	Carton (usage unique)	Aux particuliers	Acier Aluminium Liège PEHD
5	Pot/bocal réemployable pour épicerie	Aucun	Aux particuliers	Acier	Pot/bocal à usage unique pour épicerie	Aucun	Aux particuliers	Acier

* Pour toutes les options réemployables considérées, deux types de lavages ont été étudiés : un lavage en centre de dédié, et un lavage par le producteur sur le site d’embouteillage (voir Chapitre 4.5).

** 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 sont considérés à usage unique, et sont envoyés en fin de vie à chaque cycle de réemploi de l’emballage primaire.

3.1.3.2. 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 à celles-ci 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 caractériser les différents scénarios, notamment au regard du matériau considéré pour l’option à usage unique. De fait les valeurs et données utilisées dans la modélisation des options représentaient des segments de marché similaires, assurant ainsi leur comparabilité.

Le Tableau 2 reprend les catégories de produits auxquels peuvent s’appliquer les différents scénarios :

Scénario considéré	Catégories de produits concernées
Scénario 1	Eaux plates et gazeuses, vins, bières, sodas, jus et soupes
Scénario 2	
Scénario 3	
Scénario 4	
Scénario 5	Produits laitiers (crèmes et yaourts), produits d’épicerie (légumes, fruits, marinades, sauces), miels, pâtes à tartiner, confitures

Tableau 2 : Catégories de produits considérées au sein des différents scénarios

Par ailleurs et à l’image de la diversité de produits qu’ils représentent, les scénarios 1 à 4 concernent tous les types et formats de bouteilles en verre d’application pour ces produits. Notamment, des emballages en verre blanc ainsi que des emballages en verre coloré ont été pris en compte pour cette étude. Les emballages étudiés au sein du scénario 5 correspondent également à des pots et bocaux de tous formats, pour autant qu’ils soient accompagnés d’un système de fermeture en acier. Il est par ailleurs considéré que tous les emballages primaires du scénario 5 sont en verre blanc, spécifiquement.

3.1.3.3. Fiches descriptives des différents scénarios

3.1.3.3.1. Scénario 1

Descriptif de la solution réemployable	
Type d'emballage primaire	Bouteille en verre réemployable et consignée
Type d'emballage de regroupement	Collerette, carton de regroupement ou caisse en carton à usage unique
Système de fermeture	Système de fermeture hybride: <ul style="list-style-type: none"> - Bouchon en liège - Capsule en aluminium - Capsule en acier - Bouchon en PEhd
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux plates et gazeuses, vins, bières, sodas, jus et soupes
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 verre à usage unique
Type d'emballage de regroupement	Collerette, carton de regroupement ou caisse en carton à usage unique
Système de fermeture	Système de fermeture hybride: <ul style="list-style-type: none"> - Bouchon en liège - Capsule en aluminium - Capsule en acier - Bouchon en PEhd
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux plates et gazeuses, vins, bières, sodas, jus et soupes
Commentaires additionnels	
Le scénario 1 a pour objectif de permettre une comparaison entre deux bouteilles, l'une à usage unique et l'autre réemployable, toutes les deux distribuées aux particuliers avec un emballage de regroupement en carton à usage unique.	

Tableau 3 : Fiche descriptive du scénario 1

3.1.3.3.2. Scénario 2

Descriptif de la solution réemployable	
Type d'emballage primaire	Bouteille en verre réemployable et consignée
Type d'emballage de regroupement	Caisse réemployable et consignée en PEhd
Système de fermeture	Système de fermeture hybride: <ul style="list-style-type: none"> - Bouchon en liège - Capsule en aluminium - Capsule en acier - Bouchon en PEhd
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux plates et gazeuses, vins, bières, sodas, jus et soupes
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 verre à usage unique
Type d'emballage de regroupement	Collerette, carton de regroupement ou caisse en carton à usage unique
Système de fermeture	Système de fermeture hybride: <ul style="list-style-type: none"> - Bouchon en liège - Capsule en aluminium - Capsule en acier - Bouchon en PEhd
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux plates et gazeuses, vins, bières, sodas, jus et soupes
Commentaires additionnels	
<p>Le scénario 2 permettra d'étudier l'influence du recours à une caisse en PEHD réemployable et consignée, telle qu'utilisée dans des systèmes de réemploi de bouteilles en verre en Allemagne ou en Belgique. Un taux de retour accru des bouteilles a été noté dans ces systèmes du fait de la consignation du bac de transport lui-même⁷. Cet élément sera considéré lors de l'interprétation des résultats, mais ne sera pas modélisé à travers des gammes de valeurs différentes pour les nombres d'utilisations de l'emballage primaire (voir Chapitre 4.1 et Tableau 11), afin de pouvoir considérer l'impact d'un système de consigne désoptimisé avec des caisses de regroupement en PEhd. En outre, un retour des emballages primaires réemployables se fait à travers un transport via les caisses PEhd (retournées également vers le producteur), et la modélisation tient compte d'un facteur de désoptimisation du transport retour (détaillé au point 4.4.1).</p>	

Tableau 4 : Fiche descriptive du scénario 2

3.1.3.3.3. Scénario 3

Descriptif de la solution réemployable	
Type d'emballage primaire	Bouteille en verre réemployable et consignée
Type d'emballage de regroupement	Caisse réemployable et consignée en PEhd
Système de fermeture	Système de fermeture hybride: <ul style="list-style-type: none"> - Bouchon en liège - Capsule en aluminium - Capsule en acier - Bouchon en PEhd
Cible de la distribution	Etablissements CHR
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux plates et gazeuses, vins, bières, sodas, jus et soupes
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 verre à usage unique
Type d'emballage de regroupement	Collerette, carton de regroupement ou caisse en carton à usage unique
Système de fermeture	Système de fermeture hybride: <ul style="list-style-type: none"> - Bouchon en liège - Capsule en aluminium - Capsule en acier - Bouchon en PEhd
Cible de la distribution	Etablissements CHR
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux plates et gazeuses, vins, bières, sodas, jus et soupes
Commentaires additionnels	
<p>Le scénario 3 se distingue du scénario 2 par une distribution consacrée aux établissements CHR, et donc par une chaîne logistique distincte. Certains des éléments de modélisation spécifiques aux établissements CHR concerneront notamment les types de routes empruntées et gabarits de camions utilisés (du fait que ces points de vente soient plus présents en zones urbaines), les modalités de retour des emballages réemployables (absence de déconsignation automatique), et une gestion spécifique des emballages primaires en fin de vie (menant notamment à des taux de recyclage différenciés).</p>	

Tableau 5 : Fiche descriptive du scénario 3

3.1.3.3.4. Scénario 4

Descriptif de la solution réemployable	
Type d'emballage primaire	Bouteille en verre réemployable et consignée
Type d'emballage de regroupement	Collerette, carton de regroupement ou caisse en carton à usage unique
Système de fermeture	Système de fermeture hybride: <ul style="list-style-type: none"> - Bouchon en liège - Capsule en aluminium - Capsule en acier - Bouchon en PEhd
Cible de la distribution	Particuliers/ménages – Distribution régionalisée
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux plates et gazeuses, vins, bières, sodas, jus et soupes
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 verre à usage unique
Type d'emballage de regroupement	Collerette, carton de regroupement ou caisse en carton à usage unique
Système de fermeture	Système de fermeture hybride: <ul style="list-style-type: none"> - Bouchon en liège - Capsule en aluminium - Capsule en acier - Bouchon en PEhd
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Eaux plates et gazeuses, vins, bières, sodas, jus et soupes
Commentaires additionnels	
<p>Le scénario 4 correspond à un transport dit "massifié", en amont du remplissage de l'emballage réemployable. Dans ce cas de figure, le produit est transporté par bulk (en camion-citerne) avant d'être embouteillé, afin que l'embouteillage ait lieu de manière régionalisée, réduisant de fait la distance de transport du produit emballé vers les centres de distribution et les commerces/établissements (distance reprise dans le Tableau 22 , au point 4.4.2). De telles pratiques ont déjà été expérimentées pour plusieurs typologies de produits en France, notamment pour le transport de vins⁵¹. Il a été décidé de ne pas considérer un tel transport pour l'option à usage unique, d'une part du fait que ce type de logistique est fréquemment associée à des initiatives de réemploi des emballages à l'échelle régionale, d'autre part pour permettre d'identifier les perspectives liées à la mise en place de ce genre de pratiques par rapport à une situation logistique plus classique.</p>	

Tableau 6 : Fiche descriptive du scénario 4

3.1.3.3.5. Scénario 5

Descriptif de la solution réemployable	
Type d'emballage primaire	Pot/bocal en verre réemployable et consigné
Type d'emballage de regroupement	Aucun
Système de fermeture	Couvercle en acier
Cible de la distribution	Particuliers/ménages – Distribution régionalisée
Secteur	Boissons
Produits concernés	Produits laitiers (crèmes et yaourts), produits d'épicerie (légumes, fruits, marinades, sauces), miels, pâtes à tartiner, confitures
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/bocal en verre à usage unique
Type d'emballage de regroupement	Aucun
Système de fermeture	Couvercle en acier
Cible de la distribution	Particuliers/ménages
Secteur	Boissons
Produits concernés	Produits laitiers (crèmes et yaourts), conserverie (légumes, fruits, marinades, sauces), miels, pâtes à tartiner, confitures
Commentaires additionnels	
<p>Le scénario 5 permettra l'analyse du secteur de la conserverie et des produits laitiers, avec des emballages de formes et de masses différents de ceux considérés pour les bouteilles, mobilisant des systèmes de fermeture distincts, tant au niveau de leur masse relative au volume transporté (voir Tableau 13, sous-chapitre 4.3.1), que de leur contenu en acier (100% pour les pots et bocaux, contre 25% dans la modélisation hybride des systèmes de fermeture des bouteilles en verre). Par ailleurs, ces emballages primaires impliquent potentiellement un pré-lavage par le consommateur avant retour et déconsignation (étant donné le contenu organique et/ou la texture semi-liquide de certains aliments conditionnés en pots). Il est estimé que la plupart des produits d'épicerie conditionnés en pots et bocaux en verre sont vendus à l'unité, et aucun emballage de regroupement (pour rappel : emballage supplémentaire permettant l'acheminement des emballages primaires jusqu'au consommateur) n'a donc été considéré pour ces produits. La modélisation d'emballages de transport (cartons, films PEbd et palettes) permettant la protection et l'acheminement des emballages primaires jusqu'au centre de distribution puis au point de vente a cependant bel et bien été prise en compte.</p>	

Tableau 7 : Fiche descriptive du scénario 5

3.2. Unité fonctionnelle

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

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

Emballer 1L de produits alimentaires

L'unité fonctionnelle est issue du questionnaire suivant :

Fonction(s) assurée(s) / service(s) rendu(s) : « quoi »	Emballer : Iso-qualité, iso-conservation entre les emballages à usage unique et les emballages réemployables. Emballer comprend donc la notion de conservation et également la notion de transport et de communication faisant partie des fonctions de l'emballage.
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-conversation . 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 de tenir compte de situations qui ne correspondent pas à ce cas de figure.

Tableau 8 : Questionnement menant à la définition de l'unité fonctionnelle

En vue d'étudier des points de bascule liés aux paramètres influents étudiés et de tenir compte du caractère générique de cette étude, des gammes de valeurs sont préférées à des valeurs fixes (par exemple moyennes) pour la majorité des données considérées et modélisées. De fait, l'étude permet de couvrir différentes situations logistiques et de marché, par exemple la distribution de produits tranquilles, faiblement ou fortement carbonatés. Ces situations se traduisent notamment au niveau de la masse de l'emballage primaire (typiquement plus élevée pour des produits carbonatés afin de résister à la pression qu'ils génèrent), dont la modélisation couvre ces différentes options (voir chapitre 4.3).

3.3. Frontières du système

3.3.1. Limites temporelles et géographiques

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.

Le choix d'une production européenne des emballages est liée à la disponibilité des données d'inventaire, pour la grande majorité d'entre elles liées à une échelle européenne. Par ailleurs, les données d'inventaire issues de la FEVE (produites également 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 ³⁹.

L'horizon temporel considéré pour les systèmes étudiés est fixé en 2025, et la modélisation tient compte des objectifs des lois **AGEC** et **Climat et Résilience** à cette échéance, 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. De même, les gammes de valeurs considérées pour les différents paramètres influents évalués permettent de tenir compte de plusieurs situations, y compris d'extrapolations à l'horizon 2025.

Au-delà des paramètres étudiés via gammes de valeurs (masses et volumes d'emballages, distances de transport, données de lavage et données de déconsignation) et des données de recyclage, les données utilisées dans le cadre de la modélisation transversale de l'étude (ratios "enfouissement/incinération", infrastructures de transport et d'incinération...), ne font pas l'objet de projections particulières à l'horizon 2025.

En outre, la production des emballages primaires en verre n'est quant à elle pas représentative de technologies spécifiques, mais plutôt d'une situation moyenne, les modélisations de cette production étant basées sur des données d'inventaire issues de la FEVE (Fédération Européenne du Verre d'Emballage). Différents niveaux d'optimisation technologique de cette production sont cependant représentés à travers les masses d'emballages et proportions d'incorporation de matière recyclée considérées, modélisées via des gammes de valeurs.

3.3.2. Etapes du cycle de vie

3.3.2.1. Etapes incluses et communes aux options réemployables et à usage unique

Par unité fonctionnelle, les étapes du cycle de vie communes aux options réemployables et à usage unique pour chaque scénario sont décrites ci-dessous.

3.3.2.1.1. Phase de production des emballages et 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. Le réemploi des systèmes de fermeture n'est pas considéré dans cette étude, et chaque unité de fermeture des emballages (opercules, bouchons, couvercles, 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 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 ayant lieu durant la phase de production (à travers les inventaires FEVE utilisés).

3.3.2.1.2. Phase de 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 distribution³.
- 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.

3.3.2.1.3. Phase de 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.

3.3.2.2. Etapes incluses et spécifiques aux options réemployables

Par unité fonctionnelle, les étapes du cycle de vie spécifiques aux solutions d'emballage réemployables pour chaque scénario sont décrites ci-dessous.

3.3.2.2.1. Phase de 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
- La production des infrastructures de déconsignation RVM.

3.3.2.2.2. Phase de 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 d'embouteillage, en passant ou non par un centre de distribution et/ou par un centre de lavage dédié (supposant dans ce second cas un reconditionnement et la production de nouveaux emballages de regroupement, inclus en 3.3.2.1.1.).

3.3.2.2.3. Phase de lavage des emballages

Cette étape inclut :

- L'éventuel pré-lavage de l'emballage primaire en amont de sa déconsignation et de son transport retour, par le consommateur (spécifique au scénario 5). Un pré-lavage à la main ainsi qu'un pré-lavage en machine sont considérés.

³ En pratique, les schémas logistiques impliquent 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 distances de transport modélisées dans cette étude ne sont pas significativement influencées par ces considérations, du fait que des gammes de valeurs sont utilisées et couvrent une grande diversité de cas logistiques (de distances notamment).

- 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 contenants à l'échelle industrielle).

3.3.2.2.4. *Etapas exclues du champ de l'étude*

Les étapes et procédés suivant 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 procédé d'embouteillage ou de remplissage des contenants n'a pas été inclus. Il n'est donc pas considéré des comparaisons entre emballages dont les procédés de remplissage différent de manière conséquente et significative (représentant une limite de l'étude).
- La production des étiquettes et le processus d'étiquetage des emballages primaires n'ont pas été inclus dans les analyses quantitatives, les contributions de ces processus aux phases de production des options réemployables et à usage unique étant jugées équivalentes, et leur masse relative aux emballages primaires étant généralement beaucoup plus faible que celle des systèmes de fermeture (qui sont inclus dans le périmètre de l'étude). Leur exclusion est en outre formalisée dans le Cadre de Référence de l'ADEME consacré aux ACV comparatives de solutions d'emballage⁸. Il est par ailleurs considéré en cas illustratifs (explicités au point 4.1) que l'étiquetage n'est pas contraignant pour le lavage et le réemploi des emballages primaires, mais la modélisation de gammes de valeurs pour les consommations de lavage permettra de tenir compte indirectement de ces éléments et de les discuter de manière qualitative.
- La production, la masse, et l'éventuelle fin de vie du produit embouteillé ou conditionné n'ont pas été pris en compte, ces éléments étant jugés identiques pour les options réemployables et à usage unique, et cette étude se focalisant sur l'analyse du cycle de vie de l'emballage primaire et non de son contenu.
- Le trajet du consommateur depuis le point de vente à son domicile/lieu de consommation, ainsi que son trajet retour vers le point de déconsignation (potentiellement identique au point de vente) ne sont pas inclus dans le champ de l'étude, étant 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.
- Le stockage des différents emballages 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, de surcroît au regard de la grande diversité de produits et de formats d'emballages couverts par l'étude. 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.
- Le cas échéant, le stockage des contenants vides (après consommation) et de leurs emballages de regroupement et de transport au centre de distribution ont été exclus.
- De même, la production et l'entretien des infrastructures permettant le stockage (centre de distribution notamment) ont été exclus.
- La présence de matériaux secondaires entrants 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 CO₂ ou à l'oxygène) n'a pas été modélisée de manière spécifique.
- La consommation éventuelle de papier associée à la déconsignation manuelle ou automatique (par exemple lors de l'impression de traces financières) n'a pas été considérée.
- Sur base des données collectées en vue de modéliser l'étape de lavage industriel (voir section 4.5.2), 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 6.6.7.

3.3.2.2.5. Typologies logistiques ou de consommation exclues du champ de l'étude

- 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. De même, une répartition des carburants utilisés entre le diesel et d'autres types de carburants n'a pas été considérée. La motorisation alternative au diesel (GNV, Bio-GNV, électrique...) n'a ainsi pas été étudiée. Le changement de carburant peut conduire à une réduction ou une augmentation des contributions à une catégorie d'impacts donnée mais également à un transfert d'impacts (ex: réduction de sur le changement climatique et augmentation de l'usage des sols). Etant donné le nombre de scénarios étudiés et de variables déjà considérées, certaines options pertinentes comme la motorisation n'ont pas pu être étudiées. En outre, aucune part du diesel modélisé n'est allouée au biodiesel (qui représente près de 7% des carburants en France en 2021 ³²).
- 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. Le réemploi par les consommateurs n'est pas considéré dans l'analyse d'impacts, excluant de fait un réemploi à domicile sans transport retour, ou des systèmes de vrac.
- Les systèmes d'e-commerce et de livraison à domicile (par les distributeurs ou par les restaurateurs, par exemple via cyclologistique) sont exclus du champ de l'étude, leur logistique étant jugée analogue et structurellement identique à un cas de distribution vers les CHR (transport vers le point de consommation, et collecte de l'emballage vide).
- La modélisation et les résultats présentés ne tiennent pas compte de manière différenciée de la standardisation ou non des emballages étudiés. La prise en compte de certains sous-scénarios de remplissage des camions permettra d'évaluer les impacts de distances de transport plus élevées ou plus faibles dans le cadre du réemploi (des situations typiques d'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.

3.3.3. Représentation schématique des frontières des scénarios

Scénario 1 : Boissons – Distribution aux particuliers - Bouteille en verre réemployée et consignée avec emballage de regroupement à usage unique vs bouteille en verre à usage unique avec emballage de regroupement à usage unique

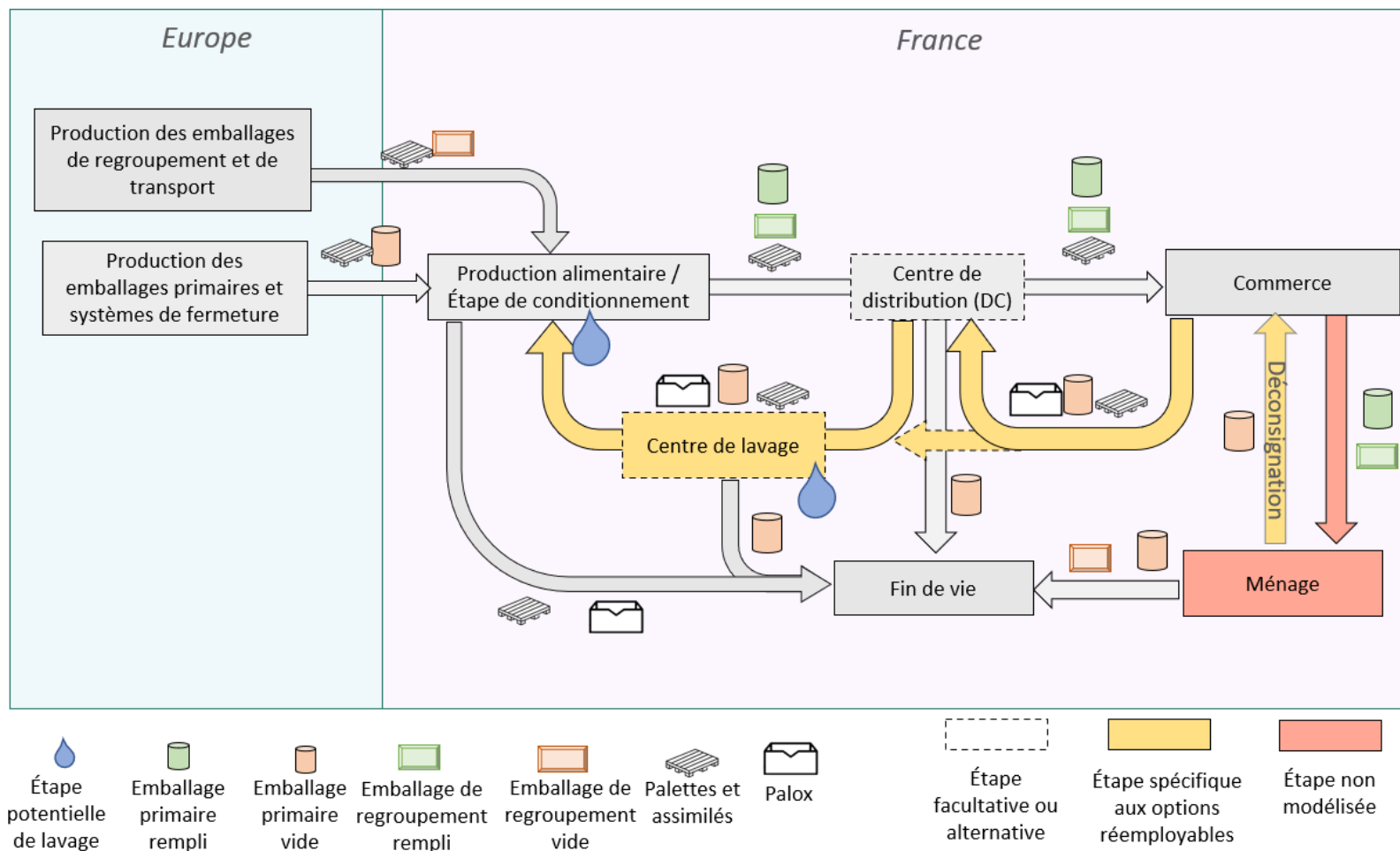


Figure 1 : Scénario 1 - Frontières du système

Scénario 2 : Boissons – Distribution aux particuliers - Bouteille en verre réemployée et consignée avec emballage de regroupement réemployé et consigné vs bouteille en verre à usage unique avec emballage de regroupement à usage unique

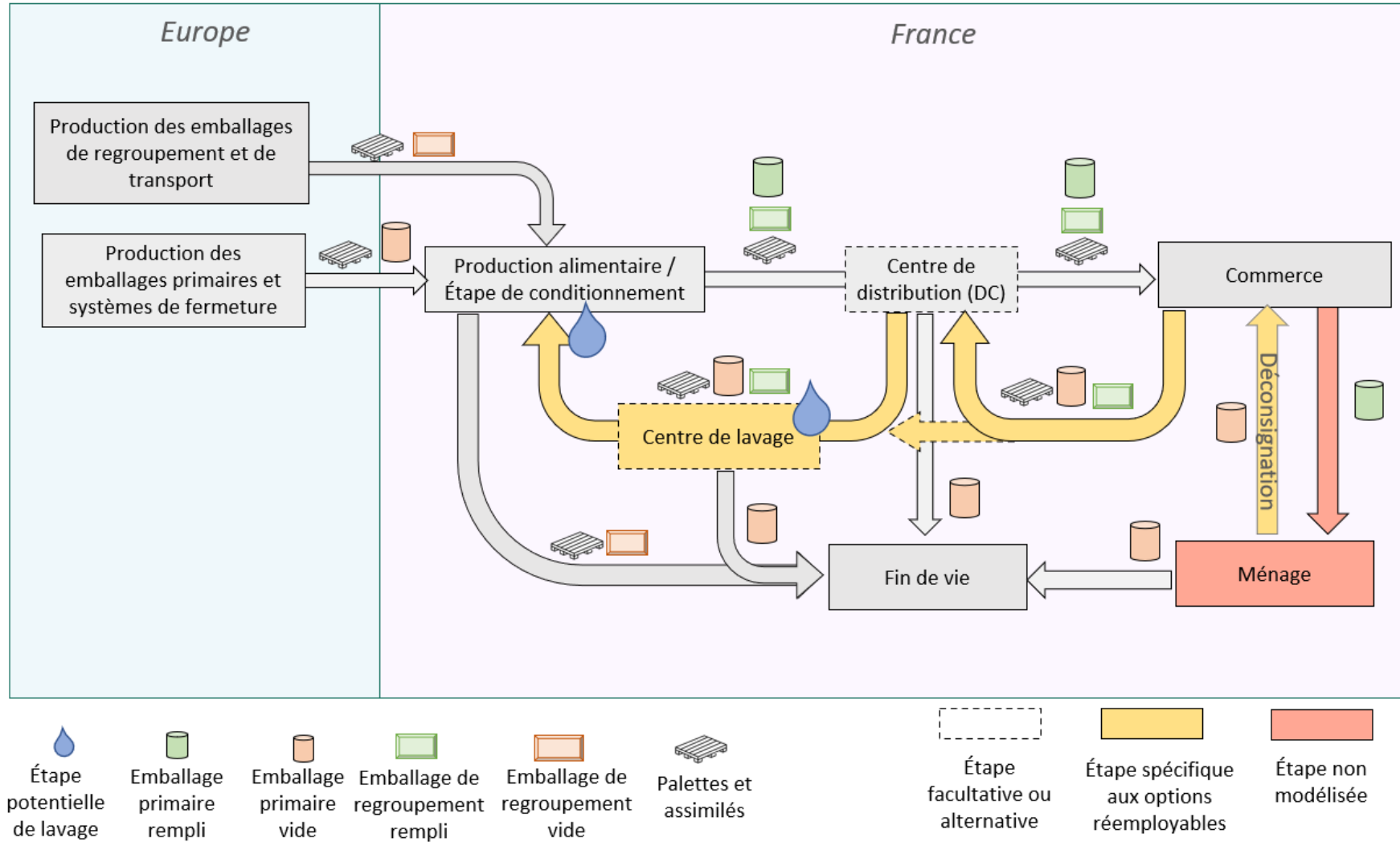


Figure 2 : Scénario 2 – Frontières du système

Scénario 3 : Boissons – Distribution aux établissements CHR – Bouteille en verre réemployée et consignée avec emballage de regroupement réemployé et consigné vs bouteille en verre à usage unique avec emballage de regroupement à usage unique

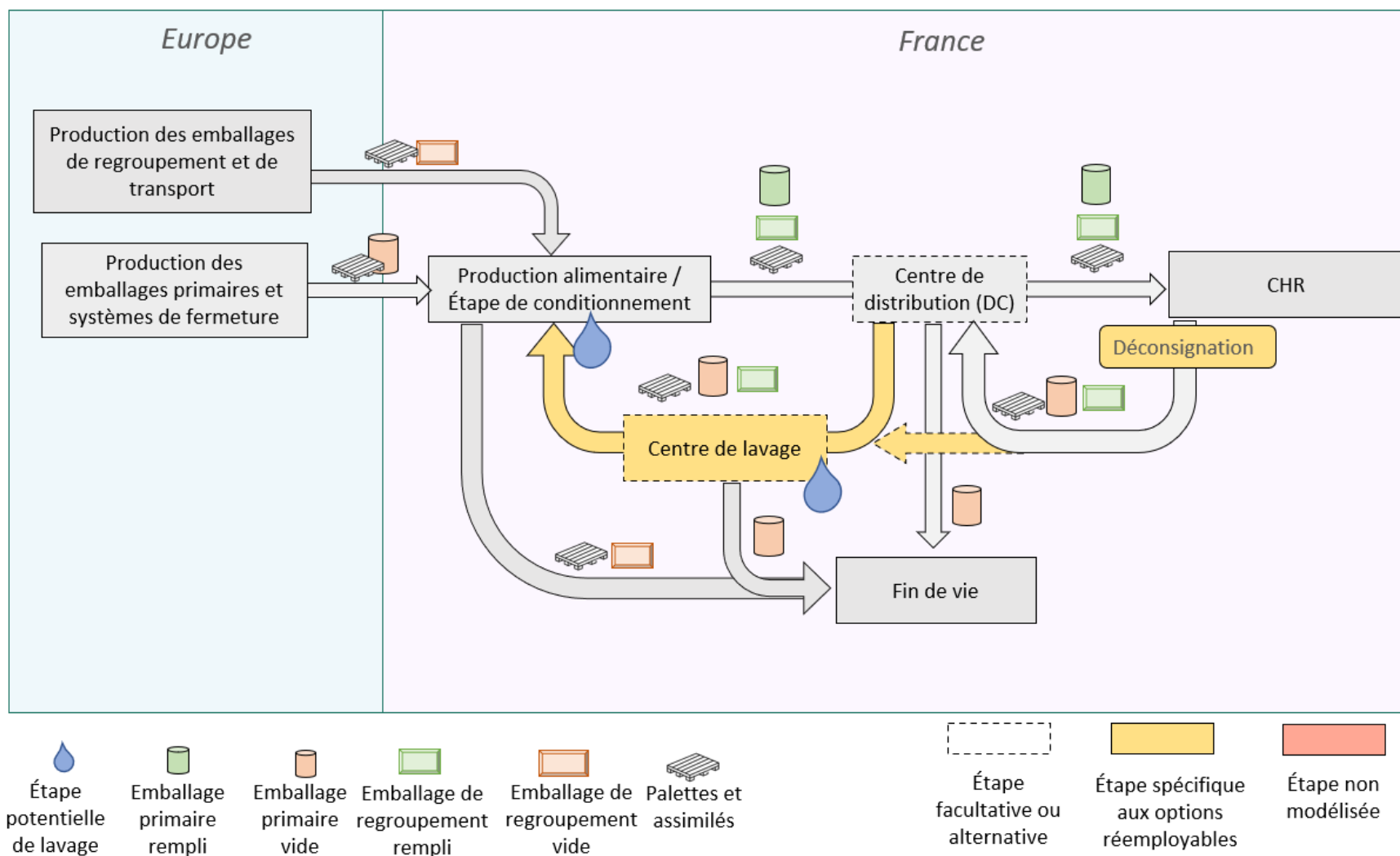


Figure 3 : Scénario 3 – Frontières du système

Scénario 4 : Boissons – Distribution aux particuliers - Bouteille en verre réemployée et consignée avec emballage de regroupement à usage unique distribuée via transport en bulk avec un conditionnement régionalisé vs bouteille en verre à usage unique avec emballage de regroupement à usage unique.

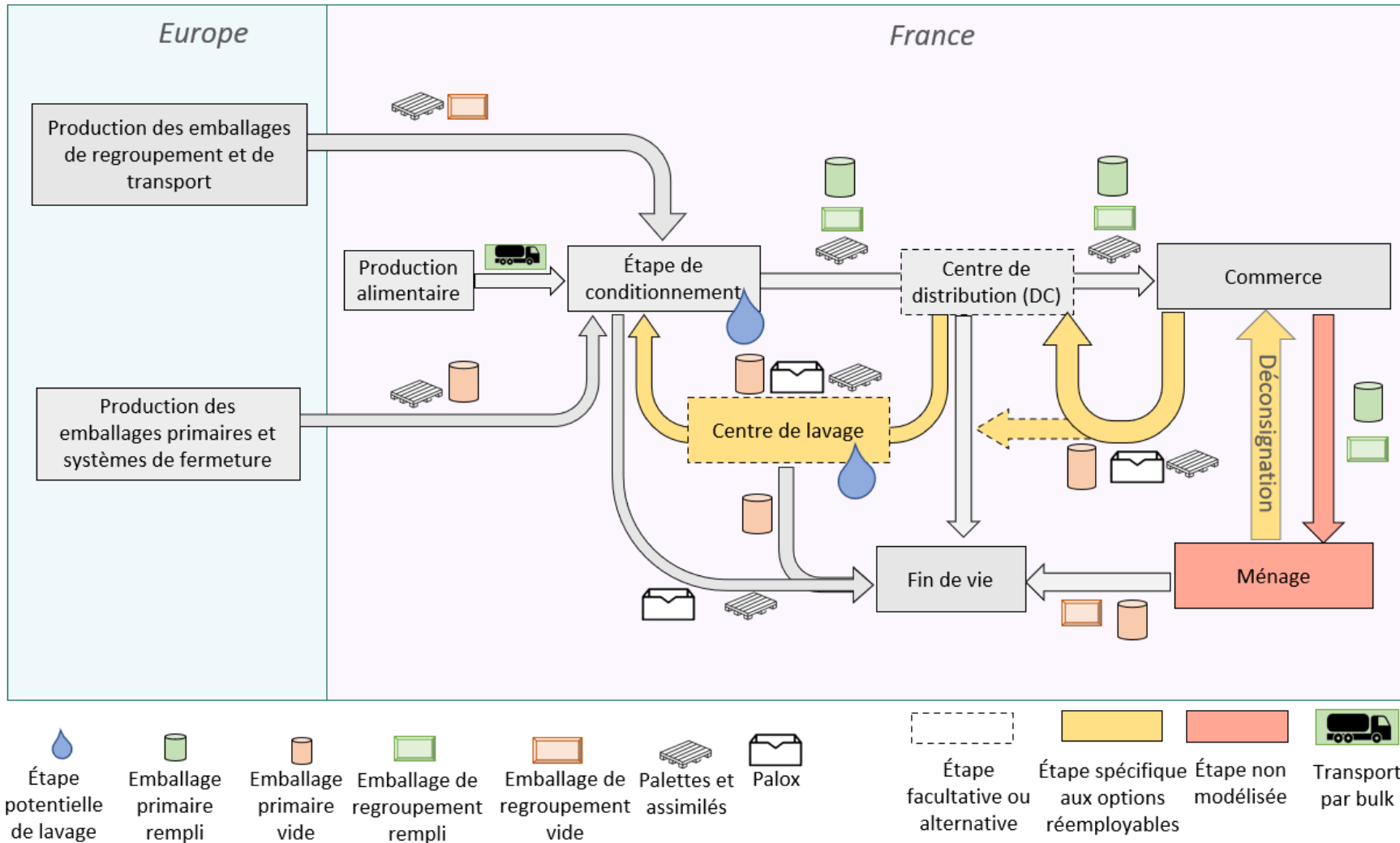


Figure 4 : Scénario 4 - Frontières du système

Scénario 5 : Aliments conservés et produits laitiers – Distribution aux particuliers - Pot en verre réemployé et consigné sans emballage de regroupement vs bouteilles en verre à usage unique sans emballage de regroupement.

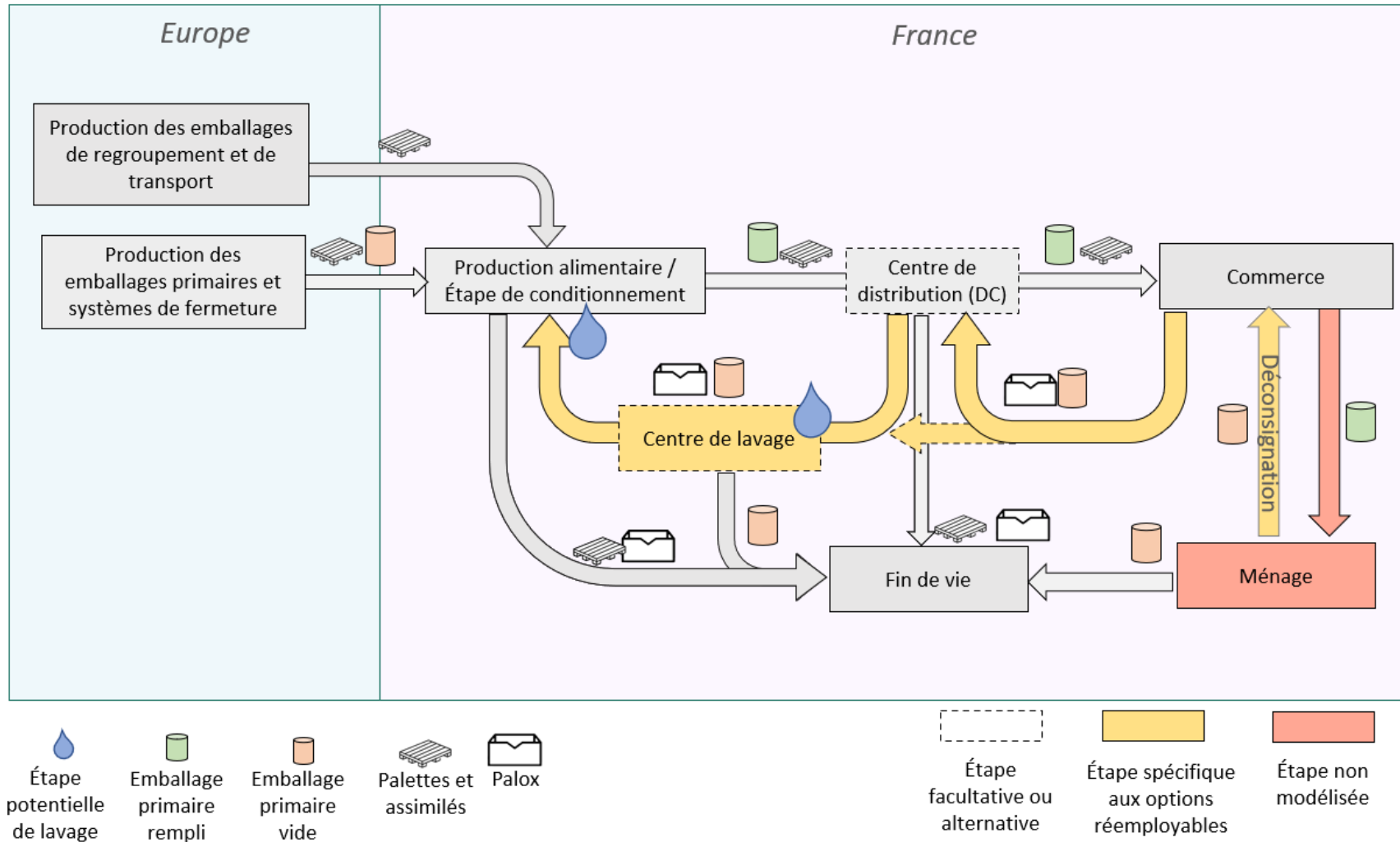


Figure 5 : Scénario 5 – Frontières du système

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 considérées pour ces trois options sont détaillées dans le point 4.6.1.1.
- Par ailleurs, des étapes de fin de vie différentes sont considérées pour les scénarios concernant les ménages/particuliers, et le scénario 3, dédié aux CHR. En effet, pour ce dernier, une filière de collecte des emballages primaires en verre en fin de vie pour recyclage direct par les producteurs est modélisée. Les emballages primaires à usage unique sont ainsi collectés au niveau de l'établissement CHR par les camions chargés de la distribution des emballages remplis (logistique inverse), et ramenés au centre de distribution, où ils seront broyés et stockés, pour être envoyés aux centres de traitement ensuite. Ce processus est spécifique à la distribution vers les CHR (et donc au scénario 3) et est décrit plus en profondeur au point 4.6.4.3.
- Les systèmes de fermeture, tous à usage unique, 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.
- La déconsignation des emballages peut être manuelle ou automatisée pour tous les scénarios impliquant une distribution aux ménages (plus de détails au sous-chapitre 4.4.3). Elle est exclusivement manuelle dans le scénario 3, consacré à une distribution aux établissements CHR.
- Il est considéré que les emballages déclassés lors du lavage et du tri dans le cadre du réemploi suivent la même trajectoire que les emballages 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 4.4.2 et 4.4.3), 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 4.4.1 et 4.4.2).
- Des emballages de regroupement peuvent être orientés en fin de vie depuis l'étape du commerce, 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).

3.4. Exigence sur la qualité des données

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, consommations énergétiques 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 fourchettes de valeur tirées d'une analyse de la littérature et de pesées et mesures réalisées par RDC Environment. L'utilisation de fourchettes de valeur permet de couvrir un large éventail de situations actuelles et projetées en France ;

- Les données représentant la logistique (distances de transport, ratio volumique⁴) sont également basées sur des données de littérature et de mesures, ainsi que sur base d'échanges avec des acteurs sectoriels (notamment faisant partie du Comité de Suivi de l'étude);
- 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 2025.

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 3.3.3), 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 base de données d'arrière-plan utilisée est Ecoinvent v3.9.1 (publiée en décembre 2022)¹¹ 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 ²⁶ 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.
- Inventaires du cycle de vie publiés par PlasticsEurope, pour la production d'éléments en plastique.

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 issue de la base de données Ecoinvent, une évaluation méthodologique selon plusieurs critères est proposée en Annexe 4.

⁴ Volume occupé dans le camion pour transporter 1L de contenu. Cette donnée est explicitée dans la section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

3.5. Critère de coupure

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. Des mesures et pesées d'emballages supplémentaires ont en outre été réalisées.*
- **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 l'objectif initialement fixé d'atteindre 100% des impacts modélisés, il est estimé à dire d'expert, que le seuil de coupure de 5% pour les trois critères : masse, énergie et impact environnemental.

3.6. Catégories d'impacts potentiels

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://epca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developEF.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)	m ³ 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 9 : 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'emballages⁸. La réflexion derrière le choix final des indicateurs est détaillée dans le chapitre 6 et en Annexe 3.

La méthode AWARE (Available WATER REMaining)¹² 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.

3.7. 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.

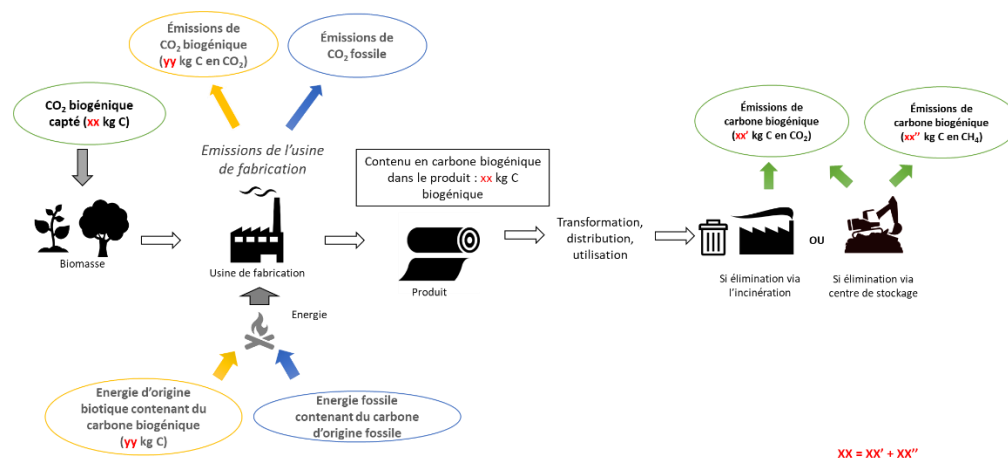


Tableau 10 : Représentation simplifiée du cycle du carbone biogénique

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 ADEME⁸ 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.

4. Inventaire de cycle de vie : données et hypothèses

4.1. Introduction aux choix de valeurs de modélisation

Pour permettre de répondre aux objectifs de conception d'une étude générique, et pour permettre d'identifier au mieux les points de bascule 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, 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 Chapitre 5). Ces valeurs extrêmes ont pour vocation d'englober une grande majorité de valeurs réelles possibles (liées par exemple à différents formats d'emballages, ou à différentes typologies logistiques) pour un paramètre donné, dans le périmètre considéré (voir Chapitre 3.3).

La distribution uniforme considérée découle de l'absence d'informations sur la distribution des valeurs en situation réelle au sein de l'intervalle considérée, ne permettant pas d'identifier de valeurs moyennes et d'écart-type. Il est à noter que le recours à cette distribution n'influence pas les points de bascule éventuellement identifiés, et n'affecte pas la fiabilité ou la robustesse des résultats observés pour des valeurs définies (étant considéré qu'un millier d'itérations de calculs suffit à couvrir un nombre suffisant de combinaisons statistiques sur l'ensemble de ces distributions uniformes).

Pour certaines données, les valeurs minimales et maximales encadrant la gamme de valeurs utilisée découlent de données de littérature ou de mesures réalisées, et représentent donc des observations de cas de marché extrêmes. 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.

Dans d'autres cas, les valeurs minimales et maximales représentent 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 des bouteilles de formats différents, de même que des applications différentes (bouteille pour boisson tranquille ou bouteille pour boisson carbonatée, par exemple).

Il convient de préciser que la collecte de données préalable à la définition de ces gammes de valeurs ne résulte pas d'une procédure systématique de recherche des valeurs extrêmes, des valeurs les plus représentatives ainsi que de leur distribution au sein de chaque segment de marché. Néanmoins, les auteurs de l'étude estiment avoir couvert la plupart des situations de marché les plus probables. 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.

En parallèle de ces gammes de valeurs, au sein desquelles auront lieu la majorité des analyses et l'identification des points de changement de conclusion, le recours à des "cas illustratifs" est considéré. Ces cas illustratifs sont caractérisés par l'utilisation de valeurs fixes pour les paramètres sensibles. Ils ont pour vocation d'analyser les impacts des options à usage unique et réemployables, notamment au travers des contributions de leurs étapes de cycle de vie aux différentes catégories d'impact, et de l'identification de hotspots d'impacts. Cependant, ces cas illustratifs:

- N'ont pas pour vocation de permettre des comparaisons non-biaisées 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 (notamment au sein du volet B de l'étude). Elles sont cependant censées approcher une réalité de marché générique. 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. En outre, pour les options 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, suppose représenter un cas réaliste mais optimiste quant au potentiel de réemploi des emballages.

4.2. Nombre d'utilisations des emballages réemployables

Dans cette étude, seuls les nombres d'utilisations effectifs, donc réalisés, sont considérés. Le nombre d'utilisation théorique 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 toutefois été 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 considéré.

Les nombres d'utilisations des différents emballages sont présentés dans le Tableau 11.

Emballage	Scénarios concernés	Valeur minimale de l'intervalle étudié		Valeur maximale de l'intervalle étudié		Valeurs utilisées en cas illustratif	Taux de retour correspondants (%)
		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	1, 4	2	50	30	96.6	5 et 20	80 et 95
Bouteille en verre réemployable, avec utilisation d'un emballage de regroupement consigné et réemployable (Particuliers)	2	2	50	30	96.6	5 et 20	80 et 95
Bouteille en verre réemployable, avec utilisation d'un emballage de regroupement consigné et réemployable (CHR)	3	2	50	30	96.6	5 et 20	80 et 95
Pot/bocal en verre réemployable	5	2	50	30	96.6	5 et 20	80 et 95
Caisse de transport réemployable en PEHD	2, 3	9	90	100	99	20	95
Palette de transport	Tous	/	/	/	/	25	96

Tableau 11 : 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'emballage⁸ :

- 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. L'une d'entre elles (la méthode B) se base notamment sur la durée de vie des emballages et sur certains effets de stocks (nombre annuel de rotations, taux de déclassement...), selon la formule suivante :

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

Où

Rot_{an} = nombre annuel de rotations

DVM = durée de vie du modèle d'emballage

Les nombres d'utilisations présentés dans le *Tableau 11* ont été déterminés pour représenter (au travers des gammes de valeurs) une grande variété de schémas de réemploi, allant du cas le plus pessimiste par essence (2 utilisations) jusqu'à une valeur arbitrairement fixée à 30 (en concertation avec le Comité de Suivi), en phase avec l'analyse de la littérature réalisée ainsi que les hypothèses formulées sur base de l'expertise de RDC Environment. En outre, les taux de retour qui y sont liés 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:

$$\text{Taux de retour} = 1 - 1 / \text{Nombre d'utilisation}$$

Dans l'optique d'aboutir à des résultats et des conclusions les plus génériques possibles, ils ne découlent donc pas de calculs liés à une situation ou à un emballage spécifique. Cependant, l'étude ne se positionnant pas sur une valeur fixe, on peut supposer que le nombre d'utilisations permette d'approcher le taux de renouvellement via une approche simplifiée. Un nombre d'utilisations peu élevé peut donc par ailleurs correspondre à plusieurs situations réelles différentes, par exemple une durée de vie trop faible des emballages, ou un stockage trop long des emballages, limitant le nombre de cycles effectués par chacun d'eux.

Bien qu'un nombre d'utilisations plus élevé soit attendu en pratique pour des scénarios impliquant une caisse en PEHD réemployée et consignée (tel que dans les scénarios 2 et 3), il a été choisi d'utiliser les mêmes gammes de valeurs min-max pour tous les scénarios, afin d'identifier leurs points de bascule plus efficacement. Il a par ailleurs été constaté qu'en pratique, les taux de retour observés par les établissements CHR sont globalement plus élevés que les taux de retour effectifs des particuliers, du fait de structures et de mécanismes logistiques plus stables (collecte directement à l'établissement, contractualisations, espace de stockage des restaurateurs...)³⁹. Ces éléments feront l'objet de points d'attention lors de l'interprétation des résultats.

Comme explicité dans le *Tableau 11*, les nombres de réemplois des emballages primaires et des emballages de regroupement réemployables (caisses PEhd) sont découplés, du fait qu'il est possible de déconsigner la caisse sans retourner les emballages en verre (et vice-versa) dans des systèmes analogues existants. En outre, les taux de casse des deux emballages sont tout à fait différents.

4.3. 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, ou 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 caisses en PEhd modélisées dans les scénarios 2 et 3, des palettes et des palox (tous décrits plus loin dans ce chapitre), les emballages additionnels considérés sont à usage unique, représentant une approche conservatrice 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 valeur permettent d'approcher plusieurs situations possibles.

Un récapitulatif des données modélisées pour les différents emballages et les différents scénarios est reprise en section 4.7.1.

4.3.1. Emballages primaires et systèmes de fermeture

Les masses utilisées pour les emballages primaires des différents scénarios découlent de collectes de données de la littérature et de mesures et pesées réalisées par RDC Environment (dont le détail est repris en Annexe 8). Toutes les masses sont ramenées à l'unité fonctionnelle (en divisant la masse de chaque emballage échantillonné par son volume pour la ramener à une référence d'1L), et la masse utilisée en modélisation est la masse d'emballage permettant le transport d'un litre de contenu. C'est donc sur base de ces données ramenées à l'unité fonctionnelle que les gammes de valeurs et cas illustratifs exposés plus bas dans le Tableau 11 ont été construits. Cette masse n'est pas forcément la masse associée à un contenant d'un litre, mais se veut représentative de la masse volumique de plusieurs types de contenant (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 fourchettes de valeurs de masse sont exprimées en g/L, et peuvent représenter plusieurs situations, comme par exemple:

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

Il est donc par exemple considéré que la production d'un emballage primaire d'1L présente des impacts deux fois plus grands que la production d'un emballage primaire de 0.5 L, ce qui ne tient pas compte du rapport réel non-linéaire entre la masse d'un emballage et son volume. L'inventaire de cycle de vie FEVE utilisé pour la modélisation du verre dans cette étude a néanmoins pour unité de référence le kg de verre d'emballage. Une forme de proportionnalité est donc mesurée dans les impacts.

Les valeurs de masses volumiques des emballages primaires et les inventaires utilisés pour modéliser leur production et leur transformation sont repris dans le Tableau 12.

Type d'emballage primaire	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	Inventaire de production	Inventaire de transformation	Sources
Bouteille en verre *	1, 2, 3, 4	326	1170	715	Glass Container – Virgin – EU-28+EFTA (FEVE, 2012)	<i>Pertes de production intégrées aux inventaires</i>	Détaillées dans l'Annexe 8
Pot/bocal en verre *	5	386	1255	616	**Glass Container – Recycled content 100% – EU-28+EFTA (FEVE, 2012)		

Tableau 12: Données de masse des emballages primaires à usage unique

* Ces données sont également appliquées aux emballages primaires réemployables en verre, pour lesquels un facteur d'augmentation de masse est considéré et appliqué aux valeurs de masse.

** Inventaires correspondants aux matériaux recyclés

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 (voir Tableau 2). Les données collectées lors de cet exercice sont reprises dans l'Annexe 8.

Afin de représenter au mieux les différents segments de marché concernés tout en conservant le caractère générique voulu pour cette étude, la valeur de cas illustratif utilisée pour les bouteilles en verre découle d'une moyenne pondérée des masses moyennes (en g/L) déterminées pour chaque catégorie de produit, au regard des tonnages d'emballages mis en marché pour ces produits. Ces tonnages sont également reprise en Annexe 8.

Les données collectées (masses d'emballages et tonnages mis en marché) pour les pots et bocaux en verre caractérisant le scénario 5 n'ayant pas permis d'établir une moyenne pondérée suffisamment

robuste à travers cette méthode, la valeur médiane de l'échantillon collecté est utilisée en valeur de cas illustratif.

Facteur d'augmentation de masse

Du fait d'une conception amenant les emballages réemployables à être plus robustes et plus durables dans le temps, il est considéré que ceux-ci sont en moyenne plus lourds que des emballages à usage unique de même format et de fonction analogue. C'est pourquoi un facteur d'augmentation de masse a été appliqué aux masses volumiques des emballages en verre réemployables, par rapport aux emballages de même type à usage unique.

Ce facteur d'augmentation de masse varie aléatoirement entre 100% et 120% de la masse de base^{2,20}. Ainsi, pour chaque valeur de masse volumique sélectionnée aléatoirement dans la gamme uniforme de valeurs spécifique à un emballage (par exemple entre 386 g/L et 1255 g/L pour les pots en verre), celle-ci sera multipliée par un facteur pouvant aller de 1 à 1.2 pour déterminer la masse associée à la solution réemployable. La valeur maximale fixée pour ce facteur d'augmentation de masse (1.2) découle de données de littérature et d'observations de terrain non quantifiées, ayant fait l'objet de validations par les membres du Comité de Suivi de l'étude.

L'application de ce facteur d'augmentation de masse à posteriori de l'attribution d'une masse pour l'emballage à usage unique a notamment permis de pouvoir comparer les options en verre réemployables et à usage unique entre elles au sein du volet A pour une même itération, évitant les biais de résultats découlant de masses différentes sélectionnées aléatoirement. La considération de ce facteur isolé a permis par ailleurs d'en étudier l'influence sur les résultats globaux, en soumettant l'augmentation de la masse à des analyses de sensibilité.

Les systèmes de fermeture des emballages primaires considérés au sein des différents scénarios sont détaillés dans le Tableau 13, au regard de leur masse, et des inventaires utilisés pour leur modélisation.

Type de système de fermeture	Scénario concerné	Masse par volume de contenu (g) - Valeur minimale	Masse par volume de contenu (g) - Valeur maximale	Masse par volume de contenu (g) - Valeur cas illustratif	Inventaire de production	Inventaire de transformation	Sources
Hybride PEHD, acier, aluminium, liège pour bouteilles en verre *	1, 2, 3, 4	1.4	4.3	2	<p>Polyethylene, HDPE, granulate, at plant- RER (Plastics Europe 2011-15)</p> <p>Acier : Steel production, converter, unalloyed - RER (EI 3.9.1)</p> <p>Aluminium : Market for aluminium, primary, ingot - RER (EI 3.9.1)</p> <p>Liège : Cork slab production - RER (EI 3.9.1)</p>	<p>PEHD: Injection moulding - RER (EI 3.9.1) Taux de perte: 0.6%¹¹</p> <p>Acier : Hot rolling, steel - Europe without Austria (EI 3.9.1) Taux de perte : 5%¹¹</p> <p>Deep drawing, steel, 3500 kN press, automode - RER (EI 3.9.1) Taux de perte : 10%¹¹</p> <p>Aluminium : 80.15% : Sheet rolling , aluminium - RER (EI 3.9.1) Taux de perte : 1.2%¹¹</p> <p>18.85%: Cast iron production - RER (EI 3.9.1)</p>	Détaillées dans l'Annexe 8
Couvercle en acier pour pot en verre	5	6.16	18	10	<p>Steel production, converter, unalloyed - RER (EI 3.9.1)</p>	<p>Hot rolling, steel - Europe without Austria (EI 3.9.1) Taux de perte : 5%¹¹</p> <p>Deep drawing, steel, 3500 kN press, automode - RER (EI 3.9.1) Taux de perte : 10%¹¹</p>	Détaillées dans l'Annexe 8

Tableau 13: Données liées à la production des systèmes de fermeture

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 :

- Un bouchon de liège
- Une capsule en acier
- Un bouchon en aluminium
- et/ou un bouchon en PEHD

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 bouchons est la suivante : 25% d'acier, 25% d'aluminium, 25% de liège, 25% de PEHD (hypothèse).

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).

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 des combinaisons de valeurs extrêmes opposées pour ces deux paramètres (voir section 8.3.2).

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 14 :

Element 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 (%) – valeur cas illustratif
Bouteilles en verre	1, 2, 3, 4	20% ¹⁰ *	90% ¹⁰ *	90%
Pot/bocal en verre	5	0% ¹⁰ *	40 % ¹⁰ *	40%
PEhd (système de fermeture)	1, 2, 3, 4	0% ³⁹ **		0%
Acier (système de fermeture)	Tous	58% ³⁵		58%
Aluminium (système de fermeture)	1, 2, 3, 4	0% ³⁵		0%
Liège (système de fermeture)	1, 2, 3, 4	0% ³⁹		0%

Tableau 14 : Valeurs de R1 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 collégalement 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 et bocaux) que pour les verres colorés.

** Les taux de R1 pour les systèmes de fermeture en PEhd sont fixés 0 à du fait de l'interdiction d'incorporation de matière recyclée pour les plastiques hors PET en cas de contact alimentaire.

Les valeurs fixées en cas illustratifs sont égales aux valeurs de borne maximale, arbitrairement jugées comme étant représentatives d'une situation à l'horizon 2025.

4.3.2. Emballages de regroupement

Les masses des différents emballages de regroupement, ramenées à un litre de contenu transporté, sont présentées dans le Tableau 15. De même, les valeurs minimales, maximales et en cas illustratif

des ratios volumiques (soit le volume occupé par ceux-ci pour un litre de contenu transporté⁵) des emballages de regroupement sont reprises dans ce même tableau, 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	Sources
Caisse de transport en PEHD	2, 3	111	312.5	207	0% ³⁵	Polyéthylène, HDPE, granulate, at plant- RER (Plastics Europe 2011-15)	Injection moulding - RER (EI 3.9.1) Taux de perte : 0.6% ¹¹	Détaillées dans l'Annexe
Emballage en carton **	Tous	8.7	100	48	47% ³⁵	Containerboard production, linerboard, kraftliner - RER (EI 3.9.1) *Containerboard production, linerboard, testliner – RER (EI 3.9.1)		Détaillées dans l'Annexe

Tableau 15: Données liées à la production des emballages de regroupement

* Inventaires correspondants aux matériaux recyclés

** Dans cette étude 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 de petite taille, plus légers et moins solides, typiquement utilisés pour des pots de yaourts ou des petites bouteilles (volumes inférieurs à 50 cL).

- Les caisses en carton, plus robustes, qui permettent le transport de bouteilles plus lourdes, plus nombreuses, et/ou de volumes plus importants (par exemple des bouteilles de vins).

Pour les scénarios du volet A, ces emballages carton ne sont pas différenciés, afin de pouvoir traiter de manière générique la diversité de produits et d'emballages primaires qui y sont associés (notamment au regard des masses et formats considérés).

A l'instar des masses d'emballages primaires, 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 (voir [Tableau 2](#)). Les données collectées lors de cet exercice sont reprises dans l'Annexe 8.

Pour rappel, la caisse de transport en PEhd modélisée dans les scénarios 2 et 3 est réemployée, alors que le film en PEbd et les emballages en carton sont supposés à usage unique.

Par ailleurs, les emballages primaires n'étant pas conditionnés via un emballage de regroupement (tels que les pots dans le scénario 5) sont néanmoins conditionnés et transportés à travers une palettisation (décrite dans le [Tableau 16](#)).

Contrairement aux masses d'emballages primaires, les masses des emballages de regroupement ne sont pas soumises à un facteur d'augmentation de masse liée au réemploi (y compris pour caisses en PEhd, dont les valeurs de masses ont été identifiées à partir d'emballages réemployables).

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

⁵ Le ratio volumique fait référence au volume réel occupé par unité fonctionnelle (donc par litre transporté) lors des étapes de transport, tenant compte des dimensions et formats des emballages primaires et des emballages de regroupement utilisés pour leur distribution et au retour des contenants vides. Son unité est donc le L(emballages)/L(produit).

primaire” sont donc possibles au sein des itérations de calcul, y compris de valeurs extrêmes opposées pour ces deux paramètres.

4.3.3. 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 16.

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	Sources
Palette en bois	25 000	800 mm x 1200 mm	1 500	180	0% ³⁵	EUR-flat pallet production - RER (EI 3.9.1)		35, 39, 65
Film de palettisation en PEBD	187-265	/	/	/	0 – 100% ^{39 **}	Polyethylene, LDPE, granulate, at plant- RER (Plastics Europe 2011-15) *polyethylene production, high density, granulate, recycled – RER (EI 3.9.1)	Extrusion, plastic film - RER (EI 3.9.1) <i>Taux de perte : 2.5%¹¹</i>	
Intercalaires en carton	3 900	/	/	/	47% ³⁵	Containerboard production, linerboard, kraftliner - RER (EI 3.9.1) *Containerboard production, linerboard, testliner – RER (EI 3.9.1)		
Palox	37 000	1000 mm x 1200 mm	Non limitant (utilisé uniquement pour des emballages primaires vides)	152	0% ³⁵	Polyethylene, HDPE, granulate, at plant- RER (Plastics Europe 2011-15)	Injection moulding - RER (EI 3.9.1) <i>Taux de perte : 0.6%¹¹</i>	

Tableau 16: 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%.

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 vers le conditionneur.
- La distribution des emballages vers les centres de distribution, puis vers les magasins et établissements CHR.
- Le transport retour des emballages réemployables vers le centre de distribution, et vers le centre de lavage dédié éventuel.
- Le transport retour des emballages réemployables 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 Valipac⁶⁵. La valeur minimale de cet intervalle correspond à une hauteur d’enroulement moyenne, soit 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.

4.4. 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 4.7.2.

4.4.1. 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.

4.4.1.1. 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, l’entretien et la fin de vie.

4.4.1.2. Taux de chargement des camions

4.4.1.2.1. 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 scénario et pour chaque option (réemployable ou à usage unique), 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 (1L d’UVC). Par exemple: une caisse en PEHD de dimensions 30cm x 20cm x 38cm transportant 6 bouteilles d’1L occupera un volume de 22.8L, et son ratio volumique sera de 3.8 L/litre de boisson (ou 22.8/6). *In fine*, le ratio volumique a pour vocation d’estimer le volume occupé par camion par rapport au volume de produit transporté.

Le Tableau 17 reprend les gammes de valeurs considérées pour les taux de chargement associés au transport des différents contenants (vides et remplis) calculés à partir des gammes de valeurs de masse, de palettisation, et de ratios volumiques.

Type d’emballage	Scénarios concernés	Ratio volumique (L/L)		
		Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur “cas illustratif” *
Bouteille en verre avec carton de regroupement	1-4	1.9 ³⁹	2.9 ³⁹	2.4

Bouteille en verre avec caisse de regroupement en PEHD	2, 3	1.9 ³⁹	5 ⁴⁴	3.8
Bouteille en verre transportée en palox **	1 - 4	1.5	3	2.3
Pot en verre	5	1.33 ³⁹	2 ³⁹	1.7
Pot en verre transporté en palox **	5	1.5	3	2.3

Tableau 17 : Gammes de valeurs considérées pour les ratios volumiques des emballages étudiés au sein du volet A

* Les valeurs fixées en cas illustratif résultent des médianes de l'échantillon collectées pour les cartons de regroupement et caisses PEhd, et de la moyenne des bornes définies pour les transports en palox et les pots en verre (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 contenants 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.

Les données collectées ayant permis de déterminer certaines des gammes de valeurs présentées dans le Tableau 17 sont reprises dans l'Annexe 8.

4.4.1.2.2. 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 le remplissage des 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 de contenants 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 4.4.1.2.3 sur la logique de détermination de ce taux).

Les valeurs prises par ce facteur de désoptimisation sont présentées dans le Tableau 18.

Trajet considéré	Charge utile du camion	Facteur de désoptimisation – Aller amont	Facteur de désoptimisation – Aller aval	Facteur de désoptimisation – Retour aval	Facteur de désoptimisation – Retour amont
Approvisionnement des emballages vers le site de remplissage	24 t	95%	NC	NC	95%
Site de remplissage – centre de distribution	24 t	95%	NC	NC	50% ou 95%

Centre de distribution – CHR (scénario 3)	7.5 t	NC	90%	Logistique inverse	NC
Centre de distribution – commerce * (scénarios 1, 2, 4, 5)	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	24 t	95%			

Tableau 18 : Valeurs du facteur de désoptimisation lié aux contraintes logistiques, selon les étapes de transport

* La logique de détermination des proportions associées aux différents types de camions est explicitée à la section 4.4.2.

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 centre de distribution 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 4.4.3.3)
- “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 4.4.1.3 et [Figure 6](#)).

Les valeurs du facteur de désoptimisation 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 discuté 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. Les deux valeurs indiquées sont ainsi considérées, et attribuées au facteur de désoptimisation de cette étape selon une probabilité de 50% chacune. Il est cependant considéré une attribution systématique des valeurs les plus faibles ou les plus élevées pour les différentes étapes de transport. Par conséquent, pour 50% des itérations de calcul, toutes les valeurs faibles (**en rouge**) sont appliquées, et pour les 50% restants, les valeurs élevées (en noir) sont appliquées.

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.

Dans l’interprétation des résultats, cette sous-scénarisation permettra par ailleurs de tenir compte de ces situations logistiques particulières lors de l’analyse des performances du réemploi, mais aussi (si les différences d’impacts entre les deux sous-scénarios sont suffisamment grandes) d’identifier graphiquement les résultats associés à chacun des deux sous-scénarios, et de conclure de manière spécifique aux deux sous-scénarios dans le cadre des comparaisons avec les solutions à usage unique.

4.4.1.2.3. Logique de détermination

Le taux de chargement des camions (explicité pour chaque trajet dans le Tableau 21) est calculé sur base des caractéristiques de palettisation mentionnées dans le Tableau 16, et des propriétés massiques et volumiques des emballages primaires et emballages de regroupement reprises dans le Tableau 13 et le Tableau 15.

Considérant la dimension et la hauteur maximale de chargement d'une *europalette* (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, ainsi qu'à partir du facteur de désoptimisation adéquat repris dans le Tableau 18. Par exemple, pour un camion de 24t de charge utile et un facteur de désoptimisation de 95% :

$$\text{Capacité volumique} = 33 \text{ palettes} \times 1.73 \text{ m}^3 \times 0.95 = 54.15 \text{ m}^3$$

On 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

4.4.1.2.4. Exemples d'application concrète

Exemple n°1: Taux de chargement lié au transport d'une caisse PEHD neuve et vide vers le conditionneur

- Masse d'une caisse PEHD par unité fonctionnelle : 202 g / litre de boisson
- Ratio volumique d'une caisse PEHD : 3.8 litres occupés / litre de boisson
- Masse d'une palette : 25 kg
- Capacité volumique du camion 24t : 54.15 m³

Le volume de boisson pouvant être transporté en caisse PEHD dans un camion est de:

$$54.15 \text{ m}^3 / 3.8 = 14\,250 \text{ litres.}$$

(Bien que le transport de boisson ne soit pas concerné par le transport de la caisse PEHD neuve et vide, l'impact de cette caisse doit être ramené à l'unité fonctionnelle)

$$\begin{aligned} \text{Masse chargée} &= \text{Volume de boisson} * \text{masse d'emballage par litre} + \text{masse de palettes} \\ &= 14\,250 * 0.202 + 25 * 33 = 3\,703 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$3\,703 \text{ kg} / 24 \text{ t} = 15\%$$

→ Les contraintes massiques sont respectées, le taux de chargement est de 15%.

Exemple n°2 : Taux de chargement lié au transport de bouteilles remplies, via caisses PEHD

- Masse d'une caisse : 202 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

Masse chargée = Volume de boisson * (masse de caisse PEHD par litre + masse de produit + masse de l'emballage primaire) + masse de palettes

$$= 14\,250 * (1+0.202+0.733) + 25*33 = 28\,399 \text{ kg} > 24 \text{ t}$$

→ Les contraintes massiques ne sont pas respectées, le taux de chargement est de 100%⁶

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

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

En accord avec les recommandations méthodologiques du Cadre de Référence de l'ADEME pour ACV comparatives de solutions d'emballages⁸, la valeur du taux de trajet à vide est fixée à 20%. 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.

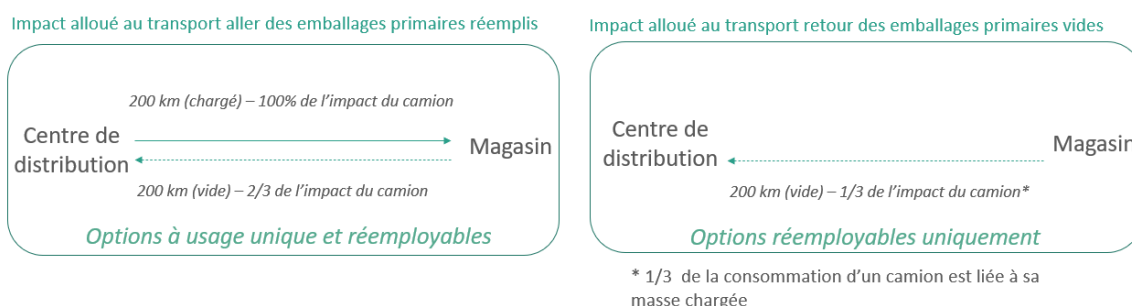


Figure 6 : Schématisation de l'allocation des impacts du transport retour en phase de distribution

⁶ Les calculs spécifiques de taux de chargement pour une combinaison de paramètres de masse et de volume données peuvent aboutir à des nombres d'emballages par camion qui ne sont pas entiers. Cependant, le recours à des gammes de valeurs pour les masses et ratios volumiques étudiés sont utilisés afin de couvrir de manière uniforme différentes situations réelles. Des taux de chargement massiques de 100% (très rares en pratique car difficile à atteindre avec un nombre entier de palettes et de caisses PEhd, par exemple) sont considérés, permettant de tenir compte indirectement de scénarios de légère suroptimisation des camions.

Par ailleurs, l'utilisation de gammes de valeurs permet de considérer plusieurs cas de figure possible pour le transport en palox (emballages "rangés" ou "en vrac"), qui permet en fait la modélisation de tous types d'emballages réemployables en plastique permettant le retour des contenants.

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 le [Tableau 18](#)).

4.4.1.4. 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 "Logique de détermination des taux de chargement"). 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'ADEME⁸ 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 4.4.2.4). 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 4.4.1.2.
- $Impact_{produit}$ = 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 18](#)), 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).

4.4.1.5. Calcul de la consommation de carburant

En conformité au Cadre de Référence ADEME pour ACV comparatives de solutions d'emballages⁸ 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 5²⁶, 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.

4.4.1.5.1. 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%²⁶. 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 19: Répartition des différentes normes d'émissions telle que modélisée (Estimation basée sur les données d'âge des véhicules en Europe²⁴)

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%)¹⁹. 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 6.6.1) a cependant été réalisée afin d'estimer l'influence éventuelle des proportions considérées pour les différentes normes EURO.

4.4.1.5.2. Types de routes

La méthode COPERT 5²⁶ 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 20 :

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 20 : 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 21.

Ces répartitions ont pour but de représenter la part plus importante 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 importante de transport via voies rapides et, dans une moindre mesure, de transport rural.

Les répartitions présentées ont fait l'objet de discussions et de validations par le Comité de Suivi de l'étude.

4.4.2. Données logistique Aller

La modélisation de la logistique aller est similaire pour tous les scénarios (à l'exception du scénario 4, détaillé plus bas), et ce pour les options réemployables comme celles à usage unique.

4.4.2.1. Production des emballages primaires et acheminement vers l'embouteillage

Une production 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 d'embouteillage (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 300km sur base de retours d'acteurs sectoriels) correspondent à un scénario de production des emballages primaires en France ou dans des pays frontaliers de la France. Les distances d'approvisionnement associées aux différents éléments d'emballage sont considérées indépendamment pour chaque itération de calcul. Une distance additionnelle de 1000 km à l'échelle européenne (avec taux de chargement massique maximal) est également considérée pour les scénarios 2 et 3 impliquant une transformation de matière première en amont de la production des emballages primaires ou de regroupement (à savoir les plastiques, de par la caisse PEhd). 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.

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 16.

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 18) pour l'approvisionnement des emballages de regroupement en carton, pour lesquels il est estimé qu'ils sont transportés pliés et dont le ratio volumique est ainsi optimisé.

4.4.2.2. 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 d'embouteillage vers des centres de distribution régionalisés. 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 (m ²)	Répartition de ventes	Situation	Type de camion considéré	Sources
Hypermarchés et Cash & Carry	1.33E+07	40%	Zone périurbaine	24t	36, 39
Supermarchés	7.57E+06	24.5%	Zones périurbaine et urbaine	14t	
Hard Discount alimentaires	3.14E+06	10.5%	Zones périurbaine et urbaine	14t	
Commerces de proximité	7.20E+06	25%	Zone urbaine	7,5t	
CHR	/	/	Zone urbaine	7,5t	27, 39

Tableau 21 : Modélisation des types de camions sur base des surfaces de vente

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 son taux de chargement). Il est donc par exemple considéré que 25% de l'UF (dans le cadre d'une distribution aux particuliers) 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.

La considération des surfaces de ventes pour déterminer les répartitions de distribution de l'unité fonctionnelle vers les différents commerces présente certaines limites, et aboutirait notamment à la sur-représentation 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 massiques (voir Tableau 17) et des facteurs de désoptimisation (voir Tableau 18) considérés, il est possible que l'impact du transport soit légèrement inférieur à ceux d'un cas basé 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 3.3), le transport du produit et de l'emballage depuis la surface de vente vers le domicile du consommateur n'est pas considéré.

4.4.2.3. Cas particulier du scénario 4

Le scénario 4 vise à représenter un cas de transport massifié d'un produit liquide (dit "transport en bulk", ou par camion-citerne). Ce type de transport permet d'optimiser la logistique associée à la distribution d'un produit en réalisant une partie (la plus longue possible) de son acheminement sans devoir transporter d'emballages additionnels, et en optimisant le taux de chargement des camions (qui transportent le produit directement sous sa forme liquide). La distance de transport du produit conditionné depuis le site d'embouteillage vers les centres de distribution en est ainsi réduite, de même que la distance retour vers l'embouteillage, en cas de réemploi.

Il a été décidé au sein du scénario 4 de comparer une bouteille réemployable remplie après transport par bulk, et une bouteille à usage unique remplie sans transport en bulk préalable (donc selon un schéma similaire aux autres scénarios). Cela est justifié d'une part parce que ces typologies logistiques sont adaptées et communément associées à des systèmes de réemploi d'emballages

primaires ; et d'autre part, cela permet d'évaluer l'influence de ce type de schéma logistique sur les comparaisons entre options réemployables et à usage unique.

Pour modéliser cet effet de régionalisation, une étape de transport supplémentaire a été ajoutée au cycle de vie de l'option réemployable, sous la forme d'un transport à taux de chargement égal à 100%, et d'une masse par unité fonctionnelle égale à 1kg (puisque'il est considéré que la masse d'un litre de produit est égale à 1kg, et qu'on considère le transport d'un litre de liquide par emballage primaire qui sera rempli sur le site d'embouteillage).

Une distance de distribution totale du produit contenu vers le centre de distribution est déterminée aléatoirement au sein d'une gamme de valeurs identique à la distance entre le site de remplissage et le centre de distribution pour les autres scénarios, à savoir 25 à 600 km. La distance du transport du produit en bulk est ensuite fixée aléatoirement à une distance valant au moins 50% de cette distance de distribution totale, au plus 95% de celle-ci (valeurs fixées arbitrairement, présentées et validées en Comité de Suivi). La distance de transport de l'emballage primaire rempli correspond donc à 5 à 50% de la distance d'approvisionnement totale du produit. Les deux cas extrêmes pouvant être considérés dans les itérations de calcul sont donc les suivants:

- Une distance de distribution totale de 25 km, dont 23km parcourus en bulk et 2km (5% avec arrondi supérieur) parcourus après remplissage de l'emballage primaire. La distance minimale considérée pour le transport de l'emballage est donc de 2km.
- Une distance de distribution totale de 600 km, donc 300 km parcourus en bulk, et 300 km (50%) parcourus après remplissage de l'emballage primaire. La distance maximale considérée pour le transport de l'emballage est donc de 300 km.

4.4.2.4. Données de transport aller modélisées

Les données associées à la logistique et aux transports aller sont reprises dans le Tableau 22 :

Trajet	Distance minimale (km)	Distance maximale (km)	Distance cas illustratif (km)	Charge utile du camion (t)	Logistique inverse*
Producteur d'emballage – Site de remplissage	100	1500	300	24	/
Site de remplissage - Centre de distribution (Aller)	25	600	300	24	Non
Centre de distribution - Commerce	25	250	100	24 (40%) 14 (35%) 7.5 (25%)	Oui
Centre de distribution - CHR	25	250	100	7.5	Non
Transport en bulk du produit non-conditionné vers le site d'embouteillage – Scénario 4	300	598	400	24	/
Site d'embouteillage - Centre de distribution (Aller) - Scénario 4	2	300	50	24	Non

Tableau 22 : Données clés de la logistique de distribution, ou logistique aller³⁹

* 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 cas de cette étude (voir section 4.4.1.3)

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.

A noter également que les distances se veulent représentatives d'un trajet parcouru par unité fonctionnelle/emballage, et ne correspondent donc pas à la distance totale de tournée, le cas échéant.

Les distances fixées en bornes négatives et positives 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 par ailleurs été validées auprès des membres du Comité de Suivi de l'étude.

4.4.3. Données logistique Retour

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

4.4.3.1. Déconsignation

Comme mentionné dans les frontières de l'étude (cf chapitre 3.3.), le transport de l'emballage primaire vide par le consommateur vers le point de collecte n'est pas considéré.

Une probabilité de 25% d'avoir recours à une déconsignation manuelle (non modélisée car sans impact notable) est considérée. Pour 75% des itérations, une déconsignation automatique (par RVM) est envisagée. Sa modélisation est décrite dans le Tableau 23.

Processus	Modélisation	Inventaires utilisés	Sources
Consommation électrique (par UF)	0.006 – 0.018 kWh *	Market for electricity, low voltage – FR (EI3.9.1)	28
Production de l'infrastructure RVM	365 kg - 100% acier	<u>Production</u> : Acier : Steel production, converter, unalloyed - RER (EI 3.9.1) <u>Transformation</u> : Hot rolling, steel - Europe without Austria (EI 3.9.1) <i>Taux de perte</i> : 5% Deep drawing, steel, 3500 kN press, automode - RER (EI 3.9.1) <i>Taux de perte</i> : 10%	39, 53, 54, 57, 58
Durée de vie de l'infrastructure RVM	5 – 10 ans	/	39
Nombre d'emballages déconsignés par jour	500 emballages (volume moyen = 0.5 L)	/	

Tableau 23 : 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.

4.4.3.2. 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 commerces/CHR. Un transport par palox est cependant considéré pour tous les scénarios n'impliquant pas de caisse de regroupement en PEHD (à savoir les scénarios 1, 4 et 5).

Ce transport est non-dédié et tire parti des camions acheminant les emballages remplis vers les commerces et CHR. 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 contenants vides, voire à la nécessité d'avoir recours à des transports dédiés additionnels (qui pourraient influencer positivement les impacts de la solution réemployable) ou à des taux de réemploi réduits.

4.4.3.3. 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 d'embouteillage avec des camions identiques à ceux utilisés pour le transport aller entre le site d'embouteillage 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 remplis vers les centres de distribution.

Etape de transport au centre de lavage dédié

Il est considéré une probabilité de 50% que les emballages primaires passent par un centre de lavage dédié avant d'atteindre le site d'embouteillage. Les occurrences restantes correspondent à un cas de lavage industriel sur le site d'embouteillage 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 600km) mais permet de représenter une grande variété de typologies logistiques, y compris extrêmes. Dans le cas de figure où la valeur de ce facteur apparaîtrait 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). 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 avant et après l'étape de lavage.

Le recours à une étape en centre de lavage dédié suppose une repalettisation des emballages après lavage, et mène donc à la production d'emballages de transport additionnels (tels que repris dans le Tableau 16). Cette étape ne suppose pas la production de nouveaux emballages de regroupement. Dans le cas des scénarios impliquant le recours à une caisse en PEhd réemployable et consignée, un lavage (non modélisé) et un réemploi de celle-ci lors de la seconde partie du trajet vers le site de remplissage est considéré.

4.5. Lavage des emballages réemployables

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

4.5.1. Pré-lavage par le consommateur

Les emballages 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 pré-lavage par le consommateur, en amont d'un lavage par le professionnel.

Ce type de lavage concerne spécifiquement le scénario 5 (à savoir les pots et bocaux). Une probabilité d'occurrence de 50% est arbitrairement fixée pour ce processus de pré-lavage 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 pré-lavage). Il est par ailleurs arbitrairement décidé qu'aucun pré-lavage n'est effectué par le consommateur dans le cas des bouteilles (scénarios 6 et 10).

Lors d'un pré-lavage par le consommateur, il est considéré sur base d'hypothèses une répartition équivalente de lavage à la main, et de lavage en machine.

Les consommations associées à ces deux types de lavage sont reprises dans le Tableau 24 et le Tableau 25 :

Consommations de lavage par unité fonctionnelle - Pré-lavage à la main par le consommateur	
Eau	0.375 - 3 L
Détergent	0.5 - 3 g
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 24: Consommations par unité fonctionnelle liées au pré-lavage à la main par le consommateur³⁹

Consommations de lavage par unité fonctionnelle - Pré-lavage en machine par le consommateur	
Eau	0.5 - 1.5 L
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 25: Consommations par unité fonctionnelle liées au pré-lavage en machine par le consommateur³⁹

4.5.2. Lavage industriel

Les emballages primaires réemployables modélisés dans tous les scénarios sont soumis à une étape de lavage industriel, en amont d'un re-remplissage. 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 d'embouteillage), ou directement au site d'embouteillage, 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. Au sein de cette étude, un lavage en centre dédié suggère la génération d'impacts supplémentaires à ceux d'un lavage par le conditionneur, du fait d'une distance de transport accrue et de la production d'emballages supplémentaires. En pratique cependant (et sur base de retours d'acteurs du lavage dans le cadre de cette étude), il est probable que le recours à un centre dédié mène à des impacts de lavage atténués, de par l'optimisation du processus et des consommations de lavage (par des acteurs pour lesquels le lavage est le cœur de métier) et un amortissement plus marqué des impacts associés aux infrastructures de lavage.

Par ailleurs, il a été perçu lors de la collecte de données de lavage qu'un lavage des emballages de regroupement (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.

4.5.2.1. Collecte de données

Une collecte de données a été réalisée auprès de différents acteurs de lavage afin d'obtenir des données de lavage 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. Les gammes de valeurs utilisées dans la modélisation du lavage industriel 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 26 :

Consommations de lavage par unité fonctionnelle - Lavage industriel		Inventaire
Eau	0.06 – 1.5 L ¹⁰ *	market for tap water - Europe without Switzerland, (EI 3.9.1)
Electricité	0.0056 – 0.0769 kWh	market for electricity, low voltage - FR (EI 3.9.1)
Produit de rinçage	0 – 0.0024 g	Voir Tableau 28 et Tableau 29
Détergent	0.07 – 3.41 g	
Antitartre	0.000533 g	market for salt – GLO (EI 3.9.1)
Taux de mauvais lavage	0 – 0.1 %/100	--

Tableau 26 Consommations de lavage industriel, 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 sont toutes issues d'acteurs de lavage, mobilisant 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 donc 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'intérêt¹⁰.

Pour rappel, une augmentation de l'amplitude de la gamme de valeurs n'influence pas 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 5).

A noter également : 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. Une analyse de sensibilité transversale reprise en section 6.6.7 a cependant permis d'évaluer l'influence d'un recours à du gaz naturel plutôt qu'à un chauffage via électricité.

Les données collectées ont par ailleurs permis d'établir une modélisation théorique de la composition de détergent, explicitée dans le Tableau 27. 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 littérature³⁴, et est reprise dans le Tableau 28.

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 27 : 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 28 : 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 29.

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 29 : 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 d'emballages dans la modélisation du lavage.

4.5.2.2. 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 énergétiques³⁴. La modélisation de ces infrastructures était basée sur un profil d'appareils permettant de répondre aux exigences d'une échelle de lavage industrielle, 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 30 :

Données de modélisation de la machine		Inventaire
Durée de vie	17 ans	--
Nombre de cycle par an	625000	--
Nombre de litres lavés 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 cable (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 30 : 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.

4.6. Fin de vie des emballages

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

4.6.1.1. Taux de recyclage et d'incinération

Les taux de recyclage (R2) des emballages primaires et de leurs systèmes de fermeture sont repris dans le Tableau 31. Ceux-ci sont principalement basés sur les objectifs français de recyclage à l'horizon 2025.

Matériau	Scénarios concernés	Taux de recyclage R2 (%) - Valeur minimale	Taux de recyclage R2 (%) - Valeur maximale	Taux de recyclage R2 (%) - Valeur cas illustratif
Verre* (particuliers)	1, 2, 4, 5	78.7%⁸	90%¹³	90%
Verre* (CHR)	3	90%³⁹		90%
Aluminium (système de fermeture)	Tous	78.7% (particuliers) 90% (CHR)	90%	90%
PEhd	Tous	5.8%⁸	5.8%⁸	5.8%
Acier	Tous	78.7% (particuliers) 90% (CHR)	90%	90%
Liège	Tous	0%⁸	0%⁸	0%

Tableau 31 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les emballages primaires et leurs systèmes de fermeture

* Il est considéré des taux de recyclage distincts pour les emballages en verre distribués aux ménages et ceux distribués aux CHR (sur base de l'explication reprise en section 4.6.4.3). La logistique d'approvisionnement des établissements CHR permettant généralement une reprise des emballages vides (y compris à usage unique), il est considéré que la reprise des emballages en fin de vie est plus efficace dans ces scénarios logistiques. Une valeur de 90% a donc été fixée arbitrairement, sur base de l'objectif fixé dans le cadre de la Charte du Verre française¹³.

Pour les emballages primaires, il est considéré une valeur minimale de R2 fixée en accord avec le Cadre de référence de l'ADEME⁸. Les valeurs fixées dans ce cadre découlent de valeurs actualisées

à l'échelle 2020, sur base de reportings européens (pour le verre et le polyéthylène notamment) ou des tableaux de bord de la filière REP des emballages ménagers.

Les valeurs maximales correspondent aux objectifs prospectifs de recyclage (par exemple fixés à l'horizon 2025 à travers le Projet de Règlement européen sur les emballages³⁷. Les valeurs fixées en cas illustratif sont basées sur ces mêmes valeurs, pour illustrer une situation prospective 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.

Les taux de recyclage considérés pour les emballages de regroupement et de transport sont repris dans le Tableau 32. Ceux-ci sont principalement basés sur les recommandations méthodologiques du Cadre de référence de l'ADEME adaptées sur base de reportings européens (2020).

Matériau	Scénarios concernés	Taux de recyclage R2 (%)
PEhd*	Tous	22% ⁸
PEbd (palettisation)	Tous	22% ⁸
Bois (palettisation)	Tous	30% ³⁵
Carton (regroupement)**	1, 2, 3, 4	59.2% ⁸
Carton (palettisation)**	Tous	89.2% ⁸

Tableau 32 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les emballages additionnels

* Il est considéré que la fin de vie des caisses en PEhd survient à l'échelle industrielle, et non ménagère.

** Le taux associé aux 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. Plus de détails sur la modélisation de l'incinération et du stockage des emballages sont repris dans l'Annexe 1. La répartition suivante est donc considérée pour les matériaux n'étant pas recyclés :

Matériau	Taux d'incinération R3 (%)	Taux de revalorisation énergétique (%)	Taux de stockage (%)
Emballages primaires	71	100	29
Systèmes de fermeture			
Caisse PEHD			
Carton			
Ruban adhésif	29		71
Bois (palette)			
Film PEBD (palettisation)			

Tableau 33 : Valeurs utilisées pour les taux d'incinération, de revalorisation énergétique et de stockage⁸

Un schéma de destination est présenté en [Figure 7](#), afin de représenter visuellement les différentes modalités de fin de vie pour les emballages primaires en verre et leurs systèmes de fermeture, ainsi que les proportions massiques associées à ces différents traitements. A noter qu'il ne faut pas comprendre ces proportions massiques comme étant des fractions appliquées à un emballage unitaire, mais bien comme des proportions appliquées à l'unité fonctionnelle au sein de la modélisation, traduisant de taux de recyclage, d'incinération et d'enfouissement agissant à une échelle nationale. Pour représenter ces différents traitements au travers du schéma de destination présenté ci-dessous, les valeurs de masse associées aux cas illustratifs des bouteilles (scénarios 1 à 4) et des pots (scénario 5) ont été considérées.

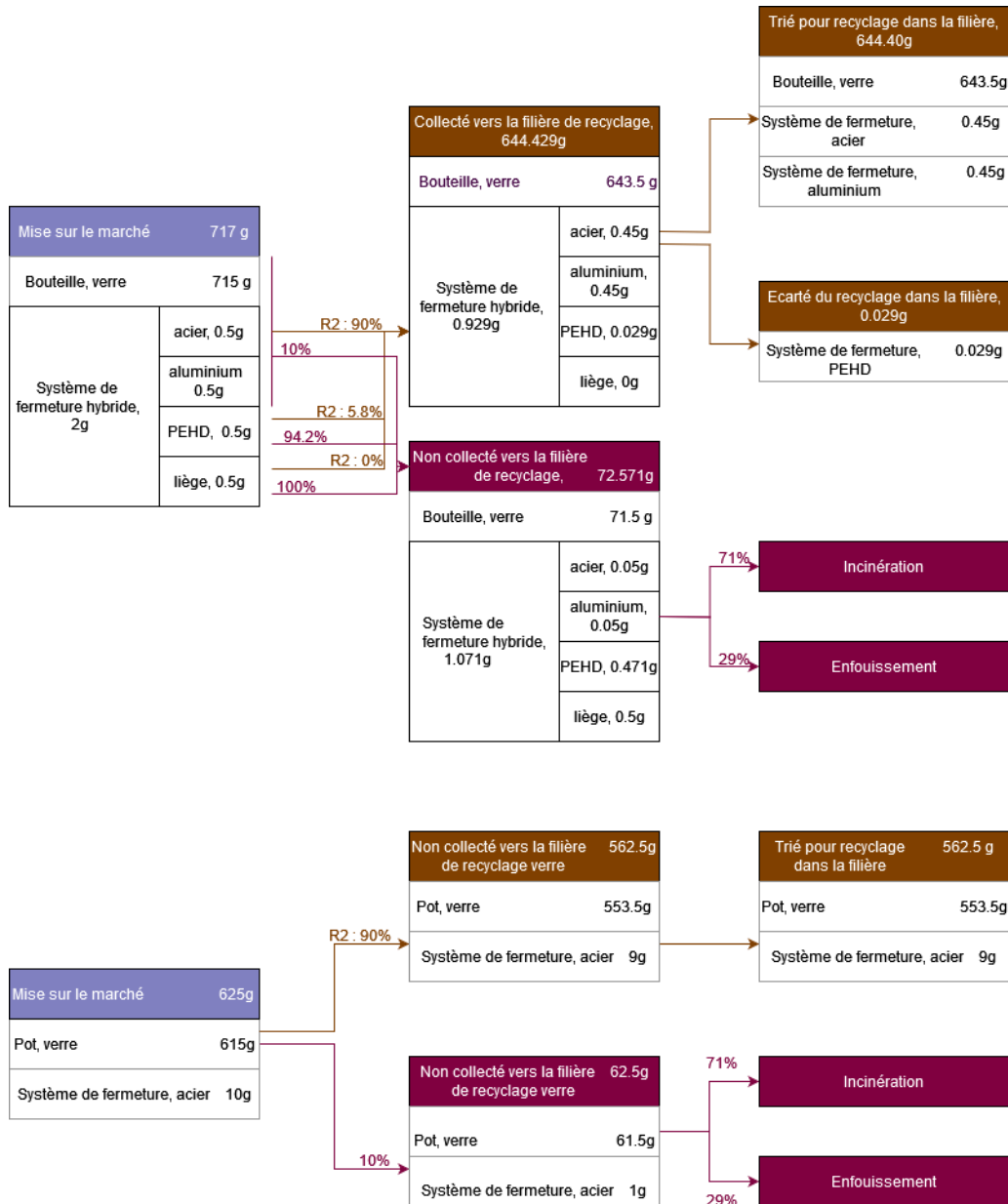


Figure 7 : Schéma de destination lié à la fin de vie des emballages primaires et de leurs systèmes de fermeture

Formule "Circular Footprint Formula" (CFF)

Dans le cadre de cette étude, la formule CFF, présentée ci-dessous, est utilisée⁸.

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

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

R₁ = 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

Q_{s in}/Q_p = ratio qualité entre la matière recyclée incorporée et la matière première vierge à laquelle elle se substitue

R₂ = 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

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

Cette formule permet le calcul des charges et bénéfiques de la fin de vie, et est recommandée par la Commission européenne dans le cadre de la méthode PEF (*Product Environmental Footprint*)⁷. Elle prend en compte un facteur d'allocation (le facteur A) qui permet de répartir les charges et bénéfiques 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. De cette manière, le double comptage est évité.

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 bénéfiques au fournisseur de la matière. En accord avec le Cadre de Référence de l'ADEME pour ACV comparatives de solutions d'emballages⁸, une valeur de 0.5 est fixée pour le facteur A, et ce pour tous les matériaux considérés⁸. Par ailleurs, cette formule instaure une logique de taux de substitution (Q_s/Q_p). 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	24
Aluminium	1	
Verre	1	
PEbd	0.75	
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 34 : Taux de substitution aux matières premières d'origine vierge

*Aussi appelé ratio Q_s/Q_p dans la circular footprint formula du PEF

Note 1 : Dans le cas des papiers et cartons, le procédé de recyclage entraîne 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

⁷ https://environment.ec.europa.eu/news/environmental-footprint-methods-2021-12-16_en

qu'avec du vierge pour atteindre les mêmes performances. Cette dégradation est approchée via le taux de substitution.

4.6.2. Fin de vie des emballages primaires et 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 35:

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)
Aluminium	Treatment of aluminium scrap, new, at remelter - RER (EI 3.9.1) --> Cuivre et silice soustraits de l'inventaire**	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 - RoW (EI 3.9.1)
PEhd	Polyethylene production, high density, granulate, recycled - Europe without Switzerland (EI 3.9.1)	Polyethylene, HDPE, granulate, at plant - EU-27 (Plastics Europe)	Treatment of waste polyethylene, municipal incineration - CH (EI 3.9.1)	Treatment of waste polyethylene, sanitary landfill - CH (EI 3.9.1)
PEbd		Polyethylene, LDPE, granulate, at plant - EU-27 (Plastics Europe)		
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 35 : 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.

** 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.

4.6.3. 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 36 :

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)		
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 wood, untreated, municipal incineration - RoW (EI 3.9.1)	Treatment of waste wood, untreated, sanitary landfill - RoW (EI 3.9.1)
Carton	Containerboard production, linerboard, testliner - RER (EI 3.9.1)	Containerboard production, linerboard, testliner Containerboard production, linerboard, kraftliner	Treatment of waste paperboard, municipal incineration - RER (EI 3.9.1)	Treatment of waste paperboard, sanitary landfill - RER (EI 3.9.1)

Tableau 36 : Procédés d'inventaire modélisant la fin de vie des emballages de regroupement et de transport

* 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.

4.6.4. Transport vers les sites de traitement en phase de fin de vie

En accord avec le Cadre de Référence de l'ADEME⁸, le transport des déchets en fin de vie est décliné en deux étapes logistiques:

- 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

4.6.4.1. Transport vers les quais de transfert

Pour cette étape, il est considéré les consommations de carburant suivantes par kg de déchets collectés :

- 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 d'emballages, pour chaque matériau hors verre)
- 0.0062 litres de diesel pour la collecte des emballages en verre

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 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 4.6.4.2.

4.6.4.2. Transport vers les centres de traitement

Pour cette étape, il est considéré les consommations de carburant suivantes par kg 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)

4.6.4.3.Cas des emballages en verre distribués aux CHR

Un système de reprise spécifique des emballages en verre à usage unique a été modélisé pour le scénario 3, impliquant une distribution aux établissements CHR. En pratique et sur base des retours d'acteurs sectoriels, il est très fréquent que les fournisseurs des établissements CHR collectent en retour les emballages en verre à usage unique en fin de vie auprès de ceux-ci, favorisant leur acheminement vers les centres de traitement et de tri.

Deux étapes logistiques sont considérées dans ce cadre:

- Le transport des emballages primaires en fin de vie depuis l'établissement CHR vers un centre de distribution, via le réemploi des éventuelles caisses PEhd utilisées comme emballages de regroupement (pour l'option réemployable), ou l'utilisation de palox. Un transport non-dédié (logistique inverse) est considéré ici. De fait les distances, types de routes et types de camions considérés pour ce trajet sont les mêmes que lors du transport aller (voir Tableau 22). Un taux de chargement massique allant de **65% à 95%** est par ailleurs considéré pour ce trajet. Celui-ci est calculé sur base:
 - o Du ratio volumique des caisses en PEhd et des palox (voir Tableau 17).
 - o Du transport d'emballages primaires vides (la masse d'1L de produit contenu n'est donc pas considérée dans le calcul du taux).
 - o De la charge utile des camions considérés (7.5 tonnes).
- L'acheminement vers les centres de traitement et de tri après broyage des emballages en verre et le remplissage de bennes à l'échelle du centre de distribution, sur base des choix logistiques suivants:
 - o Du fait du broyage du verre (le rendant plus compact) et du remplissage optimisé des camions réalisant ces trajets (de par les capacités de stockage des centres de distribution), un taux de chargement massique de **95%** est fixé pour ces trajets³⁹.
 - o Le recours à des camions d'une **charge utile de 24 tonnes** est modélisé³⁹.
 - o Une distance de 260 km vers de centre de traitement est considéré⁸.
 - o Une proportion de 5% de transport urbain et de 95% de transports ruraux et par voies rapides est considérée³⁹.

4.6.4.4.Degré d'impureté

Par ailleurs, et sur base des recommandations formulées dans le Cadre de Référence de l'ADEME pour ACV comparatives de solutions d'emballages⁸, 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 37.

Matériau	Degré d'impureté
Verre	3 %
PEHD	13 %
PEBD	20 %
Acier	7 %
Aluminium	12 %
Carton	9 %
Liège	3 %

Tableau 37 : Valeurs de degrés d'impureté en fin de vie pour les différents matériaux considérés ⁸

4.7. Récapitulatif des données de modélisation

4.7.1. Bilan des données liées aux emballages

Scénario	Emballage primaire													Emballage de regroupement									Système de fermeture												
	Type	Masse (kg/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		
1	R	Bout.	0.326	1.17	0.715	2	30	5-20	0.2	0.9	0.9	0.787	0.9	0.9	Carton	8	100	48	0.47	0.47	0.47	0.592	0.592	0.592	25% acier* 25% alu.* 25% liège** 25% PEhd**	1.4	4.3	2	Acier : 0.58 Aluminium : 0 Liège : 0 PEhd : 0	Acier et alu 0.787 Liège 0 PEhd 0.058			Acier et alu 0.9 Liège 0 PEhd 0.058		
	U	Bout.	0.326	1.17	0.715	1	1	1	0.2	0.9	0.9	0.787	0.9	0.9	Carton	8	100	48	0.47	0.47	0.47	0.592	0.592	0.592						Acier et alu 0.787 Liège 0 PEhd 0.058			Acier et alu 0.9 Liège 0 PEhd 0.058		
2	R	Bout.	0.326	1.17	0.715	2	30	5-20	0.2	0.9	0.9	0.787	0.9	0.9	Caisse PEhd	111	325	207	0	0	0	0.22	0.22	0.22						Acier et alu 0.787 Liège 0 PEhd 0.058			Acier et alu 0.9 Liège 0 PEhd 0.058		
	U	Bout.	0.326	1.17	0.715	1	1	1	0.2	0.9	0.9	0.787	0.9	0.9	Carton	8	100	48	0.47	0.47	0.47	0.592	0.592	0.592						Acier et alu 0.787 Liège 0 PEhd 0.058			Acier et alu 0.9 Liège 0 PEhd 0.058		
3	R	Bout.	0.326	1.17	0.715	2	30	5-20	0.2	0.9	0.9	0.787	0.9	0.9	Caisse PEhd	111	325	207	0	0	0	0.22	0.22	0.22						Acier et alu 0.9 Liège 0 PEhd 0.058					
	U	Bout.	0.326	1.17	0.715	1	1	1	0.2	0.9	0.9	0.787	0.9	0.9	Carton	8	100	48	0.47	0.47	0.47	0.592	0.592	0.592						Acier et alu 0.9 Liège 0 PEhd 0.058					
4	R	Bout.	0.326	1.17	0.715	2	30	5-20	0.2	0.9	0.9	0.787	0.9	0.9	Carton	8	100	48	0.47	0.47	0.47	0.592	0.592	0.592						Acier et alu 0.787 Liège 0 PEhd 0.058			Acier et alu 0.9 Liège 0 PEhd 0.058		
	U	Bout.	0.326	1.17	0.715	1	1	1	0.2	0.9	0.9	0.787	0.9	0.9	Carton	8	100	48	0.47	0.47	0.47	0.592	0.592	0.592						Acier et alu 0.787 Liège 0 PEhd 0.058			Acier et alu 0.9 Liège 0 PEhd 0.058		
5	R	Pot - Bocal	0.386	1.255	0.616	2	30	5-20	0	0.4	0.4	0.787	0.9	0.9	aucun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	acier	6	18	10	0.58	0.58	0.58	0.9	0.9	0.9	
	U	Pot - Bocal	0.386	1.255	0.616	1	1	1	0	0.4	0.4	0.787	0.9	0.9	aucun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	acier	6	18	10	0.58	0.58	0.58	0.9	0.9	0.9	

Tableau 38 : 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)

4.7.2. 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 réemplois de ces emballages.
- Le transport fin de vie, dont la modélisation était spécifiquement basée sur des préconisations du Cadre Méthodologique ADEME⁸, au regard de consommations de carburant spécifiques (voir section 4.6.4).

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 combinaisons 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. Les valeurs min/max de chaque paramètre doivent donc être considérées indépendamment.

4.7.2.1.Scénario 1

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	1.5	2.5	2	32.91	100	84.23	19893	36157	27117	
										U	Bouteille	1.5	2.5	2	32.91	100	84.23	19893	36157	27117	
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	100	100	10354	17597	13328	
										U		1.9	2.9	2.4	100	100	100	10354	17597	13328	
Centre de distribution à Commerce	25	250	100	Rempli	24 t (40%)	40%	12%	48%	0.7 ou 0.85	R		1.9	2.9	2.4	100	100	100	10354	17597	13328	
					U					1.9		2.9	2.4	100	100	100	10354	17597	13328		
					R					1.9		2.9	2.4	74.91 ou 90.28	100	100	6034	10259	7776		
					U					1.9		2.9	2.4	74.91 ou 90.28	100	100	6034	10259	7776		
R	1.9	2.9	2.4	93.22 ou 100	100	100	3231	5485	4164												
U	1.9	2.9	2.4	93.22 ou 100	100	100	3231	5485	4164												
Commerce → Centre de distribution	25	250	100	Vide	24 t (40%)	40%	12%	48%	Non-applicable (logistique inverse)	R		Palox	1.5	3	2.3	25	100	66.45	15017	30035	19588
					U					/		/	/	/	/	/	/	/	/		
					R					Palox	1.5	3	2.3	23.07	100.00	61.33	8086	16172	10547		
					U					/	/	/	/	/	/	/	/	/			
					R					Palox	1.5	3	2.3	24.61	100.00	65.42	4620	9241	6027		
					U					/	/	/	/	/	/	/	/	/			
Centre de distribution à Site de remplissage	25	600	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.5 ou 0.95	R	Palox	1.5	3	2.3	15.05 ou 25.00	87.94 ou 100	36.87 ou 66.45	7904 ou 15017	15808 ou 30035	10309 ou 19588	
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/		

Tableau 39 : Bilan des données logistiques pour le scénario 1 (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)

4.7.2.2.Scénario 2

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	1.5	2.5	2	32.91	100	84.23	19893	36157	27117
										U	Bouteille	1.5	2.5	2	32.91	100	84.23	19893	36157	27117
Site de production des emb.reg vers site de remplissage	100	1500	300	Ve	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Caisse PEhd	1.9	5	3.8	8.45	42.09	15.75	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	Caisse PEhd	1.9	5	3.8	68.81	100	100	8983	16281	11828
										U	Emb.reg en carton	1.9	2.9	2.4	100	100	100	10354	17597	13328
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	68.81	100	100	8983	16281	11828
					U					Emb.reg en carton	1.9	2.9	2.4	100	100	100	10354	17597	13328	
					14 t (35%)	40%	12%	48%	0.7 ou 0.85	R	Caisse PEhd	1.9	5	3.8	48.26 ou 57.91	100	84.01 ou 100.00	4359 ou 5232	9489	5736 ou 6896
					U					Emb.reg en carton	1.9	2.9	2.4	74.91 ou 90.28	100	100	6034	10259	7776	
					7.5 t (25%)					R	Caisse PEhd	1.9	5	3.8	60.05 ou 72.06	100	100	2798	5081	3689
					U					Emb.reg en carton	1.9	2.9	2.4	93.22 ou 100	100	100	3231	5485	4164	
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	76.02	94.07	70.58	10847	28545	14272
					U					/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
					14 t (35%)	40%	12%	48%		R	Caisse PEhd	1.9	5	3.8	71.09	87.96	65.99	5916	15570	7785
					U					/	/	/	/	/	/	/	/	/		
					7.5 t (25%)					R	Caisse PEhd	1.9	5	3.8	88.46	100.00	82.13	3944	10380	5190
					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	13.83 ou 23.19	97.02 ou 100.00	32.30 ou 58.27	5709 ou 10847	15023 ou 28545	7511 ou 14272
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

Tableau 40 : Bilan des données logistiques pour le scénario 2 (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)

4.7.2.3.Scénario 3

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	1.5	2.5	2	32.91	100	84.23	19893	36157	27117
										U	Bouteille	1.5	2.5	2	32.91	100	84.23	19893	36157	27117
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	8.45	42.09	15.75	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	Caisse PEhd	1.9	5	3.8	68.81	100	100	8983	16281	11828
										U	Emb.reg en carton	1.9	2.9	2.4	100	100	100	10354	17597	13328
Centre de distribution à Commerce	25	250	100	Rempli	7.5 t	70%	6%	24%	0.9	R	Caisse PEhd	1.9	5	3.8	76.07	100	100	2798	5081	3689
										U	Emb.reg en carton	1.9	2.9	2.4	100	100	100	3231	5485	4164
Commerce → Centre de distribution	25	250	100	Vide	7.5 t	10%	18%	72%	Non-applicable (logistique inverse)	R	Caisse PEhd	1.9	5	3.8	88.46	100	82.13	3944	10380	5190
										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	13.83 ou 23.19	97.02 ou 100	32.30 ou 58.27	5709 ou 10847	15023 ou 28545	7511 ou 14272
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tableau 41 : Bilan des données logistiques pour le scénario 2 (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)

4.7.2.4.Scénario 4

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	1.5	2.5	2	32.91	100	84.23	19893	36157	27117
										U	Bouteille	1.5	2.5	2	32.91	100	84.23	19893	36157	27117
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	2	300	50	Rempli	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Emballage de Regroupement en carton	1.9	2.9	2.4	100	100	100	10354	17597	13328
										U		1.9	2.9	2.4	100	100	100	10354	17597	13328
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	100	100	10354	17597	13328
					U					1.9		2.9	2.4	100	100	100	10354	17597	13328	
					14 t (35%)	40%	12%	48%	0.7 ou 0.85	R		1.9	2.9	2.4	74.91 ou 90.28	100	100	6034	10259	7776
					U					1.9		2.9	2.4	74.91 ou 90.28	100	100	6034	10259	7776	
					7.5 t (25%)					R		1.9	2.9	2.4	93.22 ou 100	100	100	3231	5485	4164
					U					1.9		2.9	2.4	93.22 ou 100	100	100	3231	5485	4164	
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	25	100	66.45	15017	30035	19588
					U					/	/	/	/	/	/	/	/	/		
					14 t (35%)	40%	12%	48%		R	Palox	1.5	3	2.3	23.07	100.00	61.33	8086	16172	10547
					U					/	/	/	/	/	/	/	/	/		
					7.5 t (25%)					R	Palox	1.5	3	2.3	24.61	100.00	65.42	4620	9241	6027
					U					/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Centre de distribution à Site de remplissage	2	300	50	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.5 ou 0.95	R	Palox	1.5	3	2.3	15.05 ou 25.00	87.94 ou 100	36.87 ou 66.45	7904 ou 15017	15808 ou 30035	10309 ou 19588
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

Tableau 42 : Bilan des données logistiques pour le scénario 4 (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)

4.7.2.5.Scénario 5

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/bocaux vers site de remplissage	100	1500	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.95	R	Pot/bocal	1.33	2	1.7	47.05	100	85.32	18685	40778	31903
										U		1.33	2	1.7	47.05	100	85.32	18685	40778	31903
Site de production des emb.reg vers site de remplissage	25	600	300	Rempli	24 t	10%	18%	72%	0.95	R		1.33	2	1.7	100	100	100	10415	16989	14529
										U		1.33	2	1.7	100	100	100	10415	16989	14529
Centre de distribution à Commerce	25	250	100	Rempli	24 t (40%)	10%	18%	72%	0.95	R		1.33	2	1.7	100	100	100	10415	16989	14529
										U		1.33	2	1.7	100	100	100	10415	16989	14529
					14 t (35%)	40%	12%	48%	0.7 ou 0.85	R		1.33	2	1.7	100	100	100	6071	9913	8471
										U		1.33	2	1.7	100	100	100	6071	9913	8471
										R		1.33	2	1.7	100	100	100	3255	5298	4535
										U		1.33	2	1.7	100	100	100	3255	5298	4535
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	54.28	15017	30035	19588
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					14 t (35%)	40%	12%	48%		R	Palox	1.5	3	2.3	26.00	100	50.11	8086	16172	10547
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					7.5 t (25%)	40%	12%	48%		R	Palox	1.5	3	2.3	27.73	100	53.45	4620	9241	6027
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Centre de distribution à Site de remplissage	25	600	300	Vide	24 t	10%	18%	72%	0.5 ou 0.95	R	Palox	1.5	3	2.3	16.72 ou 28.16	86.67 ou 100	30.47 ou 54.28	7904 ou 15017	15808 ou 30035	10309 ou 19588
										U	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tableau 43 : Bilan des données logistiques pour le scénario 4 (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)

5. Méthodologie associée à la production des résultats

5.1. Présentation de RangeLCA

Le logiciel utilisé pour calculer les résultats est RangeLCA, outil développé par RDC Environment. Le logiciel calcule automatiquement :

- 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), corrélés entre eux ou non ; 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 données, le même tirage sera donc effectué pour chaque itération lors des calculs à venir, mais aussi potentiellement pour les autres scénarios au sein desquels 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 scénarios tenant compte de la variabilité résiduelle des résultats.

Ce type de résultats permet d'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).

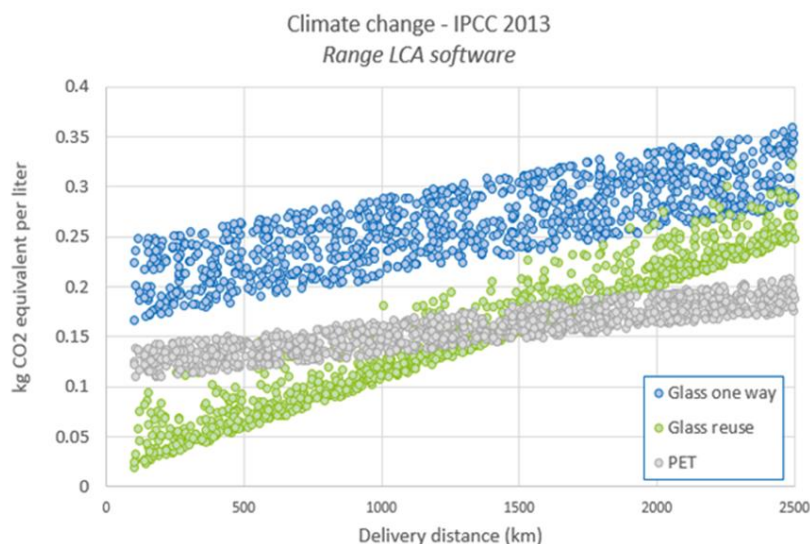


Figure 8 : Exemple de graphique « Range » obtenu avec RangeLCA (ne représente pas les résultats de cette étude)

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.

5.2. Etude de sensibilité avec RangelCA

1. Modélisation par l'ACViste

Le modèle contient des fourchettes de valeurs. Ces fourchettes sont indiquées dans ce rapport. Plusieurs distributions statistiques peuvent être définies dont :

- **Distribution statistique uniforme – utilisée pour cette étude*** : chaque valeur de la fourchette à la même probabilité d'occurrence
- **Distribution statistique normale** : 95% des valeurs se situent autour de 2 fois l'écart-type
- **Etc.**

* 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, et qu'aucune interprétation ne devrait être effectuée à partir de la densité des nuages de points pour des valeurs d'abscisses spécifiques.

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. Enfin, la détermination des paramètres dits « sensibles » reste à l'appréciation de l'ACViste.

5.3. 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. 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 par exemple au changement de masse, en annulant ceux du transport qui contribuent de même manière pour les deux options).

Ce concept est illustré dans la figure ci-dessous :

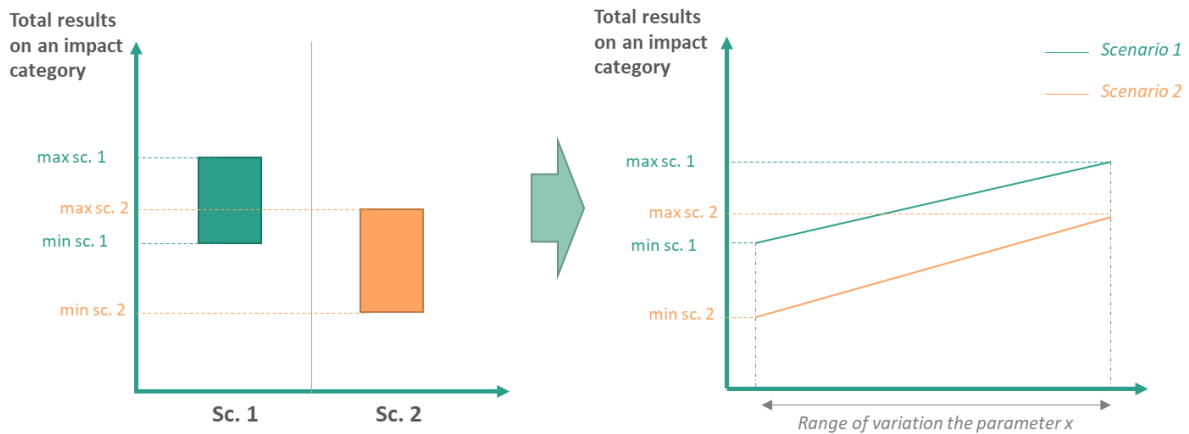


Figure 9 : Illustration de l'incertitude et la précision d'une comparaison

Ainsi, lorsque deux nuages de points sur un « graphe Range » (voir Figure 8) se touchent, il est nécessaire de passer par un « graphe Range Delta ». En faisant la soustraction entre les deux nuages de points⁸, la variabilité commune aux deux scénarios est supprimée, permettant d'identifier l'éventuel point de changement de conclusion.

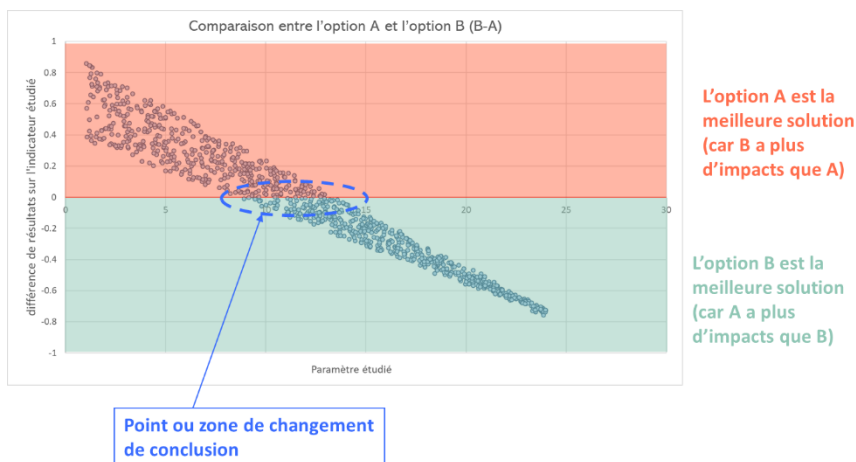


Figure 10 : Exemple fictif de « graph Range Delta »

L'utilité de recourir à un graphe range-delta lorsque les nuages de points associés aux itérations de calcul des deux solutions ne permettent pas de les départager est présentée et explicitée à travers un cas concret pour le premier cas d'étude des résultats du scénario 1, dans la section 6.1.1.2.1.

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).

⁸ RangeLCA a la particularité de conserver la valeur aléatoire définie dans une itération donnée après une simulation Monte Carlo, quelque soit le scénario étudié tant que le paramètre est identique entre les deux scénarios

6. Résultats du Volet A

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

Les résultats sont présentés uniquement pour les catégories d'impacts dites pertinentes pour l'étude. La sélection des catégories d'impacts est présentée en *Annexe 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'ADEME⁸ (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 (voir *Annexe 2*). Sur base des résultats obtenus après normalisation et pondération selon la méthodologie recommandée par le PEF, et des recommandations méthodologiques de l'ADEME, 7 catégories d'impact ont été retenues comme pertinentes pour les analyses à suivre (voir *Annexe 3*), à savoir :

- Changement climatique – CC*
- Emission de particules – PM*
- Formation d'ozone photochimique – POF*
- Acidification – Ac*
- Epuisement des ressources en eau – WU*
- Epuisement des ressources fossiles - Res_f*
- Eutrophisation d'eaux douces – Eu_f*

* Les abréviations annotées seront par endroits utilisées dans la présentation des résultats

L'Annexe 3 indique que certaines options et certains scénarios présentent une contribution notable à l'épuisement des ressources minérales et métalliques. Cependant et après analyse approfondie des contributions à cette catégorie d'impacts cependant, il a été noté que les principales contributions sont les infrastructures de lavage, et la construction des véhicules (et non leurs consommations respectives). Etant donné qu'il s'agit de données d'arrière-plan et que la modélisation réalisée pour ces infrastructures fait l'objet de nombreuses hypothèses qui pourraient amoindrir sa robustesse, il a été décidé de ne pas étudier en détails les contributions à cette catégorie d'impacts.

La présentation des résultats est déclinée selon les différents scénarios, et articulée au sein de ceux-ci selon l'organisation suivante :

- **Présentation des paramètres influents** identifiés grâce au logiciel RangeLCA: 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. Il est à noter que l'influence mesurée pour ces paramètres dépend notamment des gammes de valeurs fixées, et que 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 et de cette modélisation.
- **Présentation des comparaisons entre les options réemployables et à usage unique** au travers de la présentation graphique de points/zones de changement de conclusion, pour des paramètres sélectionnés sur base des paramètres influents:

Une sélection de paramètres permettant d'identifier des points de changement de conclusion OU de représenter des tendances clé des options réemployables et à usage unique est réalisée, sur base de l'expertise de RDC Environment. Les résultats liés à cette sélection sont présentés à travers des graphes range et/ou range delta (voir Chapitre 5), selon la pertinence des enrichissements qu'ils apportent. Il a notamment été observé que les tendances générales observées pour la catégorie d'impacts de changement climatique sont similaires à celles de 4 autres des catégories d'impacts principales, notamment :

- La formation d'ozone photochimique
- Le potentiel d'acidification
- L'émission de particules
- L'épuisement des ressources fossiles

Sauf mention contraire, les tendances associées à l'indicateur de changement climatique dans ces sections sont similaires voire identiques à celles observées pour ces catégories d'impact, et les résultats liés au changement climatique servent à représenter ces catégories d'impact.

- **Présentation d'un bilan des points et zones de basculement**, pour les différents paramètres influents et pour les différentes catégories d'impact: Un tableau agrège et synthétise les valeurs clé liées aux performances relatives des options à usage unique et réemployables (notamment celles n'ayant pas été présentées graphiquement), et ce pour les principales catégories d'impact étudiées.
- **Présentation des contributions totales aux différentes catégories d'impact** : 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 différentes catégories d'impact** : 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. Les valeurs et tendances associées aux contributions absolues des étapes de cycle de vie aux catégories d'impact sont présentées en Annexe 5.

L'explicitation de l'analyse des résultats et de certaines conclusions transversales sera plus approfondie pour le scénario 1. L'analyse des résultats des autres scénarios aura pour vocation de traiter des résultats et conclusions qui leurs sont spécifiques.

En complément des analyses spécifiques aux différents scénarios, des **analyses de sensibilité transversales** ont été réalisées, et sont présentées au point 6.6. Celles-ci ont pour but d'évaluer l'influence de paramètres incertains ou découlant de choix méthodologiques sur l'ensemble des scénarios considérés, au travers d'un cas d'étude. Ainsi l'incertitude autour des résultats sur base de ces paramètres a pu être évaluée.



Rappel : Les termes utilisés dans cette étude et dans ce chapitre sont explicités dans la partie 1.3 « Définitions ». En particulier, le terme « emballage réemployable » est une abréviation pour le terme « emballage réemployable consigné ».

A noter également, toutes les références au paramètre de "masse d'emballage primaire" dans la présentation des résultats visant à comparer les deux solutions (graphes range/range-delta, bilans de points de bascule) sont basés sur la masse de l'option à usage unique. Pour une itération de calcul donnée, une même masse d'emballage primaire est attribuée à l'option à usage unique ainsi qu'à l'option réemployable, et c'est bien cette masse qui est représentée dans les résultats. Le facteur d'augmentation de masse spécifique à l'option réemployable de 0 à 20% (voir section 4.3.1) est appliqué ensuite, et bien pris en compte dans le calcul des impacts. A titre d'exemple, si un point de bascule est identifié pour une valeur de 600 g/l (au-dessus de laquelle l'option

réemployable est systématiquement favorable), il est donc supposé que la transition à une solution de réemploi est favorable pour une telle masse d'emballage à usage unique.

En outre, la notion d'«emballages additionnels» utilisée dans la présentation des résultats fait référence conjointement aux emballages de regroupement, et aux emballages de transport (terminologies explicitées au point 1.3).

6.1. Scénario 1

Le scénario 1 consiste en une comparaison entre une bouteille en verre réemployable vendue avec un emballage de regroupement à usage unique, et une bouteille en verre à usage unique vendue avec le même emballage de regroupement (voir chapitre 3.1.3), toutes deux distribuées aux particuliers.

6.1.1. Résultats selon les fourchettes de valeur établies

6.1.1.1. Paramètres influents

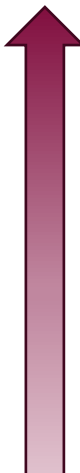
Paramètres influents (Toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces) – Scénario 1		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage primaire		Nombre d'utilisations de l'emballage primaire
Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution		Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution
Taux d'incorporation de matière recyclée		Masse de l'emballage primaire
	Degré d'influence	

Tableau 44: Paramètres influents du scénario 1 (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces)

Paramètres influents (Epuisement des ressources en eau) – Scénario 1		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage de regroupement en carton	<p style="margin: 0;">+ + +</p>	Masse de l'emballage de regroupement en carton
Masse de l'emballage primaire		Consommation de détergent liée au lavage


		+ + +	Consommation d'électricité liée au lavage
	Degré d'influence		

Tableau 45 Paramètres influents du scénario 1 (Epuisement des ressources en eau)


Paramètres influents (Eutrophisation d'eaux douces) – Scénario 1		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage de regroupement en carton		Masse de l'emballage de regroupement en carton
	+ + + + + +	
	Degré d'influence	

Tableau 46 Paramètres influents du scénario 1 (Eutrophisation d'eaux douces)

Le Tableau 44, le Tableau 45 et le Tableau 46 reprennent les différents paramètres jugés comme ayant une influence significative sur les contributions de chaque option (réemployable ou à usage unique) aux catégories d'impact étudiées. Cette évaluation a été réalisée sur base de la méthodologie explicitée dans le chapitre 5.2.

Pour tous les indicateurs à l'exception de l'épuisement des ressources en eau et de l'eutrophisation d'eaux douces, la masse de l'emballage primaire est le paramètre influençant le plus les impacts de la bouteille à usage unique (traduisant de la contribution élevée de la phase de production de verre aux impacts de cette option). La distance de distribution (liée à la consommation de carburant) et le taux d'incorporation de matière recyclée dans l'emballage primaire (permettant l'évitement de la mobilisation de matières premières) sont deux paramètres dont la variabilité influence également les performances de l'option à usage unique. Cependant cette influence est moins marquée que celle associée à la masse de l'emballage primaire.

Pour ces mêmes indicateurs, le nombre d'utilisations a une influence prépondérante sur les impacts mesurés, pour l'option réemployable. La distance de distribution et la masse de l'emballage primaire sont également influents, à un degré moindre. Il est également à noter que les impacts liés aux distances de transport pour les deux options sont eux-mêmes positivement influencés par la masse de l'emballage primaire, qui mène à une consommation de diesel plus importante lors du transport.

La contribution des deux options à l'épuisement des ressources en eau est principalement influencée par la masse de carton associée aux emballages de regroupement à usage unique considérés pour les bouteilles. Pour les deux options, un emballage de regroupement est produit à chaque unité fonctionnelle. Contrairement à ceux liés à l'emballage primaire, les impacts liés à ce paramètre ne sont donc pas amortis au fil des cycles d'utilisation pour l'option réemployable, et la masse de carton influence donc de manière notable ses impacts.

En outre et pour rappel, plusieurs formats génériques d'emballages de regroupement en carton ont été considérés pour modéliser les gammes de valeurs dans cette étude (aussi bien des collerettes et

petits cartons de regroupement, que des caisses en carton plus solides permettant le transport de bouteilles plus lourdes). L'influence liée à la variabilité de ce paramètre est donc d'autant plus forte que la gamme de valeurs qui y est associée est large (8.7 g/L à 100 g/L)

L'étape de lavage influence de manière significative les contributions à l'épuisement des ressources en eau de l'option réemployable. Cependant, les paramètres influents principaux pour cet indicateur correspondent aux consommations de détergent et d'électricité.

- La consommation de détergent doit cette influence à l'inclusion de tensio-actifs d'origine végétale dans la modélisation du détergent. Il a été fait mention dans les questionnaires collectés auprès d'acteurs de lavage de l'utilisation de composés éthoxylés d'origine végétale dans ce cadre. A cet égard et en l'absence d'informations détaillées sur la composition des détergents utilisés, une modélisation tenant compte d'agents séquestrants à base d'huile de coco et à base d'huile de palme (à parts égales) a été réalisée. L'analyse des contributions aux résultats révèle une influence importante des composés produits via de l'huile de coco sur les impacts associés à l'épuisement des ressources en eau, liée à l'irrigation des cultures impliquées dans leur production. Cet élément est donc une source potentielle d'incertitude dans notre étude, puisque la proportion réelle de ce type de composés dans la composition de détergents typiquement utilisés par les acteurs de lavage n'est pas connue.
- La consommation d'électricité associée au lavage a quant à elle une influence notable sur l'épuisement des ressources en eau du fait de la considération d'un mix électrique français, présentant une part importante d'énergie nucléaire. La génération d'électricité à travers le nucléaire suppose une utilisation d'eau significative, associée au refroidissement des réacteurs.

Selon la modélisation et les valeurs fixées pour ce paramètre dans notre étude (0.016 à 1.5 L/L), la consommation d'eau associée à cette étape de lavage n'est donc pas un paramètre influençant de manière notable les contributions à l'épuisement des ressources en eau. Il est néanmoins pertinent de souligner que les impacts mesurés à travers cette catégorie d'impacts ne tiennent pas compte de la disponibilité locale des ressources en eau, et tiennent compte de mesures effectuées à une échelle européenne. Ainsi, des cas de figure spécifiques liés à des fluctuations régionales ou saisonnières de ressources en eau qui pourraient conditionner leur disponibilité ne sont pas pris en compte à travers ces résultats.

La masse de l'emballage de regroupement en carton est le paramètre influençant le plus les contributions des options réemployable et à usage unique du scénario 1 à l'eutrophisation d'eaux douces (catégorie d'impacts généralement sensible à l'utilisation d'emballages produits au départ de biomasse).

6.1.1.2. Comparaisons entre l'option réemployable et l'option à usage unique

6.1.1.2.1. Nombre d'utilisations

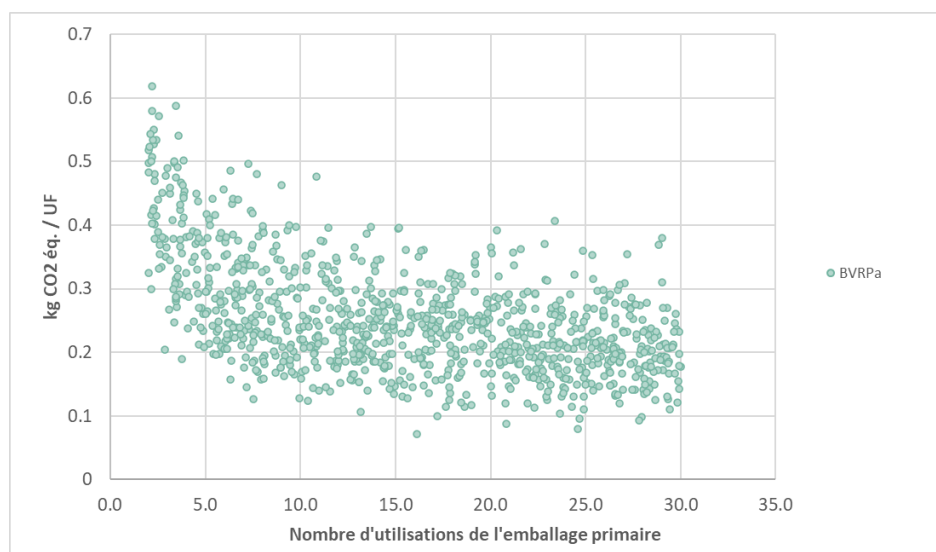


Figure 11 : Contributions de l'option réemployable (BVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage - graphe "range"

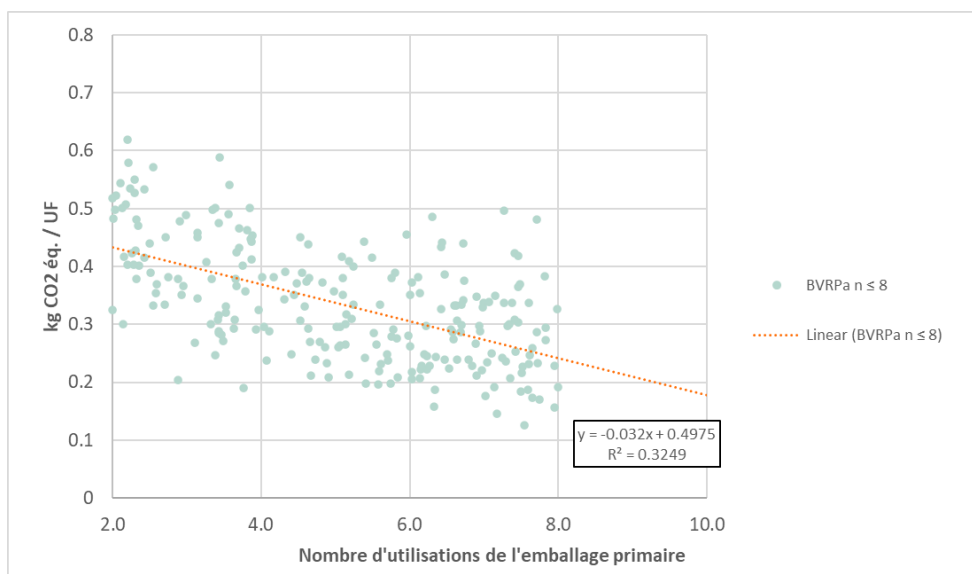


Figure 12 : Contributions de l'option réemployable (BVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage (8 utilisations ou moins) - graphe "range"

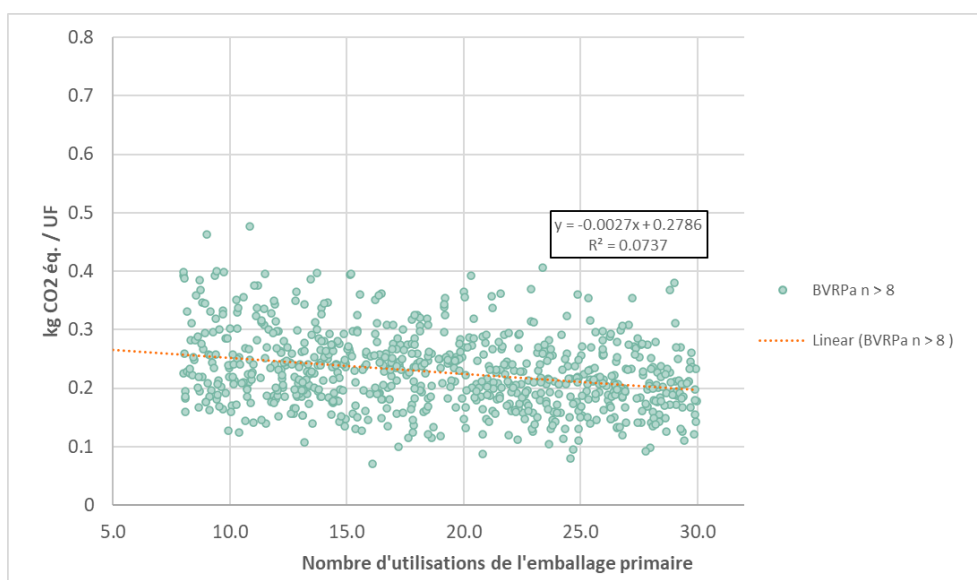


Figure 13 : Contributions de l'option réemployable (BVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage (plus de 8 utilisations) - graphe "range"

La [Figure 11](#) présente l'évolution des contributions au changement climatique par l'option réemployable, en fonction du nombre de cycles d'utilisations de l'emballage primaire. Chaque point du nuage de points représente donc le résultat de calcul d'une itération donnée, selon une combinaison spécifique de valeurs sélectionnées aléatoirement au sein des gammes de valeurs considérées pour chaque paramètre variable de la modélisation. A chacun des cycles de réemploi, l'impact associé à la production et à la fin de vie de l'emballage primaire est atténué, du fait qu'il soit 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 12](#)), et devient de plus en plus stable et moins significative pour des nombres d'utilisations élevés (notamment supérieurs à 8, voir [Figure 13](#)).

Il est également possible de constater que 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 0.326 kg/L et 1.17 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 moins marquée pour des nombres d'utilisations plus élevés.

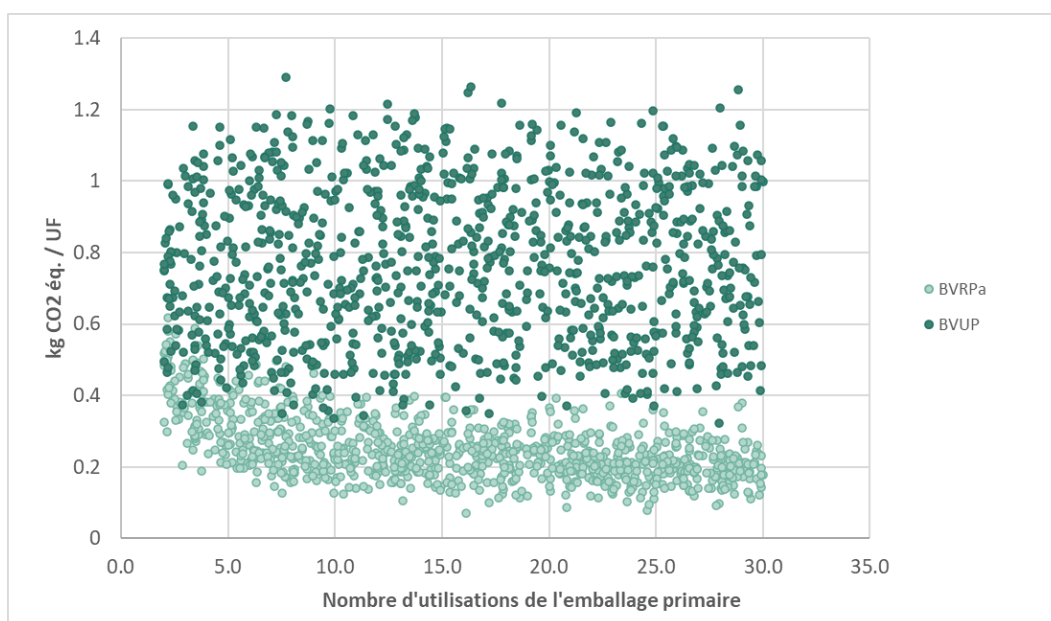


Figure 14 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPa) à l'indicateur à l'indicateur de changement climatique sur le nombre d'utilisations de l'emballage réemployable – graphe "range"

La Figure 14 reprend les mêmes résultats que ceux présentés dans la Figure 11, 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, et est principalement due à la variation de la masse de l'emballage primaire (voir Tableau 44).

Pour des nombres d'utilisations élevés, les nuages de points associés aux deux solutions d'emballages sont relativement distincts et séparés, reflétant un avantage de l'option réemployable à l'égard de cette catégorie d'impacts (valeurs moins élevées en kg CO2 eq).

Pour des nombres d'utilisations plus faibles cependant (par exemple inférieurs à 10), les deux nuages de points sont entremêlés. 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 5.3. Pour ce faire, nous calculons la différence entre les impacts associés aux deux options, et ce pour chacune des 1000 itérations de calcul, soit pour une même combinaison de valeurs liées aux paramètres communs entre les deux options (par exemple la distance de distribution, le taux d'incorporation de matière recyclée, le taux de recyclage, la masse d'emballage en carton...). Il est ainsi possible d'éliminer la variabilité résiduelle des impacts associée à ces paramètres (commune entre les deux options), et d'isoler la contribution spécifique du paramètre étudié (ici le nombre d'utilisations) à la catégorie d'impacts étudiée.

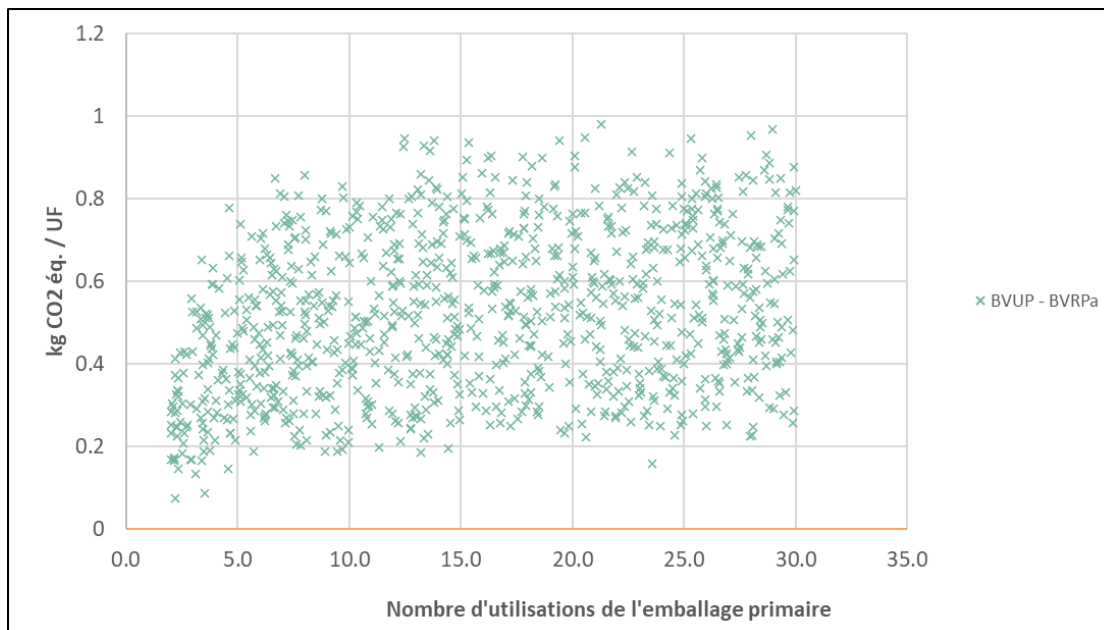


Figure 15 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range delta"

La Figure 15 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.

Le graphe "range delta" présenté en Figure 15 montre ainsi que **l'option réemployable du scénario 1 présente de meilleures performances que l'option à usage unique analogue, et ce pour tous les nombres d'utilisations considérés (dès 2 utilisations), et pour chaque itération de calcul réalisée.**

Les itérations de calcul étant réalisées pour l'ensemble de la modélisation et étant communes 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 (changement climatique). Ainsi, pour le scénario 1 et pour la catégorie d'impacts de changement climatique, l'option réemployable est systématiquement plus avantageuse que l'option à usage unique, et ce pour toutes les combinaisons de valeurs envisagées.

Outre le changement climatique, **cette observation est par ailleurs commune aux catégories d'impact suivantes:**

- Formation d'ozone photochimique
- Epuisement des ressources fossiles
- Emission de particules
- Potentiel d'acidification.

Comme explicité en fin de section 5.3, la lecture du graphe range-delta seul (Figure 15) 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 graphes a pour objectif d'identifier des points de bascule 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 (Tableau 48 pour le Scénario 1) 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.

6.1.1.2.2. Masse de l’emballage primaire

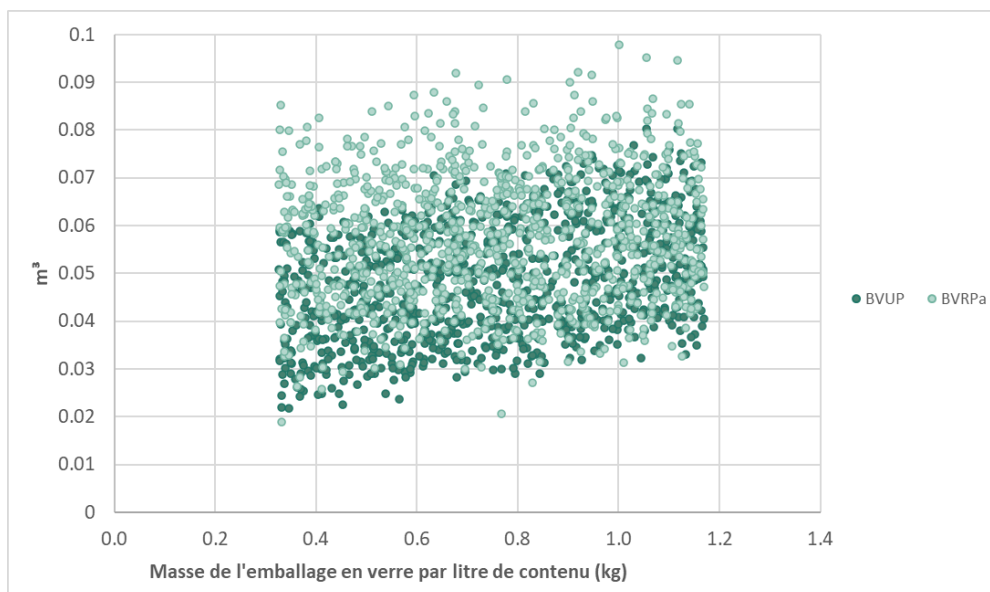


Figure 16 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPa) à l’indicateur d’épuisement des ressources en eau selon la masse d’emballage primaire – graphe “range”

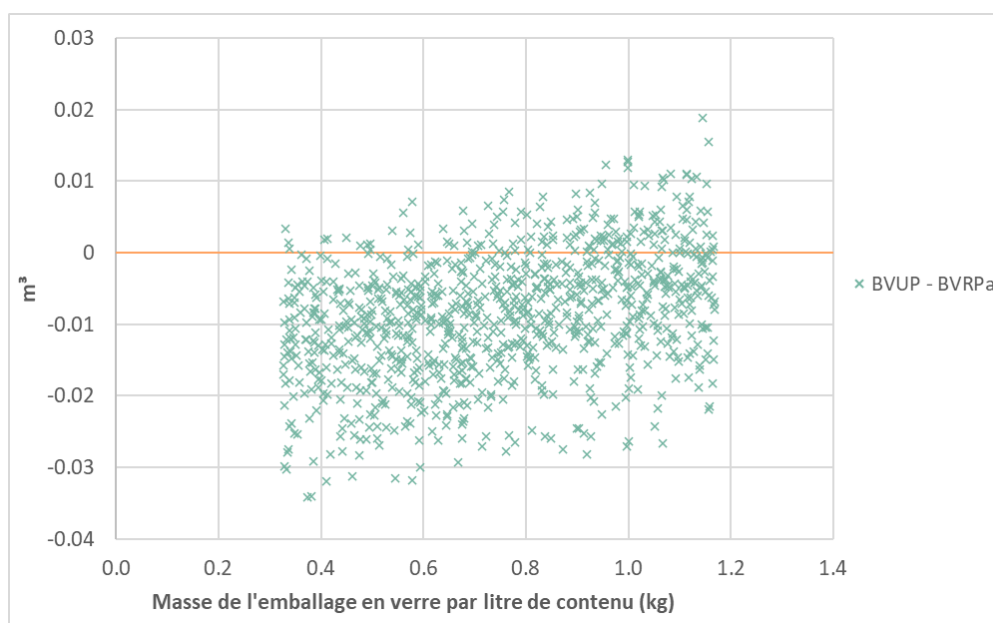


Figure 17 : Comparaison des contributions de l’option à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPa) à l’indicateur d’épuisement des ressources en eau selon la masse de l’emballage primaire – graphe “range delta”

La Figure 16 et la Figure 17 comparent les contributions des deux alternatives en verre à l’indicateur d’épuisement des ressources en eau selon la masse de l’emballage primaire considéré par litre transporté.

Pour une valeur de masse donnée, la variabilité observée en Figure 16 pour les impacts de chaque option est liée à la masse de l’emballage de regroupement en carton, qui influence également leur contribution à l’épuisement des ressources en eau. En outre, les consommations de lavage (en électricité et en détergent) associées à l’option réemployable influence également ses impacts, étalant d’autant plus le nuage de points. Les nuages de points présentés dans ce graphe range ne permettent pas de déterminer laquelle des deux options est plus avantageuse. Un graphe “range delta” est donc nécessaire pour comparer les deux solutions.

Celui-ci, présenté en Figure 17, montre que pour des valeurs de masse d'emballage primaire inférieures ou égales à environ 0.5 kg/L, l'option à usage unique est globalement plus avantageuse que l'option réemployable. Les quelques exceptions observées (résultats positifs pour ces valeurs de masse) correspondent à une combinaison spécifique de valeurs favorisant le réemploi, notamment des consommations très faibles d'électricité et de détergent lors du lavage. Passée cette valeur seuil de 0.5 kg/L, les impacts de la production de l'emballage primaire à usage unique deviennent plus importants, et il n'est alors plus possible de départager les deux options uniquement sur base du paramètre de masse. En effet, pour des valeurs de masse supérieures à 0.5 kg/L, certaines itérations de calcul s'avèrent être en faveur de l'option réemployable, tandis que d'autres sont en faveur de l'option à usage unique (dépendamment des valeurs fixées pour d'autres paramètres).

6.1.1.2.3. Masse de l'emballage de regroupement en carton

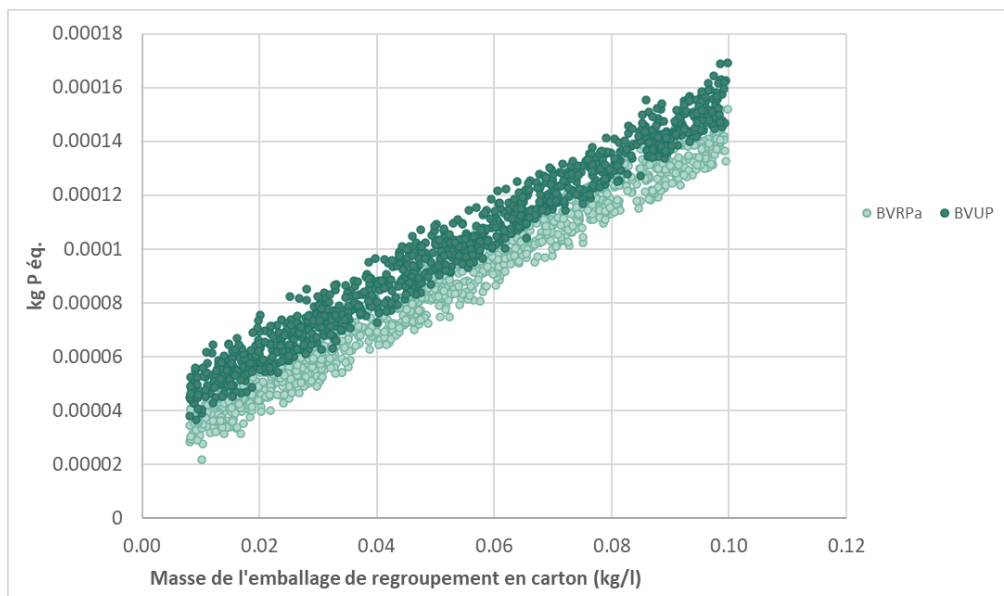


Figure 18 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPa) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de de l'emballage de regroupement en carton – graphe "range"

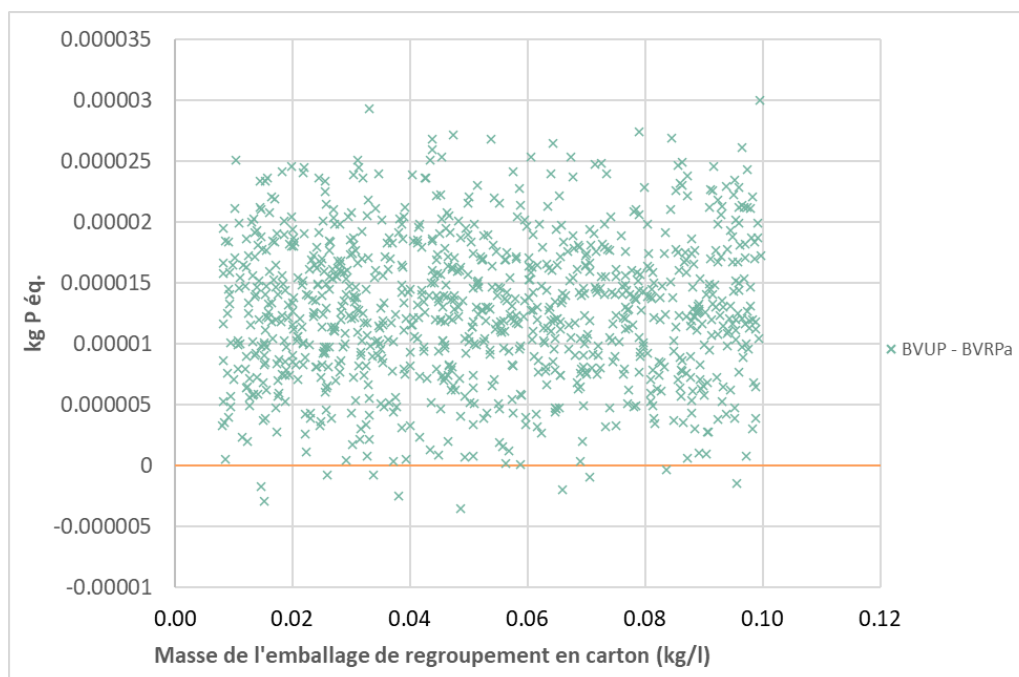


Figure 19 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPa) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de de l'emballage de regroupement en carton – graphe "range delta"

Etant donnée son influence sur les contributions à l'eutrophisation d'eaux douces, l'analyse de la masse de carton utilisée pour les emballages de regroupement des deux options est présentée, via la [Figure 18](#) et la [Figure 19](#).

D'une part, ces graphes traduisent de l'influence très marquée de ce paramètre quant aux contributions des deux options à l'eutrophisation d'eaux douces. Les nuages de points étant relativement resserrés pour les deux solutions, l'influence relative d'autres paramètres sur les résultats pour cette catégorie d'impacts est beaucoup moins marquée. En outre et du fait que l'emballage de regroupement est à usage unique (sa production étant donc renouvelée à chaque cycle de l'option réemployable), son influence sur les résultats est similaire pour les deux solutions d'emballage primaire. Elle ne permet donc pas d'identifier des points de bascule clé en faveur de l'une ou l'autre solution.

D'autre part, le graphe range delta présenté en [Figure 19](#) indique que l'option réemployable est plus avantageuse que l'option à usage unique pour une grande majorité de situations, au regard de l'eutrophisation d'eaux douces. Les exceptions concernent une combinaison de masses et de nombres d'utilisations faibles pour l'emballage primaire (600g/L et 4 utilisations respectivement), et de consommations de lavage élevées.

6.1.1.2.4. Consommation de carburant

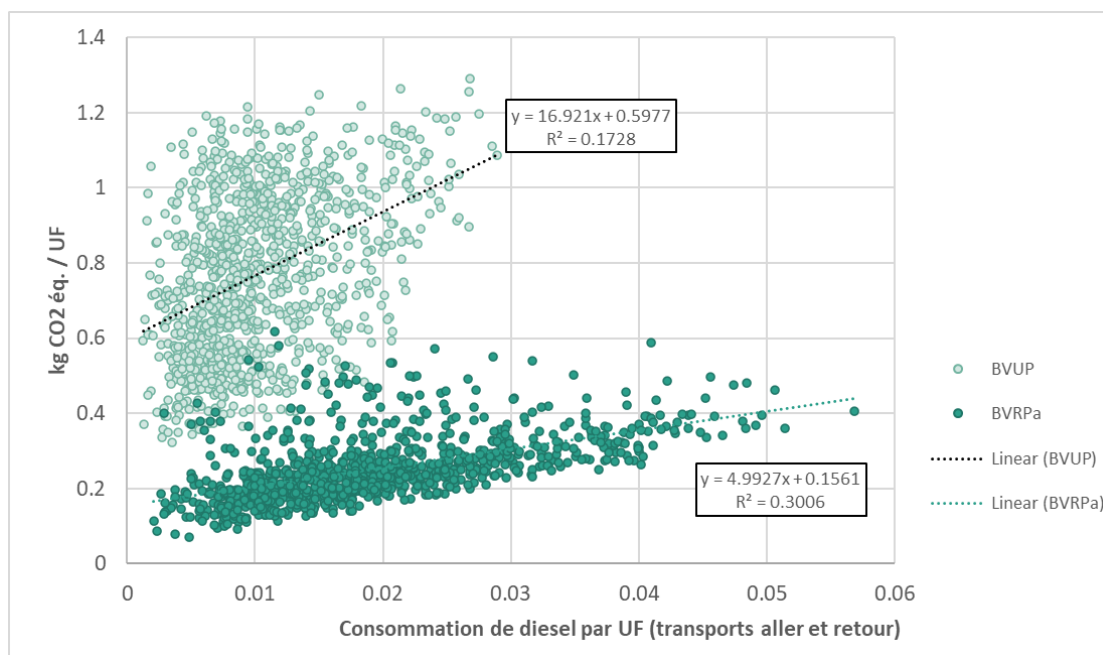


Figure 20 : Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon la consommation de diesel liée aux transports aller et retour – graphe "range"

Afin d'agrèger les influences de différents paramètres logistiques (tels que les différentes distances de transport, les taux de chargement et les types de camions utilisés), l'analyse de l'influence de la quantité de diesel consommée par unité fonctionnelle lors des étapes de distribution a été considérée. Les étapes du cycle de vie considérées dans ce calcul sont :

- Le transport aller amont, du site de remplissage au centre de distribution (commun aux deux options d'emballage)
- Le transport aller aval, du centre de distribution au point de vente (commun aux deux options d'emballage)
- Le transport retour aval, du point de vente au centre de distribution (spécifique à l'option réemployable)
- Le transport retour amont, du centre de distribution au site de remplissage, impliquant une étape et un détour éventuels par un centre de lavage dédié, tel qu'explicité à la section 4.4.3.3 (spécifique à l'option réemployable)

Les consommations associées au transport d'approvisionnement des emballages au site de remplissage ont été exclues de ce calcul. Dans le cadre de l'option réemployable, les impacts de cette étape de transport (et les consommations de carburant qu'elle suppose) sont amortis selon les cycles de réemploi de l'emballage, étant intégrés à la phase de production. Il a donc été estimé qu'une comparaison basée exclusivement sur les transports répétés à chaque cycle de l'unité fonctionnelle serait plus pertinente, notamment pour permettre une interprétation des valeurs présentées par les acteurs industriels sur base d'éléments logistiques uniquement, sans devoir tenir compte d'un taux de réemploi effectif dans le calcul de la consommation de carburant. Le transport fin de vie a été exclu également, pour les mêmes raisons.

La Figure 20 compare ainsi les contributions des deux alternatives en verre aux indicateurs de changement climatique (représentatives de toutes les autres catégories d'impact à l'exception de l'épuisement des ressources en eau) selon la quantité de diesel consommée.

La variabilité des impacts observée pour l'option réemployable pour une consommation de carburant donnée est principalement liée au nombre d'utilisations et à la masse de l'emballage primaire. Celle de l'emballage à usage unique est principalement liée à sa masse, qui influence fortement ses impacts, relativement à la consommation de carburant.

Pour une itération de calcul donnée, les valeurs de consommation de carburant diffèrent entre les deux solutions d'emballage, du fait de la prise en compte du trajet retour pour l'option réemployable. De manière générale et pour les différents scénarios étudiés, il n'est donc pas pertinent de considérer une comparaison entre les deux options sur base de ce paramètre uniquement (par exemple au travers d'un graphe range delta). Par ailleurs, il est estimé que cette consommation de carburant est une valeur résultant d'autres paramètres variables modélisés (distances de transport, ratios volumiques, masses d'emballages...) sur lesquels les acteurs industriels ont un contrôle plus aisé, et qui ont fait l'objet d'analyses de sensibilité spécifiques.

Cette représentation graphique a donc principalement pour but d'informer le lecteur ou la lectrice sur la relation entre ce paramètre et les contributions respectives des deux solutions d'emballage aux catégories d'impact, et de permettre aux acteurs sectoriels de se projeter quant aux implications de l'implémentation d'une solution de réemploi (au regard de l'indicateur de changement climatique) spécifiquement à leur propre cas de figure, sur base de valeurs de référence.

A cette fin, le Tableau 100 en Annexe 6 reprend des valeurs de références de consommation de diesel pour des typologies logistiques définies, permettant l'extrapolation de ces valeurs à des distances de transport ou des masses d'emballage primaire.

Les tendances associées aux deux options d'emballage pour ce paramètre permettent cependant d'identifier que, dans la modélisation associée à cette étude, la variabilité des impacts de ces solutions est principalement liée à d'autres paramètres que la consommation de carburant, notamment la masse de l'emballage (qui influence les performances de l'option à usage unique) et le nombre d'utilisations (étant donné qu'un taux de réemploi très faible a une influence particulièrement marquée sur les performances de l'option réemployable).

6.1.1.3. Bilan des zones de basculement pour les paramètres et catégories d'impact étudiés

Paramètre étudié	Valeurs modélisées	Changement climatique	Emission de particules	Formation d'ozone photochimique	Acidification	Epuisement des ressources fossiles	Epuisement des ressources en eau		Eutrophisation d'eaux douces	
Masse de l'emballage primaire par litre transporté (kg)	0.326 – 1.17						≤ 0.5	> 0.5	< 0.6	≥ 0.6
Nombre d'utilisations de l'emballage primaire	2 - 30								< 4	≥ 4
Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution (km)	25 – 600									
Taux d'incorporation de matière recyclée (%)	20 - 90									
Masse de l'emballage de regroupement en carton par litre transporté (g)	8.7 - 100									
Consommation d'électricité pendant le lavage (kWh/l)	0.0056 – 0.077						< 0.065	≥ 0.065	≤ 0.035	> 0.035
Consommation de détergent pendant le lavage (kg/l)	0.0007 - 0.0034						< 0.0024	≥ 0.0024	≤ 0.0018	> 0.0018
Valeurs et situations pour lesquelles l'option réemployable est plus performante que l'option à usage unique. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.			Valeurs et situations pour lesquelles l'étude ne permet pas de conclure sur l'avantage relatif de l'une ou l'autre option. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.			Valeurs et situations pour lesquelles l'option à usage unique est plus performante que l'option réemployable. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.				

Tableau 47 : Zones et points de changement de conclusion liés aux différents paramètres et catégories d'impacts étudiés – Scénario 1

Paramètre étudié	Valeurs modélisées	Changement climatique	Emission de particules	Formation d'ozone photochimique	Acidification	Epuisement des ressources fossiles	Epuisement des ressources en eau		Eutrophication
Masse primaire transportée (kg)	0.326 – 1.17						≤ 0.5	> 0.5	< 0.5
Quantités de verre primaire	2 - 30								< 4
Distance du site de production au centre de gravité (km)	25 – 600								
Teneur en matière organique (%)	20 - 90								
Poids de verre par carton par unité (g)	8.7 - 100								
Consommation d'électricité (kWh/l)	0.0056 – 0.077						< 0.065	≥ 0.065	≤ 0.065
Concentration en détergent (kg/l)	0.0007 - 0.0034						< 0.0024	≥ 0.0024	≤ 0.0024
Situations pour lesquelles l'option réemployable est plus performante que l'option à usage unique. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.			Valeurs et situations pour lesquelles l'étude ne permet pas de conclure sur l'avantage relatif de l'une ou l'autre option. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.			Valeurs et situations pour lesquelles l'option à usage unique est plus performante que l'option réemployable. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.			

Tableau 47 reprend les valeurs seuil au-delà ou en-dessous desquelles il est considéré qu'une solution est plus avantageuse que l'autre, et ce pour toutes les valeurs considérées pour les autres paramètres (endéans les gammes modélisées).

Ces valeurs sont évaluées sur base de l'expertise de RDC en analysant (graphiquement ou sur base de fichiers d'exports, selon les cas) les résultats des itérations calculées. A ce titre, les valeurs précises des points de bascule déterminés résultent de la génération aléatoire de valeurs pour les 1000 itérations, et une très légère fluctuation de ces valeurs pourrait être observée pour une autre combinaison de 1000 itérations. Ce nombre étant cependant jugé suffisamment élevé pour faire apparaître des tendances robustes, l'incertitude autour de ces valeurs seuil pour les gammes de valeurs considérées étant jugée faible. Par ailleurs, les résultats d'itérations qui concernent des combinaisons de valeurs extrêmes jugées aberrantes et non-représentatives d'une situation réelle (par exemple une masse d'emballage primaire très élevée associée à une masse très faible d'emballage de regroupement en carton) sont identifiés, et ne sont pas considérés dans l'établissement des points de bascule.

Il est également à noter que ce tableau ainsi que les tableaux analogues présentés pour les autres scénarios reprennent les **valeurs des points de bascule** qui suffisent à elles seules à déterminer l'avantage d'une option par rapport à l'autre. Ainsi, si le seuil "≥ X" est indiqué pour un paramètre donné, la conclusion sera applicable pour toutes les situations au sein desquelles le paramètre prend une valeur égale ou supérieure à X, et ce indépendamment des valeurs prises par les autres paramètres.

Par conséquent, lorsque plusieurs paramètres suivent des valeurs qui sont favorables à l'une des deux options, une situation correspondant à une zone d'indétermination (représentée par des cases grisées) pour un paramètre peut en réalité correspondre à un avantage systématique pour cette option.

- *Par exemple, au regard de la catégorie d'impacts d'eutrophisation d'eaux douces, un nombre d'utilisations élevé (par exemple 20) et une masse élevée (par exemple 1kg/L) mènent à un avantage systématique de l'option réemployable, y compris pour des consommations d'électricité supérieures à 0.035 kWh/L.*

Ce tableau indique que l'option réemployable est toujours meilleure que l'option à usage unique selon les données de modélisation considérées pour le scénario 1, et ce pour les 5 catégories d'impact suivantes :

- Changement climatique
- Emission de particules
- Formation d'ozone photochimique
- Acidification
- Epuisement des ressources fossiles

L'option à usage unique présente en revanche de meilleures performances que l'option réemployable à l'égard de l'épuisement des ressources en eau lorsque sont considérés des emballages primaires légers (de masse inférieure à 0.5 kg/L), et ce quelles que soient les autres valeurs considérées pour les autres paramètres (par exemple les consommations de lavage). Sur base des données collectées pour cette étude, cette considération exclut donc les bouteilles de produits fortement carbonatés, à savoir les bières et les sodas (voir [Figure 114](#)).

En outre et pour toutes les masses d'emballage primaire, des consommations de lavage élevées (plus de 0.065 kWh/L d'électricité ou 0.0024 kg/L de détergent) mènent à un avantage systématique de l'option à usage unique par rapport à l'option réemployable au regard de l'épuisement de ressources en eau.

En dehors de ces valeurs seuil, la modélisation ne permet cependant pas de départager les deux solutions d'emballage.

Enfin l'option réemployable présente de meilleurs résultats que l'option à usage unique au regard de l'eutrophisation d'eaux douces dès sa 4^{ème} utilisation. Par ailleurs, et ce dès sa deuxième utilisation, l'option réemployable est plus avantageuse pour des masses de bouteilles élevées (supérieures à 600 g/L, soit l'intégralité des bouteilles collectées pour les bières et sodas, et une partie des bouteilles collectées pour les autres typologies de produits) ou pour des consommations de lavage faibles.

6.1.2. Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

Catégorie d'impact	Unité	Option à usage unique	Option réemployable (5 utilisations)	Option réemployable (20 utilisations)
Changement climatique	kg CO2-eq.	6.10E-01	2.65E-01	1.68E-01
Épuisement de la couche d'ozone	kg CFC11-eq.	4.51E-09	3.77E-09	3.36E-09
Toxicité cancérigène	Comparative Toxic Unit for human (CTUh)	1.90E-10	1.41E-10	1.19E-10
Toxicité non cancérigène	Comparative Toxic Unit for human (CTUh)	5.51E-09	2.76E-09	1.92E-09
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	3.04E-08	1.49E-08	1.07E-08
Radiations ionisantes	kBq Uranium-235-eq.	5.39E-02	5.59E-02	4.68E-02
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	2.52E-03	1.09E-03	7.39E-04
Acidification	Moles H+ -eq.	3.55E-03	1.33E-03	7.78E-04
Eutrophisation terrestre	Moles N-eq.	9.22E-03	3.49E-03	2.12E-03
Eutrophisation des eaux douces	kg P-eq.	8.95E-05	8.03E-05	7.61E-05
Eutrophisation marine	kg N-eq.	8.69E-04	3.69E-04	2.46E-04
Ecotoxicité	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)	3.98E+00	2.24E+00	1.40E+00
Utilisation des terres	Sans dimension	1.46E+01	1.25E+01	1.20E+01
Épuisement de la ressource en eau	Volume m3-world eq.	3.98E-02	5.23E-02	4.99E-02
Épuisement des ressources minérales	kg Sb-eq	9.41E-07	1.12E-06	1.00E-06
Utilisation des ressources fossiles	MJ	9.14E+00	4.43E+00	2.96E+00

Tableau 48 : Contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 ou 20 utilisations) du scénario 1 aux différentes catégories d'impact, cas illustratif

Le Tableau 48 montre les contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 et 20 utilisations) aux différentes catégories d'impact étudiées. Pour rappel, ces résultats ont été calculés à partir des valeurs dites de “cas illustratif” pour l'option à usage unique et pour l'option réemployable, et non à partir des gammes de valeurs utilisées pour aboutir aux résultats présentés dans la section 6.1.1.

6.1.3. Résultats par étapes de cycle de vie (cas illustratifs)

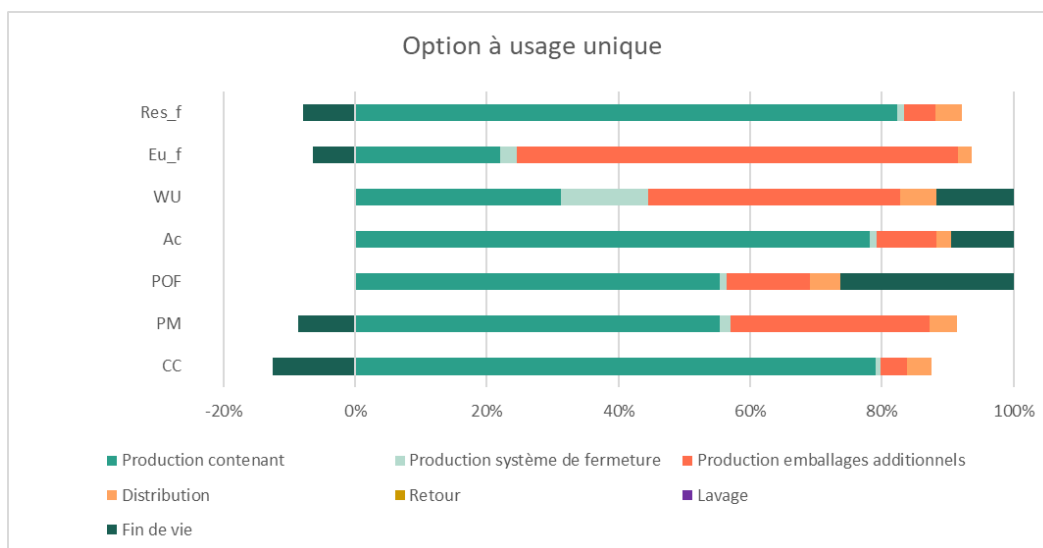


Figure 21 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option à usage unique, cas illustratif)

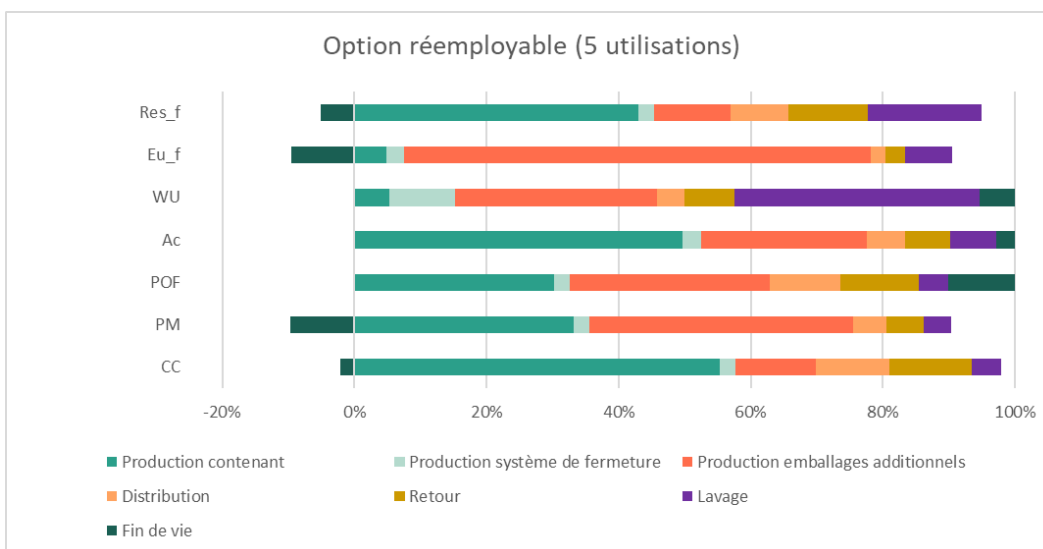


Figure 22 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 5 utilisations, cas illustratif)

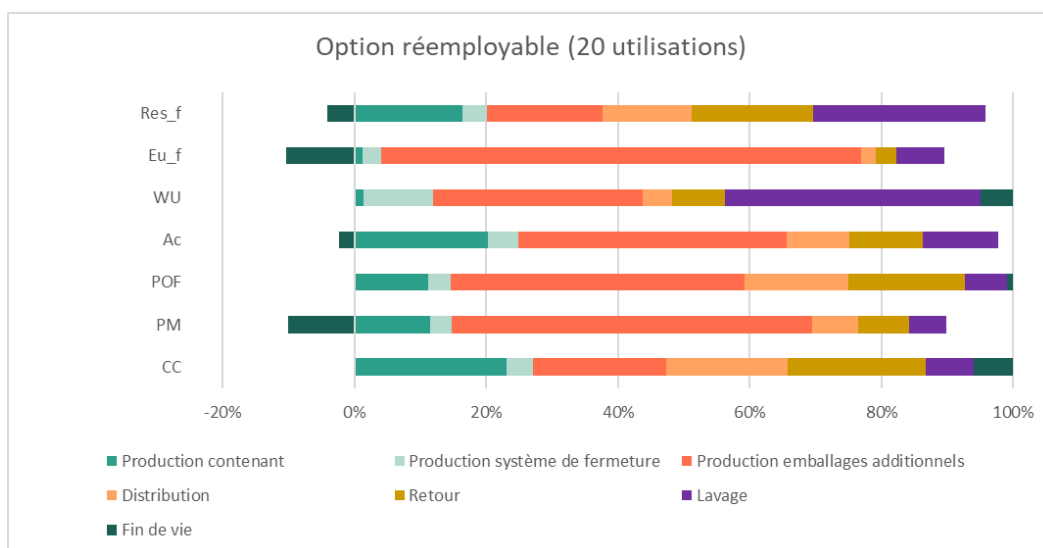


Figure 23 Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 20 utilisations, cas illustratif)

La Figure 21, la Figure 22 et la Figure 23 représentent les contributions relatives des différentes étapes de cycle de vie aux principales catégories d'impact étudiées, pour l'option à usage unique et pour l'option réemployable (pour les valeurs de cas illustratifs, et pour 5 et 20 utilisations de l'emballage primaire). Il est ainsi possible d'identifier quelles étapes de cycle de vie constitueraient les principaux leviers d'écoconception pour différents emballages, selon le nombre d'utilisations associé à leur cycle de vie.

La production de l'emballage primaire est l'étape la plus contributrice à toutes les catégories d'impact pour l'option à usage unique, à l'exception de l'épuisement des ressources en eau et de l'eutrophisation d'eaux douces. Pour ces dernières, la production d'emballages additionnels est l'étape de cycle de vie la plus contributrice (notamment au travers des impacts de la production de carton).

Pour les deux cas illustratifs de l'option réemployable, **plus le nombre d'utilisations est élevé, plus l'impact relatif de la phase de production de l'emballage primaire est atténué**, de par l'amortissement de cet impact au travers des utilisations multiples. La contribution relative de la production d'emballages additionnels (y compris des emballages de regroupement, à usage unique) augmente quant à elle pour l'option réemployable, et ce pour toutes les catégories d'impact considérées, et devient après 20 utilisations l'étape la plus contributrice pour 4 des catégories d'impact, les exceptions étant:

- L'épuisement des ressources en eau et l'épuisement des ressources fossiles, pour lesquelles l'étape de lavage est la principale contributrice (à travers la consommation d'électricité notamment, les flux d'eau directement consommés par le lavage ayant une contribution relative faible).
- Le changement climatique, pour lequel l'étape de distribution est la principale contributrice.

Les contributions relatives associées à la production des systèmes de fermeture sont minoritaires et relativement faibles, et ce pour les trois cas illustratifs étudiés. Une contribution plus importante de cette étape à la catégorie d'épuisement des ressources en eau est cependant à noter, celle-ci étant due à la production de bouchons en aluminium, spécifiquement.

Les contributions relatives de l'étape de fin de vie, qu'elles soient positives ou qu'elles soient négatives (traduisant de l'évitement d'impacts par ailleurs), sont moins marquées pour l'option réemployable, notamment après 20 utilisations. Pour les différents cas étudiés, une contribution relative plus forte (et positive) est cependant à noter quant à la catégorie de formation d'ozone photochimique. Celle-ci est liée à l'étape de recyclage du verre.

Les valeurs absolues des contributions des étapes de cycles de vie aux différentes catégories d'impact pour le scénario 1 sont présentées dans l'Annexe 5.

6.2. Scénario 2

Le scénario 2 consiste en une comparaison entre une bouteille en verre réemployable vendue avec un emballage de regroupement consigné et réemployable (une caisse en PEHD), et une bouteille en verre à usage unique vendue avec un emballage de regroupement à usage unique (voir Chapitre 3.1.3), toutes deux distribuées aux particuliers.

6.2.1. Résultats selon les fourchettes de valeur établies

6.2.1.1. Paramètres influents

Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces) – Scénario 2		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage primaire		Nombre d'utilisations de l'emballage primaire
Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution		Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution
Taux d'incorporation de matière recyclée		Masse de l'emballage primaire
		Ratio volumique de la caisse en PEhd
		Distance d'approvisionnement de la caisse en PEhd vers le site de remplissage
	Degré d'influence	

Tableau 49 : Paramètres influents du scénario 2 (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces)

Paramètres influents (Epuisement des ressources en eau) – Scénario 2		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage de regroupement en carton		Consommation de détergent liée au lavage
Masse de l'emballage primaire		Consommation d'électricité liée au lavage
		Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution
	Degré d'influence	

Tableau 50 : Paramètres influents du scénario 2 (Epuisement des ressources en eau)

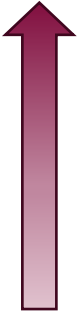
Paramètres influents (Eutrophisation d'eaux douces) – Scénario 2		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage de regroupement en carton	 Degré d'influence	Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution
		+ + + Nombre d'utilisations de la caisse en PEHD
		+ + Distance d'approvisionnement de la caisse en PEhd vers le site de remplissage
		+ Masse de la caisse en PEhd
		Nombre d'utilisations de l'emballage primaire
		Ratio volumique de la caisse en PEhd

Tableau 51 : Paramètres influents du scénario 2 (Eutrophisation d'eaux douces)

Les observations reprises dans le [Tableau 49](#), le [Tableau 50](#) et le [Tableau 51](#) sont identiques à celles liées au scénario pour l'option à usage unique, du fait que la modélisation considérée soit la même dans les deux cas.

En ce qui concerne l'option réemployable cependant, l'influence de paramètres reflétant certaines caractéristiques de la caisse en PEhd (emballage de regroupement réemployable pour ce scénario) est à noter pour les catégories d'impacts autres que l'eutrophisation d'eaux douces et l'épuisement de la ressource en eau. D'une part, le ratio volumique de cette caisse (qui conditionne le taux de chargement des camions lors du transport de l'unité fonctionnelle), d'autre part sa distance d'approvisionnement, vide, vers le site de conditionnement.

Les paramètres influents principaux pour ces catégories d'impact restent cependant le nombre d'utilisations des bouteilles réemployables, la distance séparant le site d'embouteillage et le centre de distribution, et la masse des bouteilles.

En l'absence d'emballages de regroupement en carton qui contribuent de manière notable à l'épuisement de ressources en eau dans le scénario 1, les résultats de l'option réemployable pour cet indicateur sont ici principalement influencés par les consommations de lavage (électricité et détergent), et à un degré moindre, par la distance de distribution (via la production et la consommation de diesel associées au transport).

De par la production du PEhd qui la constitue (notamment le processus d'injection), les caractéristiques liées à la caisse de regroupement influencent les contributions de l'option réemployable à l'eutrophisation d'eaux douces. Ces caractéristiques sont notamment la masse de la caisse, et surtout son nombre d'utilisations (qui permet lorsqu'il est élevé d'amortir les impacts de sa production). Les autres paramètres influents concernent la logistique, la production (et donc l'amortissement) des camions étant des procédés contributeurs notables pour cette catégorie d'impacts. Ces différents paramètres présentent cependant une influence beaucoup plus modérée sur les contributions de l'option réemployable à l'eutrophisation d'eaux douces que la masse de l'emballage de regroupement en carton dans le scénario 1.

6.2.1.2. Comparaisons entre l'option réemployable et l'option à usage unique

6.2.1.2.1. Masse de l'emballage primaire



Figure 24 Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur de changement climatique selon la masse d'emballage primaire – graphe "range"

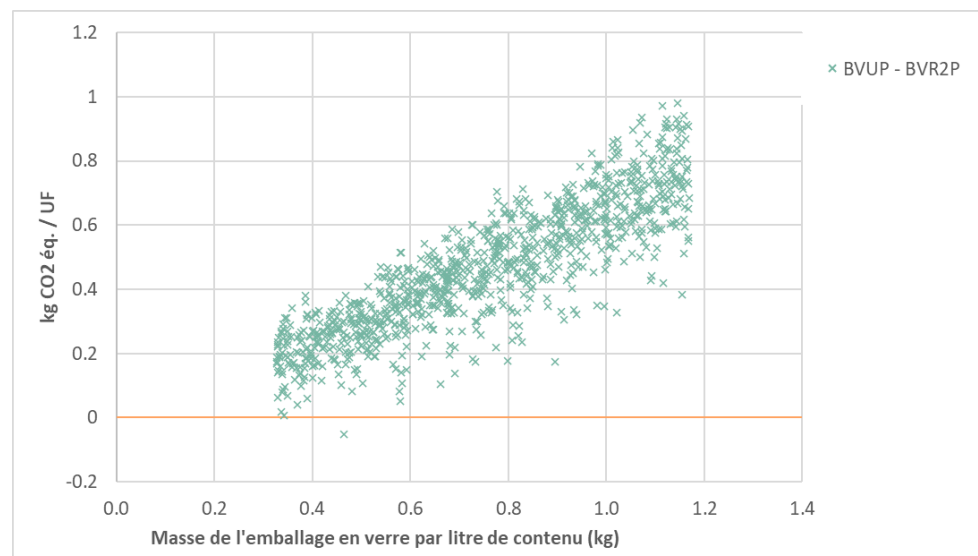


Figure 25 Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur de changement climatique selon la masse d'emballage primaire – graphe "range delta"

La Figure 24 et la Figure 25 présentent l'influence d'une variation de masse de l'emballage primaire sur ses contributions à l'indicateur de changement climatique, à travers des graphes range et range-delta (voir les sections 5 et 6.1.1.2 pour des explications sur l'interprétation de ces graphes).

Une influence notable de la masse de l'emballage sur les résultats pour cet indicateur est à noter, particulièrement pour l'option à usage unique. D'autres paramètres affectent les performances de l'option réemployable (contribuant également à la dispersion du nuage de points observés en Figure 24), notamment le nombre d'utilisations de l'emballage primaire et la distance de distribution.

La Figure 25 révèle que **l'option réemployable est plus avantageuse que l'option à usage unique pour la quasi-totalité des situations**. Une seule itération de calcul fait exception à cette observation, du fait d'une masse relativement faible (environ 0.475 kg/L) d'un nombre d'utilisations minimal (2), et d'une distance de distribution très importante (~580km entre le site de remplissage et le centre de distribution). Aucun point de changement de conclusion n'est observé par ailleurs sur base des gammes de valeurs considérées dans la modélisation, et ces observations sont donc communes à tous les paramètres influents étudiés.

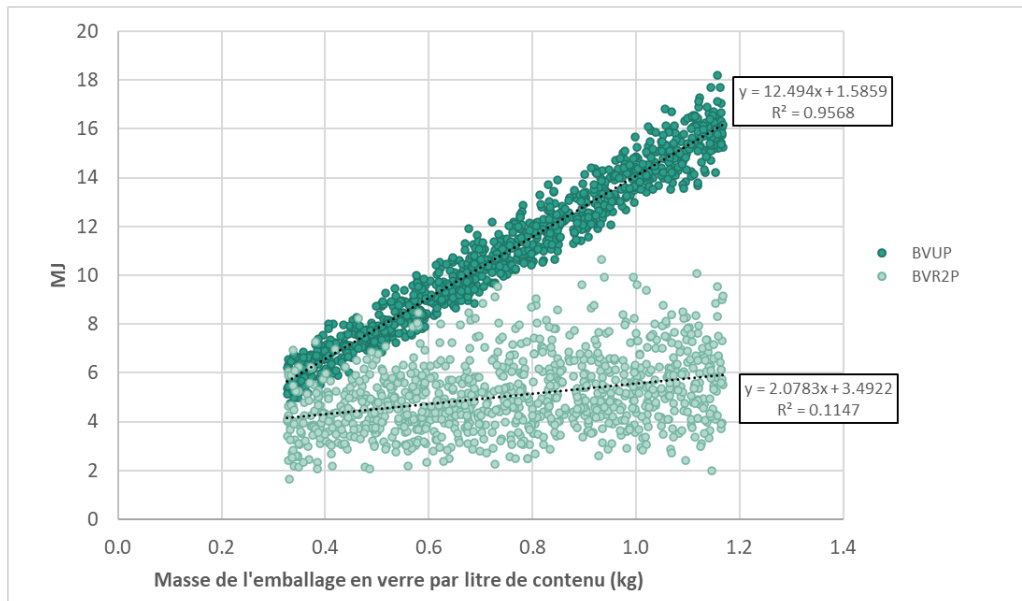


Figure 26 Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à d'épuisement des ressources fossiles selon la masse d'emballage primaire – graphe "range"

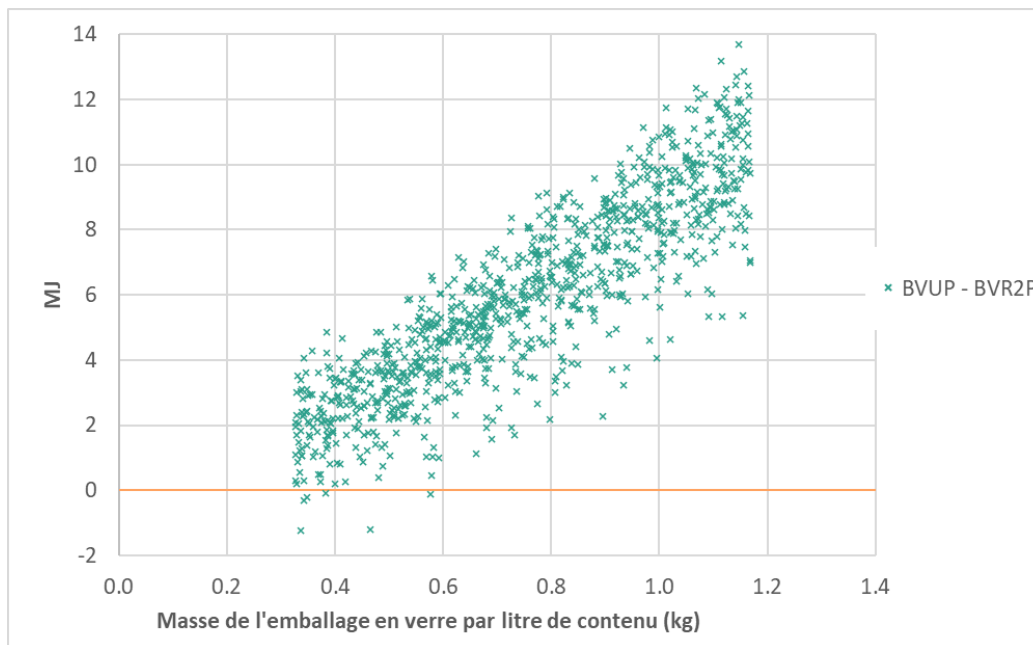


Figure 27 Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à d'épuisement des ressources fossiles selon la masse d'emballage primaire – graphe "range delta"

A l'instar des résultats concernant le changement climatique, la Figure 26 et la Figure 27 montrent un avantage de l'option réemployable par rapport à l'option à usage unique pour une grande majorité de valeurs de masse, à l'égard cette fois-ci de l'épuisement des ressources fossiles. Cet avantage est cependant moins tranché pour cette catégorie d'impacts pour des masses plus faibles, une zone de basculement pouvant être identifiée pour des valeurs inférieures à 0.4 kg/L.

Au-dessus de cette valeur seuil et excepté pour des cas de figure extrêmes (2 utilisations, distance de distribution de 600 km), l'intégralité des cas de figure sont en faveur de l'option réemployable.

6.2.1.2.2. Nombre d'utilisations de l'emballage primaire

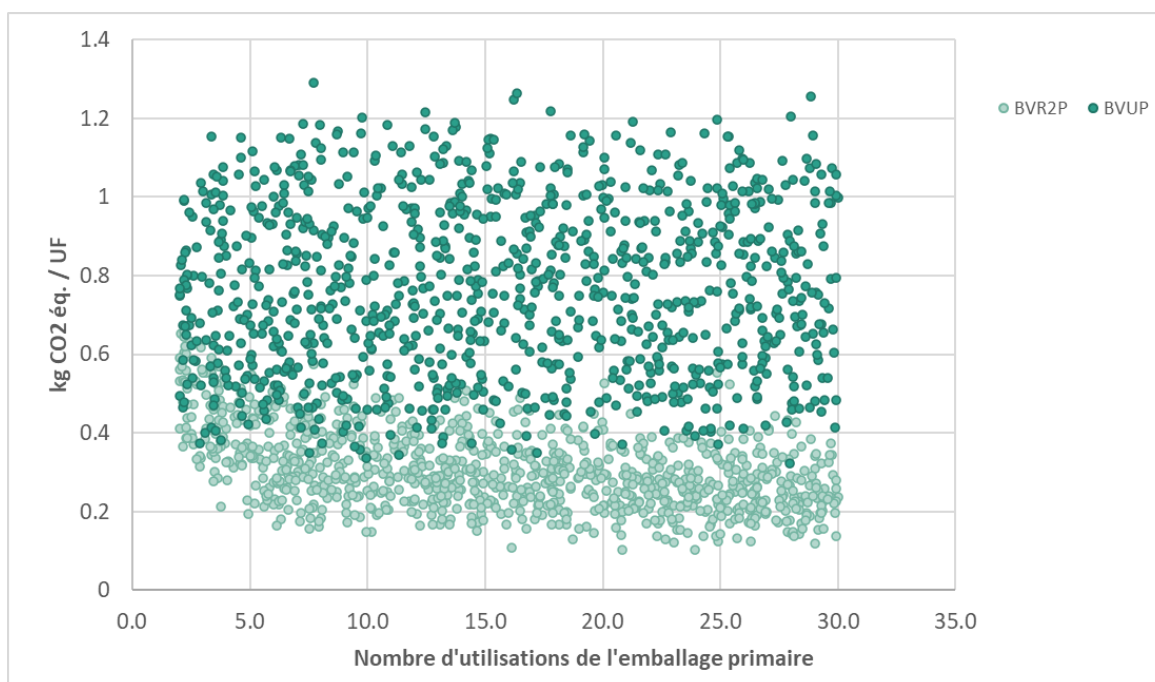


Figure 28 Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range"

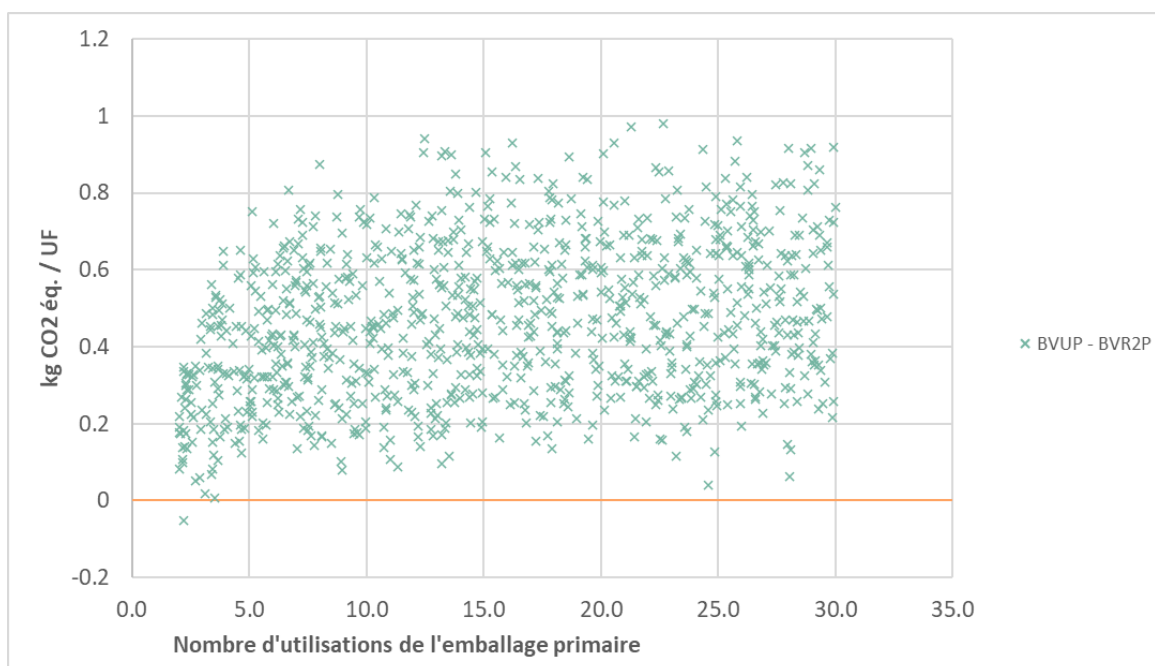


Figure 29 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range delta"

La [Figure 29](#) indique que pour des nombres d'utilisations égaux ou supérieurs à 3, l'option réemployable est systématiquement meilleure que l'option à usage unique. Cette tendance est par ailleurs commune à toutes les catégories d'impact, exceptées l'eutrophisation d'eaux douces et l'épuisement de ressources en eau.

Pour un cas de figure impliquant 2 utilisations de l'option réemployable, les performances relatives des deux options dépendent d'autres paramètres, et le paramètre de nombre d'utilisations seul ne suffit plus à départager les deux solutions d'emballage. De fait, une distance de trajet élevée entre le site de remplissage et le centre de distribution (> 580 km) associée à une masse faible d'emballage (< 0.475 g/L) peut alors mener à une meilleure performance de l'option à usage unique.

6.2.1.2.3. Consommation d'électricité liée au lavage

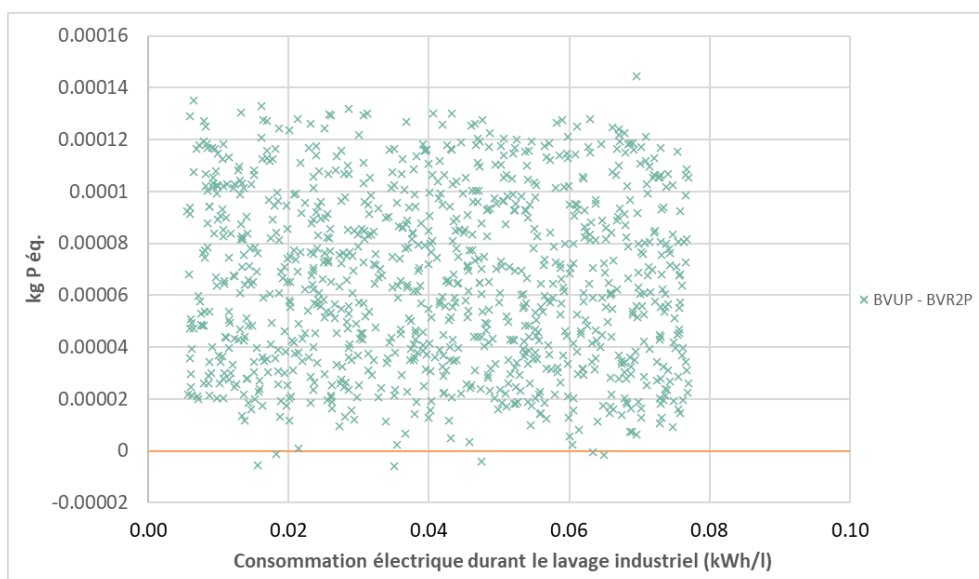


Figure 30 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la consommation électrique lors du lavage – graphe "range delta"

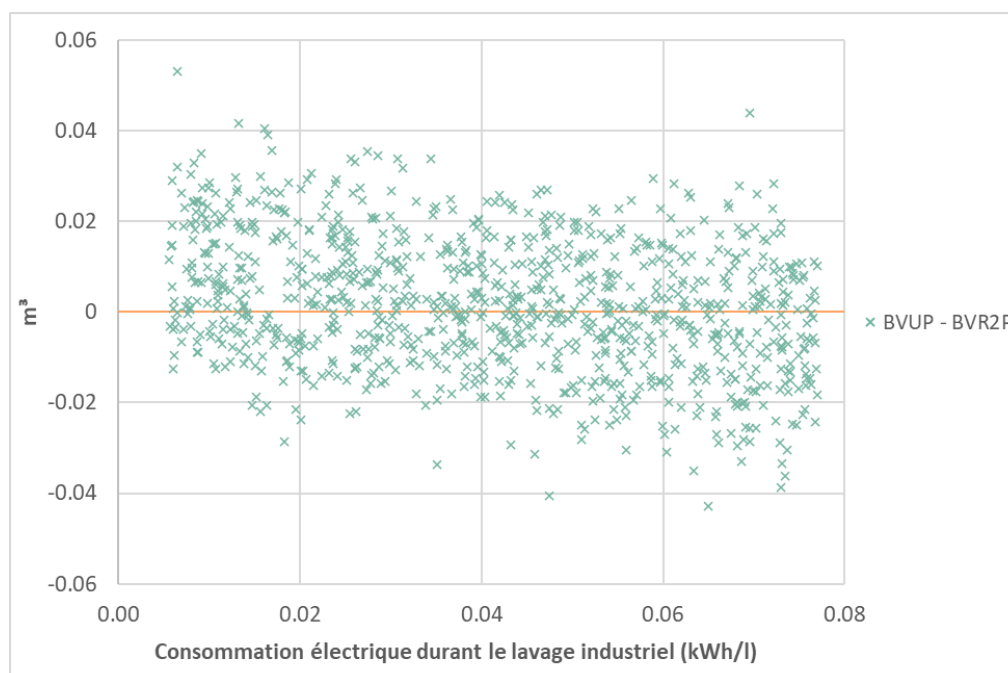


Figure 31 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la consommation électrique lors du lavage – graphe "range delta"

La [Figure 30](#) et la [Figure 31](#) représentent les graphes range delta permettant de comparer les performances relatives de l'option à usage unique et de l'option réemployable selon la consommation électrique liée au lavage de cette dernière, au regard de l'eutrophisation d'eaux douces et de l'épuisement des ressources en eau.

Bien qu'aucun point de bascule ne soit identifié en fonction de ce paramètre pour l'eutrophisation d'eaux douces, le graphe range delta permet de constater que l'option réemployable est plus avantageuse que l'option à usage unique pour une très grande majorité de cas. Dans les cas contraires, il est à noter que l'avantage de l'option à usage unique sur l'option réemployable est très faible, au regard de la contribution totale de l'unité fonctionnelle pour cette catégorie.

Les résultats quant à l'épuisement de la ressource en eau ne permettent pas d'identifier de points de bascule, ou de déterminer quelle solution d'emballage est la plus avantageuse au regard des consommations de lavage, ni même selon l'évolution d'autres paramètres influents pour cette catégorie d'impacts. La variabilité importante des résultats pour une valeur de consommation d'électricité donnée est liée à la variation d'autres paramètres influents, notamment la consommation de détergent, la masse de l'emballage primaire et la masse de l'emballage de regroupement en carton.

En étudiant l'influence d'un paramètre donné sur les résultats, il est cependant possible de sous-scénariser les 1000 itérations de calcul en les différenciant sur base de la valeur d'autres paramètres. De cette manière, la [Figure 32](#) représente l'influence de la consommation électrique lors du lavage sur les performances relatives de l'option réemployable pour deux cas de figure: une masse d'emballage de regroupement en carton de l'option à usage unique supérieure ou inférieure à 0.025 kg/L.

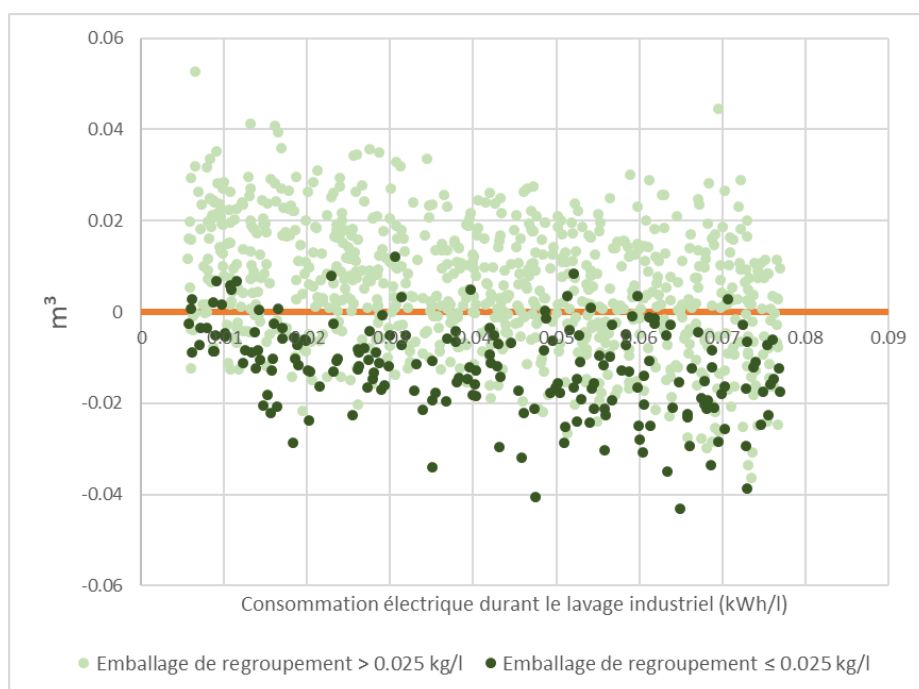


Figure 32 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la consommation électrique lors du lavage, et selon la masse d'emballage de regroupement – graphe "range delta"

Bien qu'il ne soit toujours pas possible de conclure quant à la meilleure solution d'emballages lorsque l'emballage de regroupement en carton excède 25g/L, l'analyse des résultats sous-scénarisés indique que l'option à usage unique est plus avantageuse que l'option réemployable pour une majorité de cas de figure (valeurs négatives) lorsque cet emballage de regroupement pèse 25g/L ou moins (valeurs de masse typiquement associées à des collerettes en carton, ou à des cartons de regroupement légers pour petits formats de bouteilles), notamment pour des consommations d'électricité élevées.

Cette observation n'est cependant pas systématique, et les résultats relatifs dépendent de la combinaison des valeurs de plusieurs paramètres influents sur cette catégorie d'impact (notamment les consommations de lavage, mais aussi la masse considérée pour l'emballage primaire à usage unique, ou les distances de distribution).

6.2.1.2.5. Consommation de carburant

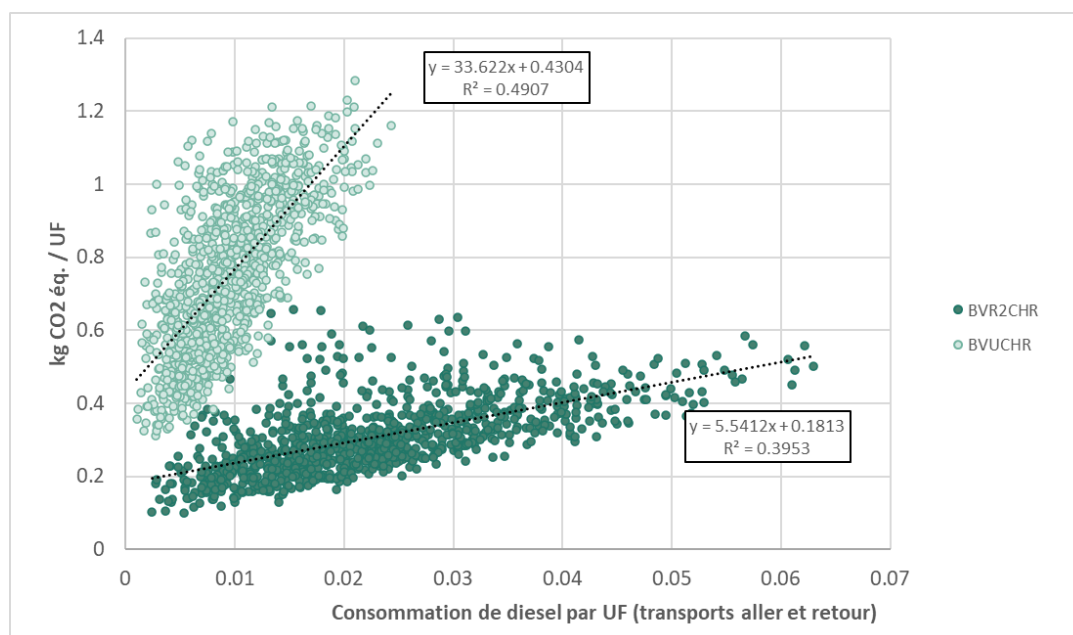


Figure 33 : Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur de changement climatique selon la consommation de diesel liée à l'option réemployable

La Figure 33 compare les contributions des deux alternatives en verre aux indicateurs de changement climatique (représentatives de toutes les autres catégories d'impact à l'exception de l'épuisement des ressources en eau et de l'épuisement des ressources minérales et métalliques) selon la quantité de diesel consommé. La variabilité des impacts observée pour l'option réemployable est principalement liée au nombre d'utilisations, à la masse de l'emballage primaire et de la caisse en PEHD. Celle de l'option à usage unique est principalement liée à la masse de l'emballage primaire.

Une explication plus fine et détaillée de l'interprétation pouvant être faite de ce type de graphes est reprise au point 6.1.1.2.4.

Le [Tableau 101](#) reprend des valeurs de références de consommation de diesel pour des typologies logistiques définies, permettant l'extrapolation de ces valeurs à des distances de transport ou des masses de contenant.

6.2.1.3. Bilan des zones de basculement pour les paramètres et catégories d'impact étudiés

Paramètre étudié	Valeurs modélisées	Changement climatique	Emission de particules	Formation d'ozone photochimique	Acidification	Epuisement des ressources fossiles		Epuisement des ressources en eau	Eutrophisation d'eaux douces	
						< 0.575	≥ 0.575		< 0.6	≥ 0.6
Masse de l'emballage primaire par litre transporté (kg)	0.326 – 1.17									
Nombre d'utilisations de l'emballage primaire	2 - 30									
Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution (km)	25 – 600									
Taux d'incorporation de matière recyclée (%)	20 - 90									
Masse de l'emballage de regroupement en carton par litre transporté (g)	8.7 - 100									
Consommation d'électricité pendant le lavage (kWh/l)	0.0056 – 0.077									
Consommation de détergent pendant le lavage (kg/l)	0.0007 - 0.0034									
Masse de la caisse en PEhd (kg/l)	0.111 – 0.3125									
Distance d'approvisionnement de la caisse en PEhd (km)	100 - 1500									
Ratio volumique de la caisse en PEhd (l/l)	1.9 - 5									
Valeurs et situations pour lesquelles l'option réemployable est systématiquement plus performante que l'option à usage unique. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.			Valeurs et situations pour lesquelles l'étude ne permet pas de conclure systématiquement sur l'avantage relatif de l'une ou l'autre option. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.			Valeurs et situations pour lesquelles l'option à usage unique est systématiquement plus performante que l'option réemployable. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.				

Tableau 52 : Zones et points de changement de conclusion liés aux différents paramètres et catégories d'impacts étudiés – Scénario 2

Le Tableau 52 reprend les valeurs seuil au-dessus et en-dessous desquelles un avantage systématique pour une solution d'emballage est observé. Les résultats (explicités en partie par les figures présentées dans la section 0) **indiquent que l'option réemployable est systématiquement plus avantageuse que l'option à usage unique pour 4 des catégories d'impact étudiées** (incluant le changement climatique) et dans une grande majorité de situations pour les indicateurs d'épuisement de ressources fossiles et d'eutrophisation d'eaux douces.

Pour rappel, sur base de la modélisation de cette étude et pour une catégorie d'impact donnée, il suffit qu'une des valeurs seuil présentées dans le Tableau 52 soit dépassée pour un paramètre pour que l'option réemployable soit plus avantageuse que l'option à usage unique, indépendamment des valeurs associées aux autres paramètres. A titre d'exemple, pour autant que l'emballage primaire réemployable soit utilisé au moins 4 fois, ses performances seront systématiquement meilleures que celles de l'option à usage unique vis-à-vis de l'indicateur d'épuisement des ressources fossiles.

Sur base d'observations liées à des systèmes impliquant un réemploi de caisses de regroupement consignées, il est par ailleurs à noter que de tels systèmes favorisent le réemploi des emballages primaires, de par l'incitation d'une déconsignation jumelée des bouteilles et de l'emballage de regroupement³⁹. Un nombre d'utilisations inférieur à 4 pour des bouteilles distribuées avec des caisses en PEhd consignées réemployables est à ce titre très peu commun en situations réelles.

La Figure 24 et la Figure 25 indiquent qu'une itération de calcul a abouti à un résultat favorable à l'option à usage unique. Après analyse des données de modélisation aléatoirement générées pour cette itération de calculs, il a été déterminé qu'elle correspond à une combinaison de valeurs extrêmes jouant en faveur de l'usage unique, à savoir :

- Un nombre d'utilisations minimal pour l'option réemployable (2 utilisations)
- Une distance de transport amont élevée (580 km)
- Une étape en centre de lavage dédié lors du transport retour amont, avec un détour maximal effectué lors du trajet (125% de la distance), supposant une distance totale entre le centre de distribution et le site de remplissage de 725 km.
- Une masse d'emballage primaire relativement faible (0.475 kg/L)
- Une distance d'approvisionnement élevée (905 km) de la caisse en PEhd utilisée pour le regroupement des emballages primaires réemployables, vers le site de conditionnement.

La réunion de ces différents cas de figure étant jugée peu réaliste (y compris d'un point de vue économique) ou représentative d'un système de réemploi tel qu'étudié dans le cadre de cette étude, il a été décidé de ne pas tenir compte de cette seule itération pour identifier des points de bascule. Il est par ailleurs à noter qu'une troisième utilisation de l'option réemployable suffirait à la rendre plus avantageuse que l'option à usage unique, et ce en appliquant les mêmes valeurs aux autres paramètres précités.

Aucun point de bascule spécifique à un paramètre seul n'a pu être identifié au regard de l'épuisement des ressources en eau. Il a cependant été exprimé qu'une combinaison entre les situations suivantes joue en faveur de l'option à usage unique par rapport à l'option réemployable pour cette catégorie d'impacts :

- Une masse d'emballage de regroupement faible pour l'option à usage unique (typiquement associée à l'utilisation de collerettes en carton ou de petits cartons de regroupement, plutôt qu'à des caisses en carton)
- Une consommation élevée d'électricité ET de détergent lors de l'étape de lavage des solutions réemployables

6.2.2. Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

Catégorie d'impact	Unité	Option à usage unique	Option réemployable (5 utilisations)	Option réemployable (20 utilisations)
Changement climatique	kg CO2-eq.	6.10E-01	2.75E-01	1.78E-01
Épuisement de la couche d'ozone	kg CFC11-eq.	4.51E-09	3.77E-09	3.36E-09
Toxicité cancérigène	Comparative Toxic Unit for human (CTUh)	1.90E-10	1.34E-10	1.13E-10
Toxicité non cancérigène	Comparative Toxic Unit for human (CTUh)	5.51E-09	2.56E-09	1.72E-09
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	3.04E-08	1.02E-08	5.99E-09
Radiations ionisantes	kBq Uranium-235-eq.	5.39E-02	5.38E-02	4.46E-02
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	2.52E-03	9.68E-04	6.17E-04
Acidification	Moles H+ -eq.	3.55E-03	1.17E-03	6.15E-04
Eutrophisation terrestre	Moles N-eq.	9.22E-03	2.91E-03	1.54E-03
Eutrophisation des eaux douces	kg P-eq.	8.95E-05	2.90E-05	2.49E-05
Eutrophisation marine	kg N-eq.	8.69E-04	2.94E-04	1.71E-04
Ecotoxicité	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)	3.98E+00	2.25E+00	1.42E+00
Utilisation des terres	Sans dimension	1.46E+01	2.61E+00	2.07E+00
Épuisement de la ressource en eau	Volume m3-world eq.	3.98E-02	3.95E-02	3.71E-02
Épuisement des ressources minérales	kg Sb-eq	9.41E-07	1.10E-06	9.80E-07
Utilisation des ressources fossiles	MJ	9.14E+00	4.75E+00	3.27E+00

Tableau 53 : Contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 ou 20 utilisations) du scénario 2 aux différentes catégories d'impact, cas illustratif

Le [Tableau 53](#) montre les contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 et 20 utilisations) du scénario 2 aux différentes catégories d'impact étudiées. Pour rappel, ces résultats ont été calculés à partir des valeurs dites "de cas illustratif" pour l'option à usage unique et pour l'option réemployable, et non à partir des gammes de valeurs utilisées pour aboutir aux résultats présentés dans la section 6.2.1.

6.2.4. Résultats par étapes de cycle de vie

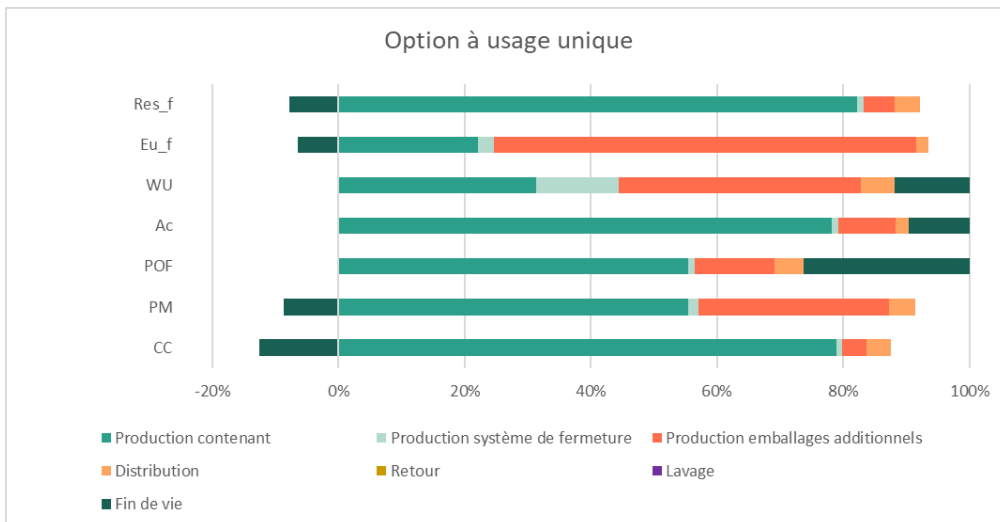


Figure 34 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option à usage unique, cas illustratif)

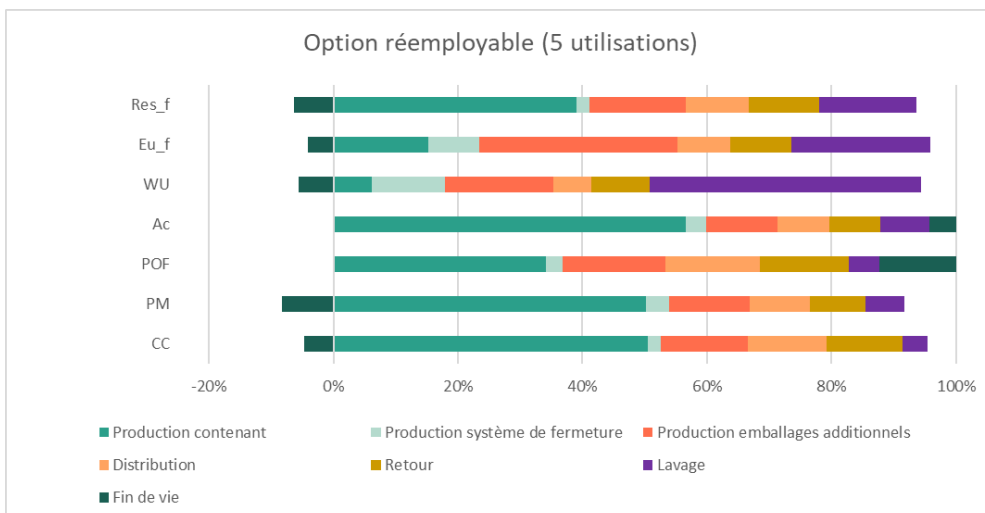


Figure 35 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 5 utilisations, cas illustratif)

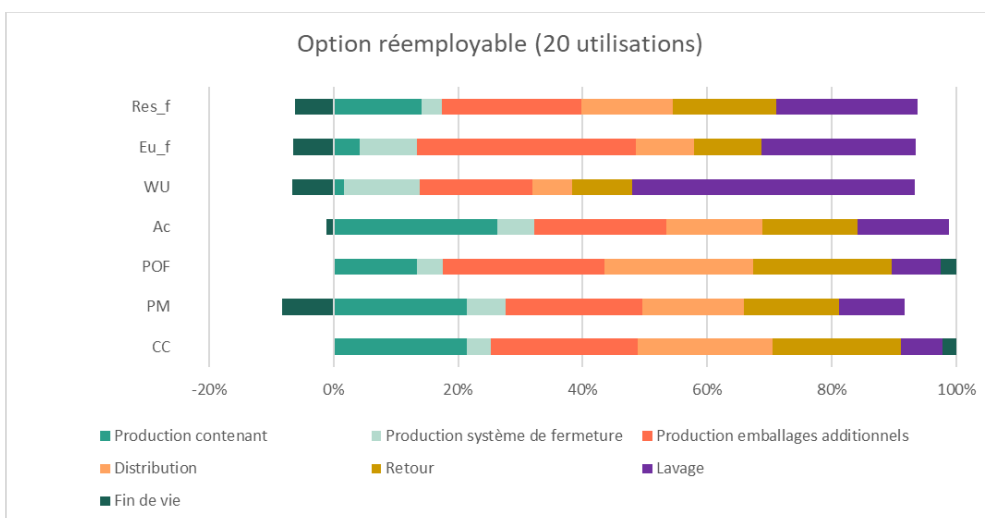


Figure 36 Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 20 utilisations, cas illustratif)

La Figure 34, la Figure 35 et la Figure 36 représentent les contributions relatives des différentes étapes de cycle de vie aux principales catégories d'impact étudiées, pour l'option à usage unique et pour l'option réemployable (pour 5 et 20 utilisations). Il est ainsi possible d'identifier quelles étapes de cycle de vie constitueraient les principaux leviers d'écoconception pour différents emballages, selon le nombre d'utilisations associé à leur cycle de vie.

Les contributions relatives à l'option à usage unique sont identiques à celles associées à l'option à usage unique du scénario 1, puisque leur caractérisation et leur modélisation sont identiques. Pour l'option réemployable cependant, du fait de la considération d'un emballage de regroupement réemployable (et d'une production moindre de carton), la contribution relative de la production d'emballages additionnels est sensiblement moins importante pour plusieurs catégories d'impacts, notamment l'eutrophisation d'eaux douces et l'émission de particules.

Les valeurs absolues des contributions des étapes de cycles de vie aux différentes catégories d'impact pour le scénario 2 sont présentées dans l'Annexe 5.

6.3. Scénario 3

Le scénario 3 consiste en une comparaison entre une bouteille en verre réemployable vendue avec un emballage de regroupement consigné et réemployable (une caisse en PEhd), et une bouteille en verre à usage unique vendue avec un emballage de regroupement à usage unique (voir Chapitre 3.1.3), toutes deux distribuées aux établissements CHR.

6.3.1. Résultats selon les fourchettes de valeur établies

6.3.1.1. Paramètres influents

Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces) – Scénario 3		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage primaire	+++	Nombre d'utilisations de l'emballage primaire
Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution	++	Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution
Taux d'incorporation de matière recyclée	+	Masse de l'emballage primaire
		Distance d'approvisionnement de la caisse en PEhd vers le site de remplissage
		Ratio volumique de la caisse en PEhd
	↑ Degré d'influence	

Tableau 54 : Paramètres influents du scénario 3 (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces)

Paramètres influents (Epuisement des ressources en eau) – Scénario 3		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage de regroupement en carton	+++	Consommation de détergent liée au lavage
Masse de l'emballage primaire	++	Consommation d'électricité liée au lavage
	+	Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution
	↑ Degré d'influence	

Tableau 55 : Paramètres influents du scénario 3 (Epuisement des ressources en eau)

Paramètres influents (Eutrophisation d'eaux douces) – Scénario 3		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage de regroupement en carton	+++	Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution
Masse de l'emballage primaire	++	Nombre d'utilisations de la caisse en PEHD
	+	Masse de la caisse en PEhd
		Distance d'approvisionnement de la caisse en PEhd vers le site de remplissage
		Masse de l'emballage primaire
	↑ Degré d'influence	Nombre d'utilisations de l'emballage primaire

Tableau 56 : Paramètres influents du scénario 3 (Eutrophisation d'eaux douces)

Les observations quant aux paramètres influents du scénario 3, reprises dans le Tableau 54, le Tableau 55 et le Tableau 56, sont similaires à celles reprises pour le scénario 2. Deux différences sont à noter, dans la hiérarchisation des paramètres sur base de leur influence:

- Le ratio volumique de la caisse en PEhd présente une influence plus marquée que la distance d'approvisionnement de cette même caisse en PEhd au regard du changement climatique et des catégories d'impact analogues, dans le scénario 3.
- La masse de la caisse en PEhd présente une influence plus marquée que la distance d'approvisionnement de cette même caisse en PEhd au regard de l'eutrophisation d'eaux douces, dans le scénario 3.

Ces deux changements traduisent d'une influence légèrement plus marquée des paramètres influençant les impacts des étapes de distribution et de transport retour dans le cadre d'une distribution aux établissements CHR. L'une des causes notables de cet effet est la proportion plus importante de camions de charge utile moindre (7.5 t) pour cette typologie logistique (voir section 4.4.2).

6.3.1.2. Comparaisons entre l'option réemployable et l'option à usage unique

6.3.1.2.1. Masse de l'emballage primaire

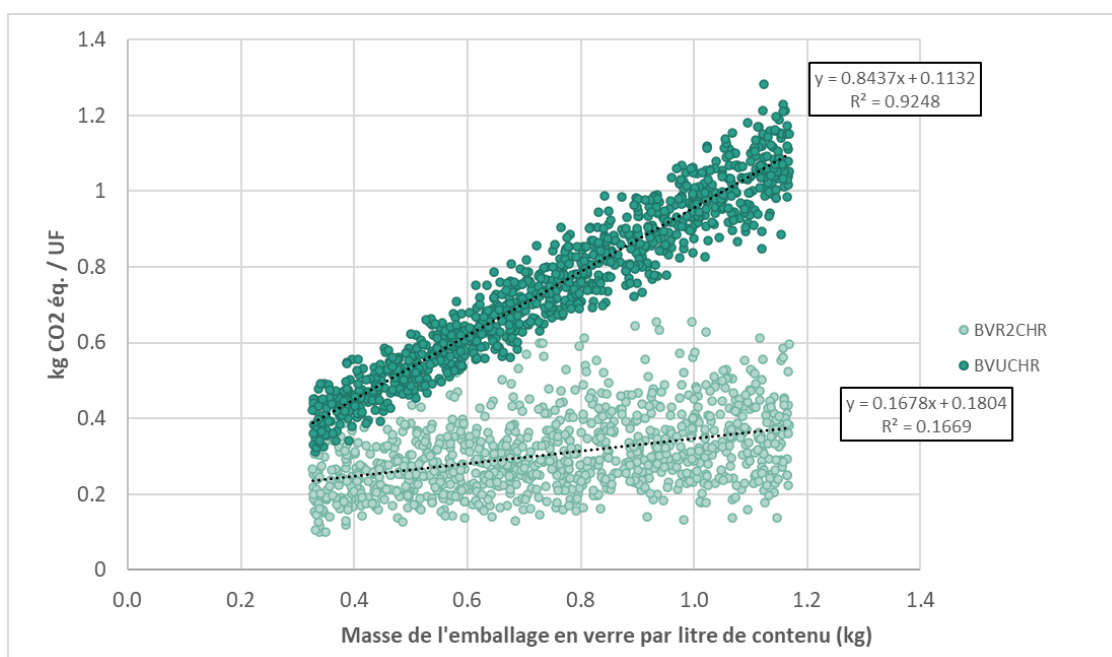


Figure 37 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUCHR) et réemployable (BVR2CHR) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range"

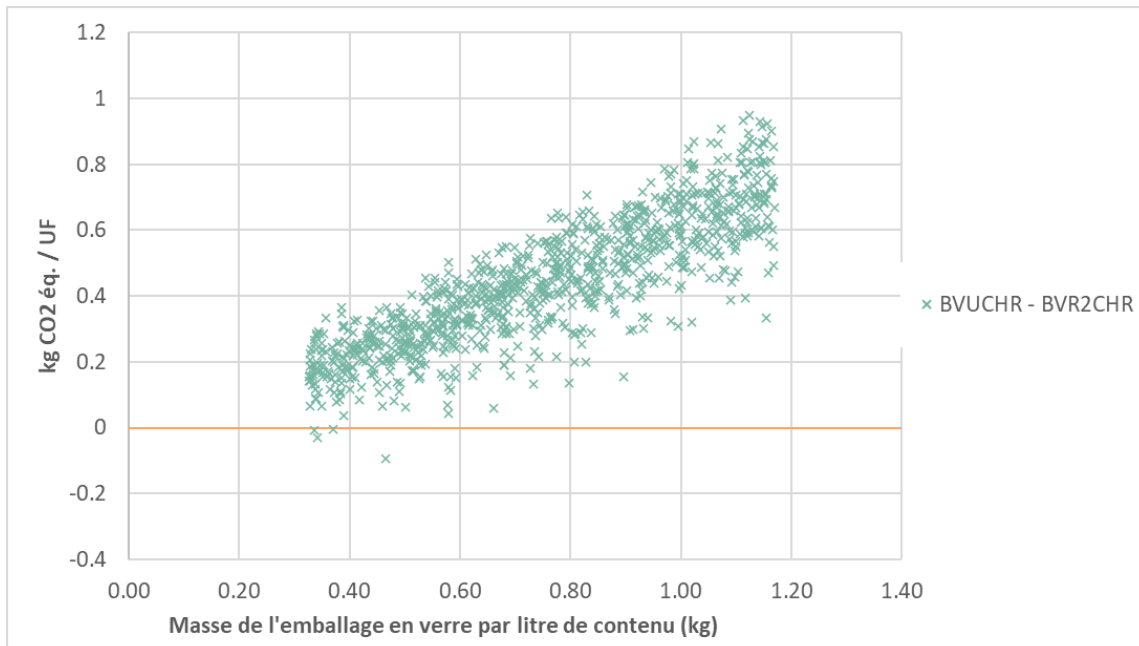


Figure 38 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUCHR) et réemployable (BVR2CHR) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range delta"

La [Figure 37](#) et la [Figure 38](#) reprennent l'influence de la masse d'emballage primaire sur les performances relatives de l'option réemployable et de l'option à usage unique, au regard du changement climatique. A l'image des scénarios 1 et 2, l'avantage de l'option réemployable est progressivement plus marquée lorsque la masse d'emballage primaire augmente (affectant positivement les impacts de la phase de production, dont la contribution relative est plus marquée pour l'option à usage unique).

Pour le scénario 3 cependant, et tel qu'apparent dans la [Figure 51](#), la borne d'une zone de basculement peut être identifiée pour des masses d'emballages primaires faibles (environ 0.37 kg/l). A l'instar du scénario 2, une itération favorable à l'option à usage unique peut par ailleurs être observée pour une masse d'environ 0.475 kg/l, couplée à une distance de distribution élevée et à un nombre d'utilisations de 2.

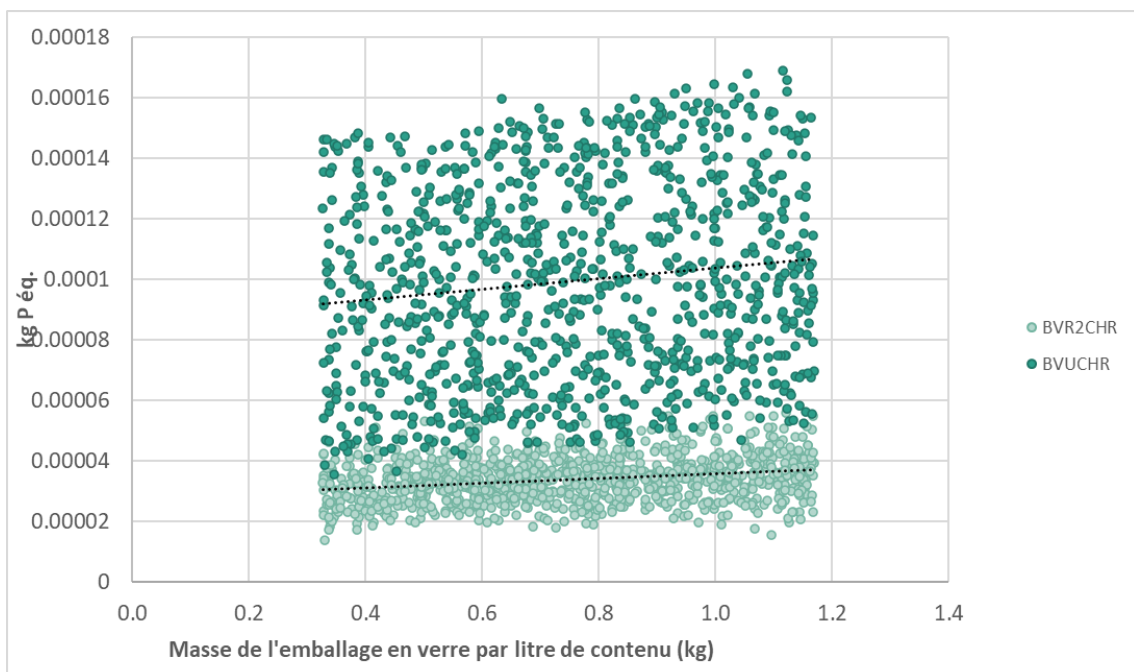


Figure 39 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUCHR) et réemployable (BVR2CHR) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range"

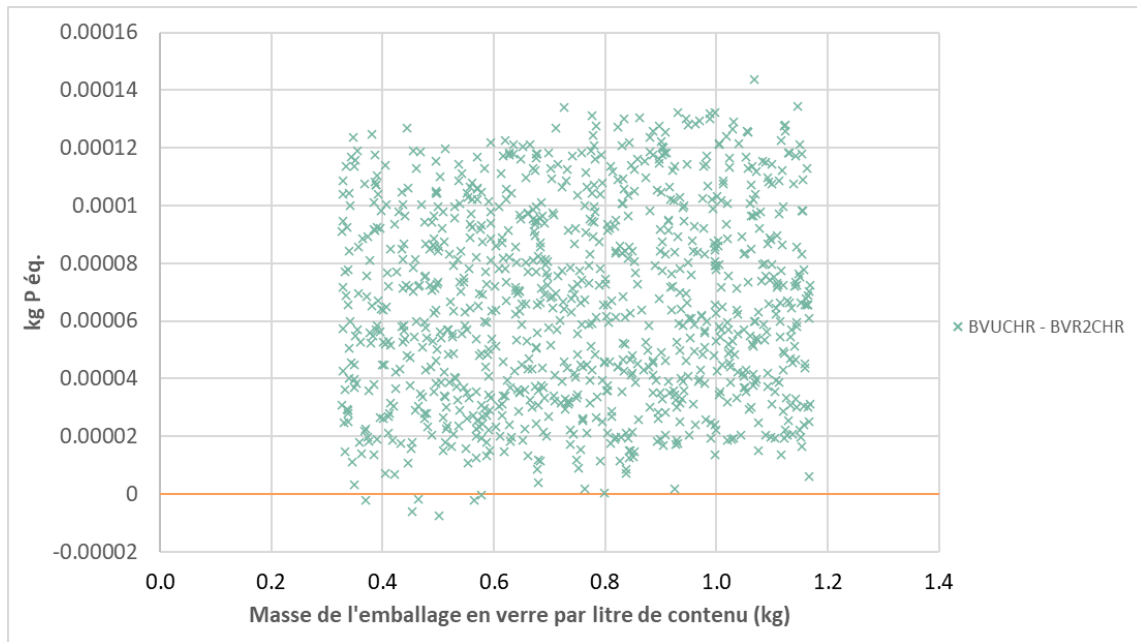


Figure 40 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUCHR) et réemployable (BVR2CHR) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range delta"

La Figure 39 et la Figure 40 présentent l'influence de la variation de masse d'emballage primaire sur les performances relatives de l'option réemployable et de l'option à usage unique, pour l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces. La variabilité importante des résultats pour l'option à usage unique (traduite par un étalement marqué du nuage de points dans le graphe range) est liée à la variation de masse de l'emballage de regroupement en carton, à laquelle l'option réemployable n'est pas soumise puisqu'elle considère un emballage de regroupement réemployable en PEhd.

Le graphe range delta produit à partir des résultats des 1000 itérations indique que l'option réemployable est systématiquement plus avantageuse que la solution à usage unique pour des masses d'emballage primaire supérieures à 0.58 kg/L.

6.3.1.2.2. Consommation d'électricité liée au lavage

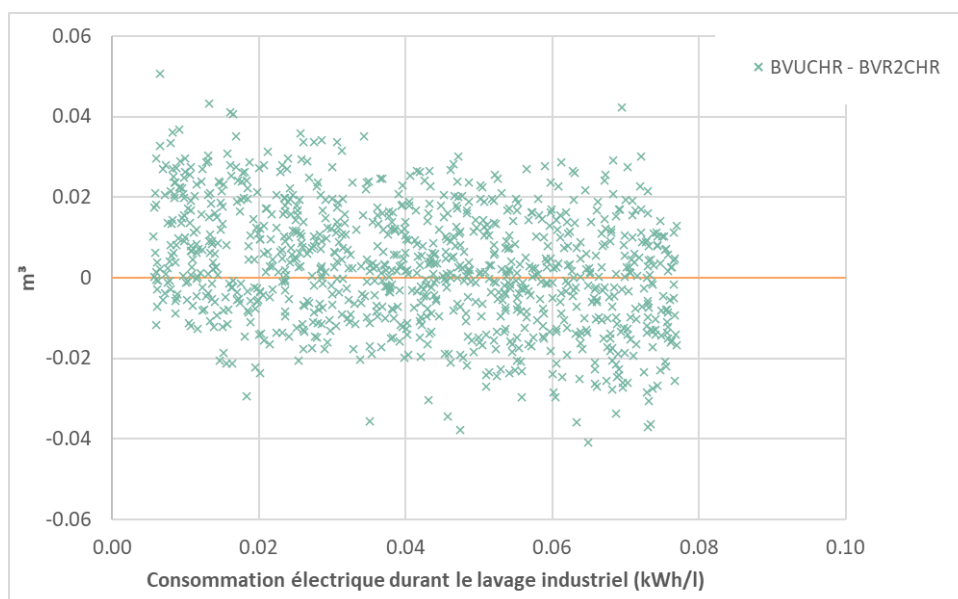


Figure 41 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUCHR) et réemployable (BVR2CHR) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la consommation d'électricité durant le lavage – graphe "range delta"

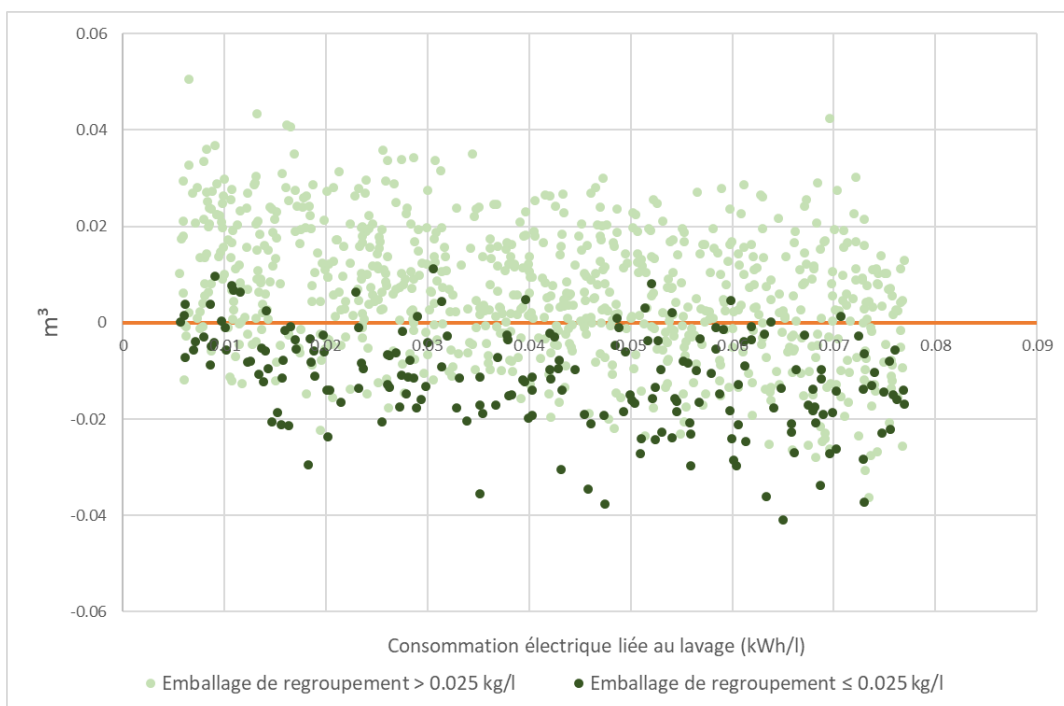


Figure 42 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la consommation électrique lors du lavage, et selon la masse d'emballage de regroupement – graphe "range delta"

La Figure 41 représente les performances relatives des options à usage unique et réemployable selon la consommation électrique lors de l'étape de lavage de cette dernière, quant à l'épuisement des ressources en eau. Comme pour le scénario 2 (voir section 6.2.1.2.3), il est impossible de départager les deux solutions d'emballage sur base seule de l'évolution de ce paramètre, pour cette catégorie d'impacts. La variabilité importante des résultats pour une valeur de consommation d'électricité donnée est liée à la variation d'autres paramètres influents, notamment la consommation de détergent, la masse de l'emballage primaire et la masse de l'emballage de regroupement en carton.

La Figure 42 différencie les résultats obtenus sur base de la masse de l'emballage de regroupement en carton de l'option à usage unique (inférieure ou supérieure à 0.025 kg par litre de produit transporté). A l'instar du scénario 2, bien qu'il soit impossible d'identifier des points de bascule de conclusion dans le cadre de la comparaison des deux solutions d'emballage, un avantage pour l'option à usage unique est à noter pour une grande majorité d'itérations lorsque des emballages de regroupement en carton légers (collerettes, cartons de regroupement pour petits formats) sont considérés.

6.3.1.2.4. Nombre d'utilisations de l'emballage primaire

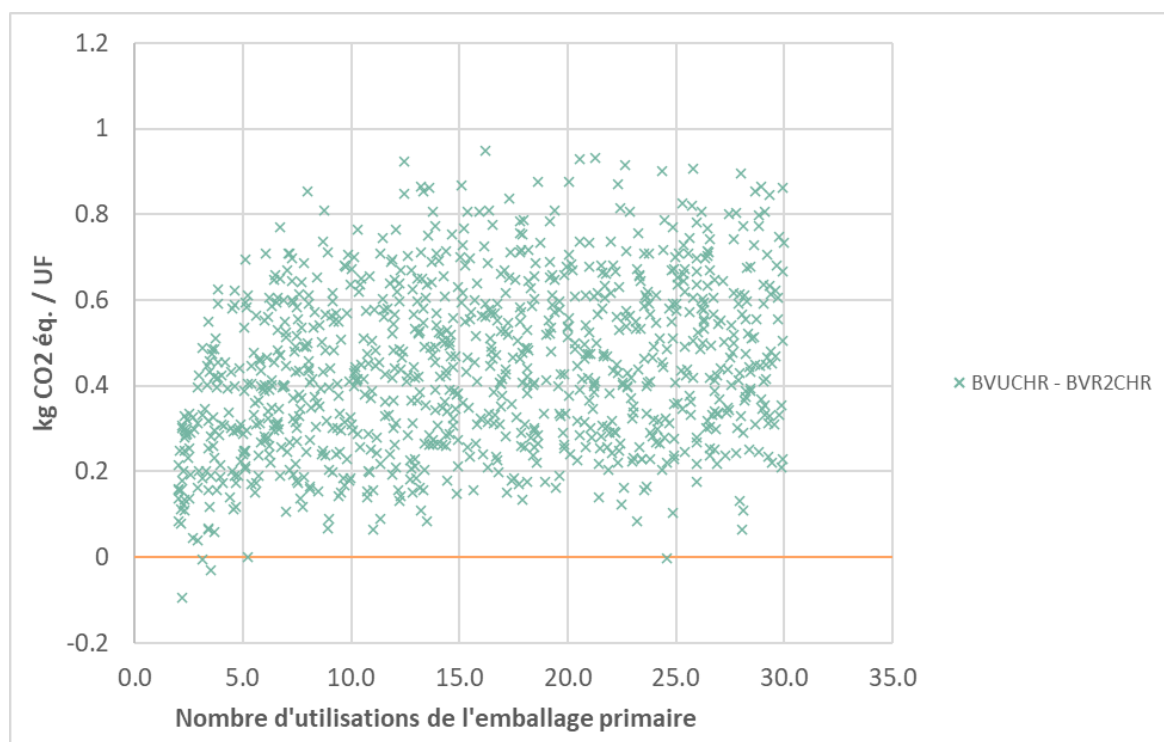


Figure 43 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUCHR) et réemployable (BVR2CHR) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range"

La Figure 43 présente l'évolution des performances relatives de l'option réemployable et de l'option à usage unique selon le nombre d'utilisations considéré pour l'emballage primaire réemployable. Elle indique qu'il n'est pas possible de déterminer quelle solution est la plus avantageuse pour des nombres d'utilisations très faibles (2 ou 3). Pour des valeurs égales ou supérieures à 4, l'option réemployable est systématiquement meilleure que l'option à usage unique.

Ce point de bascule est supérieur à celui observé pour le scénario 2 (3 utilisations), qui considérait une distribution aux particuliers et non aux établissements CHR. Cette différence pourrait être liée aux spécificités de la logistique de distribution vers les CHR, notamment:

- Un recours exclusif à des camions 7.5 t pour le trajet entre le centre de distribution et le point de vente
- Une part de transport urbain plus importante pour le trajet entre le centre de distribution et le point de vente (70%)

6.3.1.2.6. Consommation de carburant

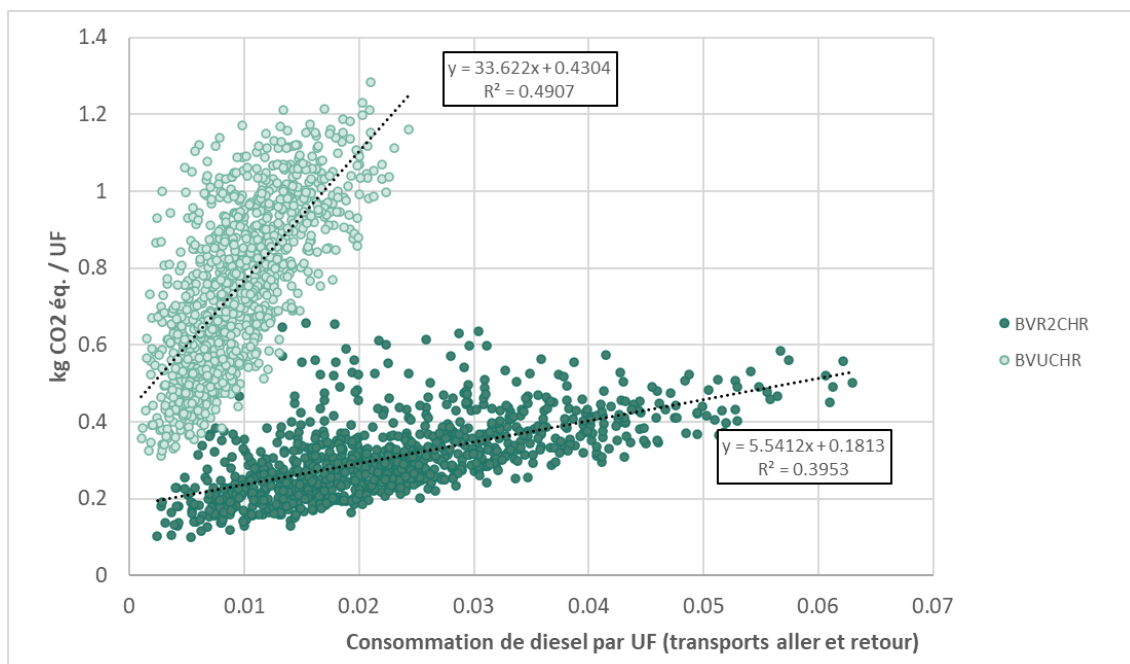


Figure 44 : Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVUCHR) et réemployable (BVR2CHR) à l'indicateur de changement climatique selon la consommation de diesel liée à l'option réemployable

La [Figure 44](#) compare les contributions des deux alternatives en verre aux indicateurs de changement climatique (représentatives de toutes les autres catégories d'impact à l'exception de l'épuisement des ressources en eau et de l'épuisement des ressources minérales et métalliques, selon la quantité de diesel consommé). La variabilité des impacts observée pour l'option réemployable est principalement liée au nombre d'utilisations et à la masse de l'emballage primaire et de la caisse en PEHD, celle de l'option à usage unique à la masse de l'emballage primaire.

Les observations liées à ce paramètre suivent des tendances et valeurs similaires à celles liées au scénario 2 (voir 0). Une explication plus fine et détaillée de l'interprétation pouvant être faite de ce type de graphes est par ailleurs reprise au point 6.1.1.2.4.

Le [Tableau 102](#) reprend des valeurs de références de consommation de diesel pour des typologies logistiques définies, permettant l'extrapolation de ces valeurs à des distances de transport ou des masses de contenant.

6.3.1.3. Bilan des zones de basculement pour les paramètres et catégories d'impact étudiés

Paramètre étudié	Valeurs modélisées	Changement climatique	Emission de particules	Formation d'ozone photochimique	Acidification	Epuisement des ressources fossiles		Epuisement des ressources en eau	Eutrophisation d'eaux douces	
Masse de l'emballage primaire par litre transporté (kg)	0.326 – 1.17	< 0.475							< 0.58	≥ 0.58
		≥ 0.475								
Nombre d'utilisations de l'emballage primaire	2 - 30	< 4								
		≥ 4								
Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution (km)	25 – 600	≤ 580				≤ 510	> 510			
		> 580								
Taux d'incorporation de matière recyclée (%)	20 - 90	≤ 75				≤ 60	> 60			
		> 75								
Masse de l'emballage de regroupement en carton par litre transporté (g)	8.7 - 100									
Consommation d'électricité pendant le lavage (kWh/l)	0.0056 – 0.077									
Consommation de détergent pendant le lavage (kg/l)	0.0007 - 0.0034								≤ 0.008	> 0.008
Masse de la caisse en PEhd (kg/l)	0.111 – 0.3125					≤ 0.24	> 0.24			
Distance d'approvisionnement de la caisse en PEhd (km)	100 - 1500									
Ratio volumique de la caisse en PEhd (l/l)	1.9 - 5									
Valeurs et situations pour lesquelles l'option réemployable est systématiquement plus performante que l'option à usage unique. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.			Valeurs et situations pour lesquelles l'étude ne permet pas de conclure systématiquement sur l'avantage relatif de l'une ou l'autre option. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.			Valeurs et situations pour lesquelles l'option à usage unique est systématiquement plus performante que l'option réemployable. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.				

Tableau 57 : Zones et points de changement de conclusion liés aux différents paramètres et catégories d'impacts étudiés – Scénario 3

Le Tableau 57 exprime les valeurs-seuil au-dessus ou en-dessous desquelles une option d'emballage est systématiquement plus avantageuse que l'autre.

Similairement au scénario 2, les résultats liés aux 1000 itérations de calcul montrent que **l'option réemployable est plus avantageuse que l'option à usage unique pour une grande majorité de situations, et ce pour 6 des 7 catégories d'impact** (la seule présentant des résultats différents étant l'épuisement des ressources en eau).

Il a cependant été identifié que pour des combinaisons de valeurs extrêmes défavorables à l'option réemployable (masses faibles d'emballage primaire, nombres très faibles d'utilisations, distances de distribution élevées), l'option à usage unique pouvait présenter de meilleurs résultats. Néanmoins, une situation répondant à une seule des conditions seuil exposées dans le Tableau 57 permettent d'obtenir des résultats systématiquement meilleurs pour l'option réemployable, sur base de la modélisation effectuée pour cette étude.

Notamment, **à partir de la 4ème utilisation**, l'option réemployable est systématiquement meilleure que l'option à usage unique, au regard de 5 des 7 catégories d'impacts. Par ailleurs les performances de la solution réemployable sont meilleures au regard de l'eutrophisation d'eaux douces pour des masses d'emballage à usage uniques supérieures ou égales à 580 g/L (soit la totalité des bouteilles de bières et sodas rencontrées lors de la collecte, voir Figure 114), ou pour des consommations de détergent faibles (inférieures ou égales à 8 g/L).

Aucun point de bascule spécifique à un paramètre seul n'a pu être identifié au regard de l'épuisement des ressources en eau. Il a cependant été exprimé qu'une combinaison entre les situations suivantes joue en faveur de l'option à usage unique par rapport à l'option réemployable pour cette catégorie d'impacts :

- Une masse d'emballage de regroupement faible pour l'option à usage unique (typiquement associée à l'utilisation de collerettes en carton ou de petits cartons de regroupement, plutôt qu'à des caisses en carton)
- Une consommation élevée d'électricité ET de détergent lors de l'étape de lavage des solutions réemployables

6.3.2. Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

Catégorie d'impact	Unité	Option à usage unique	Option réemployable (5 utilisations)	Option réemployable (20 utilisations)
Changement climatique	kg CO2-eq.	6.10E-01	2.76E-01	1.79E-01
Épuisement de la couche d'ozone	kg CFC11-eq.	4.50E-09	3.78E-09	3.37E-09
Toxicité cancérogène	Comparative Toxic Unit for human (CTUh)	1.94E-10	1.28E-10	1.07E-10
Toxicité non cancérogène	Comparative Toxic Unit for human (CTUh)	5.57E-09	2.53E-09	1.70E-09
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	3.07E-08	1.03E-08	6.15E-09
Radiations ionisantes	kBq Uranium-235-eq.	5.41E-02	4.91E-02	3.99E-02
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	2.54E-03	9.82E-04	6.31E-04
Acidification	Moles H+ -eq.	3.57E-03	1.17E-03	6.20E-04
Eutrophisation terrestre	Moles N-eq.	9.28E-03	2.95E-03	1.58E-03
Eutrophisation des eaux douces	kg P-eq.	9.04E-05	2.87E-05	2.45E-05
Eutrophisation marine	kg N-eq.	8.73E-04	2.97E-04	1.74E-04
Ecotoxicité	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)	4.00E+00	2.27E+00	1.43E+00
Utilisation des terres	Sans dimension	1.48E+01	2.70E+00	2.16E+00
Épuisement de la ressource en eau	Volume m3-world eq.	4.06E-02	3.82E-02	3.58E-02
Épuisement des ressources minérales	kg Sb-eq	9.85E-07	1.06E-06	9.45E-07
Utilisation des ressources fossiles	MJ	9.15E+00	4.68E+00	3.20E+00

Tableau 58 : Contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 ou 20 utilisations) du scénario 3 aux différentes catégories d'impact, cas illustratif

Le Tableau 58 montre les contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 et 20 utilisations) du scénario 3 aux différentes catégories d'impact étudiées. Pour rappel, ces résultats ont été calculés à partir des valeurs dites "de cas illustratif" pour l'option à usage unique et pour l'option réemployable, et non à partir des gammes de valeurs utilisées pour aboutir aux résultats présentés dans la section 6.3.1.

6.3.3. Résultats par étapes de cycle de vie (cas illustratif)

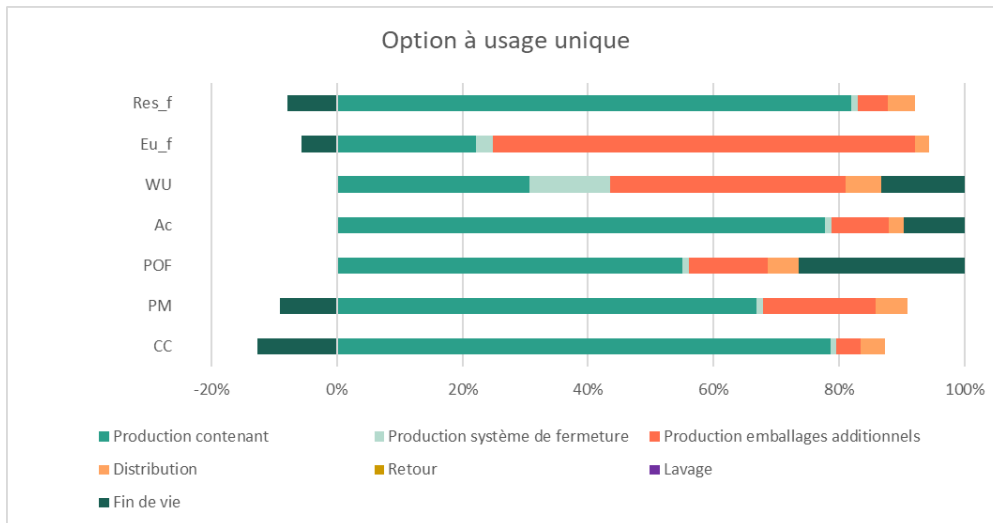


Figure 45 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option à usage unique, cas illustratif)

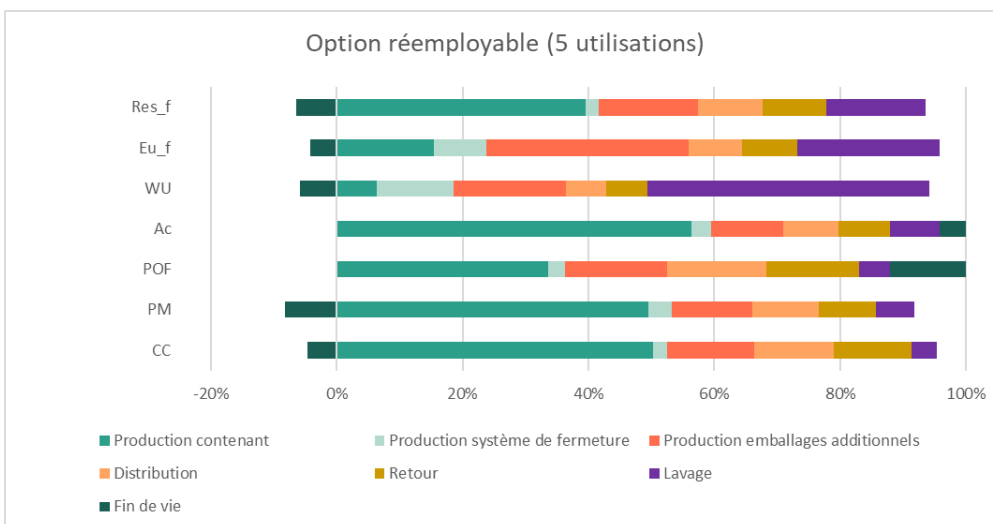


Figure 46 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 5 utilisations, cas illustratif)

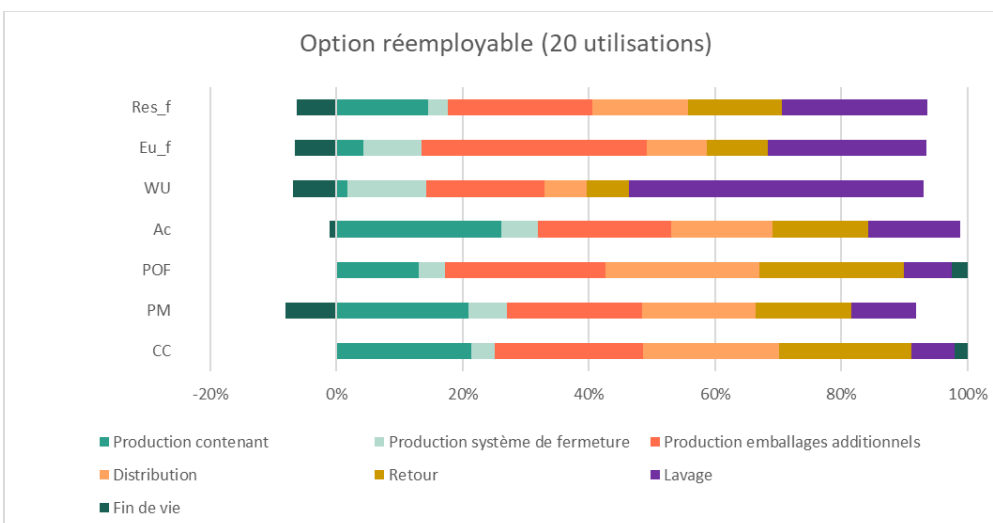


Figure 47 Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 20 utilisations, cas illustratif)

La [Figure 45](#), la [Figure 46](#) et la [Figure 47](#) reprennent les contributions relatives des différentes étapes de cycle de vie des options à usage unique et réemployable (pour 5 et 20 utilisations) du scénario 3, aux principales catégories d'impact étudiées. Les tendances observées sont très proches de celles identifiées pour le scénario 2 (voir section 6.2.2), avec pour seule nuance une contribution légèrement plus élevée des phases de distribution et de transport retour à certaines catégories d'impact (changement climatique et émission de particules notamment), notamment du fait d'un transport routier adapté (voir point 6.3.1.2.3). Ces différences sont relativement minimales cependant.

Les valeurs absolues des contributions des étapes de cycles de vie aux différentes catégories d'impact pour le scénario 3 sont présentées dans l'Annexe 5.

6.4. Scénario 4

Le scénario 4 consiste en une comparaison entre une bouteille en verre réemployable vendue avec un emballage de regroupement à usage unique et remplie après transport en bulk du produit vers des sites régionalisés, et une bouteille en verre à usage unique vendue avec le même emballage de regroupement (voir chapitre 3.1.3), toutes deux distribuées aux particuliers.

6.4.1. Résultats selon les fourchettes de valeur établies

6.4.1.1. Paramètres influents


Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces) – Scénario 4		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage primaire	 Degré d'influence	Nombre d'utilisations de l'emballage primaire
Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution		Masse de l'emballage primaire
Taux d'incorporation de matière recyclée		Masse de l'emballage de regroupement en carton

Tableau 59 : Paramètres influents du scénario 4 (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces)


Paramètres influents (Epuisement des ressources en eau) – Scénario 4		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage de regroupement en carton	 Degré d'influence	Masse de l'emballage de regroupement en carton
Masse de l'emballage primaire		Consommation de détergent liée au lavage
		Consommation d'électricité liée au lavage

Tableau 60 : Paramètres influents du scénario 4 (Epuisement des ressources en eau)


Paramètres influents (Eutrophisation d'eaux douces) – Scénario 4		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage de regroupement en carton	 Degré d'influence	Masse de l'emballage de regroupement en carton

Tableau 61 : Paramètres influents du scénario 4 (Eutrophisation d'eaux douces)

Les observations reprises dans le Tableau 59, le Tableau 60, et le Tableau 61 sont similaires à celles reprises pour le scénario 1. Une distinction notable est cependant à relever : du fait de la réduction de la distance entre site d'embouteillage et centre de distribution liée au transport en bulk et à la distribution régionalisée (voir Tableau 22), cette distance n'est plus un paramètre influençant de manière significative les performances de l'option réemployable par sa variabilité.

6.4.1.2. Comparaisons entre l'option réemployable et l'option à usage unique

6.4.1.2.1. Nombre d'utilisations

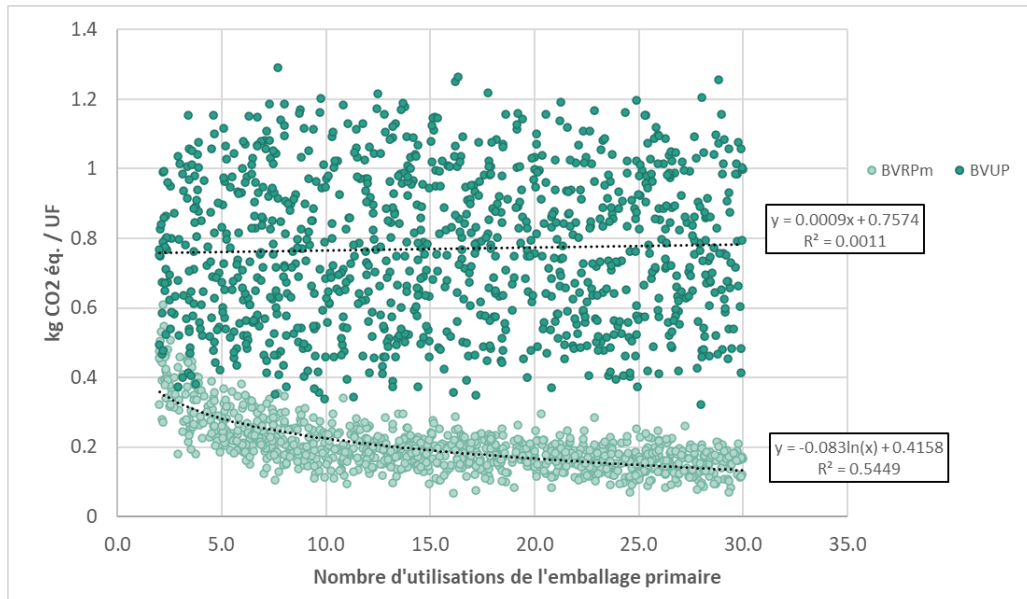


Figure 48 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPm) à l'indicateur de réchauffement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range"

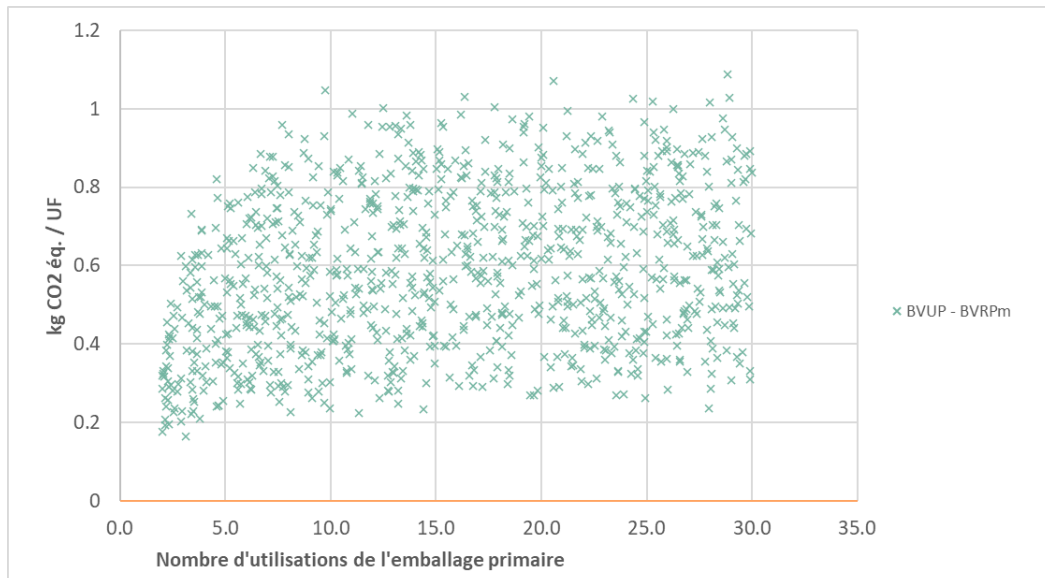


Figure 49 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPm) à l'indicateur de réchauffement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range delta"

La [Figure 48](#) et la [Figure 49](#) comparent les contributions des deux alternatives en verre à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable.

L'option réemployable est systématiquement favorable, et ce dès la deuxième utilisation de l'emballage primaire, et pour n'importe quelle combinaison de valeurs prises par les autres paramètres influents. Ces conclusions sont représentatives de toutes les catégories d'impact étudiées, à l'exception de l'épuisement des ressources en eau.

6.4.1.2.2. Masse de l'emballage primaire

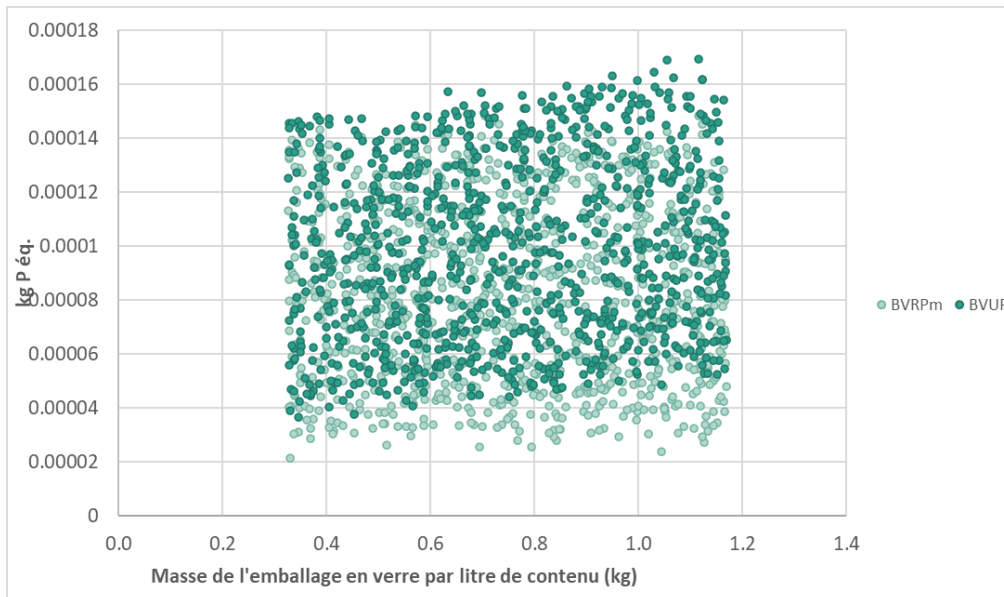


Figure 50 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range"

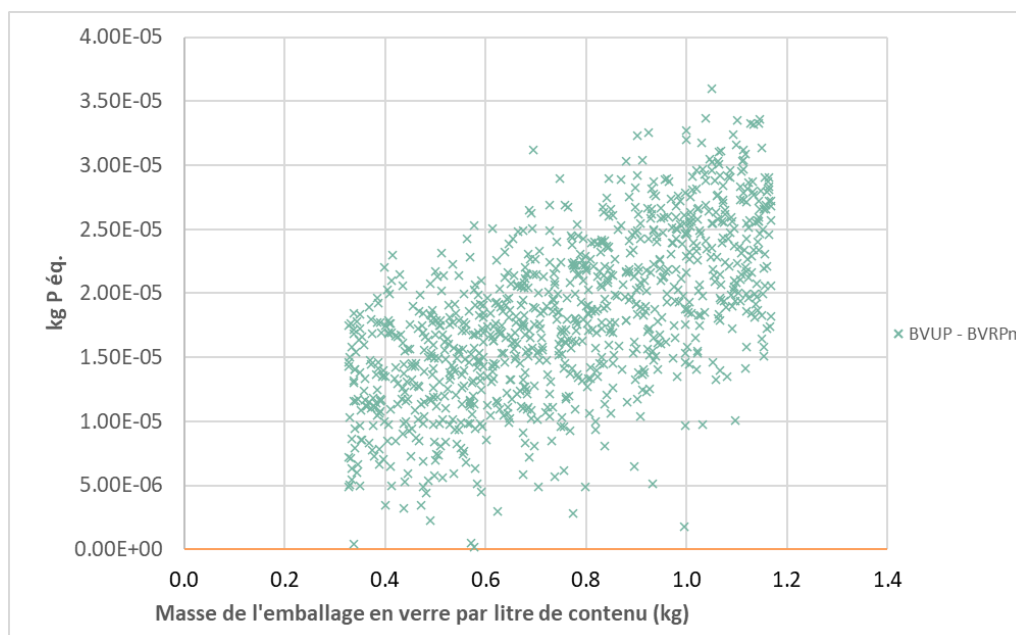


Figure 51 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range delta"

La [Figure 50](#) et la [Figure 51](#) comparent les contributions des deux alternatives en verre à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de l'emballage primaire considéré par litre transporté. Celles-ci indiquent que l'option réemployable est meilleure que (ou à minima équivalente à) l'option à usage unique pour toutes les itérations de calcul et pour toutes les valeurs de masse considérées, comme mentionné dans la section 6.4.1.2.1. Cette conclusion est donc par ailleurs variable pour toutes les valeurs considérées pour tous les autres paramètres dans la modélisation réalisée.

6.4.1.2.3. Consommation d'électricité liée au lavage

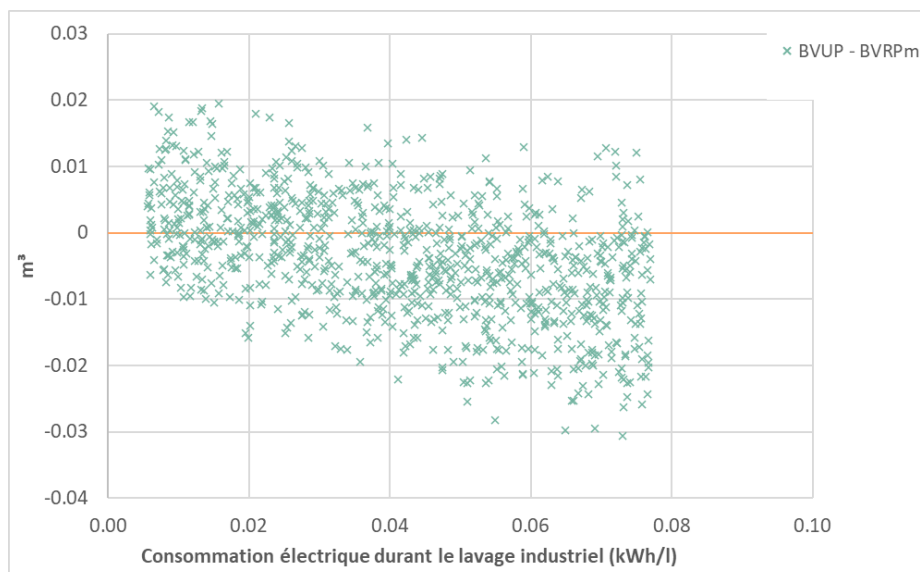


Figure 52 Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la consommation d'électricité lors du lavage – graphe "range delta"

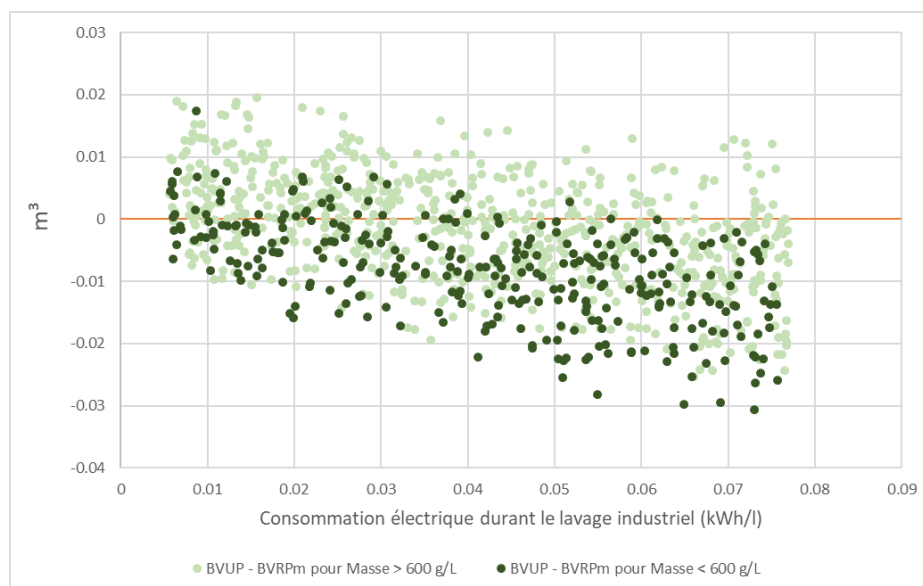


Figure 53 Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la consommation d'électricité lors du lavage et la masse de l'emballage primaire – graphe "range delta"

La [Figure 52](#) présente la comparaison des contributions des solutions à usage unique et réemployable du scénario 4 à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau, selon la consommation d'électricité liée au lavage des bouteilles réemployables. La considération de ce paramètre seul ne permet pas de départager les deux options pour cette catégorie d'impacts. La variabilité importante des résultats pour une valeur de consommation d'électricité donnée est liée à la variation d'autres paramètres influents, notamment la consommation de détergent, la masse de l'emballage primaire et la masse de l'emballage de regroupement en carton.

La [Figure 53](#) différencie les résultats obtenus selon la masse d'emballage primaire sélectionnée aléatoirement au sein de la gamme de valeurs considérée pour ce paramètre (0.326 – 1.17 kg/L), selon que celle-ci soit supérieure ou inférieure à 0.6 kg/L. Il est ainsi observé que l'option à usage unique est systématiquement plus avantageuse que l'option réemployable au regard de l'épuisement

des ressources en eau lorsque la masse de son emballage primaire est inférieure à 0.6 kg/L, et qu'une consommation électrique supérieure à 0.052 kWh/L est considérée pour le lavage. Ces données de masse correspondent notamment (mais pas exclusivement) à l'intégralité des bouteilles de sodas et de bières collectées.

6.4.1.2.4. Consommation de carburant

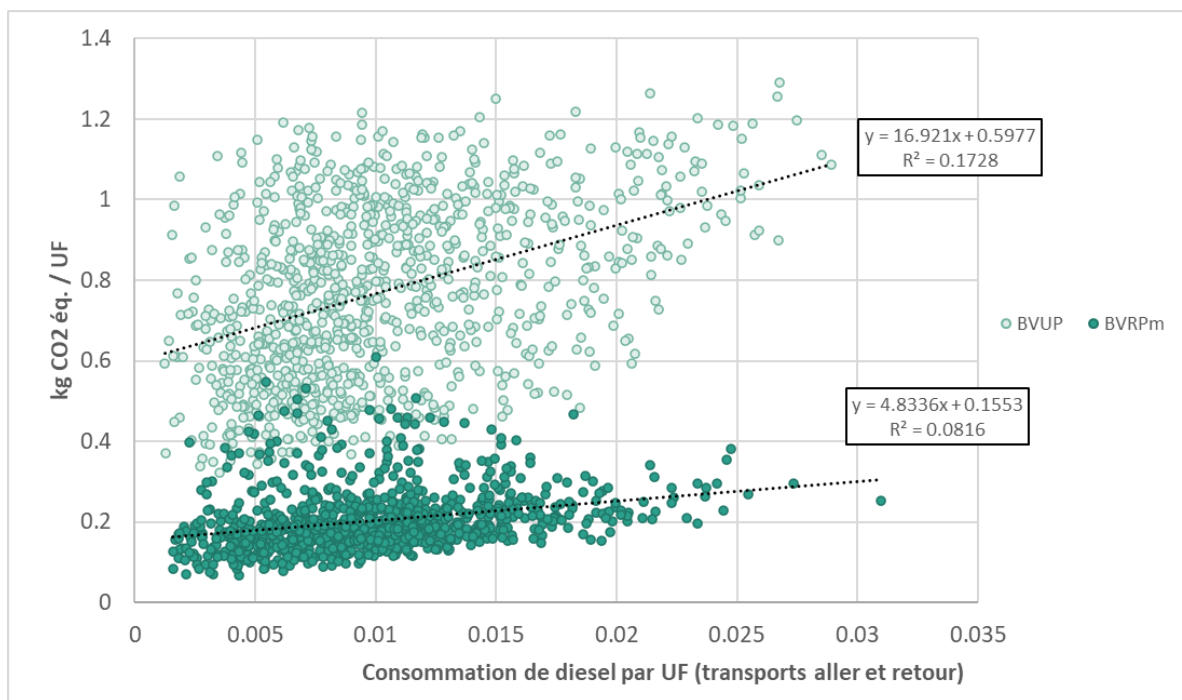


Figure 54 Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPm) à l'indicateur de changement climatique selon la consommation de diesel liée aux transports aller et retour – graphe "range"

La Figure 54 présente les contributions des deux alternatives en verre aux indicateurs de changement climatique (représentatifs de toutes les autres catégories d'impact à l'exception de l'épuisement des ressources en eau et de l'épuisement des ressources minérales et métalliques), selon la quantité de diesel consommé. La variabilité des impacts observée pour l'option réemployable est principalement liée au nombre d'utilisations et à la masse de l'emballage primaire, celle de l'option à usage unique à sa masse.

En comparaison avec les graphes analogues produits pour les autres scénarios, une variation plus faible de la consommation de carburant associée à l'option réemployable (sensiblement similaire à celle de l'option à usage unique) est observable, et ce malgré le trajet retour qu'elle implique. Ce changement est expliqué par la logistique modélisée dans le cadre de ce scénario, qui suppose une distance de distribution du produit conditionné amoindrie par un transport en bulk préalable.

Une explication plus fine et détaillée de l'interprétation pouvant être faite de ce type de graphes est reprise au point 6.1.1.2.4.

Le Tableau 103 présenté en Annexe 6 reprend des valeurs de références de consommation de diesel pour des typologies logistiques définies, permettant l'extrapolation de ces valeurs à des distances de transport ou des masses de contenant.

6.4.1.3. Bilan des zones de basculement pour les paramètres et catégories d'impact étudiés

Paramètre étudié	Valeurs modélisées	Changement climatique	Emission de particules	Formation d'ozone photochimique	Acidification	Epuisement des ressources fossiles	Epuisement des ressources en eau	Eutrophisation d'eaux douces
Masse de l'emballage primaire par litre transporté (kg)	0.326 – 1.17							
Nombre d'utilisations de l'emballage primaire	2 - 30							
Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution (km)	25 – 600							
Taux d'incorporation de matière recyclée (%)	20 - 90							
Masse de l'emballage de regroupement en carton par litre transporté (g)	8.7 - 100							
Consommation d'électricité pendant le lavage (kWh/l)	0.0056 – 0.077						<i>Si masse > 600 g/L :</i>	
							< 0.052	≥ 0.052
Consommation de détergent pendant le lavage (kg/l)	0.0007 - 0.0034							
Valeurs et situations pour lesquelles l' option réemployable est plus performante que l'option à usage unique. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.			Valeurs et situations pour lesquelles l' étude ne permet pas de conclure sur l'avantage relatif de l'une ou l'autre option. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.			Valeurs et situations pour lesquelles l' option à usage unique est plus performante que l'option réemployable. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.		

Tableau 62 : Zones et points de changement de conclusion liés aux différents paramètres et catégories d'impacts étudiés – Scénario 4

Le Tableau 62 souligne que pour le scénario 4, et **pour toutes les catégories d'impact principales à l'exception de l'épuisement des ressources en eau, l'option réemployable est plus avantageuse que l'option à usage unique pour toutes les valeurs considérées** dans la modélisation.

Cet avantage est plus marqué qu'au sein du scénario 1, en raison de la contribution moindre aux impacts des étapes de distribution et de transport retour des contenants vides (du fait des distances de transport plus faibles associées à la distribution régionalisée propre au scénario 4, voir section 3.1.3).

La modélisation ne permet cependant pas d'identifier des points de bascule qui départageraient les deux solutions d'emballage au regard de l'indicateur d'épuisement des ressources en eau. La variabilité associée aux différents paramètres influençant les contributions à cette catégorie d'impact (consommations de lavage notamment) est trop importante pour permettre de conclure quant à l'avantage de l'une ou l'autre option selon certaines valeurs.

Néanmoins, en sous-scénarisant les résultats sur base de la masse de l'emballage primaire (voir section 6.4.1.2.3) , il a été identifié un avantage systématique de l'option à usage unique pour des emballages primaires de masses inférieures à 600 g/L (excluant toutes les bouteilles de sodas et de bières), et pour des consommations en électricité supérieures à 0.052 lors du lavage.

6.4.2. Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

Catégorie d'impact	Unité	Option à usage unique	Option réemployable (5 utilisations)	Option réemployable (20 utilisations)
Changement climatique	kg CO2-eq.	6.10E-01	2.27E-01	1.30E-01
Épuisement de la couche d'ozone	kg CFC11-eq.	4.51E-09	2.95E-09	2.54E-09
Toxicité cancérigène	Comparative Toxic Unit for human (CTUh)	1.90E-10	1.23E-10	1.02E-10
Toxicité non cancérigène	Comparative Toxic Unit for human (CTUh)	5.51E-09	2.54E-09	1.70E-09
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	3.04E-08	1.38E-08	9.62E-09
Radiations ionisantes	kBq Uranium-235-eq.	5.39E-02	5.53E-02	4.62E-02
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	2.52E-03	9.51E-04	6.00E-04
Acidification	Moles H+ -eq.	3.55E-03	1.24E-03	6.85E-04
Eutrophisation terrestre	Moles N-eq.	9.22E-03	3.22E-03	1.85E-03
Eutrophisation des eaux douces	kg P-eq.	8.95E-05	7.76E-05	7.34E-05
Eutrophisation marine	kg N-eq.	8.69E-04	3.44E-04	2.20E-04
Ecotoxicité	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)	3.98E+00	1.98E+00	1.15E+00
Utilisation des terres	Sans dimension	1.46E+01	1.22E+01	1.16E+01
Épuisement de la ressource en eau	Volume m3-world eq.	3.98E-02	4.96E-02	4.71E-02
Épuisement des ressources minérales	kg Sb-eq	9.41E-07	9.90E-07	8.71E-07
Utilisation des ressources fossiles	MJ	9.14E+00	3.89E+00	2.41E+00

Tableau 63 : Contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 ou 20 utilisations) du scénario 4 aux différentes catégories d'impact, cas illustratif

Le [Tableau 63](#) montre les contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 et 20 utilisations) aux différentes catégories d'impact étudiées. Pour rappel, ces résultats ont été calculés à partir des valeurs dites "de cas illustratif" pour l'option à usage unique et pour l'option réemployable, et non à partir des gammes de valeurs utilisées pour aboutir aux résultats présentés dans la section 6.4.1.

6.4.3. Résultats par étapes de cycle de vie (cas illustratif)

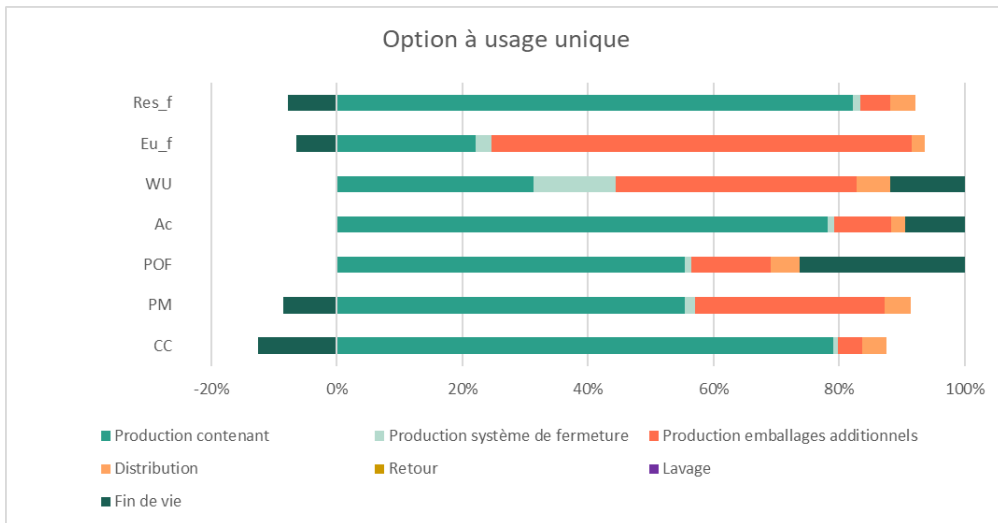


Figure 55 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option à usage unique, cas illustratif)

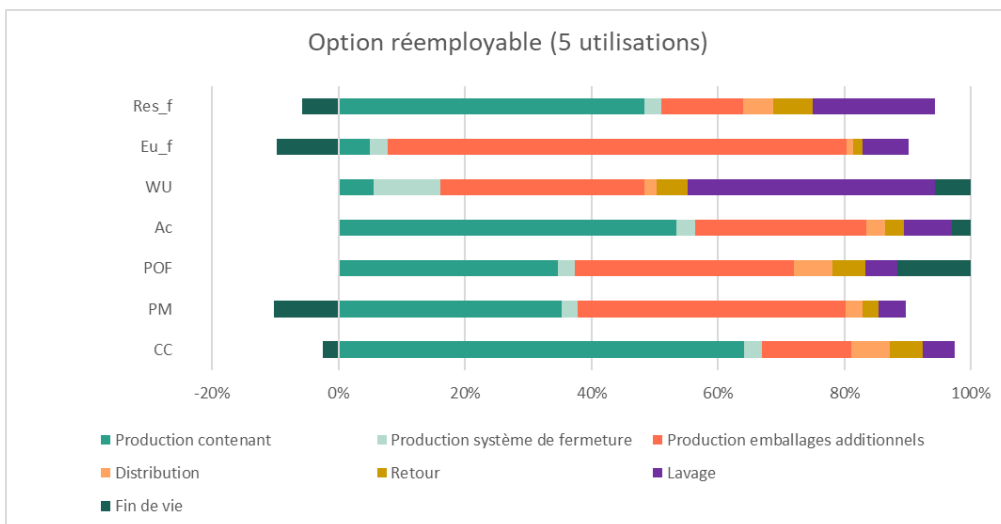


Figure 56 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 5 utilisations, cas illustratif)

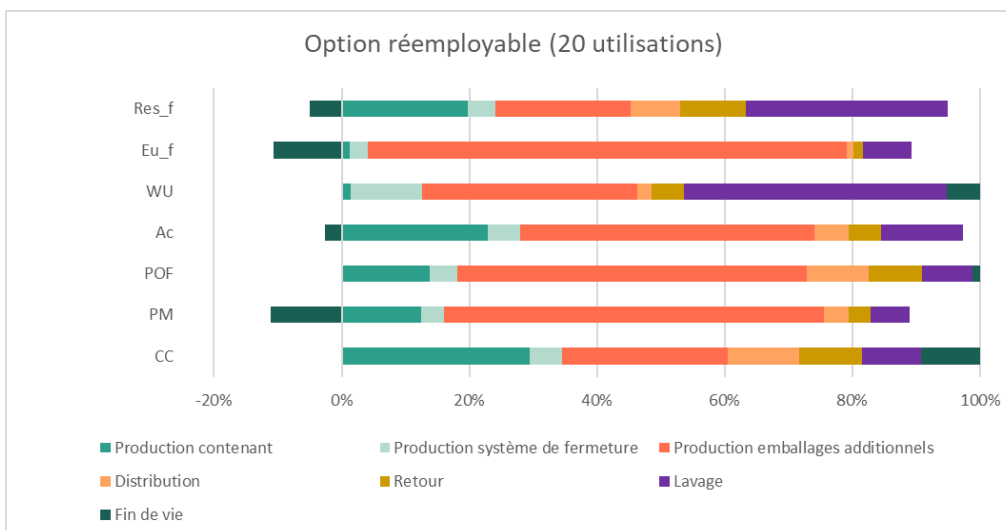


Figure 57 Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 20 utilisations, cas illustratif)

La [Figure 55](#), la [Figure 56](#) et la [Figure 57](#) présentent les contributions relatives des différentes étapes de cycle de vie aux catégories d'impact principales, pour l'option à usage unique et l'option réemployable (5 ou 20 utilisations) du scénario 4. Celles-ci montrent des tendances similaires à celles observées pour le scénario 1, au regard des contributions des différentes phases de cycle de vie. Les contributions relatives de l'option réemployable en phase de distribution et du transport retour du scénario 4 sont cependant moindres que celles mesurées dans le scénario 1, du fait de la réduction des distances de transport entre le site de remplissage et le centre de distribution (une partie du trajet étant assuré par le transport en bulk).

Les valeurs absolues des contributions des étapes de cycles de vie aux différentes catégories d'impact pour le scénario 4 sont présentées dans l'Annexe 5.

6.5. Scénario 5

Le scénario 5 consiste en une comparaison entre un bocal en verre réemployable et un pot en verre à usage unique (voir Chapitre 3.1.3), tous deux distribués aux particuliers.

6.5.1. Résultats selon les fourchettes de valeur établies

6.5.1.1. Paramètres influents

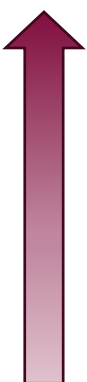
Paramètres influents (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces)		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage primaire Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution	 Degré d'influence	Nombre d'utilisations Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution Masse de l'emballage primaire

Tableau 64 : Paramètres influents du scénario 5 (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces)


Paramètres influents (Epuisement des ressources en eau)		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage primaire Masse du système de fermeture en acier Distance entre la production des emballages et le remplissage des emballages primaires	 Degré d'influence	Consommation de détergent liée au lavage Consommation d'électricité liée au lavage Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution Masse du système de fermeture en acier

Tableau 65 : Paramètres influents du scénario 5 (Epuisement des ressources en eau)


Paramètres influents (Eutrophisation d'eaux douces)		
Option à usage unique		Option réemployable
Masse de l'emballage primaire Distance entre la production des emballages et le remplissage des emballages primaires Masse du système de fermeture en acier	 Degré d'influence	Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution Masse du système de fermeture en acier Nombre d'utilisations de l'emballage primaire Masse de l'emballage primaire

Tableau 66 : Paramètres influents du scénario 5 (Eutrophisation d'eaux douces)

Les paramètres influençant les contributions de l'option réemployable et de l'option à usage unique du scénario 5 aux principales catégories d'impact étudiées sont reprises dans le Tableau 64, le Tableau 65 et le Tableau 66.

Pour toutes les catégories d'impact à l'exception de l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces, les paramètres influents sont similaires à ceux identifiés pour le scénario 1 (dont la typologie logistique est proche de celle du scénario 5, mais qui considère des bouteilles avec emballages de regroupement en carton, plutôt que des pots/bocaux sans emballages de regroupement). La seule différence pour ces catégories d'impact est l'influence devenue négligeable du taux d'incorporation de matière recyclée pour la solution d'emballage à usage unique, du fait d'une gamme de valeurs moins étendue pour ce paramètre dans le cas des pots et bocaux en verre (0 à 40%, contre 20 à 90% pour les bouteilles en verre).

En outre, la masse du système de fermeture en acier (à usage unique, donc produit à chaque cycle de réemploi et pour chaque unité fonctionnelle) est un paramètre influençant de manière significative les performances de l'option réemployable ainsi que de l'option à usage unique pour les catégories d'impact d'eutrophisation d'eaux douces et d'épuisement des ressources en eau. Elle n'est cependant jamais le paramètre dont l'influence est la plus marquée.

6.5.1.2. Comparaison entre l'option réemployable et l'option à usage unique

6.5.1.2.1. Masse de l'emballage primaire

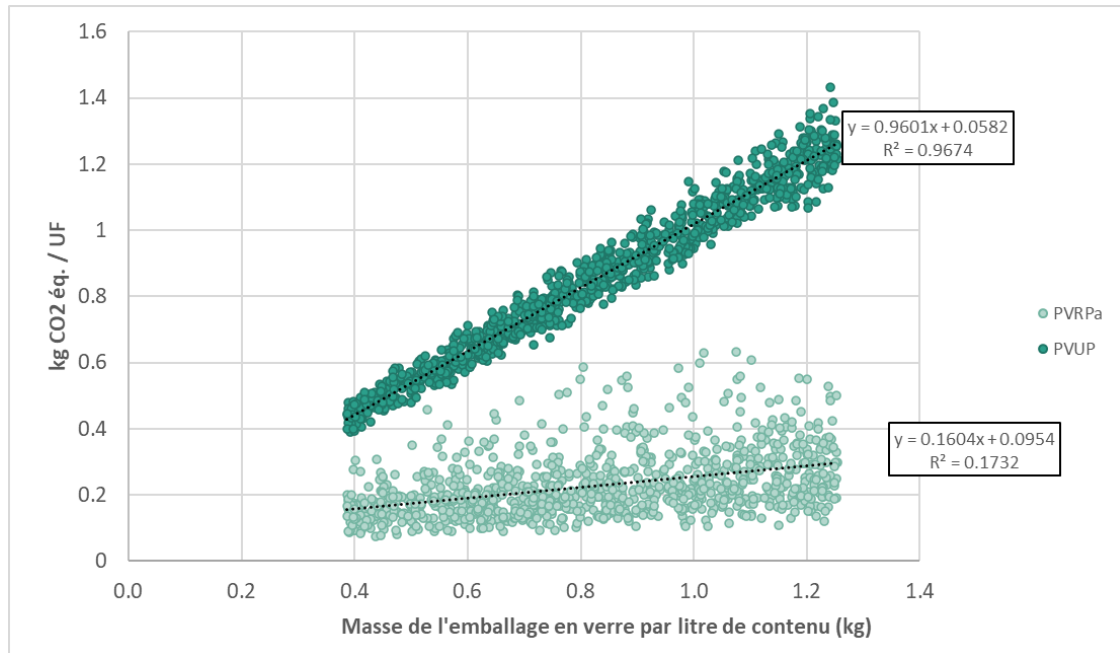


Figure 58 : Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range"

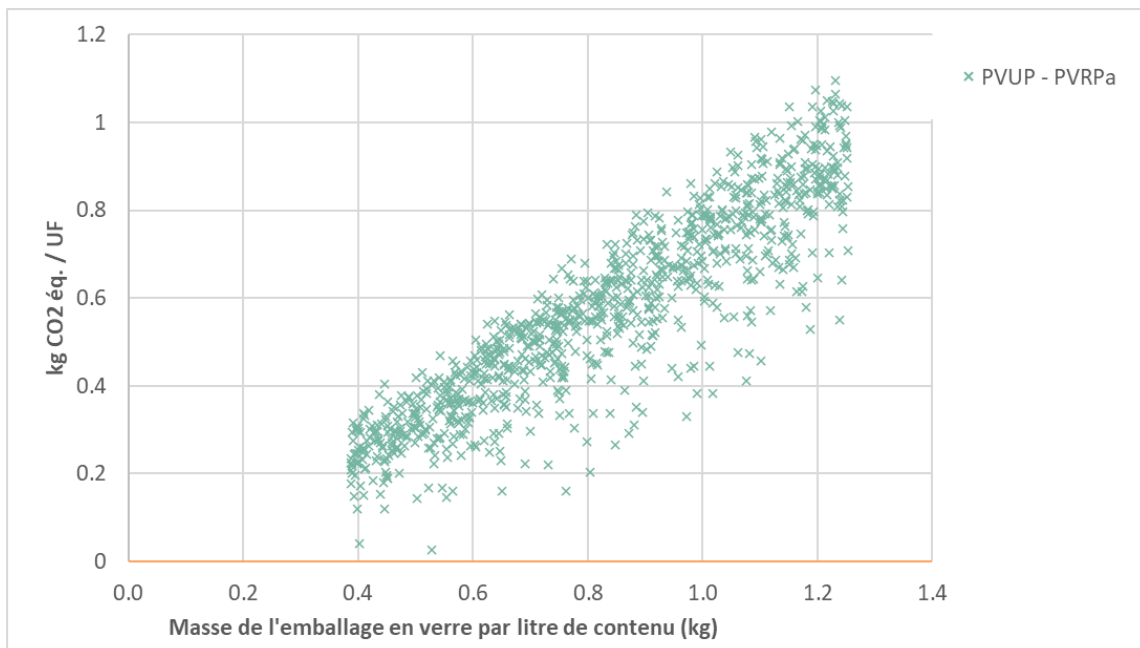


Figure 59 : Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur d'épuisement des ressources minérales et métalliques selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range delta"

La Figure 58 et la Figure 59 comparent les contributions des options à usage unique et réemployable sur base de la masse de l'emballage primaire au regard de l'indicateur de changement climatique. Elles révèlent notamment que l'option réemployable est plus avantageuse que l'option à usage unique pour toutes les valeurs considérées dans la modélisation. Cette observation est par ailleurs commune à toutes les catégories d'impact suivantes :

- Changement climatique
- Formation d'ozone photochimique
- Epuisement des ressources fossiles
- Emission de particules

- Potentiel d'acidification

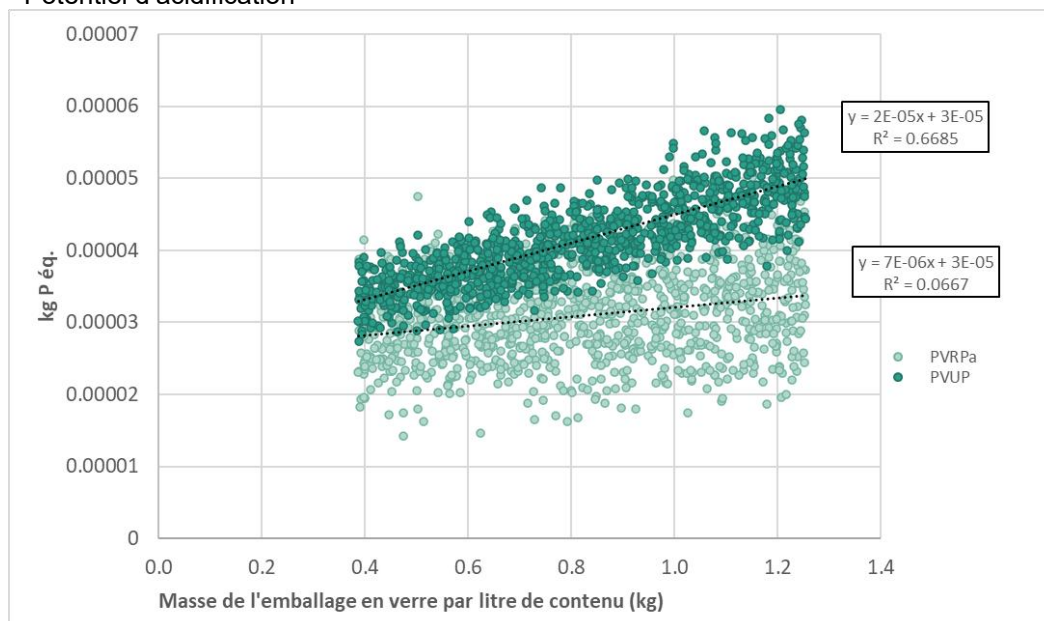


Figure 60 Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range"

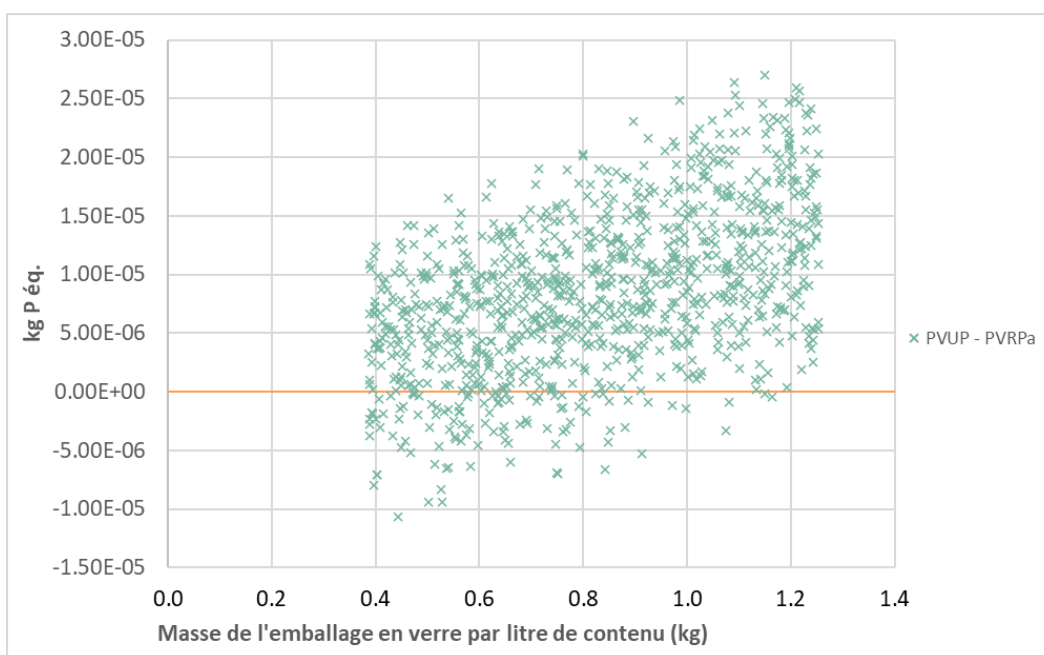


Figure 61 Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range delta"

La Figure 60 et la Figure 61 comparent les contributions des options à usage unique et réemployable sur base de la masse de l'emballage primaire au regard de l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces.

Moins sensible à ce paramètre que l'option à usage unique, la variabilité des impacts observée pour l'option réemployable est principalement liée à des variations de la distance de distribution (site de remplissage – centre de distribution) et de masse du système de fermeture en acier.

Un point de bascule peut cependant être identifié pour des valeurs de masses élevées de l'emballage primaire à usage unique (supérieures à 1.08 kg/L), pour lesquelles l'option réemployable est systématiquement plus avantageuse. En dessous de cette valeur et sur base de la modélisation réalisée, il n'est pas possible de départager les deux options à partir de l'évolution de la masse d'emballage primaire. L'analyse des masses considérées dans les données brutes utilisées pour la

modélisation révèle cependant que la quasi-totalité des emballages échantillonnés (à une exception près) présentent des masses inférieures à ce seuil (voir [Figure 115](#)).

6.5.1.2.2. Consommation d'électricité

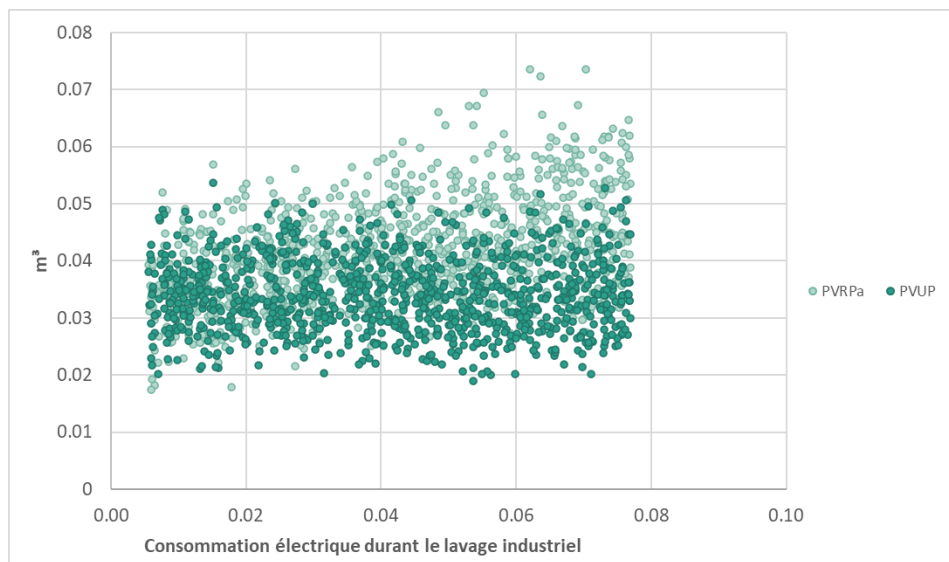


Figure 62 : Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur d'épuisement de ressources en eau selon la consommation d'électricité liée au lavage industriel – graphe "range"

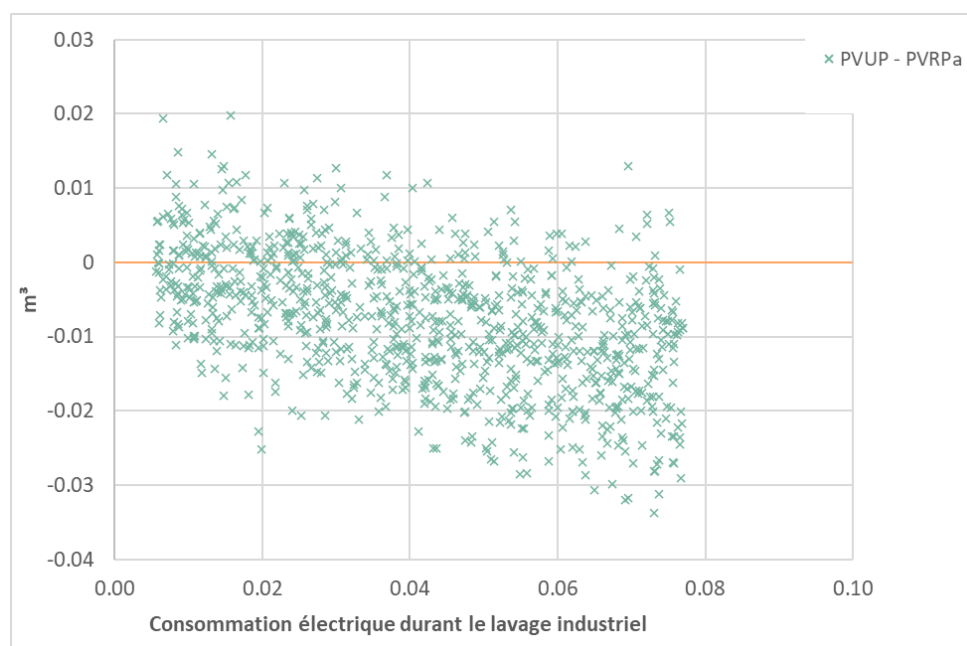


Figure 63 Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur d'épuisement de ressources en eau selon la consommation d'électricité liée au lavage industriel – graphe "range delta"

La Figure 62 et la Figure 63 compare les contributions des deux alternatives en verre à l'indicateur d'épuisement de ressources en eau en fonction de la consommation d'électricité associée au processus de lavage industriel. Celles-ci indiquent que pour des consommations d'électricité faibles (inférieures ou égales à 0.01 kWh/L), l'option réemployable est systématiquement plus avantageuse ou équivalente à l'option à usage unique. Au-delà de cette valeur seuil, il n'est pas possible de départager les deux options sur base de ce paramètre et de la modélisation réalisée.

6.5.1.2.3. Distance entre site de remplissage et centre de distribution

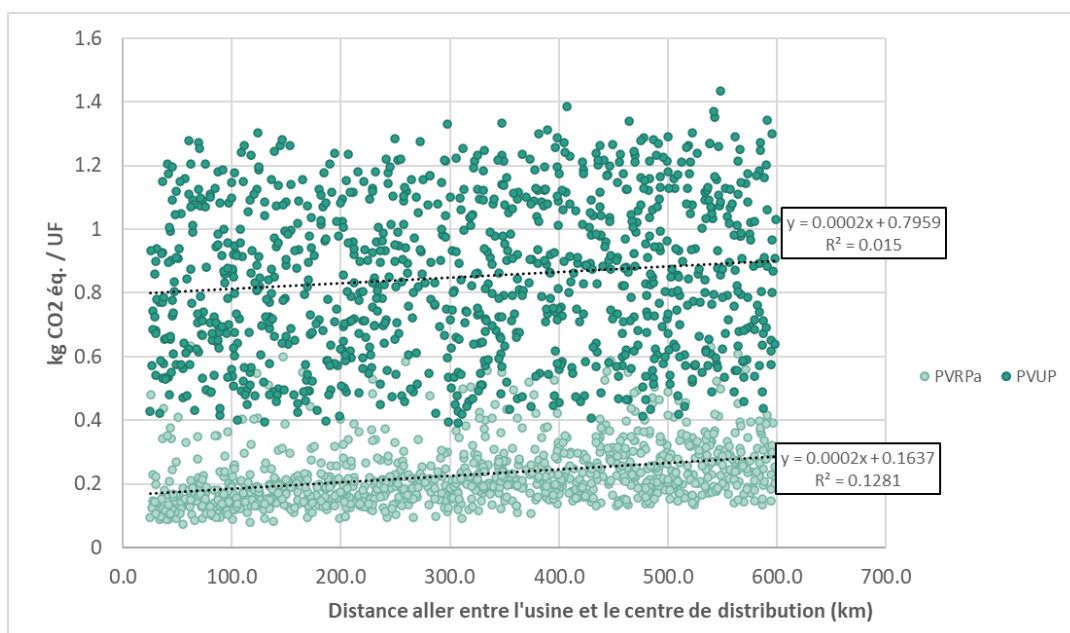


Figure 64 : Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon la distance séparant le site de remplissage et le centre de distribution – graphe "range"

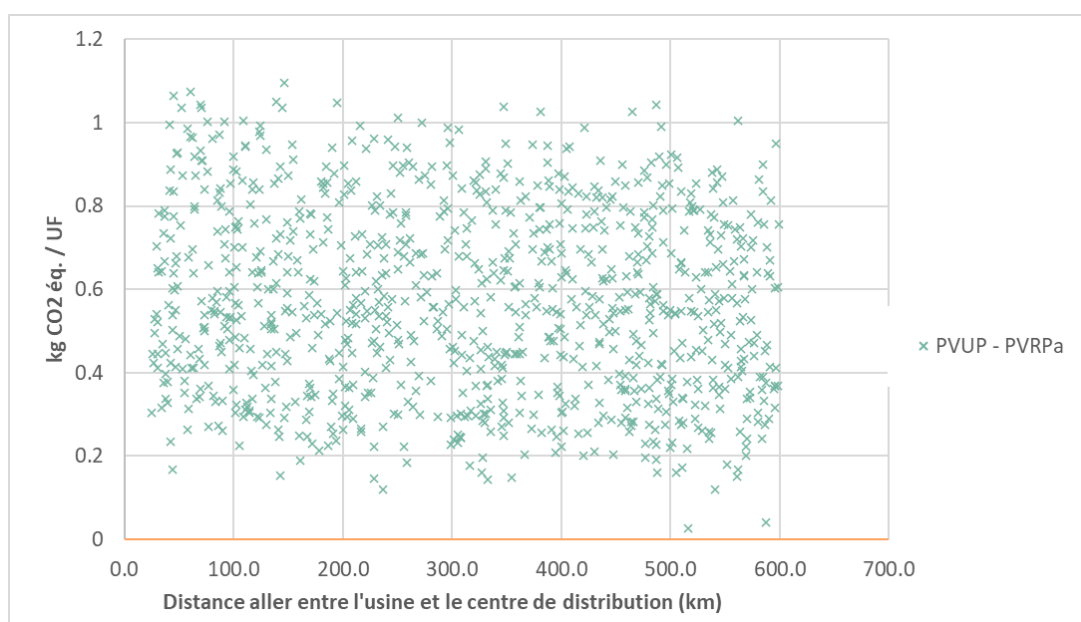


Figure 65 : Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon la distance séparant le site de remplissage et le centre de distribution – graphe "range delta"

La [Figure 64](#) et la [Figure 65](#) comparent les contributions des deux alternatives aux indicateurs de changement climatique selon la distance séparant le site de remplissage des emballages et le centre de distribution. Comme mentionné dans la section 6.5.1.2.1, l'option réemployable est plus avantageuse que l'option à usage unique pour cette catégorie d'impacts, pour toutes les valeurs considérées dans la modélisation.

La [Figure 64](#) présente néanmoins l'influence de ce paramètre de distance (influent sur les résultats des deux solutions d'emballage, cf Tableau 64) sur les contributions respectives de l'option à usage unique, et de l'option réemployable. La dispersion des points ainsi que le coefficient angulaire et le coefficient de détermination R^2 de la droite de régression traduisent et confirment une influence plus forte de ce paramètre pour l'option à usage unique que pour l'option réemployable.

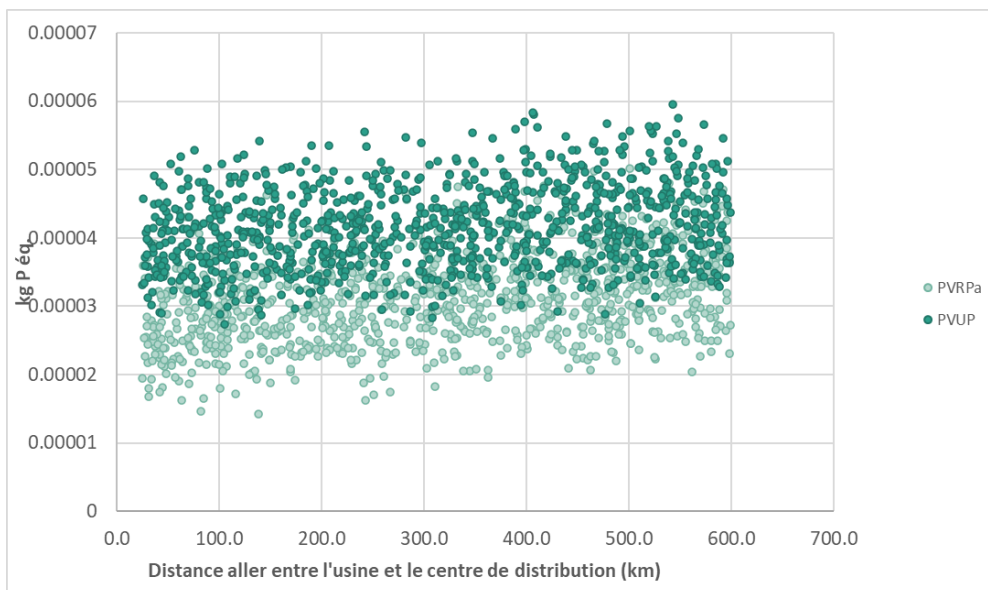


Figure 66 Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la distance séparant le site de remplissage et le centre de distribution – graphe "range"

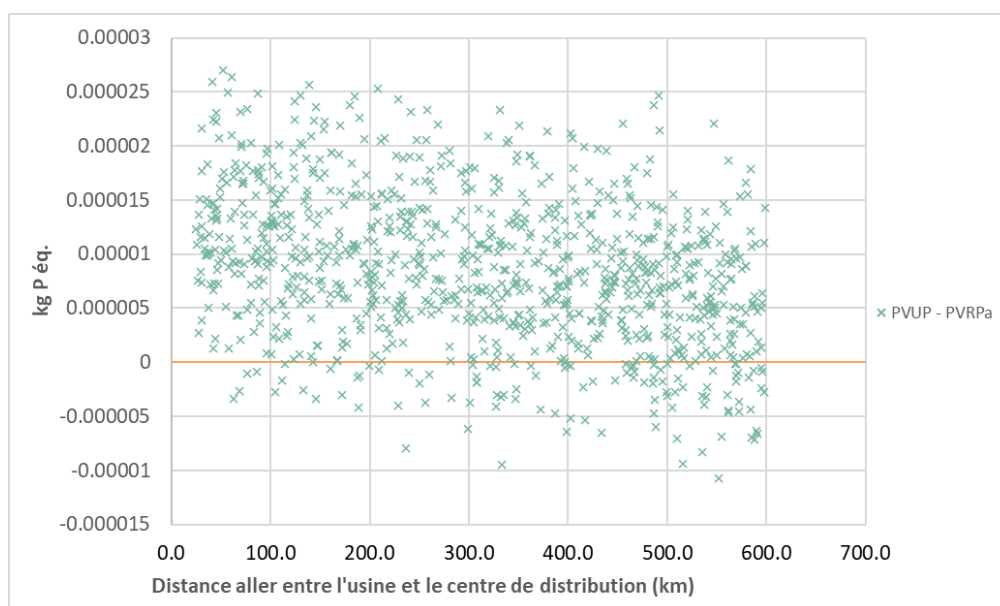


Figure 67 Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la distance séparant site de remplissage et centre de distribution – graphe "range delta"

La [Figure 66](#) et la [Figure 67](#) comparent les contributions des options à usage unique et réemployable du scénario 5 en fonction de la distance de distribution entre le site de remplissage et le centre de distribution, pour la catégorie d'impacts d'eutrophisation d'eaux douces.

Le graphe delta révèle que l'option réemployable est systématiquement plus avantageuse que l'option à usage unique pour des distances de transport faibles (inférieures ou égales à 50 km environ, assimilables à des schémas de distribution en circuit court). Pour rappel, cette distance fait référence à la distance moyenne parcourue par unité fonctionnelle (donc par pot/bocal, dans le cas du scénario 5) avant d'atteindre le centre de distribution, et non par exemple à la distance totale parcourue par un camion lors de la tournée de transport.

6.5.1.2.4. Consommation de carburant

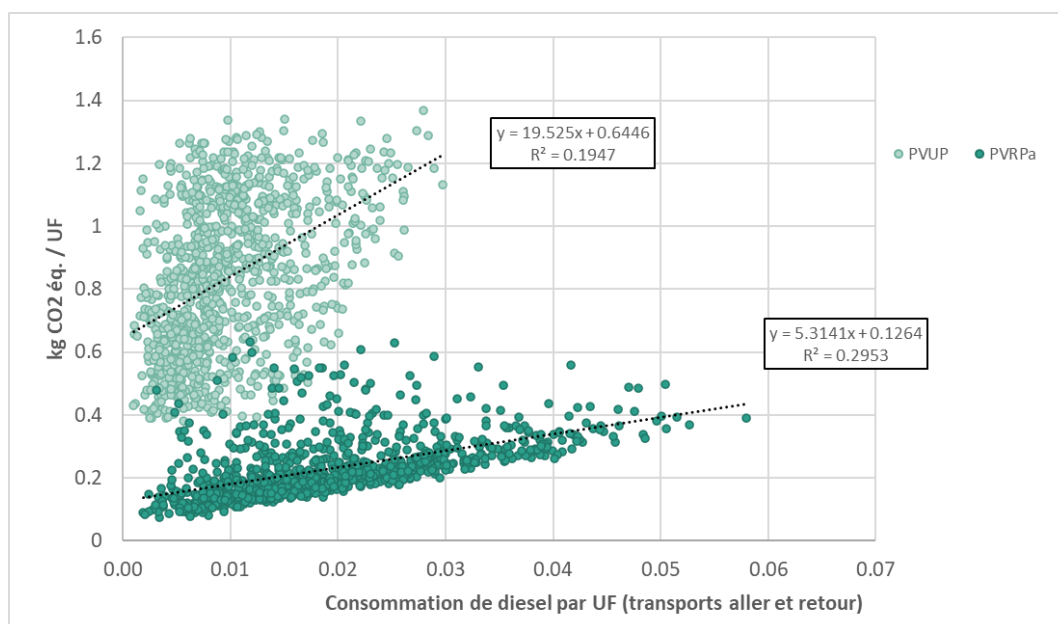


Figure 68 Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon la consommation de diesel liée aux transports aller et retour – graphe "range"

La [Figure 68](#) présente les contributions des deux alternatives en verre aux indicateurs de changement climatique (représentatifs de toutes les autres catégories d'impact à l'exception de l'épuisement des ressources en eau et de l'épuisement des ressources minérales et métalliques), selon la quantité de diesel consommé. La variabilité des impacts observée pour l'option réemployable est principalement liée au nombre d'utilisations et à la masse de l'emballage primaire, celle de l'option à usage unique à sa masse presque exclusivement.

Une explication plus fine et détaillée de l'interprétation pouvant être faite de ce type de graphes est reprise au point 6.1.1.2.4.

Le [Tableau 104](#) présenté en Annexe 6 reprend des valeurs de références de consommation de diesel pour des typologies logistiques définies, permettant l'extrapolation de ces valeurs à des distances de transport ou des masses de contenant.

6.5.1.3. Bilan des zones de basculement pour les paramètres et catégories d'impact étudiés

Paramètre étudié	Valeurs modélisées	Changement climatique	Emission de particules	Formation d'ozone photochimique	Acidification	Epuisement des ressources fossiles	Epuisement des ressources en eau	Eutrophisation d'eaux douces			
Masse de l'emballage primaire par litre transporté (kg)	0.386 – 1.255								< 1.08	≥ 1.08	
Nombre d'utilisations de l'emballage primaire	2 - 30								Si masse > 600 g/L :		
									< 5	≥ 5	
Distance entre le site de remplissage et le centre de distribution (km)	25 – 600								≤ 50	> 50	
Taux d'incorporation de matière recyclée (%)	20 - 90										
Consommation d'électricité pendant le lavage (kWh/l)	0.0056 – 0.077							≤ 0.01	> 0.01	≤ 0.035	> 0.035
Consommation de détergent pendant le lavage (kg/l)	0.0007 - 0.0034										
Valeurs et situations pour lesquelles l'option réemployable est plus performante que l'option à usage unique. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.			Valeurs et situations pour lesquelles l'étude ne permet pas de conclure sur l'avantage relatif de l'une ou l'autre option. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.			Valeurs et situations pour lesquelles l'option à usage unique est plus performante que l'option réemployable. Si aucune valeur n'est indiquée, la situation correspond à l'ensemble des valeurs modélisées.					

Tableau 67 : Zones et points de changement de conclusion liés aux différents paramètres et catégories d'impacts étudiés – Scénario 5

Le Tableau 67 indique que **l'option réemployable est toujours meilleure que l'option à usage unique** selon les données de modélisation (logistiques, massiques ou de fin de vie) considérées pour le scénario 5, **et ce pour les 5 catégories d'impact suivantes** :

- Changement climatique
- Emission de particules
- Formation d'ozone photochimique
- Potentiel d'acidification
- Epuisement des ressources fossiles

Sur base de la modélisation réalisée, l'option réemployable est par ailleurs plus avantageuse que l'option à usage unique à l'égard de l'épuisement des ressources en eau lorsque la consommation d'électricité associée au processus de lavage industriel est très faible (inférieure à 0.01 kWh par litre contenu par l'emballage primaire). Il n'a cependant pas été possible d'identifier d'autres points de bascule pour cette catégorie d'impacts du fait de la variabilité importante de plusieurs paramètres influents (consommations de lavage notamment).

Enfin, il est également difficile de départager l'option réemployable et l'option à usage unique quant à leurs contributions à l'eutrophisation d'eaux douces, notamment en raison de la variabilité de plusieurs paramètres influents. Certains points de bascule ont notamment pu être identifiés. A cet égard, l'option réemployable est plus avantageuse que l'option à usage unique pour des distances de distribution faibles (typiques de scénarios de circuits courts), pour des masses d'emballage primaire plus importantes (qui défavorisent l'option à usage unique en raison des impacts de sa phase de production), et pour au moins 5 utilisations (pour autant que la masse de l'emballage primaire à usage unique comparé soit supérieure à 600 g/L).

6.5.2. Contributions totales aux différentes catégories d'impact (cas illustratif)

Catégorie d'impact	Unité	Option à usage unique	Option réemployable (5 utilisations)	Option réemployable (20 utilisations)
Changement climatique	kg CO2-eq.	5.76E-01	2.22E-01	1.25E-01
Épuisement de la couche d'ozone	kg CFC11-eq.	2.50E-09	2.78E-09	2.47E-09
Toxicité cancérigène	Comparative Toxic Unit for human (CTUh)	3.78E-10	3.47E-10	3.28E-10
Toxicité non cancérigène	Comparative Toxic Unit for human (CTUh)	4.16E-09	2.33E-09	1.63E-09
Effet respiratoire – émissions de particules	Incidence de maladies	2.40E-08	9.26E-09	5.33E-09
Radiations ionisantes	kBq Uranium-235-eq.	4.80E-02	6.32E-02	5.51E-02
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq.	1.54E-03	7.02E-04	4.48E-04
Acidification	Moles H+ -eq.	2.61E-03	9.38E-04	4.87E-04
Eutrophisation terrestre	Moles N-eq.	6.03E-03	2.21E-03	1.17E-03
Eutrophisation des eaux douces	kg P-eq.	3.17E-05	2.82E-05	2.45E-05
Eutrophisation marine	kg N-eq.	5.20E-04	2.32E-04	1.44E-04
Ecotoxicité	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)	8.06E+00	2.74E+00	1.38E+00
Utilisation des terres	Sans dimension	3.48E+00	2.02E+00	1.57E+00
Épuisement de la ressource en eau	Volume m3-world eq.	2.30E-02	3.75E-02	3.53E-02
Épuisement des ressources minérales	kg Sb-eq	7.55E-07	1.07E-06	9.57E-07
Utilisation des ressources fossiles	MJ	8.15E+00	4.10E+00	2.72E+00

Tableau 68 : Contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 ou 20 utilisations) du scénario 5 aux différentes catégories d'impact, cas illustratif

Le Tableau 68 montre les contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 et 20 utilisations) aux différentes catégories d'impact étudiées. Pour rappel, ces résultats ont été calculés à partir des valeurs dites "de cas illustratif" pour l'option à usage unique et pour l'option réemployable.

6.5.3. Résultats par étape de cycle de vie (cas illustratif)

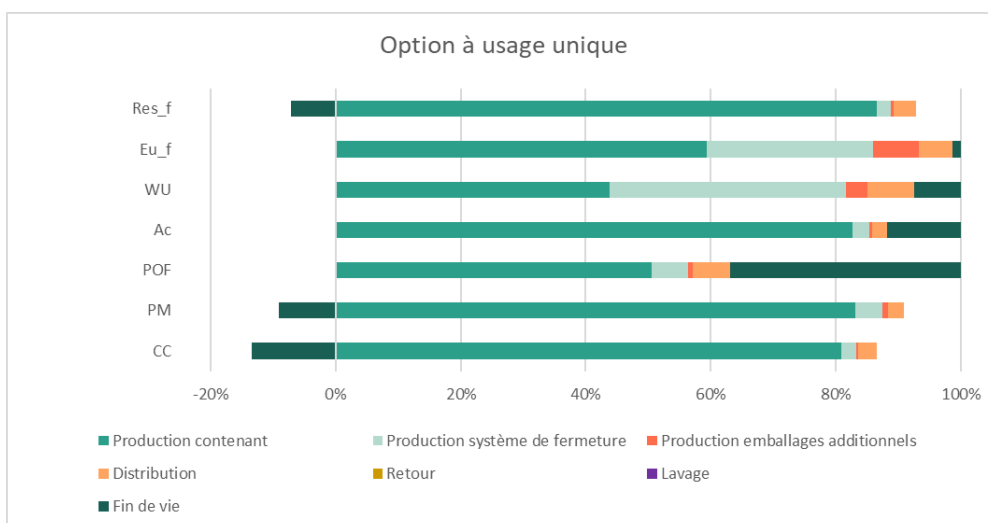


Figure 69 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option à usage unique, cas illustratif)

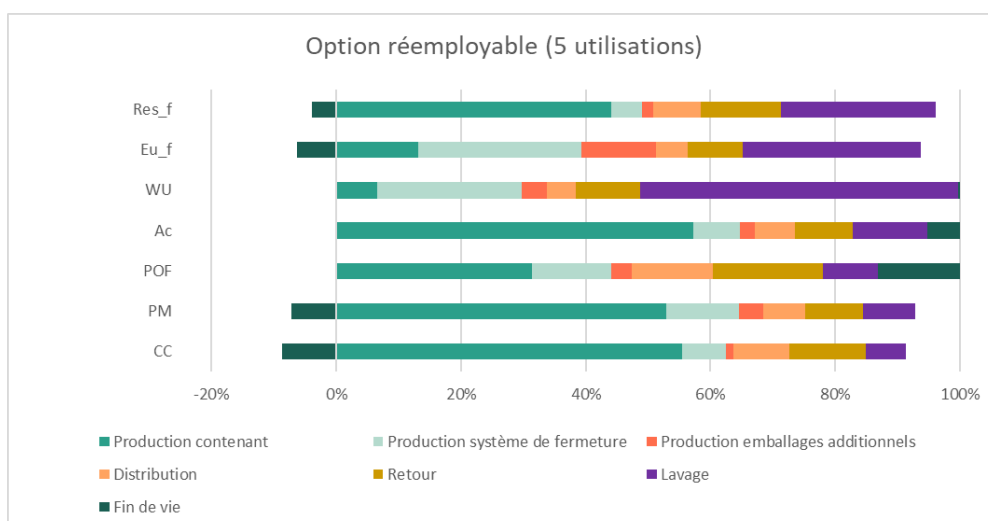


Figure 70 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 5 utilisations, cas illustratif)

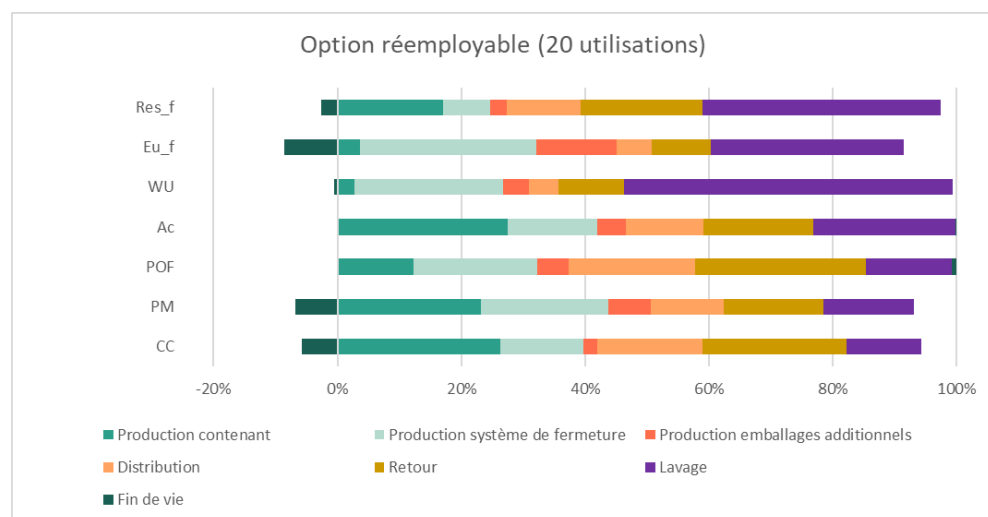


Figure 71 Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 20 utilisations, cas illustratif)

La [Figure 69](#), la [Figure 70](#) et la [Figure 71](#) présentent les contributions relatives des différentes étapes de cycle de vie de l'option à usage unique et de l'option réemployable (pour 5 et 20 utilisations) du scénario 5 aux principales catégories d'impact étudiées.

Les tendances associées aux contributions des étapes de production de l'emballage primaire, de fin de vie, de transport et de lavage sont similaires à celles observées pour les bouteilles étudiées dans le scénario 1 (voir section 6.1.3). Ces similitudes sont liées à la modélisation de certaines gammes de valeurs relativement proches entre ces scénarios pour certains paramètres influents (masse de verre utilisée pour la production de l'emballage primaire, distances parcourues, nombres d'utilisations...).

Le recours à un système de fermeture en acier (par ailleurs de masse supérieure à celui associé aux bouteilles) rend cependant significative la contribution relative de la production de ces systèmes de fermeture sur la plupart des catégories d'impact des trois options considérées, notamment l'eutrophisation d'eaux douces et l'épuisement de ressources en eau (sensibles à la production d'acier).

Par ailleurs, l'absence d'emballages de regroupement considérée pour ce scénario atténue la contribution relative de la production d'emballages additionnels, par rapport aux autres scénarios, la limitant à la production des emballages de transport (voir définitions au point 1.3).

Les valeurs absolues des contributions des étapes de cycles de vie aux différentes catégories d'impact pour le scénario 5 sont présentées dans l'Annexe 5.

6.6. Analyses de sensibilité complémentaires

En complément des analyses basées sur des gammes de valeurs qui ont permis de comparer les options à usage unique et réemployables des différents scénarios, des analyses de sensibilité transversales aux différents scénarios ont été réalisées. Celles-ci visent à estimer l'influence éventuelle de certaines données clé, notamment incertaines ou non quantitatives (par exemple des typologies logistiques), sur les options à usage unique et réemployables des scénarios. Elles n'ont cependant pas vocation à identifier des points de bascule spécifiques à l'évolution des valeurs de ces données clé.

Les analyses de sensibilité ont été réalisées sur base des résultats de scénarios arbitrairement choisis, et spécifiquement ou non à une option (réemployable ou usage unique). Les situations sélectionnées sont, à dire d'expert, les plus susceptibles d'être sensibles à la variation des paramètres étudiés pour chaque analyse de sensibilité.

Pour chaque analyse de sensibilité, une distribution aléatoire est modélisée pour faire varier le paramètre d'intérêt entre des bornes connues, et 1000 itérations de calcul sont effectuées. Les contributions totales de la solution d'emballage aux catégories d'impact selon la valeur prise par ce paramètre sont alors considérées.

6.6.1. Types de camions modélisés (normes EURO)

En premier lieu, il a été évalué l'influence sur les résultats d'un changement majeur dans les proportions de normes EURO considérées pour les camions assurant le transport de l'unité fonctionnelle. Comme explicité dans la section 4.4.1.5.1, les proportions de normes EURO représentées par les parcs routiers européens et français sont en évolution rapide. Plus spécifiquement, la proportion de camions EURO VI continue d'augmenter, constituant aujourd'hui la quasi-totalité du parc français¹⁹.

Afin d'estimer l'influence de cette évolution sur les résultats de cette étude, mais aussi dans une optique conservatrice et pour étudier l'impact qu'aurait un transport majoritairement représenté par des camions EURO V, une distribution aléatoire uniforme variant entre 25% et 75% (bornes sélectionnées arbitrairement) est appliquée sur la proportion de camions EURO V modélisée pour l'intégralité des transports considérés. Pour chaque itération de calcul, la proportion de camions EURO VI correspond simplement à la fraction restante des camions.

Cette analyse de sensibilité a été réalisée pour l'option réemployable du scénario 1 (*bouteille en verre réemployable consignée distribuée aux particuliers, avec un emballage de regroupement en carton à usage unique*). Il est estimé que sa sensibilité à la modification de paramètres logistiques structurants sera représentative de celles des options réemployables des autres scénarios, et plus importante que celle des options à usage unique (du fait d'une contribution relative plus importante des étapes de transport dans une situation de réemploi). Les valeurs de cas illustratif ont été utilisées pour ce calcul, et le nombre d'utilisations considéré était de 5, pour représenter une situation de réemploi intermédiaire et réaliste.

Les résultats pour les catégories d'impact de changement climatique et d'émissions de particules sont présentés en [Figure 72](#) et en [Figure 73](#).

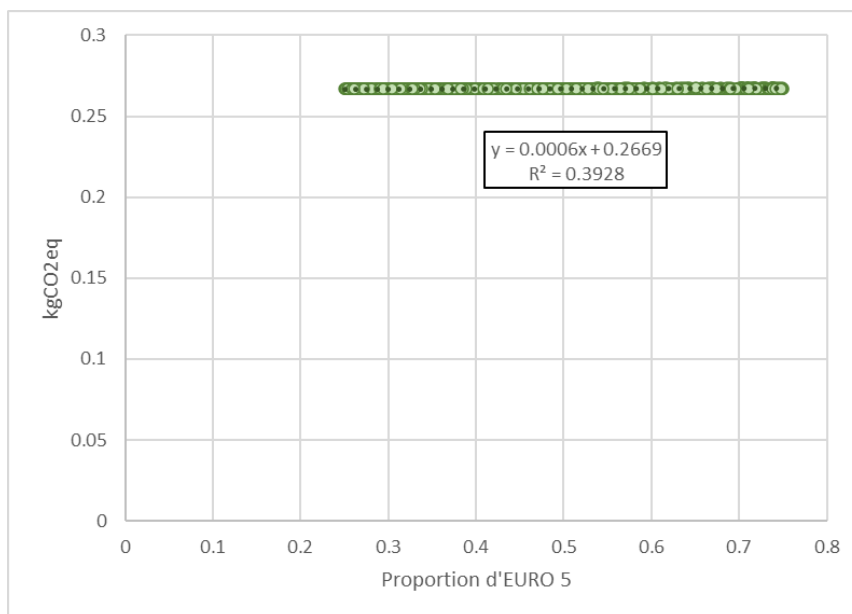


Figure 72 : Sensibilité des résultats pour l'option réemployable du scénario 1 (cas illustratif à 5 utilisations) à une variation de la proportion de camions EURO V – Changement climatique

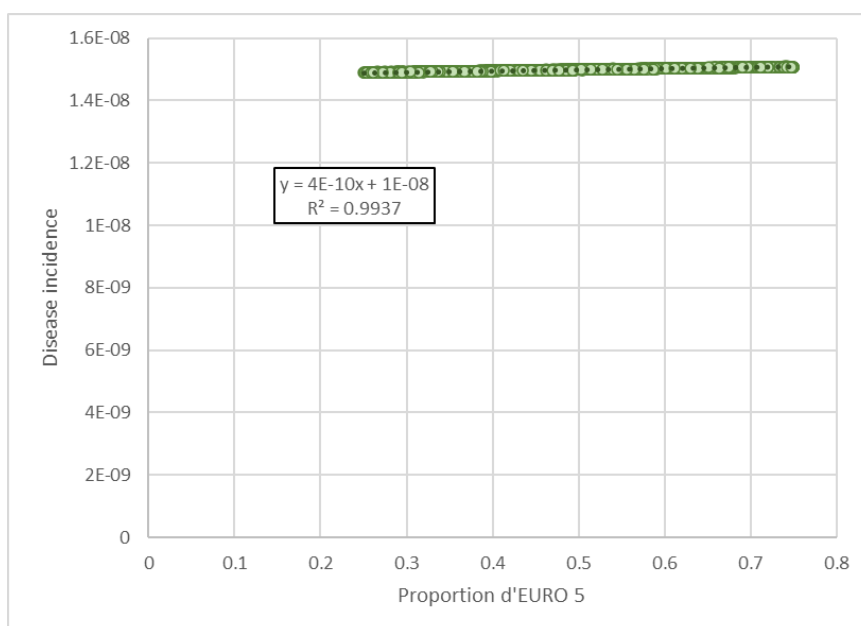


Figure 73 Sensibilité des résultats pour l'option réemployable du scénario 1 (cas illustratif à 5 utilisations) à une variation de la proportion de camions EURO V – Emission de particules

La sensibilité de l'indicateur de changement climatique à une variation du rapport entre EURO V et EURO VI dans la modélisation du transport routier (Figure 72) est **très faible**, et par ailleurs représentative des catégories d'impact suivantes:

- Epuisement des ressources en eau
- Epuisement des ressources fossiles
- Formation d'ozone photochimique
- Potentiel d'acidification
- Eutrophisation d'eaux douces.

Une sensibilité légèrement plus marquée est observée pour l'indicateur d'émission de particules. Une modélisation tenant compte de 75% de camions EURO V et de 25% de camions EURO VI présentera plus élevés d'1% pour cette catégorie d'impacts qu'une modélisation basée sur 25% de camions EURO V et 75% de camions EURO VI.

Cette variabilité reste cependant modérée et est jugée peu influente sur les conclusions concernant les performances relatives des options à usage unique et réemployables. De même, il est estimé que

l'évolution à venir du parc routier et des proportions de normes EURO n'affecteront pas de manière significative les conclusions de cette étude (tout du moins, tant que l'EURO VI restera l'option optimale).

6.6.2. Facteur de substitution

La détermination des valeurs du facteur de substitution (Q_s/Q_p) 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'emballage⁸.

Pour identifier l'influence qu'auraient des écarts pratiques aux valeurs modélisées, une variabilité a été appliquée sur le facteur de substitution de tous les matériaux modélisés pour l'emballage primaire, le système de fermeture, et l'emballage de regroupement du scénario 1 (verre, carton, aluminium, acier, PEhd), selon une distribution uniforme aléatoire bornée arbitrairement entre 0.8 et 1 (1 étant considéré comme valeur maximale technique, et 0.8 comme un cas de substitution peu optimal du matériau vierge lors du recyclage).

L'option à usage unique du scénario 1 a été utilisée comme base de cette analyse. Il est en effet considéré que l'influence du facteur de substitution sera plus marquée sur une solution à usage unique, du fait de l'amortissement des impacts de la phase de production et de la phase de fin de vie lors d'une situation de réemploi. Les valeurs de cas illustratifs ont été considérés pour cette analyse, afin de restreindre la sensibilité des résultats à la variation du facteur de substitution.

Les résultats liés à cette analyse sont présentés en [Figure 74](#) et en [Figure 75](#).

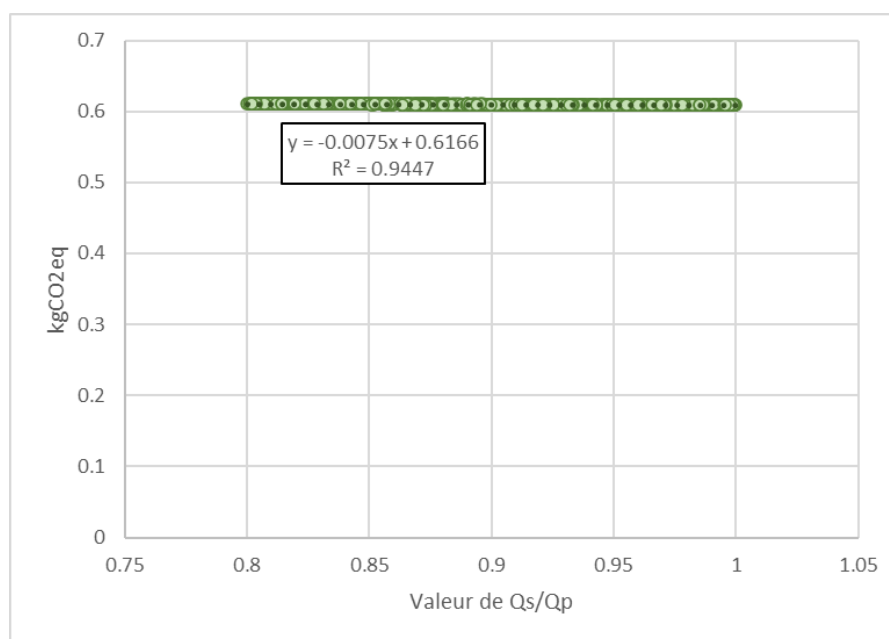


Figure 74 : Sensibilité des résultats pour l'option à usage unique du scénario 1 à une variation du facteur de substitution pour les matériaux d'emballages primaire et de regroupement – Changement climatique

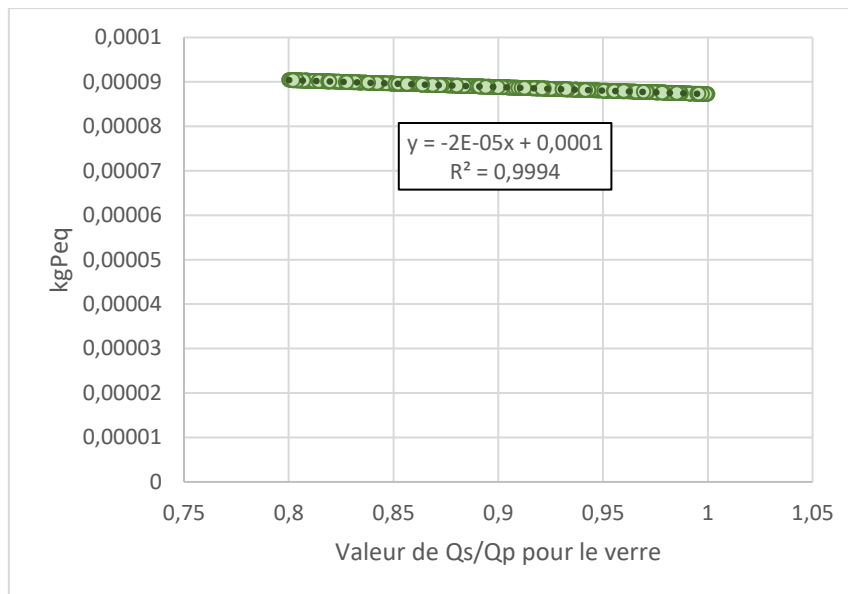


Figure 75 : Sensibilité des résultats pour l'option à usage unique du scénario 1 à une variation du facteur de substitution pour les matériaux d'emballages primaire et de regroupement – Eutrophisation d'eaux douces

La sensibilité des résultats à une variation du facteur de substitution considéré pour les matériaux d'emballages est faible et jugée **négligeable** pour l'indicateur de changement climatique. Cette tendance est par rapport commune aux catégories d'impact suivantes:

- Formation d'ozone photochimique
- Epuisement des ressources fossiles
- Epuisement des ressources en eau
- Potentiel d'acidification
- Emission de particules

La sensibilité des contributions de l'option à usage unique à une variation du facteur de substitution est toutefois **légèrement plus marquée pour l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces**. Les impacts totaux de cette solution d'emballage sont **3.5%** plus élevés lorsqu'un facteur de substitution de 0.8 est considéré, plutôt qu'un facteur d'une valeur 1.

6.6.3. Facteur d'allocation des impacts du recyclage

Dans une approche similaire à celle effectuée pour le facteur de substitution, 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'emballages⁸, 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.

Une variabilité aléatoire selon une distribution uniforme bornée **entre 0 et 1** a donc été appliquée pour ce facteur d'allocation, et ce pour tous les matériaux modélisés pour l'emballage primaire, le système de fermeture, et l'emballage de regroupement du scénario 1 (verre, carton, aluminium, acier, PEhd).

L'option à usage unique du scénario 1 a été utilisée comme base de cette analyse. Il est en effet considéré que l'influence du facteur d'allocation sera plus marquée sur une solution à usage unique, du fait de l'amortissement des impacts de la phase de production et de la phase de fin de vie lors d'une situation de réemploi. Les valeurs de cas illustratifs ont été considérés pour cette analyse, afin de restreindre la sensibilité des résultats à la variation du facteur d'allocation.

Les résultats liés à cette analyse sont présentés en [Figure 76](#) et en [Figure 77](#).

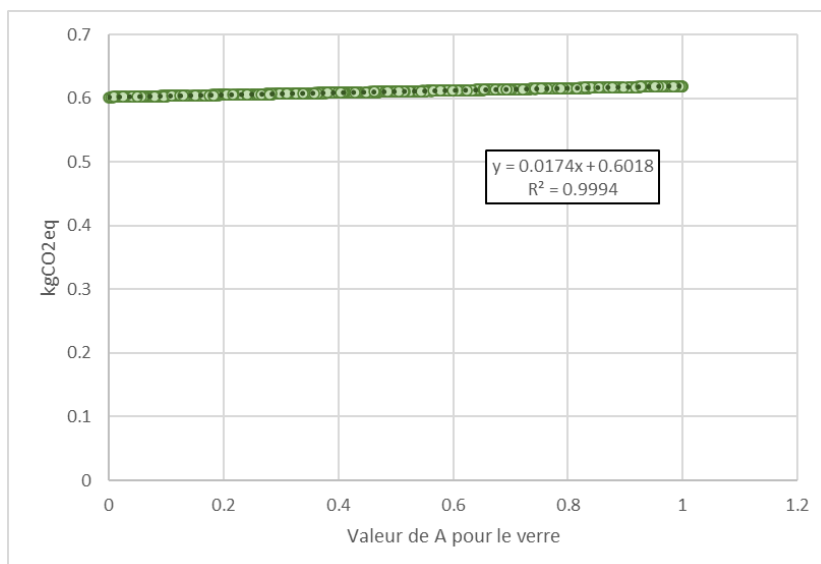


Figure 76 : Sensibilité des résultats pour l'option à usage unique du scénario 1 à une variation du facteur A pour les matériaux d'emballages primaire et de regroupement – Changement climatique

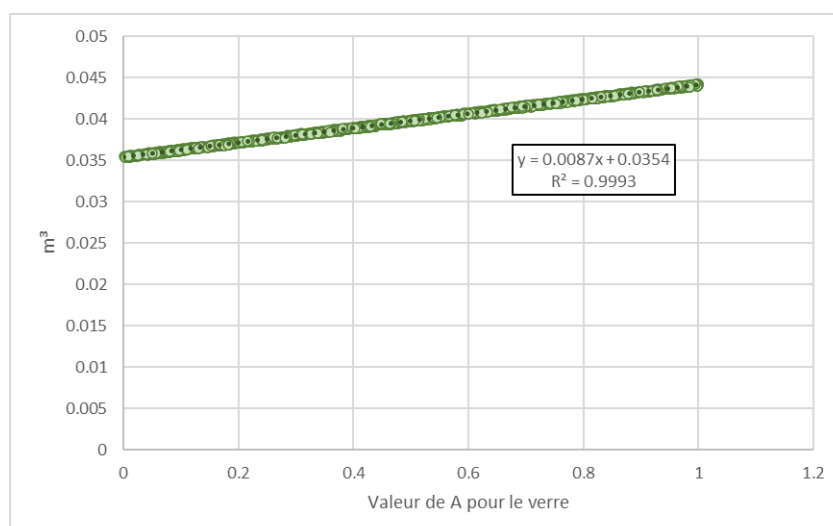


Figure 77 : Sensibilité des résultats pour l'option à usage unique du scénario 1 à une variation du facteur A pour les matériaux d'emballages primaire et de regroupement – Epuisement des ressources en eau

Une variation du facteur d'allocation A a un **impact modéré** sur les performances de l'option à usage unique à l'égard de l'indicateur de changement climatique. Une variation de 0.5 à 0 mène à une différence négative de 1.7% dans les contributions à cette catégorie d'impacts.

Cette sensibilité est toutefois **marquée pour la catégorie d'épuisement des ressources en eau**, pour laquelle cette même variation mène à une réduction d'impacts de 9.75%.

Il est estimé à dire d'expert que ces considérations méthodologiques **ne remettraient pas en question les performances relatives générales de l'option à usage unique et de l'option réemployable à l'égard de la majorité des catégories d'impacts**, telles qu'évaluées dans cette étude. Il est néanmoins possible que les valeurs de certains points de bascule identifiés aient été légèrement différentes si d'autres valeurs étaient considérées pour le facteur d'allocation.

L'influence de ce paramètre sur les résultats associés à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau renforce cependant l'incertitude relative autour des conclusions qui sont tirées pour cette catégorie d'impacts. L'utilisation d'une valeur de 0.2 pour le verre telle que préconisée par l'Annexe C du PEF²⁶⁹²⁴ pourrait notamment renforcer l'avantage relatif de l'option à usage unique par rapport à l'option réemployable, observée au sein de certains scénarios et pour certaines situations spécifiques.

6.6.4. Taux de trajet à vide

Toujours dans l'optique d'évaluer l'influence de choix méthodologiques structurants (notamment recommandés par le Cadre de Référence ADEME), la sensibilité des résultats à la valeur de taux de trajet à vide choisie a été évaluée.

Cette valeur (dont le rôle et le fonctionnement sont décrits au point 4.3.1) est **fixée à 0.2 (ou 20%)** dans le cadre de cette étude. Une variation aléatoire uniforme **entre 0 et 0.2** a été considérée pour cette analyse de sensibilité, spécifiquement pour les trajets de distribution amont (site de remplissage vers centre de distribution) et aval (centre de distribution vers point de vente).

Cette analyse de sensibilité a été réalisée pour l'option réemployable du scénario 1. Les valeurs de cas illustratif ont été utilisées pour ce calcul, et le nombre d'utilisations considéré était de 5, pour représenter une situation de réemploi intermédiaire et réaliste.

Les tendances liées à cette analyse de sensibilité sont présentées en [Figure 78](#).

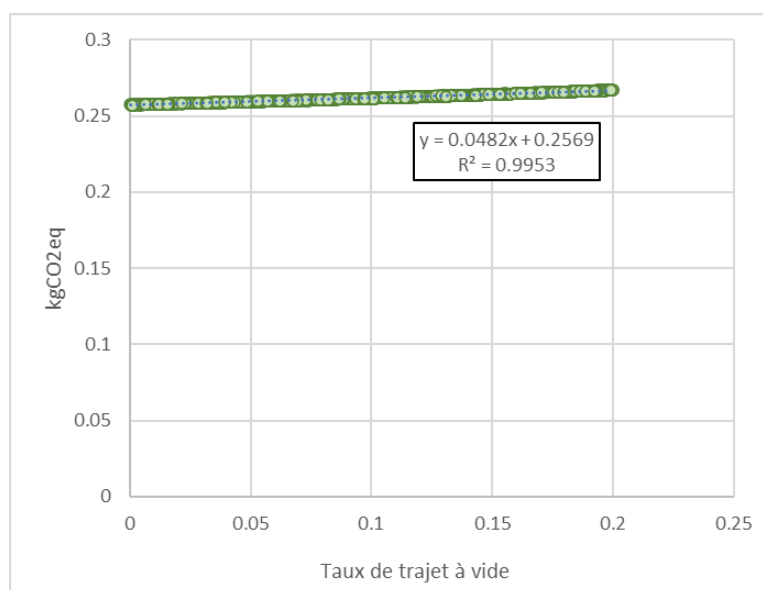


Figure 78 Sensibilité des résultats pour l'option réemployable (cas illustratif à 5 utilisations) du scénario 1 à une variation du taux de trajet à vide pour les transports de distribution du produit emballé – Changement climatique

La sensibilité des contributions à une variation du taux de trajet retour pour l'indicateur de changement climatique est modérée. Un taux de trajet à vide fixé à 0 plutôt qu'à 0.2 (impliquant l'absence d'impacts alloués à un trajet retour à vide des camions lors de la distribution des produits emballés) suppose une réduction des impacts de 2.4%. Une tendance similaire est observée pour l'indicateur d'émission de particules.

L'influence de ce paramètre sur les contributions de l'option à usage unique du scénario 1 pour les 5 autres catégories d'impact principales est toutefois **très faible et jugée négligeable**.

6.6.5. Proportion de transport urbain

La proportion de transport urbain fixée pour les différents trajets modélisés dans cette étude (voir section 4.4.1.5.2) 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 influencer 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.

A cet égard une variation de la proportion de transport urbain a été considérée selon une distribution aléatoire uniforme bornée **entre 0% et 50%**, appliquée de même manière aux trajets entre site de remplissage et centre de distribution, et entre centre de distribution et point de vente. 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, 80% de celle-ci étant alloués au transport via voies rapides, et 20% étant alloués au transport rural.

Cette analyse de sensibilité a été réalisée pour l'option réemployable du scénario 1, plus sensible à des changements de modélisation des étapes logistiques que son alternative à usage unique. Les valeurs de cas illustratif ont été utilisées pour ce calcul, et le nombre d'utilisations considéré était de 5, pour représenter une situation de réemploi intermédiaire et réaliste.

Les résultats de cette analyse sont présentés en [Figure 79](#) et en [Figure 80](#).

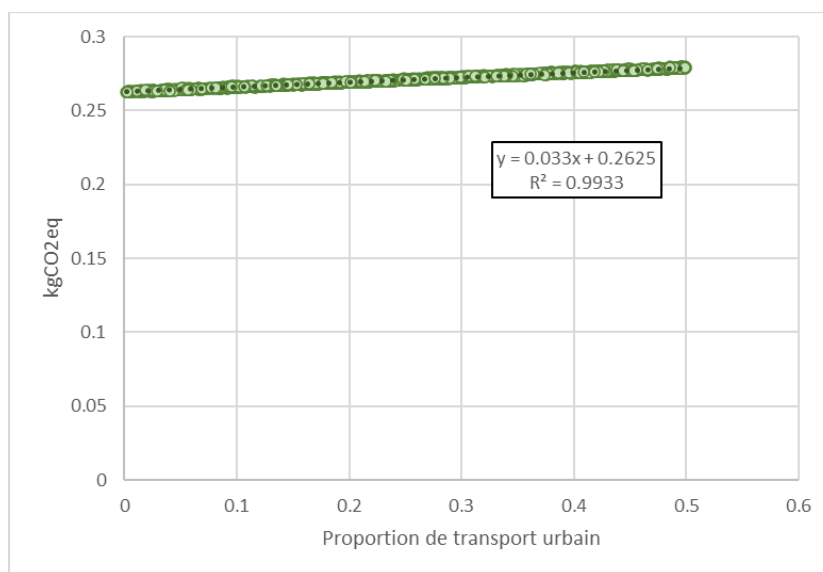


Figure 79 : Sensibilité des résultats pour l'option réemployable (cas illustratif à 5 utilisations) du scénario 1 à une variation du taux de transport urbain pour les étapes de distribution et de retour – Changement climatique

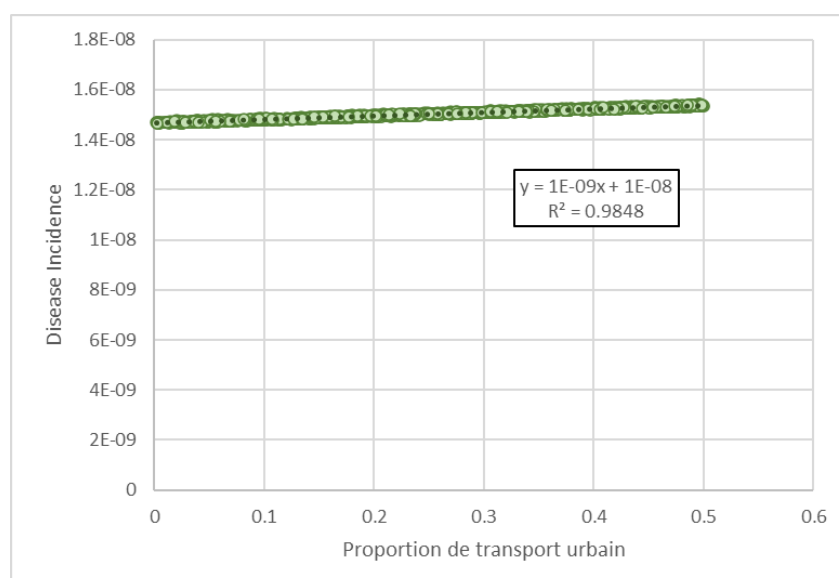


Figure 80 : Sensibilité des résultats pour l'option réemployable (cas illustratif à 5 utilisations) du scénario 1 à une variation du taux de transport urbain pour les étapes de distribution et de retour – Emission de particules

Les résultats liés à l'option réemployable du scénario 1 (pour 5 utilisations) montrent une sensibilité **significative** à une évolution du taux de transport urbain entre 0% et 50%. Une unité fonctionnelle distribuée via 50% de transport en milieu urbain aura des impacts supérieurs de 8.3% à une unité

fonctionnelle distribuée exclusivement via un transport rural et par voies rapides, pour la catégorie de changement climatique. Cette valeur est de 5% pour la catégorie d'émission de particules.

A noter, cette sensibilité est proportionnelle au nombre d'utilisations considéré, du fait que le réemploi de l'emballage primaire amortisse l'impact relatif de sa phase de production, et qu'elle augmente la contribution relative des étapes logistiques aux impacts totaux. La sensibilité de l'option réemployable à la valeur fixée pour le taux de transport urbain est donc **plus modérée pour des faibles nombres d'utilisations**.

Or, pour les catégories d'impact particulièrement sensibles au taux de transport urbain (changement climatique et émission de particules notamment), les points de bascule à partir desquels l'option réemployable des différents scénarios est plus avantageuse que l'option analogue à usage unique correspondent à des nombres d'utilisations faibles. Il est donc considéré à dire d'expert qu'une autre valeur fixée pour la proportion de transport urbain (surtout si celle-ci a pour vocation d'être plus réaliste que les bornes considérées pour cette analyse de sensibilité) **ne mènerait pas à des changements de conclusions quant aux performances relatives des solutions réemployables et à usage unique** considérées dans cette étude.

6.6.6. Scénario de désoptimisation des taux de chargement

Dans la modélisation des taux de chargement associés au transport des emballages remplis (étape de distribution aller) et vides (retour des contenants pour l'option réemployable et transport des emballages en fin de vie), un facteur de désoptimisation a été considéré pour plafonner le taux de chargement volumique des camions, traduisant de certaines réalités de terrain rendant souvent impossible l'atteinte du taux de chargement maximal (voir section 4.4.1.2.2).

Pour certains de ces trajets, deux cas de figure ont été considérés quant à l'élaboration des valeurs plafonnant les taux de chargement : un cas réaliste ou moyen, et un cas particulièrement désoptimisé. Ces deux cas faisaient l'objet d'une distribution aléatoire discrète corrélée entre les différentes étapes de transport. Ainsi, pour une itération de calcul donnée, tous les trajets étaient soumis au facteur de désoptimisation le plus élevé, ou au facteur le plus bas.

- Sous-scénario moyen :
 - o Taux de chargement volumique du trajet "usine-centre de distribution" plafonné à **95%**
 - o Taux de chargement volumique du trajet "centre de distribution-retail" plafonné à **85%**, pour les trajets effectués en camions 14t et 7.5t
- Sous-scénario désoptimisé :
 - o Taux de chargement volumique du trajet "usine-centre de distribution" plafonné à **50%**
 - o Taux de chargement volumique du trajet "centre de distribution-retail" plafonné à **70%**, pour les trajets effectués en camions 14t et 7.5t

L'influence sur les contributions totales du cas de désoptimisation modélisé peut-être appréciée via l'analyse des résultats selon la répartition discrète des facteurs de désoptimisation, donc du cas de figure envisagé pour chaque itération (moyen, ou très désoptimisé). L'option réemployable du scénario 2 est analysée, jugée potentiellement plus sensible à cette désoptimisation (du fait de la considération d'un emballage de regroupement présentant un ratio volumique élevé, et d'une distribution aux particuliers, plus affectée par le facteur de désoptimisation, cf Tableau 18).

Premièrement, il est à noter que la sous-scénarisation aléatoire discrète de la désoptimisation a fait l'objet d'une analyse d'influence, au même titre que les paramètres influents évoqués dans la présentation des résultats du scénario 2, au point 6.2.1.1. **Ce facteur n'a pas été identifié comme étant un paramètre influençant significativement les contributions de l'option réemployable aux catégories d'impact**, lorsqu'une variation du nombre d'utilisations, des masses d'emballages, et des distances de transport est considérée parallèlement (ces paramètres ayant une influence plus notable sur les résultats).

Deuxièmement et néanmoins, le surplus d'impacts à l'égard de la catégorie de changement climatique lorsque le sous-scénario désoptimisé est considéré est de :

- **12%** pour 5 utilisations de l'emballage primaire réemployable
- **17%** pour 20 utilisations de l'emballage primaire réemployable

Le changement de ce paramètre mène à lui seul à un surplus d'impact notable pour l'option réemployable (ne menant toutefois pas à un avantage plus marqué de l'option à usage unique).

Les deux cas de figure sont toutefois bien pris en compte dans la modélisation effectuée, au travers de la distribution discrète équivalente (50-50) entre les deux sous-scénarios qui permet d'assurer leur représentation dans les contributions finales. Les points/zones de basculement identifiés pour les différents scénarios et les conclusions qui en sont tirées s'appliquent donc aux deux sous-scénarios de désoptimisation.

6.6.7. Utilisation de gaz naturel lors du lavage industriel

Comme explicité au point 4.5.2, 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 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:

$$\text{Consommation de gaz naturel (MJ)} = \text{consommation électrique (kWh)} \times 3.6$$

Une distribution aléatoire uniforme variant de 0 à 100% a été appliquée, permettant de faire varier la modélisation entre les deux consommations fixées. Ainsi, pour une valeur de 100% , une modélisation exclusivement basée sur la consommation de gaz naturel est considérée (tenant compte de la valeur de consommation reprise ci-dessus). Pour une valeur de 0%, une consommation exclusivement électrique est modélisée.

Cette analyse de sensibilité a été réalisée sur les résultats associés à l'option réemployable du scénario 1 (pour 20 utilisations) et est présentée dans la [Figure 81](#), la [Figure 82](#) et la [Figure 83](#).

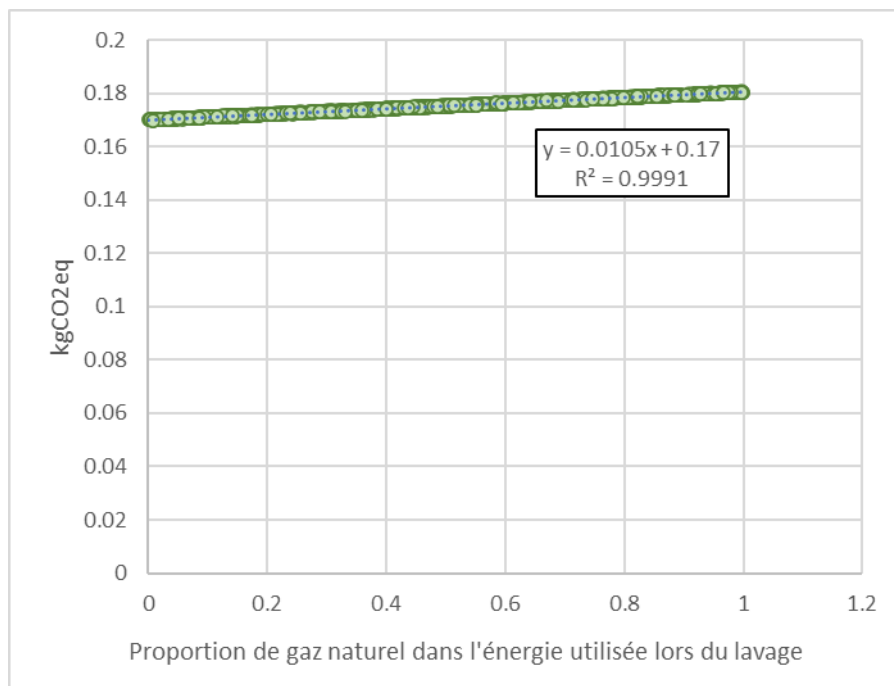


Figure 81 : Sensibilité des résultats pour l'option réemployable (cas illustratif à 20 utilisations) du scénario 1 au chauffage de l'eau via gaz naturel – Changement climatique

La Figure 81 montre que le choix de la méthode de chauffage de l'eau lors du processus de lavage industriel **influence la contribution totale à de l'option réemployable** (pour 20 utilisations) **à la catégorie d'impacts de changement climatique**. Une modélisation tenant compte exclusivement de l'usage de gaz naturel implique un surplus d'impact de 6.4% pour cet indicateur par rapport à la modélisation de base considérée dans cette étude, qui tient compte uniquement d'une consommation électrique.

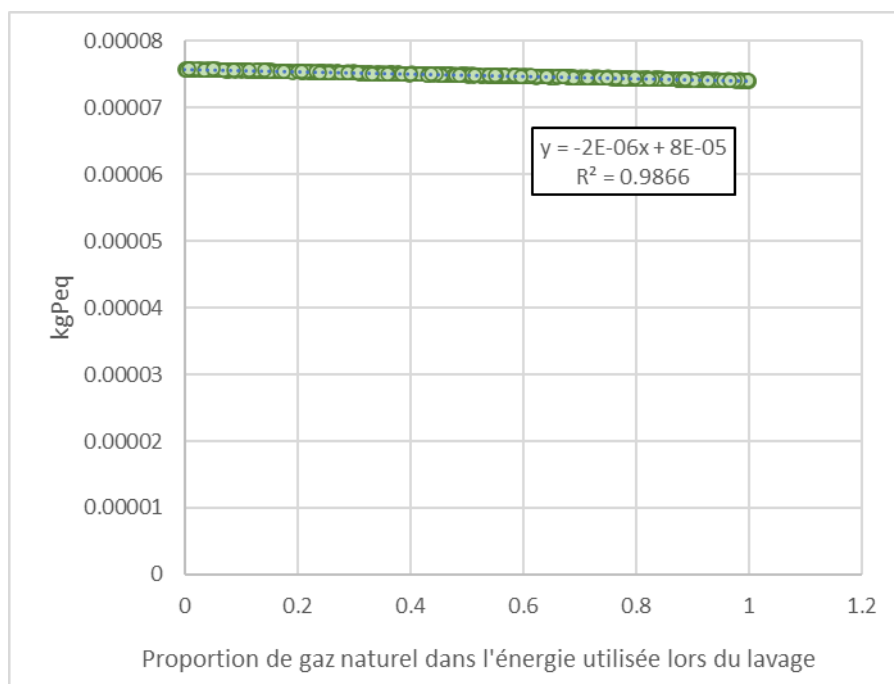


Figure 82 : Sensibilité des résultats pour l'option réemployable (cas illustratif à 20 utilisations) du scénario 1 au chauffage de l'eau via gaz naturel – Eutrophisation d'eaux douces

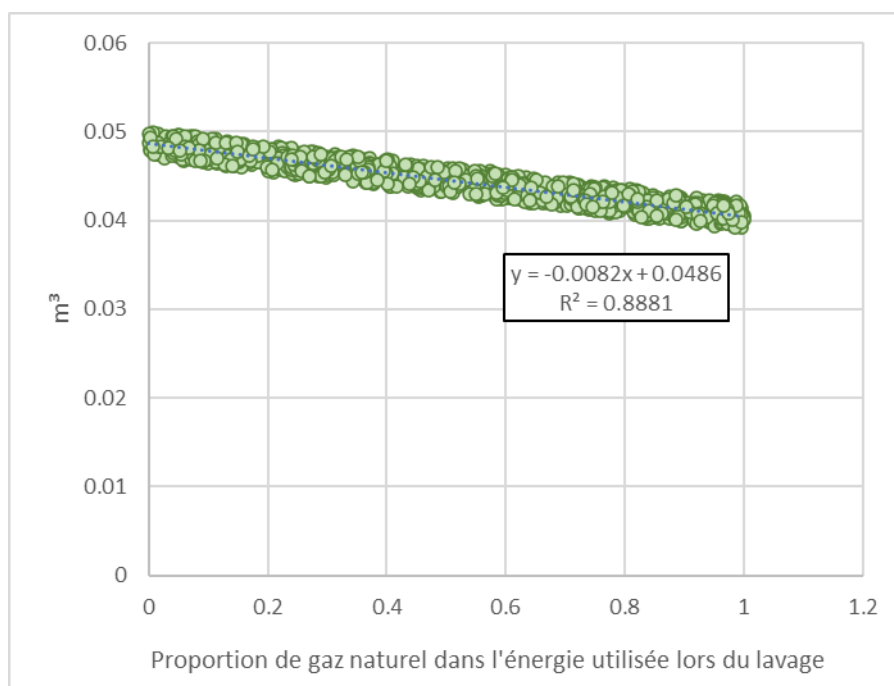


Figure 83 : Sensibilité des résultats pour l'option réemployable (cas illustratif à 20 utilisations) du scénario 1 au chauffage de l'eau via gaz naturel – Epuisement des ressources en eau

La [Figure 82](#) et la [Figure 83](#) montrent quant à elle une **diminution d'impacts** pour les catégories d'eutrophisation d'eaux douces et d'épuisement des ressources en eau lorsque la modélisation tient compte d'une consommation de gaz naturel et non d'électricité. Cette diminution représente 2.7% des impacts totaux associés à l'eutrophisation d'eaux douces et 17.7% de ceux associés à l'épuisement des ressources en eau. Cette seconde observation, significative, est liée aux impacts importants de la consommation d'électricité sur l'indicateur d'épuisement des ressources en eau, dont les contributions disparaissent lorsqu'un processus à base de gaz naturel est considéré.

7. Analyse de la qualité des données

7.1. Méthodologie

Lors de la réalisation d'une analyse du cycle de vie, la modélisation d'un processus implique 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.

Ce choix est réalisé 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 comme l'incinération auquel 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 « boîte 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.

7.1.1. 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 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 69 : 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).

$$TiR (moyen) = \frac{TiR \text{ dataset validity} + TiR \text{ reference year}}{2}$$

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
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 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 70 : 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 Environmental 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 71 : 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.

7.1.2. 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 bascule 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	+

7.2. Evaluation de la qualité des données

7.2.1. Données d'inventaire et d'arrière-plan

7.2.1.1. 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	3	1	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 72 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la production des emballages primaires et de leurs systèmes de fermeture

ICV	Inventaires sélectionnés	TiR	TeR	GR	M	C
Production des caisses en PEhd	ICV de production du PEhd	4	1	2	1	1
Production des emballages de regroupement en film PEbd	polyethylene production, low density, granulate - RER	3	2	2	1	1
	Oriented polypropylene film (Ecoprofiles Plastics Europe)	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 73 : 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 74 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la production des emballages de transport

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 75 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser les infrastructures de transport et le transport routier

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 76 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser les processus et infrastructures de lavage

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	3	2	2	1	1
	ICV de fin de vie de l'acier	2.5	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 77 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la fin de vie des emballages primaires 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	3	2	2	1	1
Fin de vie des emballages de regroupement en film PEbd	polyethylene production, low density, granulate - RER	3	2	2	1	1
	Oriented polypropylene film (Ecoprofiles Plastics Europe)	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 78 : 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	polyethylene production, low density, granulate - RER	3	2	2	1	1
	Oriented polypropylene film (Ecoprofiles Plastics Europe)	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 79 : 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 80 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la revalorisation énergétique des matériaux en fin de vie

7.2.3. Données primaires

7.2.3.1. 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 caisses réemployables en PEhd	Masse de l'emballage	+++	Gammes de valeurs
	Choix des matériaux constitutifs de l'emballage	++	Simplification occasionnelle basée sur les standards industriels
	Nombre d'utilisations de la caisse en PEhd	+++	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 81 : 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'embouteillage 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	Choix des normes EURO utilisées	++	Gammes de valeurs

considérés	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 82 : 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 83 : Evaluation de la qualité des données primaires utilisées pour caractériser les processus de lavage modélisés

8. Limites de l'étude

8.1. 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.

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 feront l'objet d'une analyse qualitative dans le cadre du volet B de l'étude.

8.2. Limites liées à l'approche de modélisation retenue

Cette évaluation est réalisée pour la situation la situation A de l'ILCD Handbook²³ « Aide à la décision basée sur le cycle de vie au niveau micro ».

Les "décisions au niveau micro" sont censées avoir des conséquences structurelles limitées et nulles en dehors du contexte de décision, c'est-à-dire qu'elles ne devraient pas modifier les moyens de production actuels. 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.

Ainsi, au regard de l'ISO 14044, il est considéré une situation C1 ("Accounting – Monitoring") 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).

8.3. Limites liées à la collecte de données

8.3.1. 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 permet idéalement à chaque acteur de se positionner et de se projeter par rapport aux résultats obtenus, au regard de sa propre situation réelle.

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).

8.3.2. Combinaisons extrêmes de valeurs

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.

A l'image de la démarche adoptée pour l'identification des points de bascule du scénario 2 (explicitée au point 6.2.1.3), il convient donc d'analyser les itérations qui peuvent mener à des changements de conclusions majeurs de l'étude, pour appréhender correctement ces instances de combinaisons extrêmes de valeurs. 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).

8.3.3. Limites liées aux données de lavage

La collecte de données spécifiques aux processus de lavage présente également un certain nombre de limites. Du fait d'un échantillonnage relativement faible quant aux jeux de données envoyés par les acteurs contactés dans les délais associés à l'étude, la robustesse des gammes de valeurs modélisées est questionnable. Cette collecte ne permet pas de statuer sur le caractère extrême ou marginal des bornes effectivement utilisées dans la construction des gammes de valeurs, par exemple pour les consommations liées au lavage. Il n'y a donc pas de certitude quant à l'inclusion au sein de ces gammes de valeurs d'une grande majorité de situations réelles, comme cela est le cas pour les masses d'emballages ou les distances de transport, par exemple. Concrètement, il est donc possible que des points de bascule associés aux consommations de lavage n'apparaissent pas dans cette étude, mais soient bel et bien d'application pour des situations réelles qui ne seraient pas couvertes via les valeurs modélisées. Il est cependant à noter qu'indépendamment du nombre 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 les données de littérature ayant pu être identifiées.

Une réflexion similaire est applicable pour les infrastructures de lavage, dont la modélisation s'est basée sur une source fiable (ACV ISO-normée) mais focalisée sur un seul équipement (voir section 4.5.2.2). Celui-ci est jugé représentatif d'une certaine diversité d'infrastructures assurant le lavage d'emballages à l'échelle industrielle. Cependant, un certain nombre de paramètres influençant notablement les impacts associés à ces infrastructures (nombre de cycles par an, durée de vie, nombre d'emballages nettoyyables par cycle) ont été fixés sur des bases théoriques. Un écart important à ces valeurs pourrait ainsi affecter la contribution réelle de ces infrastructures aux catégories d'impact. Notamment, une durée de vie trop faible ou un remplissage sub-optimal de l'équipement lors des cycles de lavage pourraient amoindrir l'amortissement de sa production au regard de l'unité fonctionnelle considérée, et mener à une augmentation des impacts générés.

La consommation d'énergie à l'étape de lavage a été modélisée avec une consommation exclusivement d'électricité (sur base des pratiques des acteurs de lavage interrogés). Néanmoins, si cette situation est représentative des acteurs de lavage dédiés, elle peut être questionnée dans le cas d'un lavage directement au site d'embouteillage chez l'industriel. Certains industriels dont les installations de lavage existantes pouvant être vieillissantes peuvent utiliser du gaz naturel à la place de l'électricité. Ce point a fait l'objet d'une analyse de sensibilité explicitée au paragraphe 6.6.7.

Enfin, 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. L'un des acteurs sollicités est spécialisé dans le lavage des bouteilles, un autre dans le lavage des barquettes de restauration, et un troisième 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 nuances 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. Il est cependant considéré que 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...).

8.4. Limites liées à la standardisation des emballages primaires

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 utilisé par plusieurs producteurs, et remplis sur plusieurs sites de remplissage).

Il est estimé que le recours à des emballages standardisés permettrait 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.

Au travers des gammes de valeurs modélisées, cette étude tient compte des impacts d'emballages standardisés et non-standardisés. 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 18) a pour but d'estimer l'influence d'un transport désoptimisé du fait d'une non-standardisation des emballages primaires. L'analyse de sensibilité explicitée au point 6.6.6 indique ce changement de paramètre mène à lui seul à un surplus d'impact notable pour l'option réemployable (ne menant toutefois pas à un avantage plus marqué de l'option à usage unique).

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.

8.5. Limites liées à la logistique modélisée

8.5.1. Stockage des emballages

Tel qu'exprimé dans le périmètre de l'étude (voir point 3.3.2.2.4), 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.

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...).

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'ADEME⁸ décrit le nombre d'utilisations des emballages comme suit:

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

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 faible ainsi qu'un taux de renouvellement élevé. L'étude ne caractérise néanmoins pas les effets spécifiquement liés à une vitesse de rotation faible (par exemple attribuable à une non-standardisation des emballages).

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 un léger surplus des impacts des solutions à usage unique et réemployables, notamment de ces dernières (du fait d'un stockage additionnel associé au transport 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.

8.5.2. 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 (voir section 4.4.1.2.2), 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.

8.6. Limites liées à la production et au remplissage des emballages

8.6.1. 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 notable des processus de production des emballages dans les années à venir, et donc des impacts qu'ils génèrent.

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. Ces questions sont particulièrement sensibles dans le contexte du volet A de cette étude qui suppose la comparaison de deux emballages en verre. Un mix électrique décarboné bénéficierait donc à l'option à usage unique, dont les contributions aux catégories d'impacts sont majoritairement représentées par sa phase de production.

8.6.2. Embouteillage des emballages

En l'absence de données industrielles attestant de telles situations, cette étude ne tient pas compte de différences éventuelles entre les processus d'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. Conclusions

L'objectif de cette étude a été de réaliser le bilan environnemental d'emballages en verre consignés pour réemploi en France, 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. Pour ce faire, une analyse de cycle de vie a été réalisée, pour étudier les impacts d'options en verre réemployable et d'options à usage unique sur base de l'unité fonctionnelle suivante :

Emballer 1L de produits alimentaires

Dix scénarios – un scénario étant une comparaison entre un emballage réemployable et son alternative à usage unique – ont donc été construits puis modélisés. L'enjeu de la construction des scénarios de chaque volet de cette étude (volets A et B) est de pouvoir dresser un bilan environnemental du verre réemployable et 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, ou une typologie logistique.** 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).

Une analyse du cycle de vie a été réalisée sur chaque scénario pour étudier les impacts de chaque option d'emballages en leur sein. Les cinq premiers scénarios considérés dans le volet A de cette étude (objet du présent rapport) sont les suivants:

- Scénario 1 : Boissons – Distribution aux particuliers - Bouteille en verre réemployée et consignée avec emballage de regroupement à usage unique vs bouteille en verre à usage unique avec emballage de regroupement à usage unique
- Scénario 2 : Boissons – Distribution aux particuliers - Bouteille en verre réemployée et consignée avec emballage de regroupement réemployé et consigné vs bouteille en verre à usage unique avec emballage de regroupement à usage unique
- Scénario 3 : Boissons – Distribution aux établissements CHR – Bouteille en verre réemployée et consignée avec emballage de regroupement réemployé et consigné vs bouteille en verre à usage unique avec emballage de regroupement à usage unique
- Scénario 4 : Boissons – Distribution aux particuliers – Bouteille en verre réemployée et consignée avec emballage de regroupement à usage unique vs bouteille en verre à usage unique avec emballage de regroupement à usage unique, distribuées aux particuliers via transport en bulk avec un conditionnement régionalisé.
- Scénario 5 : Aliments conservés et produits laitiers – Distribution aux particuliers - Pot en verre réemployé et consigné sans emballage de regroupement vs bouteilles en verre à usage unique sans emballage de regroupement, distribuées aux particuliers

Les cinq scénarios restants, spécifiques au volet B, sont présentés dans un deuxième livrable de l'étude.

9.1. Verre réemployable comparé au verre à usage unique

9.1.1. Considérations générales

L'objectif de la démarche méthodologique de cette étude est de pouvoir identifier des typologies logistiques et de produits **les plus génériques possibles, auxquelles pourront se rattacher des acteurs divers dans le cadre de prises de décisions.** A cette fin, l'un des enjeux de l'étude a été d'identifier des gammes de valeurs suffisamment larges pour être représentatives d'un grand nombre de réalités de terrain, qui auront permis d'identifier des points de bascule et de dresser une cartographie des cas de figure pour lesquels l'option réemployable est plus avantageuse que son homologue à usage unique (et vice versa).

Les gammes de valeur ont **pour vocation d'englober une grande majorité de valeurs réelles** possibles (liées par exemple à différents formats d'emballages, ou à différentes typologies logistiques) pour un paramètre donné, et pour certaines d'entre elles à représenter différentes configurations d'emballages réemployables et à usage unique **dans un futur proche** (à horizon 2025).

De fait, et parce que ce volet A considère des comparaisons pour un même matériau, ces gammes de valeur sont pour un certain nombre d'entre elles communes aux différents scénarios. Il convient cependant de souligner que les typologies logistiques associées à ces scénarios correspondent à des situations réelles qui leurs sont propres. Par exemple, sur base de données collectées lors de cette étude et de données liées à l'expertise de RDC Environment, un nombre de réemplois plus élevé est généralement observé lorsque le contenant est distribué avec un emballage de regroupement réemployable (tel que supposé dans les scénarios 2 et 3), en raison de l'incitant financier présenté par la consigne de celui-ci. De même, des nombres de réemplois plus élevés sont typiquement associés à des distributions aux réseaux CHR (tel que modélisé dans le scénario 3), du fait d'une plus grande stabilité logistique dans les mécanismes de déconsignation et de retour des emballages vides. Ces éléments n'ont pas été spécifiquement traduits dans les gammes de valeur utilisées, pour ne pas empêcher l'identification éventuelle de points de bascule clés, mais doivent être considérés à la lecture des résultats.

9.1.2. 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 8.3).

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 114](#), les bouteilles associées aux boissons fortement carbonatées (bières et sodas) présentent des **masses globalement plus importantes** que les boissons tranquilles (vin, eau, jus et soupes). Aucune valeur inférieure à **600 g/L** n'a été identifiée pour ces typologies de produits.
- Lorsque cette information était connue, une distinction a été faite lors de la collecte entre les emballages primaires destinés au réemploi ou à un usage unique (notamment pour les bières et eaux). Comme présenté en [Figure 111](#), 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, le facteur d'augmentation de masse associé au réemploi dans notre étude variait entre 0 et 20%, représentant donc une **approche conservatrice** à cet égard.
- Globalement, les bouteilles associées aux différentes typologies de produit considérées dans les scénarios 1 à 4 présentent des gammes de valeurs de masses assez larges, et ne sont pas clairement délimitées sur base de ce paramètre.
- La quasi-totalité des pots et bocaux échantillonnés présentent des valeurs de masse **inférieures à 900 g/L**, avec pour seule exception notable un bocal issu du secteur de la conserverie (un bocal de maïs) dont la masse atteignait 1.255 kg/L.

Il est rappelé au lecteur ou à la lectrice que ces données sont issues d'une collecte limitée dans le temps, et basée sur un sondage d'opportunités. A ce titre, **ces observations concernent spécifiquement l'échantillonnage réalisé dans le cadre de cette étude**, et ont pour but d'apporter un prisme de réflexion supplémentaire autour des tendances observées dans les résultats et conclusions qu'elle propose.

9.1.3. Tendances générales

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.

Cinq des sept catégories d'impacts étudiées de manière approfondie ont montré des **tendances et des résultats très similaires, et ce pour les différents scénarios considérés**. Ces catégories sont les suivantes :

- Changement climatique
- Emission de particules
- Formation d'ozone photochimique
- Acidification
- Epuisement des ressources fossiles

Pour celles-ci, les analyses comparatives réalisées sont **largement en faveur des contenants réemployables**. Ces résultats découlent de deux éléments notables :

- Les **impacts de production** élevés des contenants en verre (ainsi que de leur acheminement, vides, vers le site d'embouteillage), qui sont **amortis au fil des cycles de réemploi successifs**, et de manière d'autant plus marquée pour les premiers cycles.
- La modélisation de processus de **transport relativement optimisés** (au regard des trajets considérés et du chargement des camions), reflétant la réalité de terrain de la distribution agro-alimentaire actuelle et limitant les impacts associés aux cycles de réemploi.

Ainsi, pour ces catégories d'impact, il est observé **un avantage systématique de l'option réemployable dès sa deuxième utilisation effective, et ce pour la plupart des scénarios (à l'exception du scénario 3)**.

Le **scénario 3** présente un avantage légèrement moins marqué de l'option réemployable pour des nombres d'utilisations faibles (2 ou 3). Trois éléments jouent en défaveur de l'option réemployable pour ce scénario, par rapport à d'autres scénarios:

- Le recours à une **caisse en PEhd** en tant qu'emballage de regroupement (l'option à usage unique étant distribuée avec un emballage de regroupement en carton). La production de cette caisse suppose la mobilisation de ressources fossiles qui contribuent plus sensiblement aux 5 catégories d'impact pré-citées que la production du carton (notamment l'épuisement des ressources fossiles). Du fait de son caractère réemployable, la masse de la caisse en PEhd ramenée au litre de contenu transporté est en outre plus importante que celle de l'emballage de regroupement en carton à usage unique.
- La modélisation d'une **distribution spécifique aux établissements CHR**, qui tient compte d'un taux de transport urbain plus important, et d'un recours privilégié à des camions de petits gabarits. Ces deux éléments mènent à une consommation de diesel par cycle un peu plus élevée que pour les autres scénarios, et augmentent légèrement les impacts du transport répétés à chaque cycle de réemploi.
- Un **taux de recyclage** en fin de vie fixé à 90% pour les emballages en verre, de par un système de collecte tirant parti de la logistique d'approvisionnement des établissements CHR. Les impacts négatifs (liés aux évitements d'impacts) associés au recyclage étant amortis au fil des cycles de réemploi successifs, un taux de recyclage accru bénéficie de manière privilégiée à l'option à usage unique.

Ces différents mécanismes n'impactent les résultats que modérément cependant, et **l'option réemployable est systématiquement meilleure que l'option à usage unique dès sa 4ème utilisation pour ce scénario**, sur base de la modélisation effectuée.

De plus et comme mentionné au point **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, il est probable que les impacts supplémentaires liés à la production des caisses PEhd modélisées dans les scénarios 2 et 3 soient compensés par un taux de réemploi accru des bouteilles mais aussi des caisses elles-mêmes, du fait d'un système de consigne qui favorise le retour de caisses pleines et d'un grand nombre de bouteilles simultanément.

9.1.4. Cas particulier de l'eutrophisation d'eaux douces

Les scénarios concernant des bouteilles en verre montrent un **avantage général de l'option réemployable par rapport à l'usage unique** au regard de cette catégorie d'impacts **pour des masses d'emballages primaires supérieures à 600 g/L environ** (soit notamment toutes les bouteilles de bières et de sodas collectées dans le cadre de cette étude, voir Figure 114). A l'instar des observations reprises au point 9.1.3 pour les autres catégories d'impact, la **production de l'emballage primaire** contribue notablement à l'eutrophisation d'eaux douces. Une solution à usage unique est donc particulièrement contre-indiquée pour des emballages plus lourds, dont la production

mobilisera plus de ressources et générera plus d'impacts, tandis qu'un emballage réemployable de même masse verra ses impacts de production amortis.

La **production du carton** utilisé comme emballage de regroupement est toutefois le procédé le plus contributeur à cette catégorie d'impact. Pour cette raison, il est parfois complexe de départager les deux options d'emballage selon cette catégorie d'impacts lorsque de tels emballages de regroupement sont utilisés dans les deux cas (scénario 1 notamment). Bien que l'étude n'ait pas pour vocation première de permettre des comparaisons inter-scénarios, il est pertinent de noter que la production de carton à usage unique suppose une contribution moindre que celle des caisses PEhd à l'égard du changement climatique (et des 4 indicateurs qui s'en rapprochent), mais contribue de manière significative à l'eutrophisation d'eaux douces.

En outre, par définition, la production des emballages en carton à usage unique ne bénéficie pas d'un amortissement d'impacts de par des cycles de réemploi successifs, contrairement à ceux d'un emballage de regroupement réemployable consigné tel que la caisse en PEhd modélisée dans les scénarios 2 et 3.

L'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces est en outre sensible aux **consommations de lavage** (notamment d'électricité et de détergent), pour lesquelles des valeurs faibles peuvent mener à un avantage plus marqué de l'option réemployable.

9.1.5. Lavage et cas particulier de l'épuisement des ressources en eau

Pour un certain nombre de cas de figure, la modélisation ne permet pas d'identifier qu'une option soit plus avantageuse que l'autre, au regard de la catégorie d'épuisement des ressources en eau. Les deux situations sont cependant rencontrées, selon des contextes et combinaisons de valeurs spécifiques. L'approche générique envisagée pour cette étude et la variabilité et l'incertitude autour des paramètres modélisés (consommations de lavage notamment) compliquent néanmoins l'identification de points de bascule.

9.1.5.1. Contributions de l'étape de lavage

Pour les solutions d'emballage à usage unique, la production de l'emballage primaire en verre représente la majeure contribution à l'épuisement des ressources en eau. **Dans le cas des solutions d'emballage réemployables, l'étape de lavage** devient principale contributrice. Pour celles-ci et à partir de 5 utilisations ou plus, cette contribution correspond à :

- 37 à 39% des impacts totaux lorsqu'un emballage de regroupement en carton est impliqué (scénarios 1 et 4).
- 49 à 51% des impacts totaux en l'absence d'un emballage de regroupement en carton (scénarios 2, 3 et 5).

Les procédés de l'étape de lavage contribuant le plus aux impacts liés à l'épuisement des ressources en eau sont la **consommation d'électricité mobilisée pour chauffer l'eau de lavage, et la consommation de détergent**.

9.1.5.2. Consommation d'électricité lors du lavage

La consommation d'électricité est basée sur un **mix électrique français**, qui présente une part significative de **production d'origine nucléaire**. Cette dernière contribue typiquement de manière notable aux impacts d'épuisement des ressources en eau, de par la mobilisation d'eau nécessaire au fonctionnement des systèmes de refroidissement des centrales. L'analyse de sensibilité transversale réalisée et présentée au point 6.6.7 suggère qu'un chauffage de l'eau de lavage via du gaz naturel plutôt qu'à partir d'électricité mènerait à une réduction significative (18% environ) des contributions totales de l'option réemployable à l'épuisement des ressources en eau (déplaçant cependant une partie de ces impacts vers les catégories de changement climatique et d'épuisement de ressources fossiles, entre autres).

9.1.5.3. Consommation de détergents lors du lavage

La consommation de détergents (de rinçage et de lavage considérés indistinctement) contribue de manière notable à l'épuisement des ressources en eau de par la prise en compte dans la modélisation de **tensio-actifs éthoxylés à base d'huile de coco**. La production de ces composés suppose, lors de sa phase de production, une utilisation de grandes quantités d'eau pour permettre l'irrigation des cultures de coco. La modélisation du détergent considérée dans cette étude (explicitée au point 4.5.2) repose sur un certain nombre d'hypothèses, et sur un nombre restreint de jeux de données collectés auprès des acteurs de lavage (voir les limites de cette modélisation au point 8.3.3).

Les choix de modélisation réalisés reposent notamment sur un recours exprimé par les acteurs de lavage à des tensio-actifs d'origine végétale, dont la composition n'est pas détaillée. Une analyse de la littérature et de compositions de détergents biosourcés a cependant révélé que les tensio-actifs à base d'huile de coco et d'huile de palme étaient les plus utilisés dans de telles formulations. Les composés éthoxylés produits à partir d'huile de palme inclus dans la modélisation contribuent cependant beaucoup moins (près de 12.5 fois moins) à l'épuisement des ressources en eau.

L'incertitude autour de cette contribution dans notre modélisation est non-négligeable. De fait, la contribution des solutions d'emballage réemployable à cette catégorie d'impacts fait l'objet d'incertitudes, de même que les comparaisons entre les solutions d'emballage à usage unique et réemployables pour cet indicateur. La modélisation réalisée a cependant permis de mettre en lumière les impacts différenciés associés à différents tensio-actifs présents dans les détergents, et aux pistes d'écoconception qui y sont associées.

9.1.5.4. Consommation d'eau directe

La consommation d'eau directement utilisée lors du processus de lavage industriel **n'a pas été identifiée comme un paramètre influençant significativement les impacts des solutions d'emballage réemployable à l'épuisement des ressources en eau**. De prime abord contre-intuitive, cette observation s'explique par trois mécanismes :

- La consommation d'eau associée aux activités des acteurs de lavage spécialisés fait généralement l'objet d'attentions particulières visant à l'amoinrir, pour des raisons économiques d'une part, et d'autre part à travers l'utilisation d'équipements de lavage de plus en plus performants qui mènent à son optimisation (par exemple en favorisant la récupération des eaux de lavage, ou en permettant le lavage de plus grandes quantités d'emballages par cycle).
- La catégorie d'épuisement des ressources en eau tient compte spécifiquement d'un transfert de l'eau mobilisée d'un milieu à un autre. Cette méthode de calcul des impacts est distincte d'un calcul de la consommation nette d'eau associée à un procédé donné.
- Les impacts notables à l'égard de cette catégorie d'impacts associés à des processus en amont d'autres consommations de lavage, notamment l'électricité et les détergents, amoindrissent les contributions relatives de la consommation d'eau directe.

Par ailleurs, tenant compte des contributions totales à l'épuisement des ressources en eau des options réemployables étudiées en cas illustratifs (qui vont de 35.8 L à 52.3 L par unité fonctionnelle), cette consommation d'eau nette représente 2.9% à 4.2% du volume d'eau associée à la catégorie d'impacts, et environ 7.7% de la contribution de l'étape de lavage à cette même catégorie d'impacts.

9.2. Analyse des écarts aux études antérieures

Certaines conclusions de la présente étude peuvent présenter des écarts avec celles d'études antérieures analysant les performances de systèmes de réemploi. Ces différences ont deux origines : des choix méthodologiques et de modélisation, d'une part, et la prise en compte de l'évolution de certaines pratiques ou données industrielles, d'autre part.

9.2.1. Choix méthodologiques

9.2.1.1. Modélisation de la logistique

La modélisation du transport routier (notamment basée sur le modèle COPERT) a permis de tenir compte d'un certain nombre de données clés de logistique, notamment lors d'échanges avec des industriels ou avec des experts logisticiens. Il a ainsi été possible de réguler certains paramètres associés au transport routier avec précision pour en fixer les valeurs afin de représenter ce transport de manière actualisée, ou pour en étudier l'influence à travers des gammes de valeurs.

A ce titre, la modélisation a permis entre autres :

- De modéliser des taux de chargement massiques spécifiques aux différentes étapes de transport, sur base de gabarits de camions adaptés sur base de la cible de distribution, de la masse des emballages (voire du produit) transportés et du volume réel occupé par les emballages dans ces camions.
Cette approche a permis d'approcher avec réalisme la distribution des produits et emballages du secteur agro-alimentaire en France, et notamment les efforts d'optimisation réalisés par les distributeurs dans ce cadre (en phase avec certains impératifs économiques, notamment). A ce titre, les plages de valeur des taux de chargement massiques modélisés dans cette étude comprennent à la fois un optimum de 100% et des valeurs inférieures tenant compte d'une logistique moins optimisée. Certains inventaires Ecoinvent (par exemple de type "*transport, freight, lorry*"), régulièrement utilisés lors d'études analogues à celles-ci, tiennent compte par défaut de taux de chargement inférieurs, par exemple basés sur des moyennes calculées au départ de données du Tremove model v2.7b (datant de 2009) et de rapports EcoTransIT (datant de 2011). Le recours à des taux de chargement optimisés et en phase avec les réalités économiques associés à la grande distribution a pu mener à des impacts logistiques atténués, qui favorisent l'option réemployable dès sa deuxième utilisation.
- De tenir compte des types de routes empruntés par les camions modélisés.
Les impacts du transport diffèrent selon la vitesse moyenne du véhicule et la densité du trafic (par exemple de par la consommation de carburant par kilomètre pour différentes vitesses de déplacement, ou via les impacts associés aux freinages récurrents). La modélisation utilisée pour cette étude prend donc en considération les typologies de trajets réalisés dans le cadre de la distribution des emballages et de leur contenu, notamment de la grande proportion de voies rapides lors du transport amont (qui amoindrit les impacts générés par kilomètre pour ce trajet), ou d'un transport urbain plus marqué sur les derniers kilomètres ou lors de l'approvisionnement des établissements CHR.
- De tenir compte de l'évolution récente des normes EURO représentées dans le transport routier français (voir point 9.2.2.1)

9.2.1.2. Utilisation de gammes de valeurs

La modélisation des paramètres influents de l'étude au travers de plages de valeurs mène à des résultats dont l'interprétation diffère de celle associée à une modélisation sur base de valeurs fixes (moyennes ou médianes, par exemple). A ce titre, l'avantage relatif des options à usage unique et des options réemployables est étudié sur base d'une grande diversité de situations et sous-scénarios, voulus représentatifs de cas réels.

En ce sens, la modélisation associée aux cas illustratifs (sur laquelle a été basée l'analyse des contributions absolues des différentes options d'emballage et de leurs étapes de cycles de vie) est quant à elle basée sur l'utilisation de valeurs fixes, qui correspondent la plupart du temps à des valeurs médianes des données échantillonnées ou des gammes de valeurs utilisées. Les résultats et conclusions associés à ces cas illustratifs et à ces contributions absolues doivent donc être traités avec prudence. Ceux-ci n'ont en effet pas pour objectif de représenter fidèlement une réalité de terrain spécifique à un cas d'étude ou à une typologie de produits, comme cela a pu être le cas dans d'autres études passées traitant du réemploi d'emballages.

9.2.1.3. Utilisation de données d'inventaire sectorielles

Afin de modéliser la production de verre et de verre recyclé dans cette étude, l'utilisation d'inventaires FEVE, construits sur base de données fournies directement par les verriers, a été considérée. Malgré la validité temporelle limitée de ces inventaires (émis en 2012), les processus qui y sont modélisés sont jugés hautement fidèles à la réalité industrielle associée à la production européenne de verre.

9.2.2. Données et processus actualisés

9.2.2.1. Normes EURO

La composition du parc routier français est en perpétuelle évolution, et cette étude tient compte d'une répartition de normes EURO basée sur des données EUROSTAT (à l'échelle française), émises en 2022. Cette répartition tient compte de presque 80% de véhicules normés EURO VI, et d'une proportion très faible de camions normés EURO III et EURO IV. Comme mentionné au point 4.4.1.5.1, des données représentant le parc routier français pour l'année 2022 indiquent en outre une représentation encore plus marquée des normes EURO VI.

Etant donné les changements rapides observés pour cette répartition, il est possible que la modélisation réalisée à cet égard dans cette étude diffère d'études analogues précédentes, surtout si plusieurs années les séparent de celle-ci. L'analyse de sensibilité présentée au point 6.6.1 suggère cependant que ces différences n'influenceraient pas significativement les contributions au changement climatique, même si de légères variations pourraient être observées au regard de l'indicateur d'émission de particules.

9.2.2.2. Mise à jour des catégories d'impacts et inventaires

Mises à part certaines données d'inventaires sectorielles (notamment celles de la FEVE ou de Plastics Europe, utilisées respectivement dans le cadre de la production du verre et des plastiques), la modélisation repose principalement sur l'utilisation de données issues d'EcolInvent 3.9.1, publiées en décembre 2022. Cette modélisation tient donc compte des dernières adaptations réalisées sur les jeux de données EcolInvent, notamment à l'égard de leurs facteurs de caractérisation.

Les catégories d'impact et méthodes de caractérisation considérées dans cette étude sont par ailleurs les dernières en date recommandées par le JRC (paquet EF 3.1), au moment de la réalisation de cette étude.

Aucune analyse de sensibilité n'a été réalisée quant à l'influence que peuvent avoir ces mises à jour sur les résultats produits sur base de la modélisation effectuée. Cependant, il est possible que les impacts mesurés sur base de cette modélisation puissent différer de ceux issus de modélisations similaires, réalisées et calculées à partir de données d'inventaire ou de méthodes de caractérisation d'itérations antérieures.

9.2.2.3. Données de lavage

Les processus de lavage modélisés dans cette étude sont basés sur des données fournies par des acteurs du lavage dont l'implémentation est relativement récente, et dont l'activité est influencée par les objectifs et enjeux actuels (notamment de durabilité) associés au réemploi d'emballages. A ce titre, il est supposé que les processus de lavage modélisés correspondent à des méthodes optimisées, représentatives du secteur à l'horizon 2025. Deux éléments notables sont liés à cette observation :

- L'absence de consommations de gaz naturel dans les données envoyées : les machines de lavage des acteurs interrogés fonctionnent avec de l'électricité.
- Des consommations directes en eau lors du lavage relativement faibles, inférieures aux consommations utilisées dans des études passées sur le réemploi d'emballages pour la majorité des jeux de données collectés^{2,22}. La borne supérieure fixée dans notre modélisation (1.5 L/L) correspond à un ordre de grandeur similaire à celui des données reprises dans certaines études passées, mais la borne inférieure (0.06 L/L) est nettement plus basse. Les situations étudiées via cette gamme de valeurs correspondent donc généralement à des processus plus parcimonieux en consommation d'eau.

L'absence de gaz naturel dans la modélisation mène à des impacts moins importants du lavage, et donc des options réemployables, à l'égard du changement climatique et des catégories d'impact analogues (selon l'analyse de sensibilité présentée au point 6.6.7). L'utilisation de gaz naturel mènerait à un épuisement des ressources en eau moindre, pour autant qu'il se substitue au recours à l'électricité (dont la consommation contribue de manière significative à cet indicateur). Certaines études passées sur le réemploi considéraient des consommations de gaz naturel et d'électricité, en proportions similaires à celles considérées dans cette étude^{2,22}.

9.2.2.4. Données de recyclage

Cette étude vise à anticiper les perspectives liées au réemploi à l'horizon 2025. Dans ce cadre, les valeurs de bornes supérieures des gammes considérées dans la modélisation des taux d'incorporation de matière recyclée et des taux de recyclage correspondent majoritairement à des objectifs à cet horizon. A titre d'exemple, les plages de valeurs modélisées pour le taux de recyclage (78.7% - 90% pour la plupart des scénarios) correspondent donc à des valeurs plus importantes que les valeurs fixées dans des études passées sur le réemploi (70%²² ou 73.5%²).

L'influence de ces paramètres est plus nette pour les options à usage unique ou pour des nombres faibles d'utilisations, les impacts de la production et de la fin de vie étant amortis à chaque cycle. Il est donc possible que ces considérations amoindrissent les contributions absolues aux catégories d'impact de la production et de la fin de vie des emballages pour ces cas de figure. Il est cependant estimé que ces différences n'aient pas influence significativement l'apparition ou non de points de bascule entre les deux solutions d'emballage, et pour quelles valeurs.

9.3. Processus contributeurs et pistes d'écoconception

Cette section a pour but de revenir sur les **processus et paramètres contribuant de manière significative aux impacts des options réemployables et à usage unique** étudiées au sein des différents scénarios, et de déterminer de quelle manière ils affectent le potentiel environnemental du réemploi, en mettant en perspective les résultats obtenus au regard de certaines réalités industrielles.

9.3.1. Nombre d'utilisations de l'emballage primaire réemployable

Le nombre d'utilisations de la solution d'emballage réemployable est l'un des principaux paramètres influençant les comparaisons entre options réemployables et à usage unique.

Son influence est notamment extrêmement marquée pour des nombres d'utilisations modérés, jusqu'à 7 à 10 utilisations selon les scénarios, au-delà desquels la masse de l'emballage primaire devient le paramètre influençant principalement les comparaisons (voir point 0). Tel qu'explicité dans le rapport le nombre d'utilisations permet d'amortir les impacts de la production de l'emballage et de la fin de vie, en les répartissant sur plusieurs cycles de réemploi pour un même emballage (et donc plusieurs unités fonctionnelles).

Pour la majorité des scénarios étudiés (à l'exception du scénario 3), l'option réemployable est plus performante que l'option à usage unique dès sa deuxième utilisation, à l'égard de 5 des 7 catégories d'impact étudiées en détail (dont le changement climatique). Cette conclusion n'est cependant pas une invitation pour les industriels à ne pas optimiser le taux de réemploi de leur solution d'emballage, ses impacts environnementaux étant directement liés au nombre de cycles de réemploi qu'elle assurera et s'amoindrissant au fur et à mesure des cycles de réemploi successifs.

Par ailleurs **certains cas de figure spécifiques pourraient mener ponctuellement à des performances moindres du réemploi pour des nombres d'utilisations faibles** (par exemple 2 voire 3). Ces cas de figure peuvent correspondre à une conjonction de paramètres extrêmes, tels qu'un transport sous-optimisé (notamment si le remplissage du camion est compliqué par des questions de demandes ou d'approvisionnement), des distances de distribution particulièrement longues et présentant une proportion notable de transport urbain sur leurs derniers kilomètres (par exemple pour une distribution aux CHR), et des masses d'emballages élevées.

Il convient donc de tout mettre en œuvre pour **assurer un taux de réemploi suffisant pour anticiper ces cas extrêmes, mais aussi pour éviter autant que possible les impacts liés à la production et l'approvisionnement d'emballages primaires supplémentaires.**

9.3.2. Masse de l'emballage primaire

La masse de l'emballage primaire représente l'un des paramètres influençant le plus les comparaisons entre solutions réemployables et usage unique, notamment de par son **influence très marquée sur les performances de l'option à usage unique**. Les impacts de la production de l'emballage sont en effet directement corrélés à sa masse, de par la mobilisation de ressources qu'elle implique. D'autre part, une masse d'emballage plus élevée alourdira les impacts associés au transport, à volume égal.

L'augmentation de masse associée au réemploi de solutions d'emballage est fréquemment discutée dans le cadre de l'évaluation des déplacements d'impacts associés au réemploi. La présente étude révèle cependant **qu'à l'égard de 5 des 7 catégories d'impacts étudiées (y compris le changement climatique) et pour la majorité des scénarios considérés, le réemploi est favorable pour toutes les masses modélisées, et ce malgré l'augmentation de masse appliquée sur les options réemployables (allant jusqu'à 20%)**.

Des points de bascule identifiés pour certains scénarios (notamment le 3, voir point 6.3.1.3) évoquent un avantage de l'option réemployable au-delà d'une certaine masse. Cette observation est à placer dans le contexte d'une perspective de transition vers le réemploi. En toute logique, elle n'implique pas qu'une solution d'emballage réemployable doit être lourde pour être plus performante. Elle suppose cependant qu'une transition vers le réemploi est particulièrement indiquée pour des emballages à usage unique de masse plus lourde, pour lesquels les bénéfices associés au réemploi seront notables dès la deuxième utilisation. Les résultats sous-tendent par ailleurs qu'une transition vers le réemploi est également favorable pour des emballages plus légers, mais qu'un bénéfice environnemental net par rapport à l'usage unique est observé après un nombre d'utilisations légèrement plus élevé (globalement dès la 4ème utilisation). Par ailleurs, comme énoncé précédemment, il est intéressant de noter que l'analyse des valeurs de masse échantillonnées montre sur cet échantillon que les masses ne diffèrent pas de manière significative entre le réemploi et l'usage unique, pour une typologie de produit considérée.

Ces considérations couplées aux conclusions formulées sur l'augmentation de masse liée au réemploi supposent que **la masse d'un emballage primaire en verre à usage unique n'influence pas la pertinence d'une transition vers une solution réemployable**. Elles sous-tendent en outre **qu'un taux de réemploi légèrement plus important est nécessaire pour qu'un avantage net soit observé en situation de réemploi**. Ces valeurs seuil sont cependant assez basses, et comme évoqué au point 9.3.1, les acteurs industriels sont encouragés à optimiser le nombre de cycles de réemploi effectués quelle que soit la valeur prise par la masse de l'emballage primaire.

9.3.3. Nature et dimensionnement des emballages de regroupement

Dans le volet A de cette étude, deux typologies d'emballages de regroupement principales ont été modélisées et étudiées pour la distribution de bouteilles : des emballages à usage unique en carton (comprenant des cartonnettes, petits cartons de regroupement, et caisses en carton), et des caisses en PEhd réemployables et consignées permettant.

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 **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). Il est à noter qu'indépendamment de l'UF étudiée dans cette étude et à l'échelle des impacts propres à la caisse en PEhd, son taux de réemploi permet d'amortir significativement les impacts liés à sa production, et les conclusions générales reprises au point 9.3.1 s'appliquent donc également pour cette caisse.

Le recours à un emballage en carton à usage unique contribue significativement à l'épuisement des ressources en eau et à l'eutrophisation d'eaux douces, et ce pour chaque cycle de réemploi de l'emballage primaire, qui implique la production d'un nouvel emballage de regroupement. Du fait de sa production et d'un ratio volumique plus important, l'utilisation d'une caisse en PEhd contribue quant à elle plus significativement 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.

Il est estimé que cet amortissement couplé à l'influence positive d'une caisse consignée sur le taux de réemploi de l'emballage primaire mènerait à de meilleures performances de l'option réemployable à l'égard des différentes catégories d'impact étudiées lorsqu'une caisse en PEhd est utilisée.

Toutefois, dans le cadre de l'utilisation d'un emballage de regroupement à usage unique en carton, une réduction de la masse de cet emballage permet d'en atténuer significativement les impacts.

Les performances environnementales associées au recours à une caisse en PEhd sont quant à elles fortement favorisées par un ratio volumique (volume occupé par la caisse/volume de produit transporté) faible, par une distance d'approvisionnement plus faible vers le site de conditionnement avant le remplissage de la caisse, et par un nombre d'utilisations important de la caisse (via un système de consigne efficace).

9.3.4. Distances de transport

Dans le cadre d'études évaluant les performances du réemploi, les distances de transport sont (à juste titre) généralement considérées comme influençant significativement les tendances observées. Dans notre étude et dans le cadre du volet A (qui concerne une comparaison verre-verre), d'autres paramètres conditionnent d'avantage les comparaisons entre réemploi et usage unique, notamment le nombre d'utilisations et la masse de l'emballage primaire. Ces paramètres sont notamment évoqués au travers des tableaux reprenant les paramètres influents liés à chaque scénario, dans la section 6.

Cependant, l'influence des données de transport (notamment les distances) sur les impacts des deux solutions d'emballage est bel et bien **notable et significative**. De plus, l'influence du transport sur les performances de l'option réemployable est plus marquée pour des nombres d'utilisations plus élevés (l'impact relatif du transport étant alors plus important), situations pour lesquelles l'avantage du réemploi est déjà net dans ce volet de l'étude et n'amène donc pas à des points de bascule entre options.

Les résultats de l'étude suggèrent toutefois que **passée la deuxième utilisation de l'emballage primaire, le réemploi est globalement favorable pour toutes les distances de transport considérées**. Une distance de distribution élevée n'est donc pas dissuasive dans le cadre de la mise en place de solutions de réemploi (pour autant que les différentes hypothèses de l'étude quant à l'optimisation de la logistique de transport soient respectées en situations réelles dans la limite des plages de valeurs prises en compte).

Un certain nombre de variables logistiques influençant les performances du réemploi ne représentent pas 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, et les types de routes employés sont majoritairement cadrés par des contraintes économiques ou physiques.

Il est cependant pertinent de considérer certains leviers qui permettraient à l'échelle industrielle d'amoindrir les impacts liés au transport des emballages. Ceux-ci sont, entre autres:

- Le recours à des emballages standardisés. Bien qu'il n'ait pas été effectué d'étude approfondie et quantitative des impacts de la standardisation des emballages sur les résultats, celle-ci permettrait:
 - o D'amoindrir les distances de transport en permettant un réemploi professionnel des emballages à une échelle régionale
 - o D'optimiser les taux de réemploi en fluidifiant la récupération des emballages et en limitant les effets de stocks stagnants
 - o D'optimiser les taux de chargement de camions en évitant les transports dédiés (potentiellement sous-optimisés) liés à un format d'emballage primaire spécifique.
- L'optimisation des ratios volumiques des emballages qui limitent le chargement des camions (bien souvent il s'agit des emballages de regroupement). Un ratio volumique plus faible par emballage de regroupement 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.

En outre, d'après les résultats associés au scénario 4 de cette étude, le recours à un transport en bulk/camion-citerne sur une partie de la distance de distribution pour permettre un embouteillage et une distribution régionaux (et donc une distance plus faible parcourue par les emballages en verre) permet d'atténuer les impacts liés au transport et joue en faveur du réemploi. Cette étude n'a toutefois pas eu pour vocation de modéliser finement le transport en bulk du produit (n'étant pas directement lié à l'unité fonctionnelle étudiée), et l'absence de déplacements d'impacts à cet égard n'a donc pas été vérifiée.

9.3.5. Processus de lavage

Les impacts liés à l'étape de lavage industriel sont les **principaux contributeurs à la catégorie d'épuisement de la ressource en eau**, notamment les consommations d'électricité et de détergent (les mécanismes derrière ces contributions sont repris au point 9.1.5).

Les **incertitudes** autour des consommations de lavage ne permettent pas de statuer de manière systématique sur les performances relatives du réemploi et de l'usage unique sur l'épuisement des ressources en eau, pour des processus de lavage actualisés et représentatifs de l'horizon 2025. Les résultats permettent cependant d'aboutir à certains enrichissements sur les perspectives liées au réemploi.

D'une part, **limiter la consommation électrique associée au chauffage de l'eau** lors du lavage permet d'aboutir à une réduction significative des impacts de l'option réemployable à l'égard de l'épuisement des ressources en eau. 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.

D'autre part, la **consommation mais surtout la composition du détergent** considéré lors du lavage (pour le rinçage ou pour le lavage lui-même) joue un rôle notable sur les contributions à certaines catégories d'impacts, notamment l'épuisement de la ressource en eau. L'inclusion dans la composition de ce détergent de composés éthoxylés d'origine végétale faisant office de tensio-actifs peut, selon leur provenance, influencer les impacts associés aux processus de lavage. A ce titre et tenant compte des deux tensio-actifs végétaux estimés comme étant les plus utilisés, il apparaît que l'utilisation de composés produits à base d'huile de palme mènent à une contribution moindre à l'épuisement des ressources en eau que des composés à base d'huile de coco. Cette observation s'explique par des besoins en irrigation différenciés des cultures impliquées dans la production de ces composés.

Les facteurs caractérisant l'efficacité (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.

Le fait que la consommation d'eau directe liée au lavage ne soit pas soulignée par l'étude comme étant un contributeur majeur de l'étape du lavage ne doit pas dispenser à poursuivre les efforts sectoriels réalisés à cet égard. L'influence faible de ce paramètre sur les résultats générés est partiellement due à des consommations modélisées relativement faibles également, traduisant de processus de lavage optimisés. Cette consommation doit donc rester un point d'attention dans le cadre de la mise en place d'initiatives de réemploi. Par ailleurs, les calculs et impacts réalisés ne tiennent pas compte de situations de disponibilité en eau instable ou faible, et la mise en place de systèmes de lavage assurant une consommation d'eau la plus basse possible permet de prévenir les impacts alourdis du fait de telles situations.

Les limites liées à la modélisation du lavage dans cette étude (explicitées en section 8.3.3) sont par ailleurs rappelées au lecteur ou à la lectrice, en vue de mettre en perspective les éléments repris dans cette section.

9.3.6. Systèmes de fermeture

Les systèmes de fermeture hybrides modélisés pour les bouteilles (à base d'acier, d'aluminium, de liège et de PEhd) ne contribuent pas de manière significative aux impacts associés à l'unité fonctionnelle. A masse égale, il a cependant été noté une contribution plus importante à la plupart des catégories d'impact (notamment l'épuisement de la ressource en eau) de la fraction modélisée en aluminium. Tenant compte d'éventuels impératifs techniques, logistiques ou réglementaires influençant le choix du système de fermeture, il est donc pertinent pour les acteurs industriels d'évaluer la nécessité ou non d'avoir recours à des bouchons en aluminium plutôt qu'à d'autres systèmes de fermeture de fonctions équivalentes. Il est toutefois rappelé que les impacts de l'embouteillage ne sont pas modélisés, et que des impacts différenciés selon les systèmes de fermeture considérés seraient donc à prendre en compte lors d'une éventuelle prise de décision.

Les contributions du système de fermeture aux différentes catégories d'impact sont plus marquées dans le cas du scénario 5, qui concerne les pots et bocaux fermés avec un couvercle en acier. Cette différence vient principalement de la masse des systèmes de fermeture modélisés, accrue du fait de l'embouchure plus importante des pots et bocaux par rapport aux goulots de bouteilles. A ce titre et en l'absence de la réalisation d'analyses comparatives avec d'autres systèmes de fermetures pour ces emballages primaires, la perspective d'un réemploi jumelé des pots et bocaux et de leur système de fermeture (par exemple au travers d'un système de consignation commun) est ainsi à considérer. Celle-ci éviterait les impacts associés à la production d'un nouveau système de fermeture en acier à chaque cycle de réemploi de la solution réemployable.

10. Annexes

10.1. 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 * $\eta_{\text{thermique}}$ * taux de débouché chaleur
avec $\eta_{\text{thermique}}$ = rendement brut de récupération thermique à l'incinération
et taux de débouché chaleur = chaleur vendue trouvant un consommateur final

Énergie électrique valorisée = PCI * $\eta_{\text{électrique}}$ * taux de débouché électrique
avec $\eta_{\text{électrique}}$ = 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 84 : Valeurs de pouvoir calorifique intérieur spécifiques aux matériaux considérés ³⁹

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'ADEME⁸.

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 85 : Mix chaleur considéré pour la revalorisation énergétique⁸

A noter, les postes les moins contributeurs du bouquet (< 1.5%) ont été agrégés par ailleurs, soit tel qu'explicité dans le Tableau 85, soit avec le fioul.

Les facteurs de valorisation énergétique en électricité et en chaleur produites sont les suivants⁸:

- 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	11	

Tableau 86 : 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 87 : 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.

10.2. Annexe 2 : Résultats pour les 16 catégories d'impacts (cas illustratifs)

Scénario	Changement climatique (CC)	Épuisement de la couche d'ozone (OD)	Toxicité cancérigène (Tox_c)	Toxicité non cancérigène (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.
Sc1. Usage unique	6.10E-01	4.51E-09	1.90E-10	5.51E-09	3.04E-08	5.39E-02	2.52E-03	3.55E-03
Sc1. Réemployable (5 utilisations)	2.65E-01	3.77E-09	1.41E-10	2.76E-09	1.49E-08	5.59E-02	1.09E-03	1.33E-03
Sc1. Réemployable (20 utilisations)	1.68E-01	3.36E-09	1.19E-10	1.92E-09	1.07E-08	4.68E-02	7.39E-04	7.78E-04
Sc2. Usage unique	6.10E-01	4.51E-09	1.90E-10	5.51E-09	3.04E-08	5.39E-02	2.52E-03	3.55E-03
Sc2. Réemployable (5 utilisations)	2.75E-01	3.77E-09	1.34E-10	2.56E-09	1.02E-08	5.38E-02	9.68E-04	1.17E-03
Sc2. Réemployable (20 utilisations)	1.78E-01	3.36E-09	1.13E-10	1.72E-09	5.99E-09	4.46E-02	6.17E-04	6.15E-04
Sc3. Usage unique	6.10E-01	4.50E-09	1.94E-10	5.57E-09	3.07E-08	5.41E-02	2.54E-03	3.57E-03
Sc3. Réemployable (5 utilisations)	2.76E-01	3.78E-09	1.28E-10	2.53E-09	1.03E-08	4.91E-02	9.82E-04	1.17E-03
Sc3. Réemployable (20 utilisations)	1.79E-01	3.37E-09	1.07E-10	1.70E-09	6.15E-09	3.99E-02	6.31E-04	6.20E-04
Sc4. Usage unique	6.10E-01	4.51E-09	1.90E-10	5.51E-09	3.04E-08	5.39E-02	2.52E-03	3.55E-03
Sc4. Réemployable (5 utilisations)	2.27E-01	2.95E-09	1.23E-10	2.54E-09	1.38E-08	5.53E-02	9.51E-04	1.24E-03
Sc4. Réemployable (20 utilisations)	1.30E-01	2.54E-09	1.02E-10	1.70E-09	9.62E-09	4.62E-02	6.00E-04	6.85E-04
Sc5. Usage unique	5.76E-01	2.50E-09	3.78E-10	4.16E-09	2.40E-08	4.80E-02	1.54E-03	2.61E-03
Sc5. Réemployable (5 utilisations)	2.22E-01	2.78E-09	3.47E-10	2.33E-09	9.26E-09	6.32E-02	7.02E-04	9.38E-04
Sc5. Réemployable (20 utilisations)	1.25E-01	2.47E-09	3.28E-10	1.63E-09	5.33E-09	5.51E-02	4.48E-04	4.87E-04

Tableau 88 : Résultats totaux par scénario et par option d'emballage (cas illustratif) 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)	Épuisement des ressources fossiles (Res_f)
Unité / UF	Moles N-eq.	kg P-eq	kg N-eq.	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)	/	Volume world eq m3-	kg Sb-eq.	MJ.
Sc1. Usage unique	9.22E-03	8.95E-05	8.69E-04	3.98E+00	1.46E+01	3.98E-02	9.41E-07	9.14E+00
Sc1. Réemployable (5 utilisations)	3.49E-03	8.03E-05	3.69E-04	2.24E+00	1.25E+01	5.23E-02	1.12E-06	4.43E+00
Sc1. Réemployable (20 utilisations)	2.12E-03	7.61E-05	2.46E-04	1.40E+00	1.20E+01	4.99E-02	1.00E-06	2.96E+00
Sc2. Usage unique	9.22E-03	8.95E-05	8.69E-04	3.98E+00	1.46E+01	3.98E-02	9.41E-07	9.14E+00
Sc2. Réemployable (5 utilisations)	2.95E-03	2.87E-05	2.97E-04	2.27E+00	2.70E+00	3.82E-02	1.06E-06	4.68E+00
Sc2. Réemployable (20 utilisations)	1.58E-03	2.45E-05	1.74E-04	1.43E+00	2.16E+00	3.58E-02	9.45E-07	3.20E+00
Sc3. Usage unique	9.31E-03	4.86E-05	8.50E-04	8.00E+00	8.55E+00	-6.63E-01	1.39E-06	1.02E+01
Sc3. Réemployable (5 utilisations)	3.24E-03	3.07E-05	3.21E-04	2.49E+00	3.07E+00	4.07E-02	1.17E-06	5.20E+00
Sc3. Réemployable (20 utilisations)	1.87E-03	2.65E-05	1.98E-04	1.66E+00	2.53E+00	3.83E-02	1.06E-06	3.73E+00
Sc4. Usage unique	9.22E-03	8.95E-05	8.69E-04	3.98E+00	1.46E+01	3.98E-02	9.41E-07	9.14E+00
Sc4. Réemployable (5 utilisations)	3.22E-03	7.76E-05	3.44E-04	1.98E+00	1.22E+01	4.96E-02	9.90E-07	3.89E+00
Sc4. Réemployable (20 utilisations)	1.85E-03	7.34E-05	2.20E-04	1.15E+00	1.16E+01	4.71E-02	8.71E-07	2.41E+00
Sc5. Usage unique	6.03E-03	3.17E-05	5.20E-04	8.06E+00	3.48E+00	2.30E-02	7.55E-07	8.15E+00
Sc5. Réemployable (5 utilisations)	2.21E-03	2.82E-05	2.32E-04	2.74E+00	2.02E+00	3.75E-02	1.07E-06	4.10E+00
Sc5. Réemployable (20 utilisations)	1.17E-03	2.45E-05	1.44E-04	1.38E+00	1.57E+00	3.53E-02	9.57E-07	2.72E+00

Tableau 89 : Résultats totaux par scénario et par option d'emballage (cas illustratif) pour les 16 catégories d'impacts EF 3.1 (2/2)

10.3. 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 cancérigène	Tox_c	Comparative Toxic Unit for human (CTUh)	1.73E-05	2.13%
Toxicité non cancérigène	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 90 : 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
Sc1. Usage unique	32%	0%	0%	1%	9%	1%	6%	8%	4%	3%	3%	4%	3%	1%	2%	23%	100%
Sc1. Réemployable (5 utilisations)	27%	0%	1%	1%	9%	3%	5%	6%	3%	6%	2%	4%	5%	2%	5%	22%	100%
Sc1. Réemployable (20 utilisations)	24%	0%	1%	1%	9%	3%	5%	5%	2%	7%	2%	4%	6%	2%	7%	21%	100%
Sc2. Usage unique	32%	0%	0%	1%	9%	1%	6%	8%	4%	3%	3%	4%	3%	1%	2%	23%	100%
Sc2. Réemployable (5 utilisations)	32%	0%	1%	1%	7%	3%	5%	6%	3%	2%	2%	4%	1%	1%	6%	27%	100%
Sc2. Réemployable (20 utilisations)	30%	0%	1%	1%	6%	3%	5%	5%	2%	3%	2%	4%	1%	2%	8%	27%	100%
Sc3. Usage unique	32%	0%	0%	1%	9%	1%	6%	8%	4%	3%	3%	4%	3%	1%	2%	23%	100%
Sc3. Réemployable (5 utilisations)	32%	0%	1%	1%	7%	3%	5%	6%	3%	2%	2%	5%	1%	1%	6%	27%	100%
Sc3. Réemployable (20 utilisations)	31%	0%	1%	1%	6%	3%	5%	5%	2%	3%	2%	4%	1%	2%	7%	27%	100%
Sc4. Usage unique	32%	0%	0%	1%	9%	1%	6%	8%	4%	3%	3%	4%	3%	1%	2%	23%	100%
Sc4. Réemployable (5 utilisations)	26%	0%	1%	1%	9%	3%	5%	6%	3%	6%	2%	4%	5%	2%	5%	22%	100%
Sc4. Réemployable (20 utilisations)	22%	0%	1%	1%	10%	4%	5%	5%	3%	8%	2%	3%	7%	2%	7%	20%	100%
Sc5. Usage unique	35%	0%	1%	1%	8%	1%	4%	7%	3%	1%	2%	8%	1%	0%	2%	24%	100%
Sc5. Réemployable (5 utilisations)	29%	0%	2%	1%	7%	4%	4%	5%	2%	2%	2%	6%	1%	1%	6%	26%	100%
Sc5. Réemployable (20 utilisations)	25%	0%	3%	1%	6%	5%	4%	4%	2%	3%	2%	5%	1%	2%	9%	27%	100%

Tableau 91 : 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 surlignées 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 92 : 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	OUI	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 93 : 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'apparaît 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 secondaires (caisse carton) ou de logistique (palette, insert carton)
- L'utilisation de l'eau est très liée à l'utilisation d'énergie nucléaire. Cependant, il apparaît pertinent de démontrer quelles sont les origines des impacts lorsqu'il y a une étape de lavage dans le cycle de vie.

10.4. 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 (Ecolnvent 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 <i>Pertinence et cohérence méthodologiques</i>	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 Ecospol 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	?
Inventaires PlasticsEurope	1	1	0.5	1	0	1	1	1	0
Inventaire Copert V	1	1	1	1	1	NR	1	1	1

Tableau 94 : grille d'évaluation des inventaires de 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) :

- **FEVE** : une version antérieure à Ecoinvent est utilisée (Ecoinvent v3.4)
- **PlasticsEurope** : la base de données Ecoinvent v3.9 est utilisée

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

10.5. Annexe 5 : Contributions des étapes de cycle de vie aux catégories d'impact étudiées (cas illustratifs)

10.5.1. Scénario 1

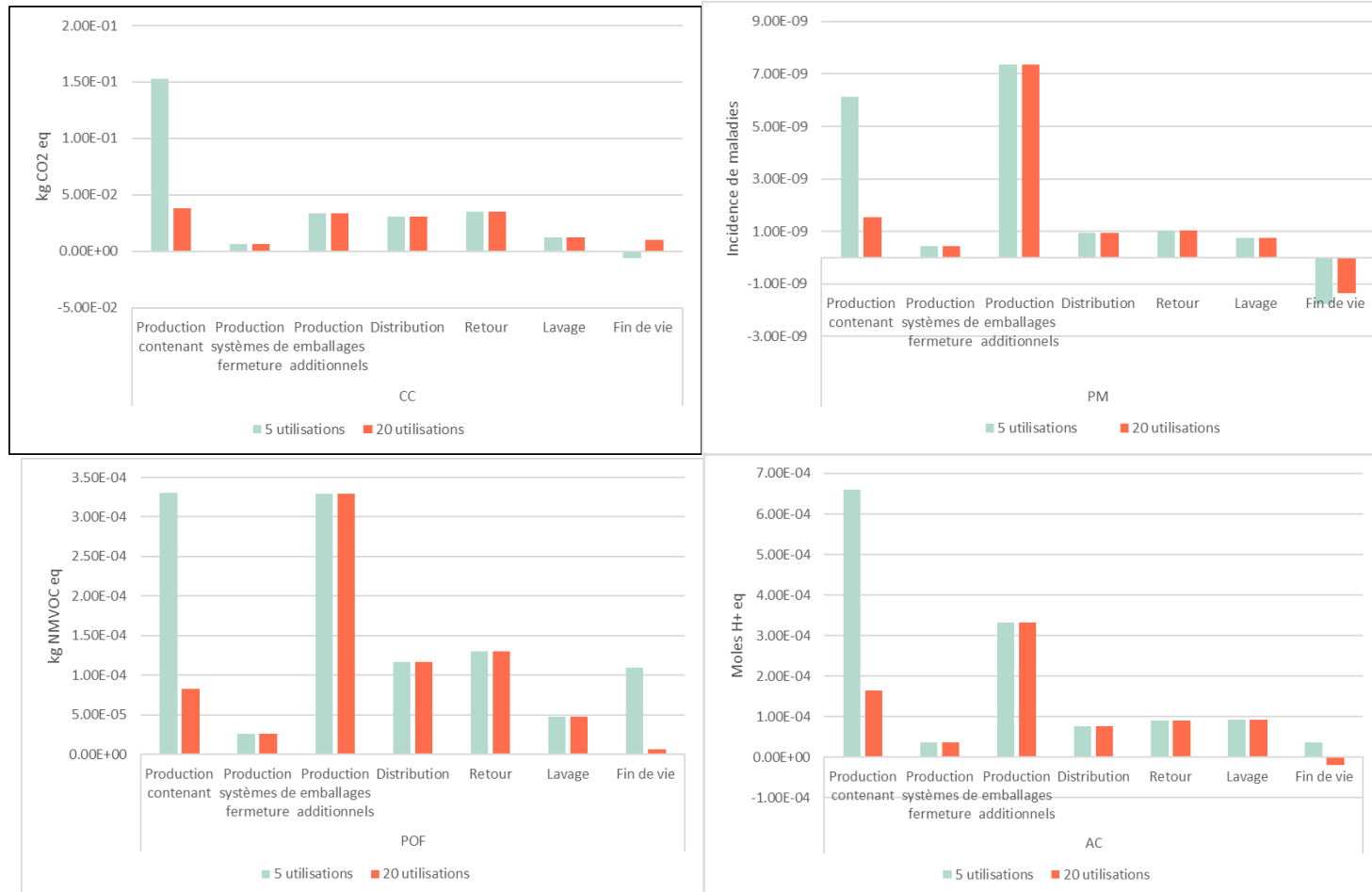


Figure 84 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

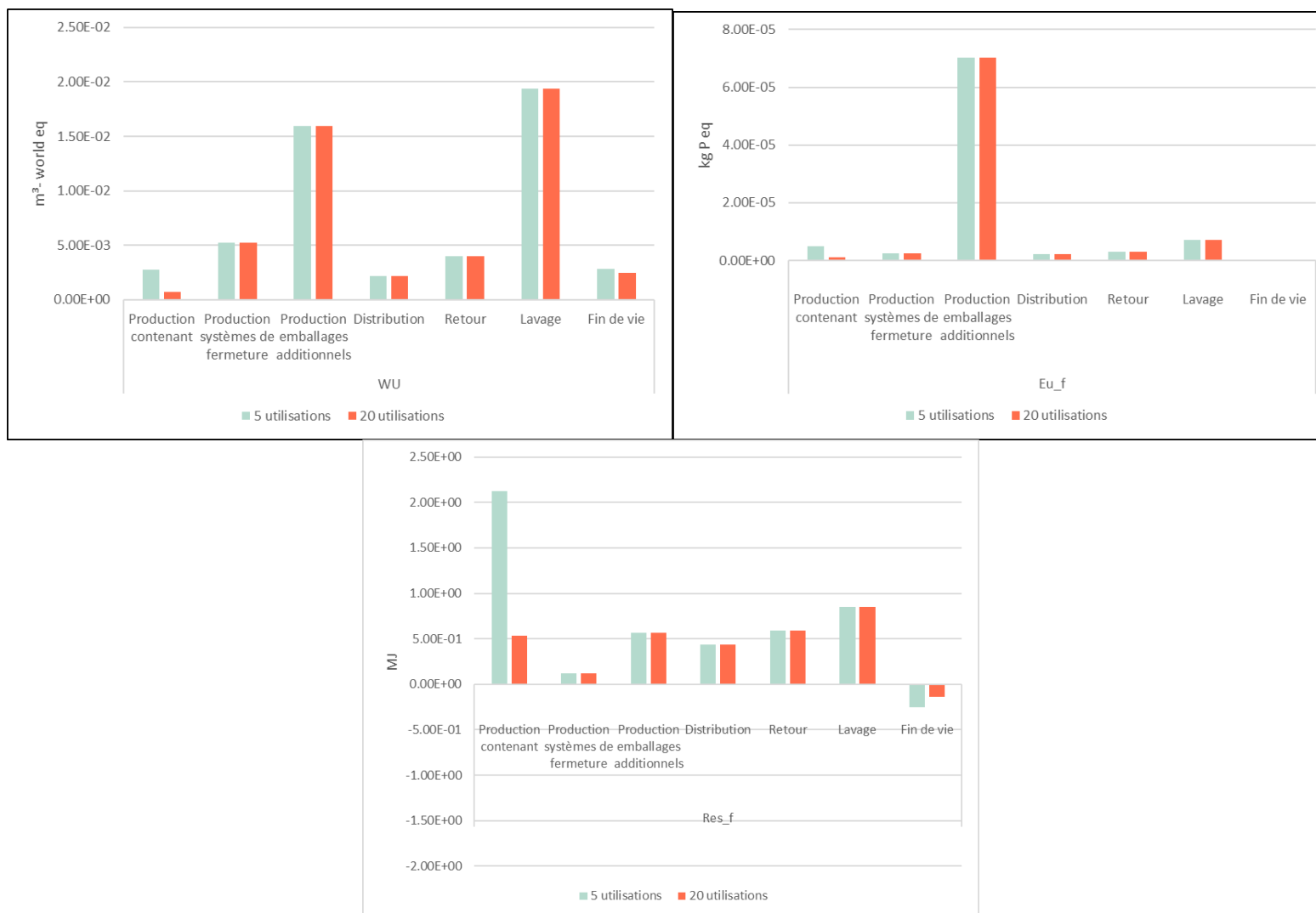


Figure 85 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

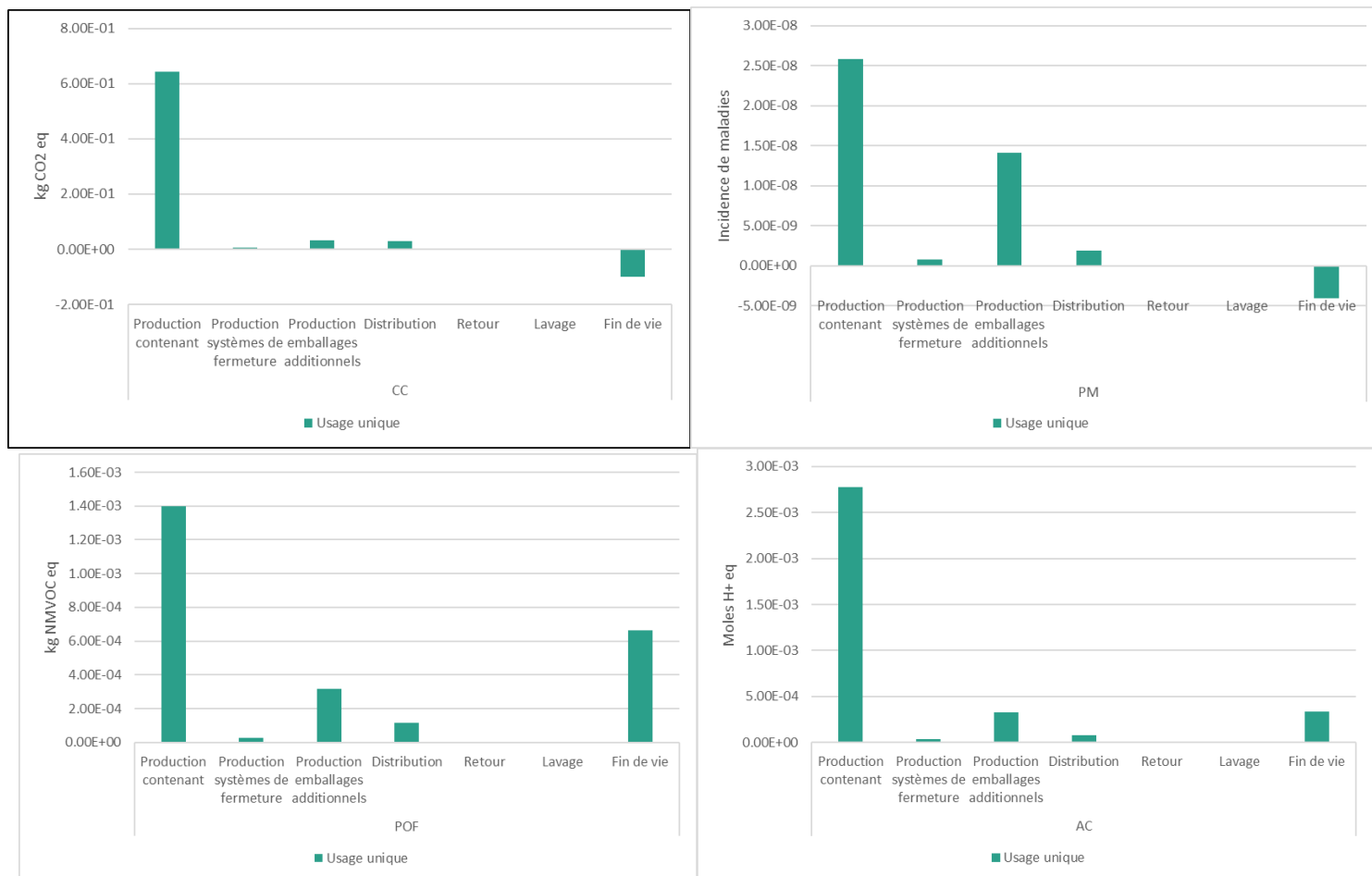


Figure 86 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

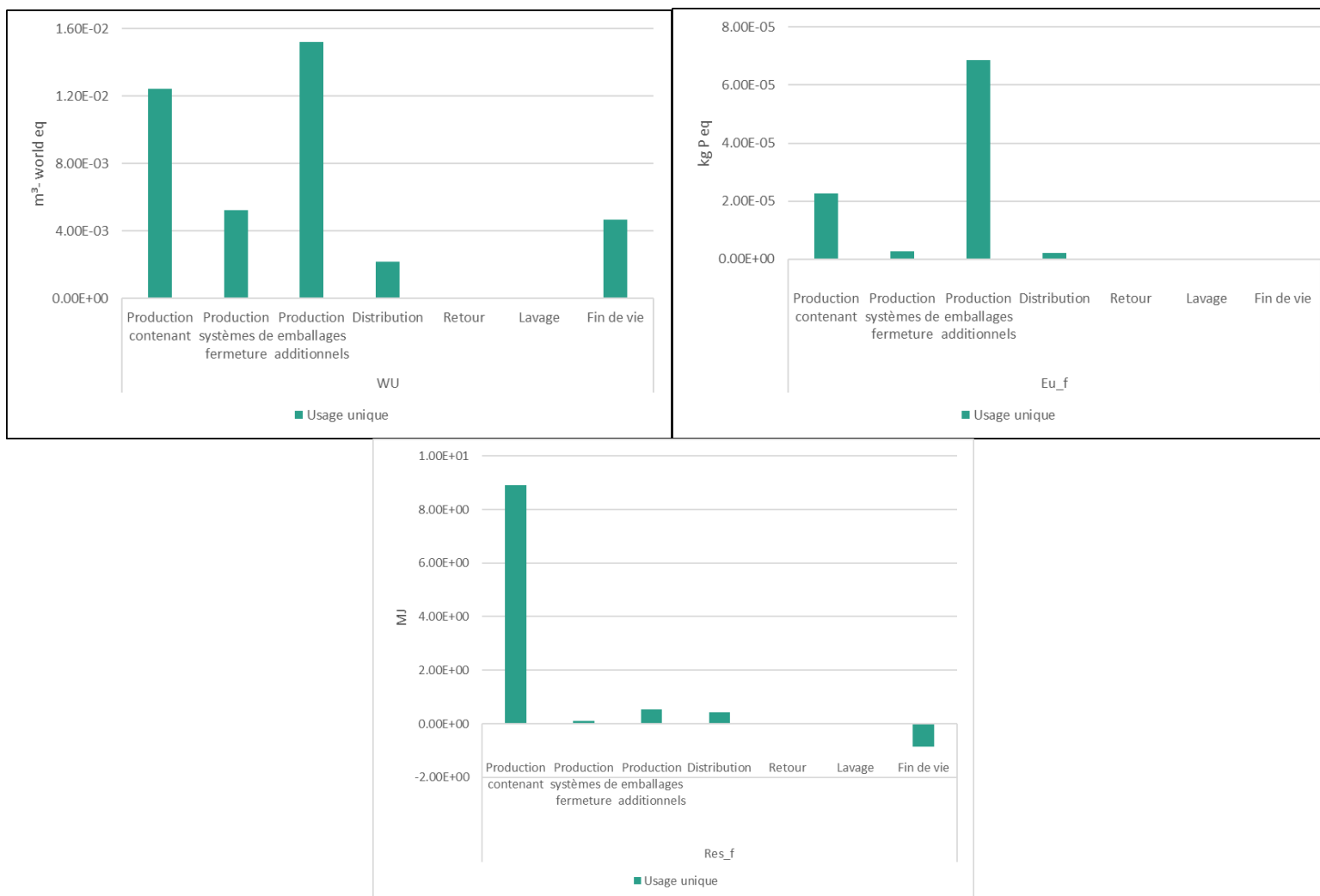


Figure 87 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

Nombre d'utilisations	Catégories d'impact	Etapas 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	6.43E-01	6.68E-03	3.19E-02	3.07E-02	0.00E+00	0.00E+00	-1.02E-01
	Emission de particules	2.58E-08	7.61E-10	1.41E-08	1.92E-09	0.00E+00	0.00E+00	-4.02E-09
	Formation d'ozone photochimique	1.40E-03	2.58E-05	3.19E-04	1.17E-04	0.00E+00	0.00E+00	6.63E-04
	Acidification	2.77E-03	3.72E-05	3.23E-04	7.75E-05	0.00E+00	0.00E+00	3.39E-04
	Epuisement des ressources en eau	1.25E-02	5.24E-03	1.52E-02	2.18E-03	0.00E+00	0.00E+00	4.69E-03
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	2.26E-05	2.61E-06	6.87E-05	2.12E-06	0.00E+00	0.00E+00	-6.59E-06
	Epuisement des ressources fossiles	8.91E+00	1.17E-01	5.22E-01	4.39E-01	0.00E+00	0.00E+00	-8.47E-01
5 utilisations	Changement climatique	1.53E-01	6.68E-03	3.37E-02	3.07E-02	3.48E-02	1.21E-02	-5.94E-03
	Emission de particules	6.12E-09	4.47E-10	7.35E-09	9.27E-10	1.05E-09	7.53E-10	-1.78E-09
	Formation d'ozone photochimique	3.30E-04	2.58E-05	3.29E-04	1.17E-04	1.30E-04	4.81E-05	1.10E-04
	Acidification	6.61E-04	3.72E-05	3.33E-04	7.75E-05	9.06E-05	9.29E-05	3.74E-05
	Epuisement des ressources en eau	2.76E-03	5.24E-03	1.59E-02	2.18E-03	4.00E-03	1.94E-02	2.80E-03
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	4.83E-06	2.61E-06	7.02E-05	2.12E-06	2.96E-06	7.08E-06	-9.49E-06
	Epuisement des ressources fossiles	2.12E+00	1.17E-01	5.66E-01	4.39E-01	5.92E-01	8.46E-01	-2.50E-01
20 utilisations	Changement climatique	3.83E-02	6.68E-03	3.37E-02	3.07E-02	3.48E-02	1.21E-02	9.97E-03
	Emission de particules	1.53E-09	4.47E-10	7.35E-09	9.27E-10	1.05E-09	7.53E-10	-1.36E-09
	Formation d'ozone photochimique	8.25E-05	2.58E-05	3.29E-04	1.17E-04	1.30E-04	4.81E-05	6.51E-06
	Acidification	1.65E-04	3.72E-05	3.33E-04	7.75E-05	9.06E-05	9.29E-05	-1.89E-05
	Epuisement des ressources en eau	6.91E-04	5.24E-03	1.59E-02	2.18E-03	4.00E-03	1.94E-02	2.45E-03
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	1.21E-06	2.61E-06	7.02E-05	2.12E-06	2.96E-06	7.08E-06	-1.00E-05
	Epuisement des ressources fossiles	5.30E-01	1.17E-01	5.66E-01	4.39E-01	5.92E-01	8.46E-01	-1.36E-01

Tableau 95: Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact, cas illustratif - Scénario 1

10.5.2. Scénario 2

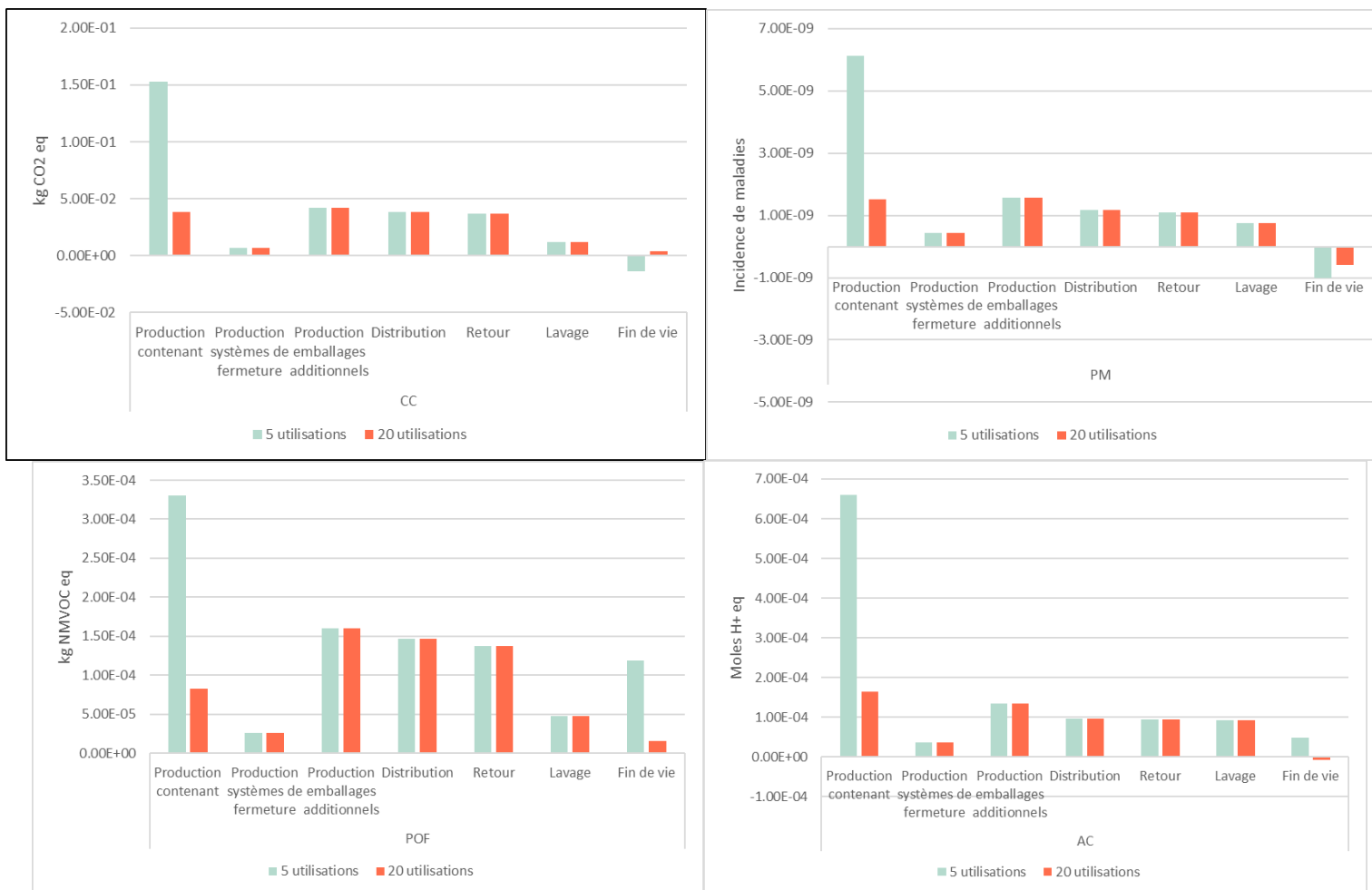


Figure 88 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

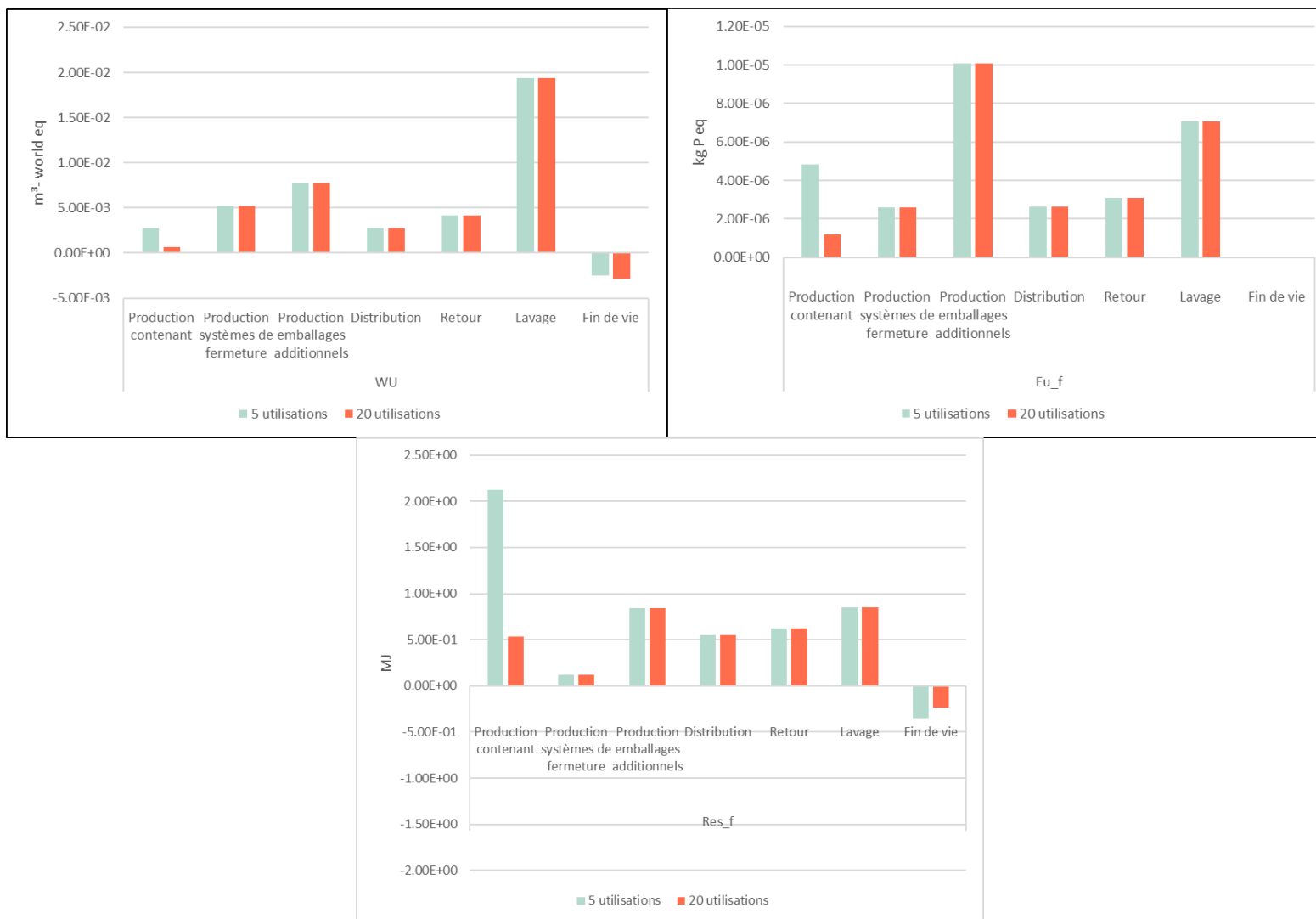


Figure 89 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f: Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

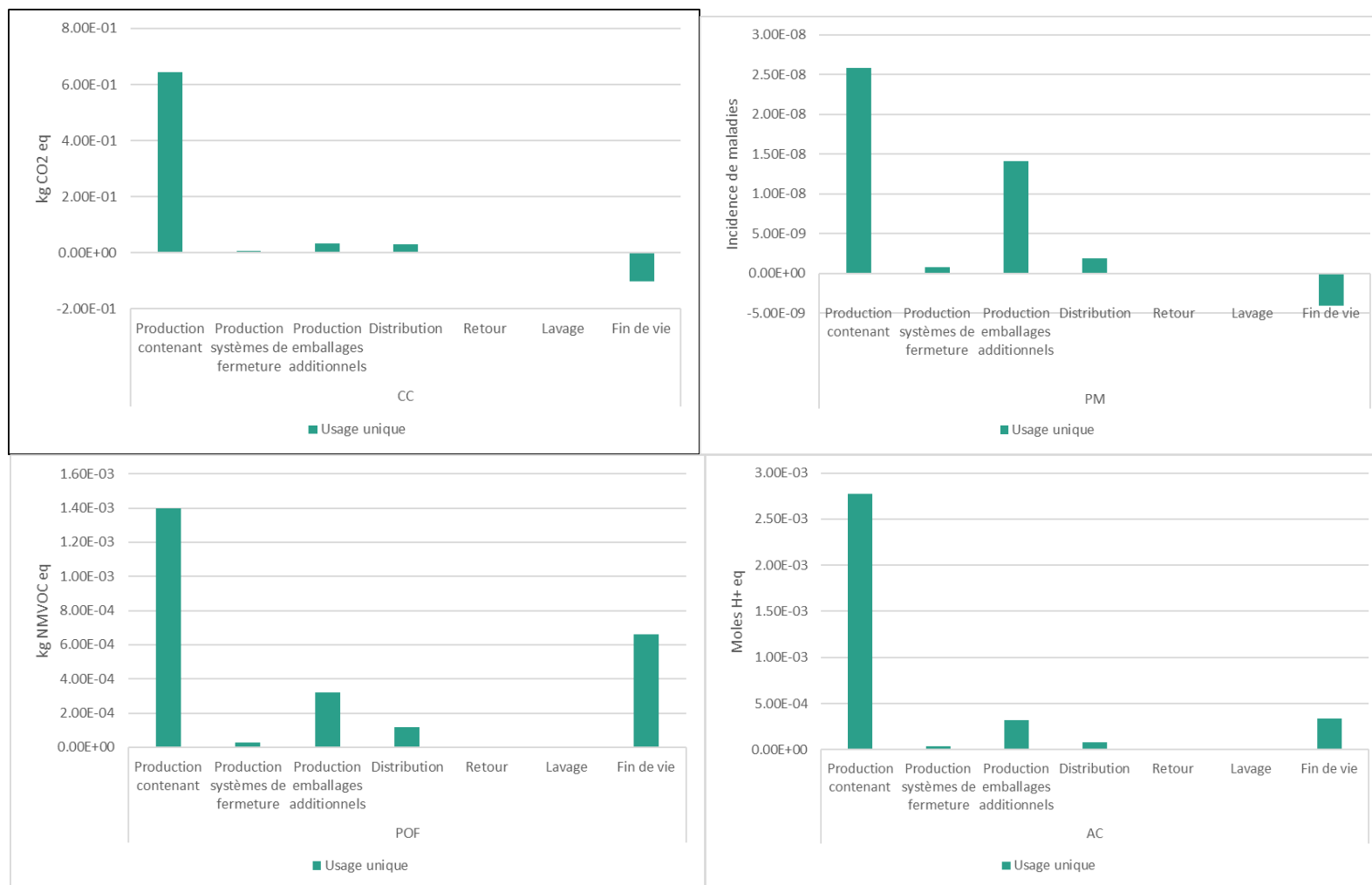


Figure 90 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

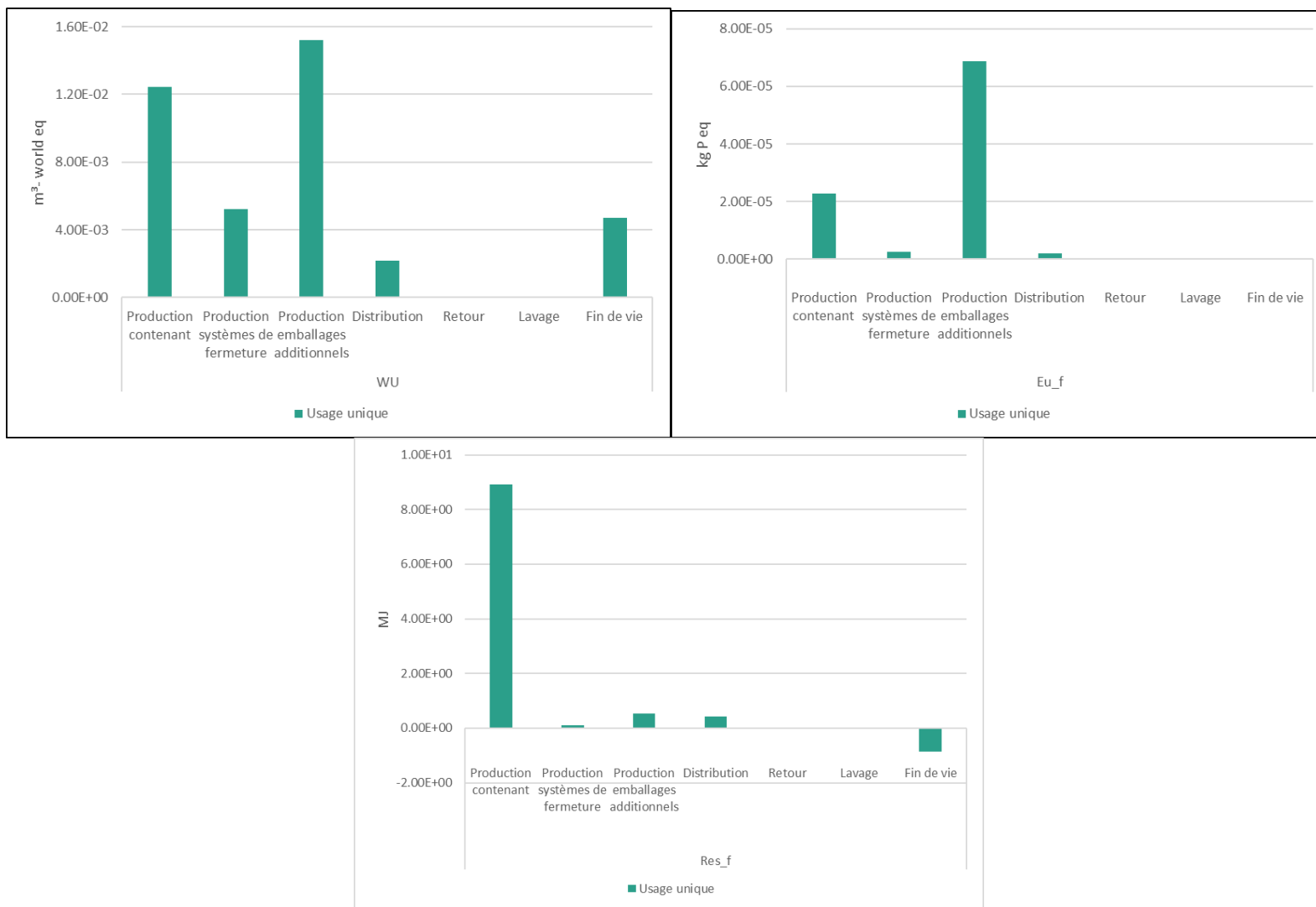


Figure 91 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f: Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

Nombre d'utilisations	Catégories d'impact	Etapas 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	6.43E-01	6.68E-03	3.19E-02	6.48E-02	0.00E+00	0.00E+00	-1.21E-01
	Emission de particules	2.58E-08	4.47E-10	7.19E-09	1.94E-09	0.00E+00	0.00E+00	-2.96E-09
	Formation d'ozone photochimique	1.40E-03	2.58E-05	3.19E-04	2.45E-04	0.00E+00	0.00E+00	6.81E-04
	Acidification	2.77E-03	3.72E-05	3.23E-04	1.63E-04	0.00E+00	0.00E+00	3.60E-04
	Epuisement des ressources en eau	1.25E-02	5.24E-03	1.52E-02	4.62E-03	0.00E+00	0.00E+00	-1.88E-04
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	2.26E-05	2.61E-06	6.87E-05	4.49E-06	0.00E+00	0.00E+00	2.58E-06
	Epuisement des ressources fossiles	8.91E+00	1.17E-01	5.22E-01	9.26E-01	0.00E+00	0.00E+00	-8.14E-01
5 utilisations	Changement climatique	1.53E-01	6.68E-03	4.23E-02	7.26E-02	3.39E-02	1.18E-02	-1.47E-02
	Emission de particules	6.12E-09	4.47E-10	1.58E-09	2.18E-09	1.02E-09	7.38E-10	-9.44E-10
	Formation d'ozone photochimique	3.30E-04	2.58E-05	1.60E-04	2.75E-04	1.27E-04	4.71E-05	1.21E-04
	Acidification	6.61E-04	3.72E-05	1.34E-04	1.83E-04	8.83E-05	9.12E-05	5.09E-05
	Epuisement des ressources en eau	2.76E-03	5.24E-03	7.75E-03	5.16E-03	3.93E-03	1.93E-02	-2.86E-03
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	4.83E-06	2.61E-06	1.01E-05	5.02E-06	2.89E-06	6.54E-06	-6.57E-07
	Epuisement des ressources fossiles	2.12E+00	1.17E-01	8.41E-01	1.04E+00	5.79E-01	8.43E-01	-3.49E-01
20 utilisations	Changement climatique	3.83E-02	6.68E-03	4.23E-02	7.26E-02	3.39E-02	1.18E-02	3.16E-03
	Emission de particules	1.53E-09	4.47E-10	1.58E-09	2.18E-09	1.02E-09	7.38E-10	-5.24E-10
	Formation d'ozone photochimique	8.25E-05	2.58E-05	1.60E-04	2.75E-04	1.27E-04	4.71E-05	1.76E-05
	Acidification	1.65E-04	3.72E-05	1.34E-04	1.83E-04	8.83E-05	9.12E-05	-5.44E-06
	Epuisement des ressources en eau	6.91E-04	5.24E-03	7.75E-03	5.16E-03	3.93E-03	1.93E-02	-3.22E-03
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	1.21E-06	2.61E-06	1.01E-05	5.02E-06	2.89E-06	6.54E-06	-1.20E-06
	Epuisement des ressources fossiles	5.30E-01	1.17E-01	8.41E-01	1.04E+00	5.79E-01	8.43E-01	-2.34E-01

Tableau 96: Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact, cas illustratifs - Scénario 2

10.5.3. Scénario 3

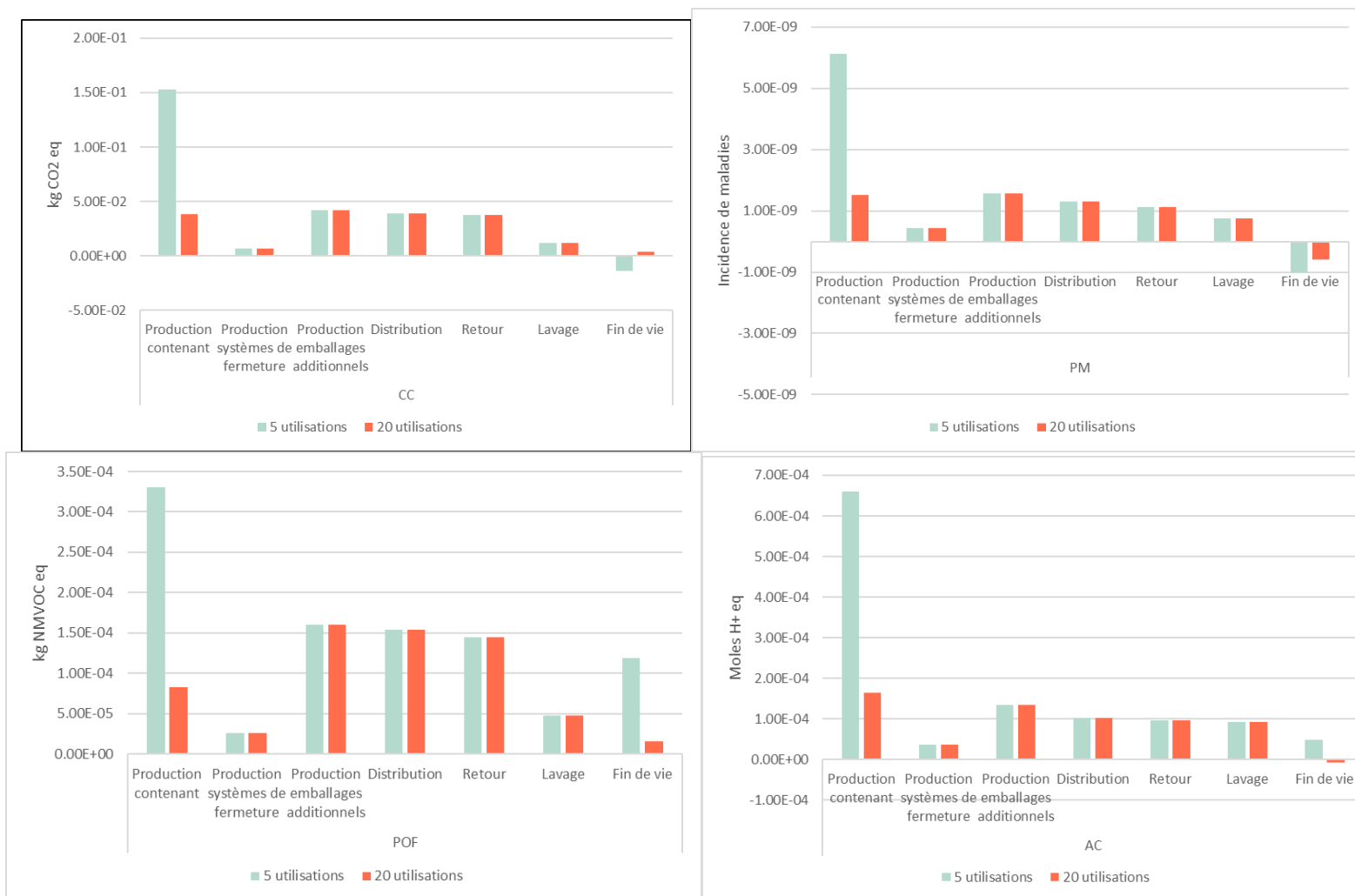


Figure 92 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

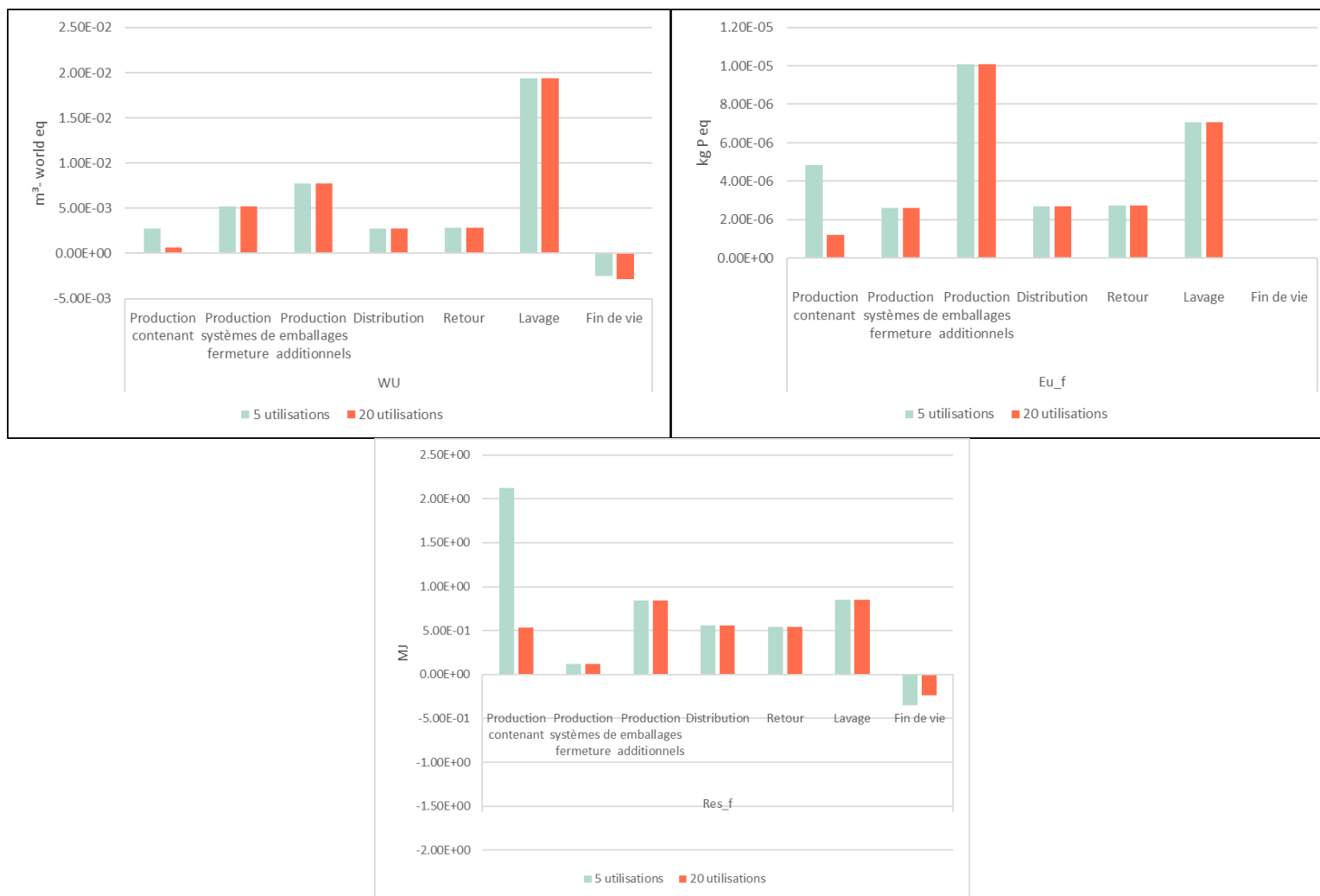


Figure 93 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

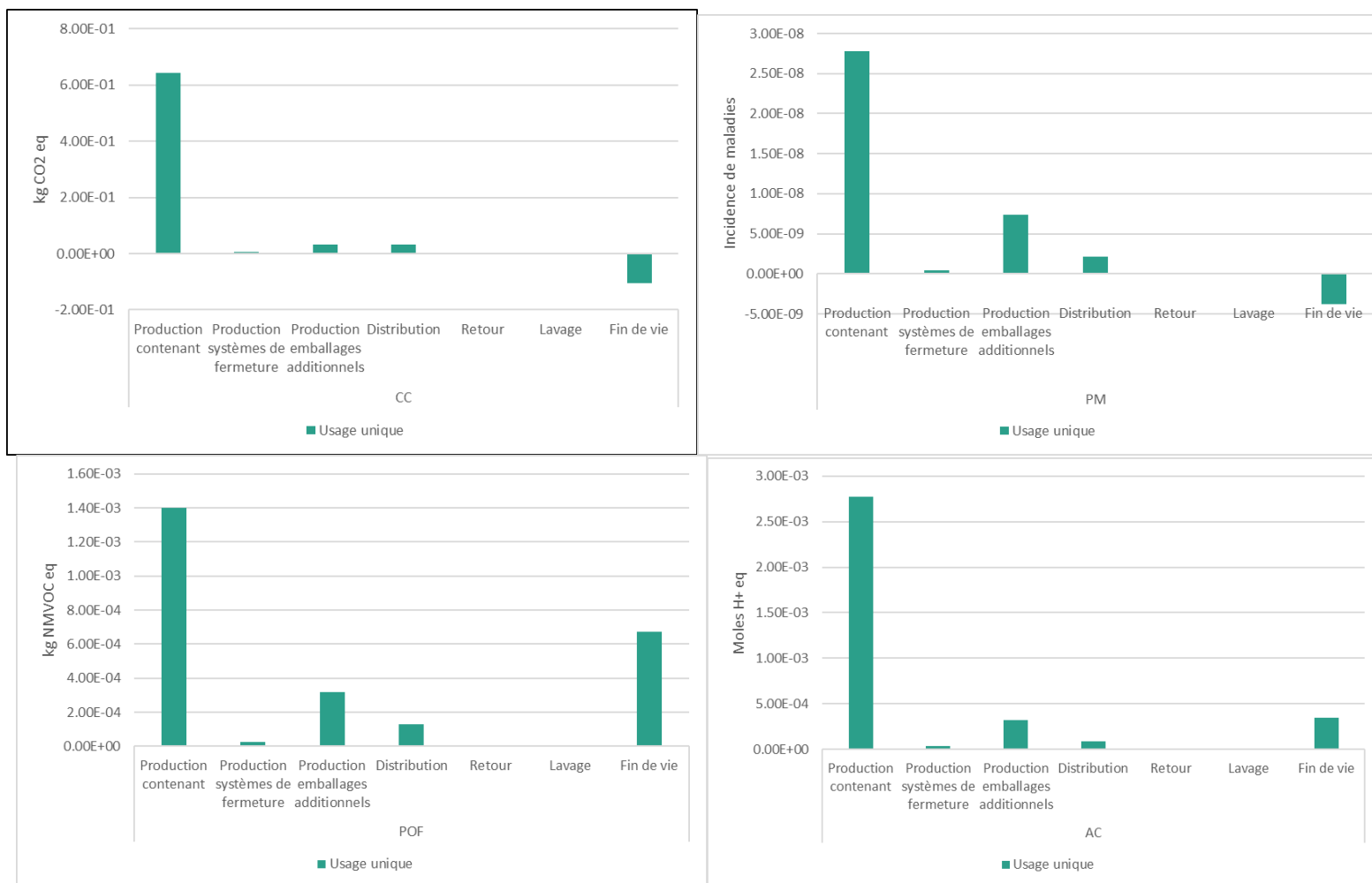


Figure 94 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

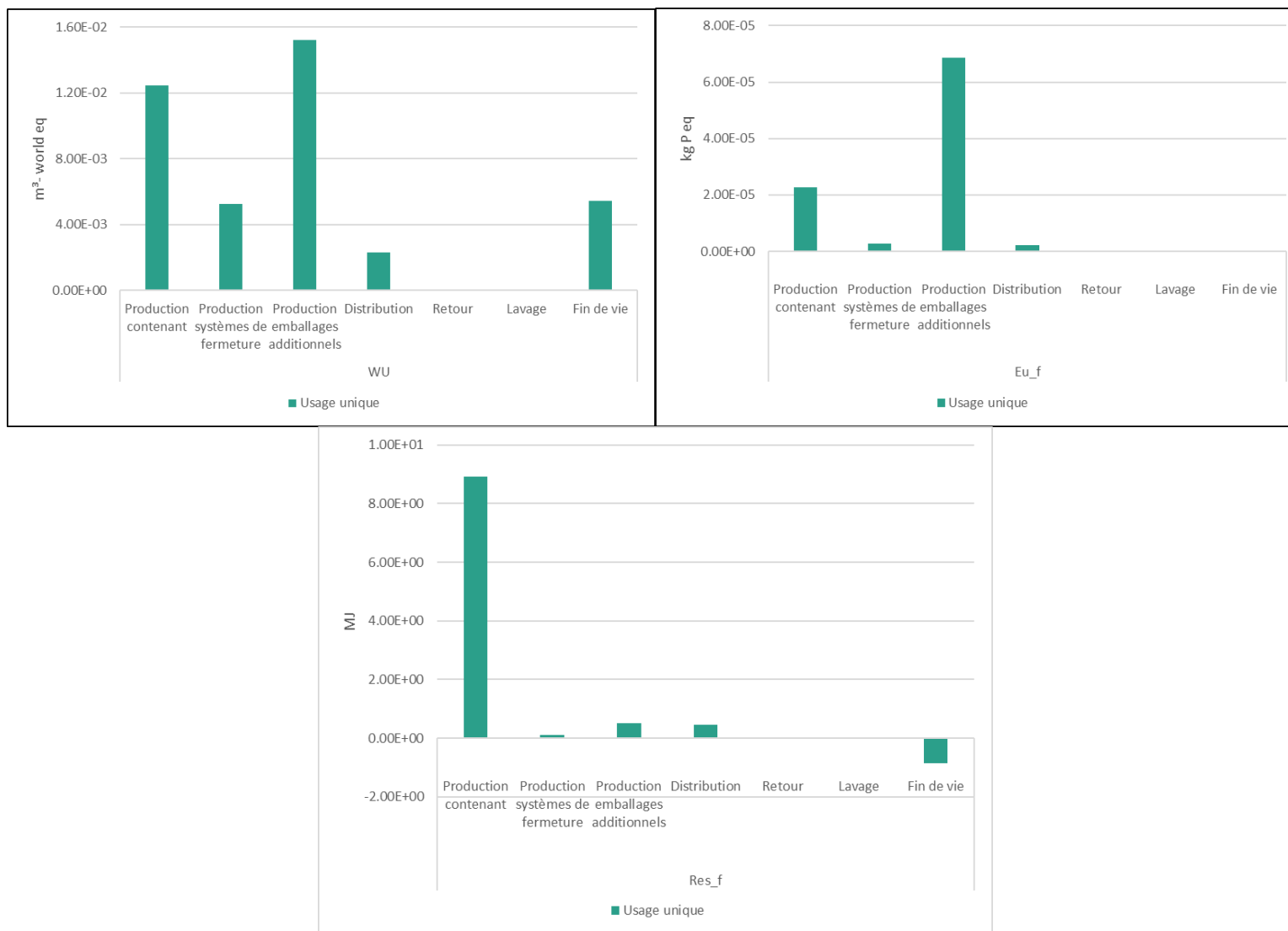


Figure 95 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

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	6.43E-01	6.68E-03	3.19E-02	3.22E-02	0.00E+00	0.00E+00	-1.04E-01
	Emission de particules	2.78E-08	4.47E-10	7.42E-09	2.16E-09	0.00E+00	0.00E+00	-3.76E-09
	Formation d'ozone photochimique	1.40E-03	2.58E-05	3.19E-04	1.29E-04	0.00E+00	0.00E+00	6.71E-04
	Acidification	2.77E-03	3.72E-05	3.23E-04	8.51E-05	0.00E+00	0.00E+00	3.47E-04
	Epuisement des ressources en eau	1.25E-02	5.24E-03	1.52E-02	2.30E-03	0.00E+00	0.00E+00	5.42E-03
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	2.26E-05	2.61E-06	6.87E-05	2.23E-06	0.00E+00	0.00E+00	-5.80E-06
	Epuisement des ressources fossiles	8.91E+00	1.17E-01	5.22E-01	4.63E-01	0.00E+00	0.00E+00	-8.64E-01
5 utilisations	Changement climatique	1.53E-01	6.68E-03	4.23E-02	3.86E-02	3.76E-02	1.21E-02	-1.41E-02
	Emission de particules	6.12E-09	4.47E-10	1.58E-09	1.31E-09	1.12E-09	7.53E-10	-1.01E-09
	Formation d'ozone photochimique	3.30E-04	2.58E-05	1.60E-04	1.54E-04	1.44E-04	4.81E-05	1.19E-04
	Acidification	6.61E-04	3.72E-05	1.34E-04	1.02E-04	9.57E-05	9.29E-05	4.93E-05
	Epuisement des ressources en eau	2.76E-03	5.24E-03	7.75E-03	2.76E-03	2.81E-03	1.94E-02	-2.50E-03
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	4.83E-06	2.61E-06	1.01E-05	2.68E-06	2.74E-06	7.08E-06	-1.32E-06
	Epuisement des ressources fossiles	2.12E+00	1.17E-01	8.41E-01	5.56E-01	5.42E-01	8.46E-01	-3.47E-01
20 utilisations	Changement climatique	3.83E-02	6.68E-03	4.23E-02	3.86E-02	3.76E-02	1.21E-02	3.77E-03
	Emission de particules	1.53E-09	4.47E-10	1.58E-09	1.31E-09	1.12E-09	7.53E-10	-5.93E-10
	Formation d'ozone photochimique	8.25E-05	2.58E-05	1.60E-04	1.54E-04	1.44E-04	4.81E-05	1.57E-05
	Acidification	1.65E-04	3.72E-05	1.34E-04	1.02E-04	9.57E-05	9.29E-05	-7.05E-06
	Epuisement des ressources en eau	6.91E-04	5.24E-03	7.75E-03	2.76E-03	2.81E-03	1.94E-02	-2.86E-03
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	1.21E-06	2.61E-06	1.01E-05	2.68E-06	2.74E-06	7.08E-06	-1.86E-06
	Epuisement des ressources fossiles	5.30E-01	1.17E-01	8.41E-01	5.56E-01	5.42E-01	8.46E-01	-2.32E-01

Tableau 97: Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact, cas illustratifs - Scénario 3

10.5.4. Scénario 4

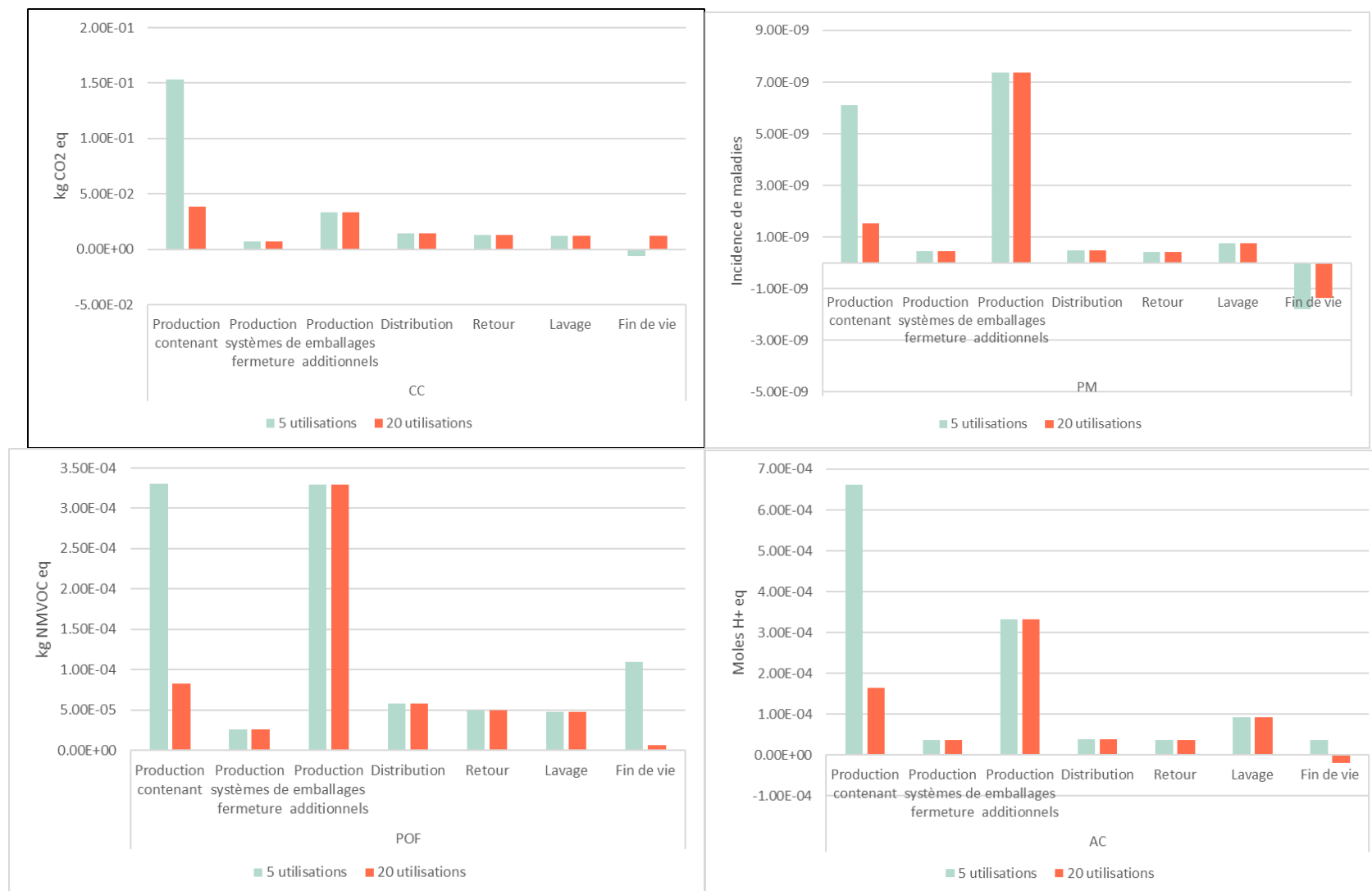


Figure 96 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

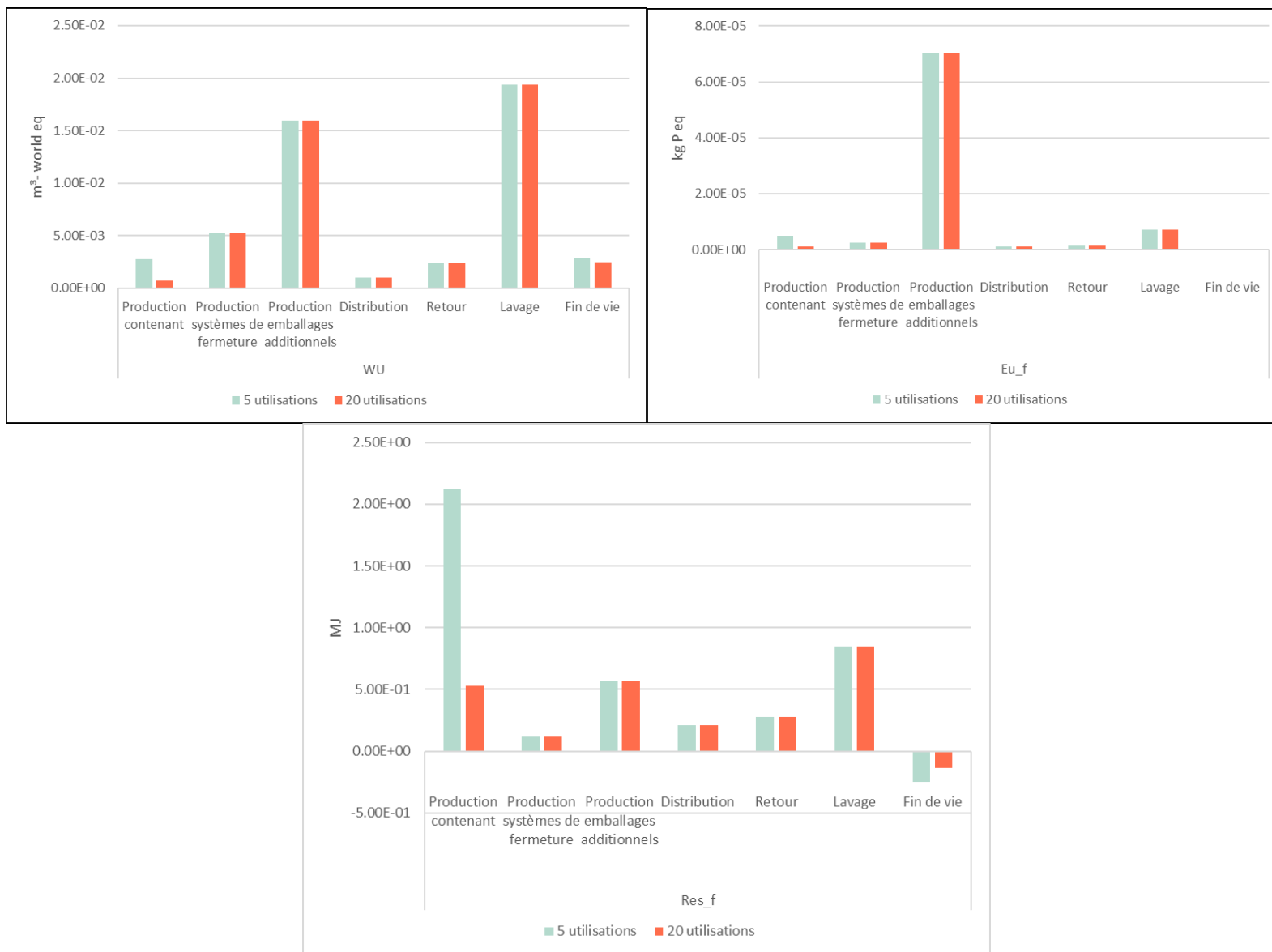


Figure 97 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

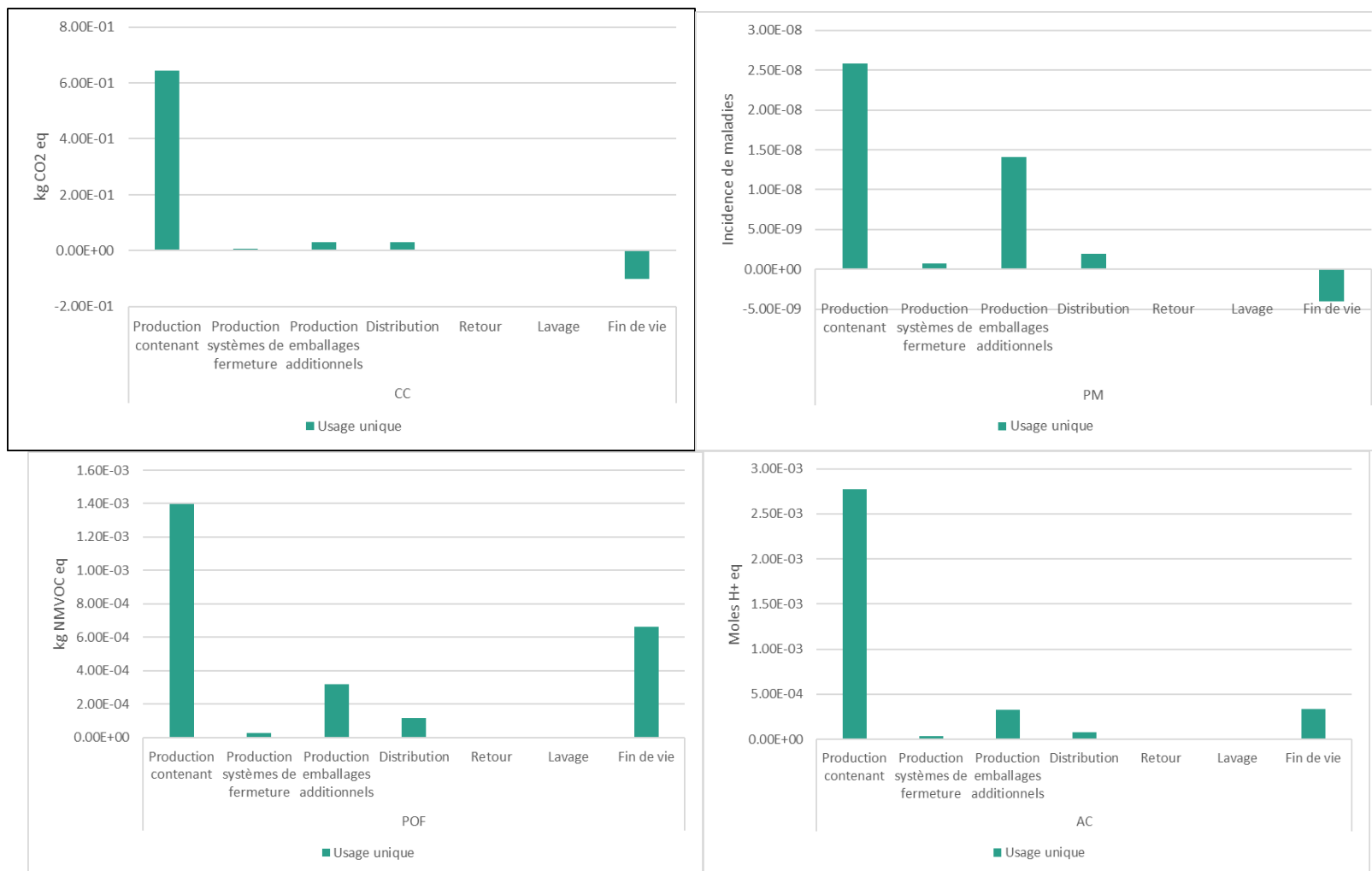


Figure 98 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

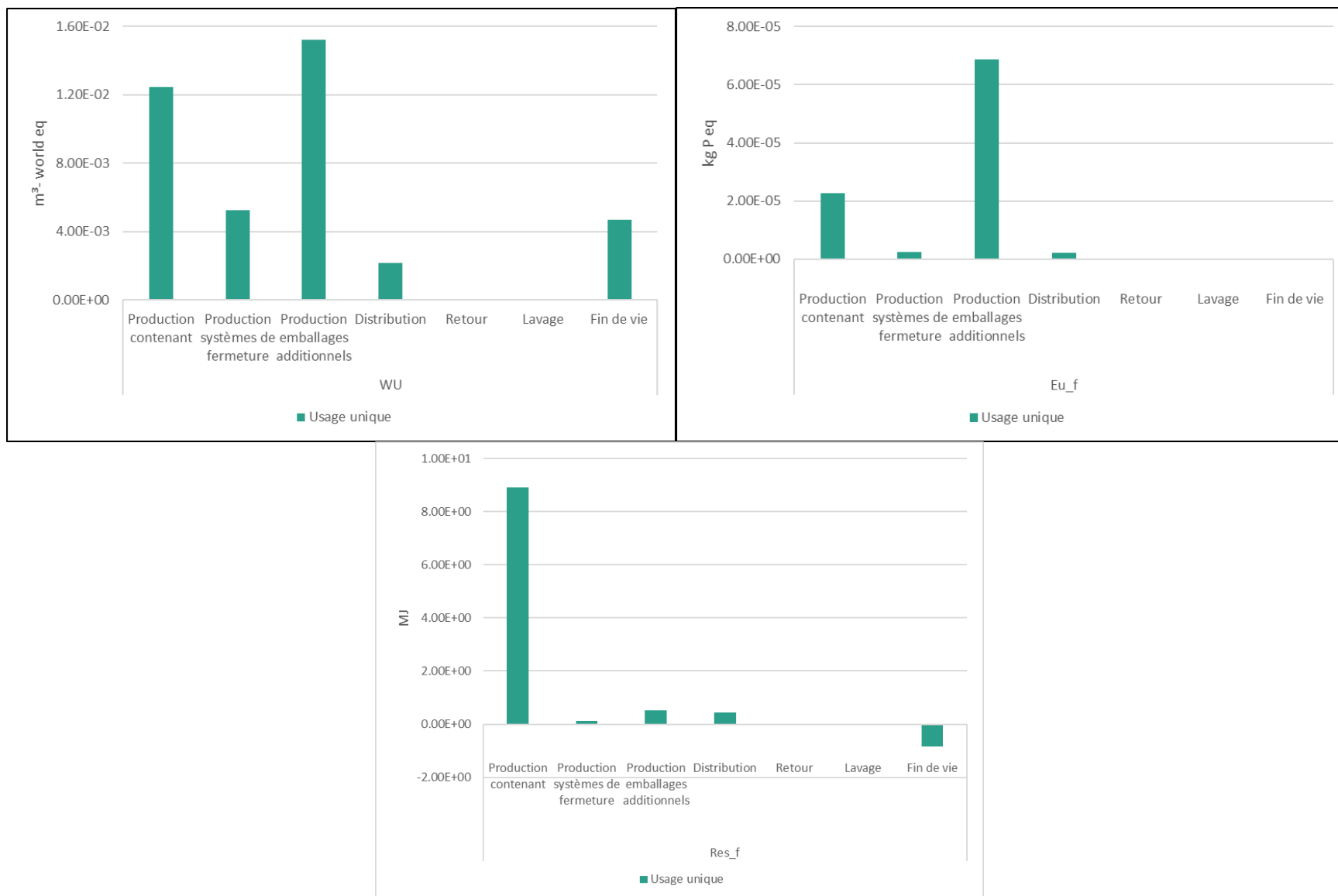


Figure 99 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : WU = Epaissement de la ressource en eau ; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epaissement des ressources fossiles)

Nombre d'utilisations	Catégories d'impact	Etapas 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	6.43E-01	6.68E-03	3.19E-02	3.07E-02	0.00E+00	0.00E+00	-1.02E-01
	Emission de particules	2.58E-08	7.61E-10	1.41E-08	1.92E-09	0.00E+00	0.00E+00	-4.02E-09
	Formation d'ozone photochimique	1.40E-03	2.58E-05	3.19E-04	1.17E-04	0.00E+00	0.00E+00	6.63E-04
	Acidification	2.77E-03	3.72E-05	3.23E-04	7.75E-05	0.00E+00	0.00E+00	3.39E-04
	Epuisement des ressources en eau	1.25E-02	5.24E-03	1.52E-02	2.18E-03	0.00E+00	0.00E+00	4.69E-03
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	2.26E-05	2.61E-06	6.87E-05	2.12E-06	0.00E+00	0.00E+00	-6.59E-06
	Epuisement des ressources fossiles	8.91E+00	1.17E-01	5.22E-01	4.39E-01	0.00E+00	0.00E+00	-8.47E-01
5 utilisations	Changement climatique	1.53E-01	6.68E-03	3.37E-02	1.46E-02	1.27E-02	1.21E-02	-5.94E-03
	Emission de particules	6.12E-09	4.47E-10	7.35E-09	4.75E-10	4.26E-10	7.53E-10	-1.78E-09
	Formation d'ozone photochimique	3.30E-04	2.58E-05	3.29E-04	5.79E-05	4.98E-05	4.81E-05	1.10E-04
	Acidification	6.61E-04	3.72E-05	3.33E-04	3.82E-05	3.68E-05	9.29E-05	3.74E-05
	Epuisement des ressources en eau	2.76E-03	5.24E-03	1.59E-02	1.01E-03	2.40E-03	1.94E-02	2.80E-03
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	4.83E-06	2.61E-06	7.02E-05	9.82E-07	1.41E-06	7.08E-06	-9.49E-06
	Epuisement des ressources fossiles	2.12E+00	1.17E-01	5.66E-01	2.09E-01	2.77E-01	8.46E-01	-2.50E-01
20 utilisations	Changement climatique	3.83E-02	6.68E-03	3.37E-02	1.46E-02	1.27E-02	1.21E-02	1.20E-02
	Emission de particules	1.53E-09	4.47E-10	7.35E-09	4.75E-10	4.26E-10	7.53E-10	-1.36E-09
	Formation d'ozone photochimique	8.25E-05	2.58E-05	3.29E-04	5.79E-05	4.98E-05	4.81E-05	6.51E-06
	Acidification	1.65E-04	3.72E-05	3.33E-04	3.82E-05	3.68E-05	9.29E-05	-1.89E-05
	Epuisement des ressources en eau	6.91E-04	5.24E-03	1.59E-02	1.01E-03	2.40E-03	1.94E-02	2.45E-03
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	1.21E-06	2.61E-06	7.02E-05	9.82E-07	1.41E-06	7.08E-06	-1.00E-05
	Epuisement des ressources fossiles	5.31E-01	1.17E-01	5.66E-01	2.09E-01	2.77E-01	8.46E-01	-1.36E-01

Tableau 98: Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact, cas illustratifs – Scénario 4

10.5.5. Scénario 5

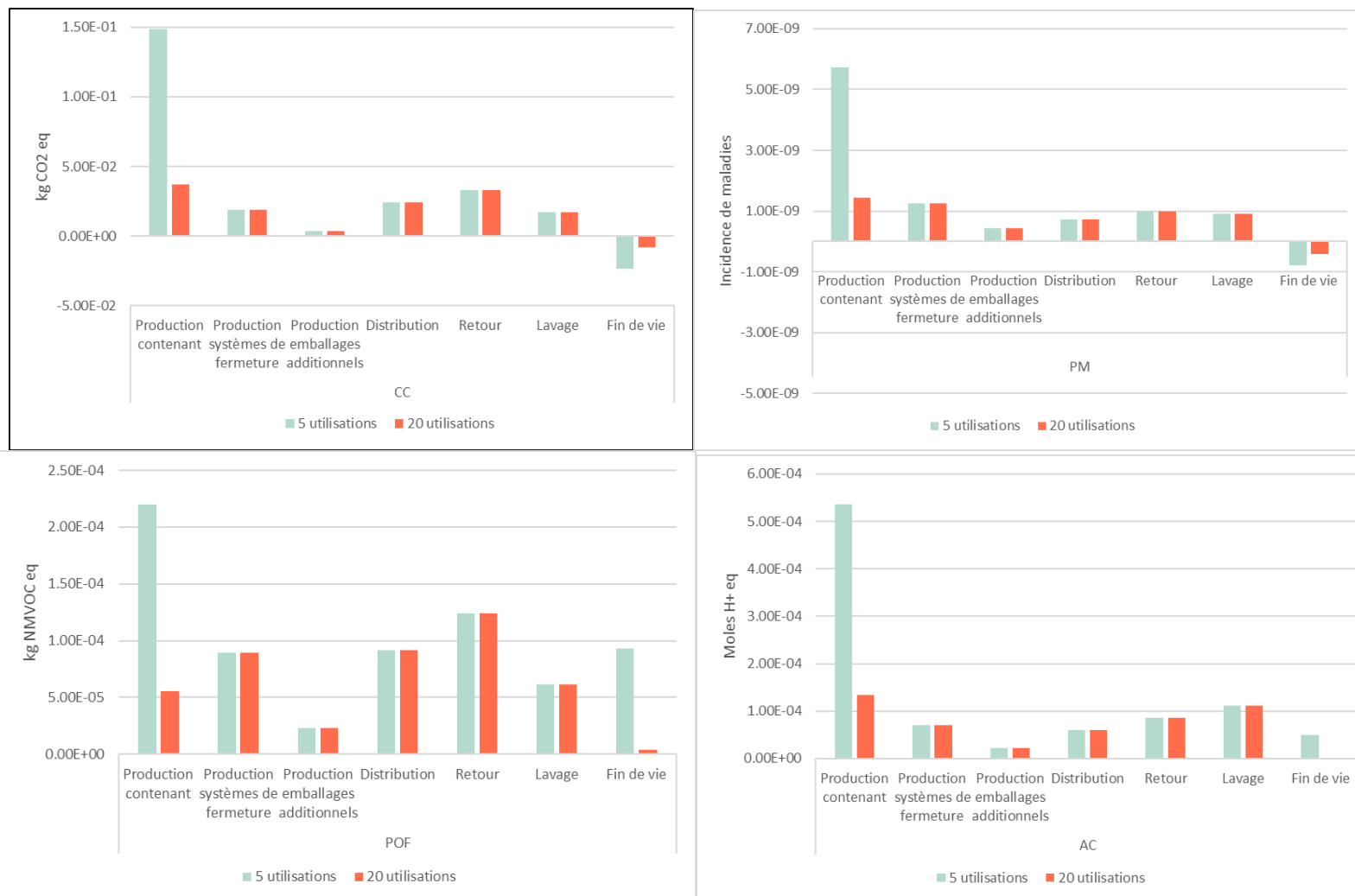


Figure 100: Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

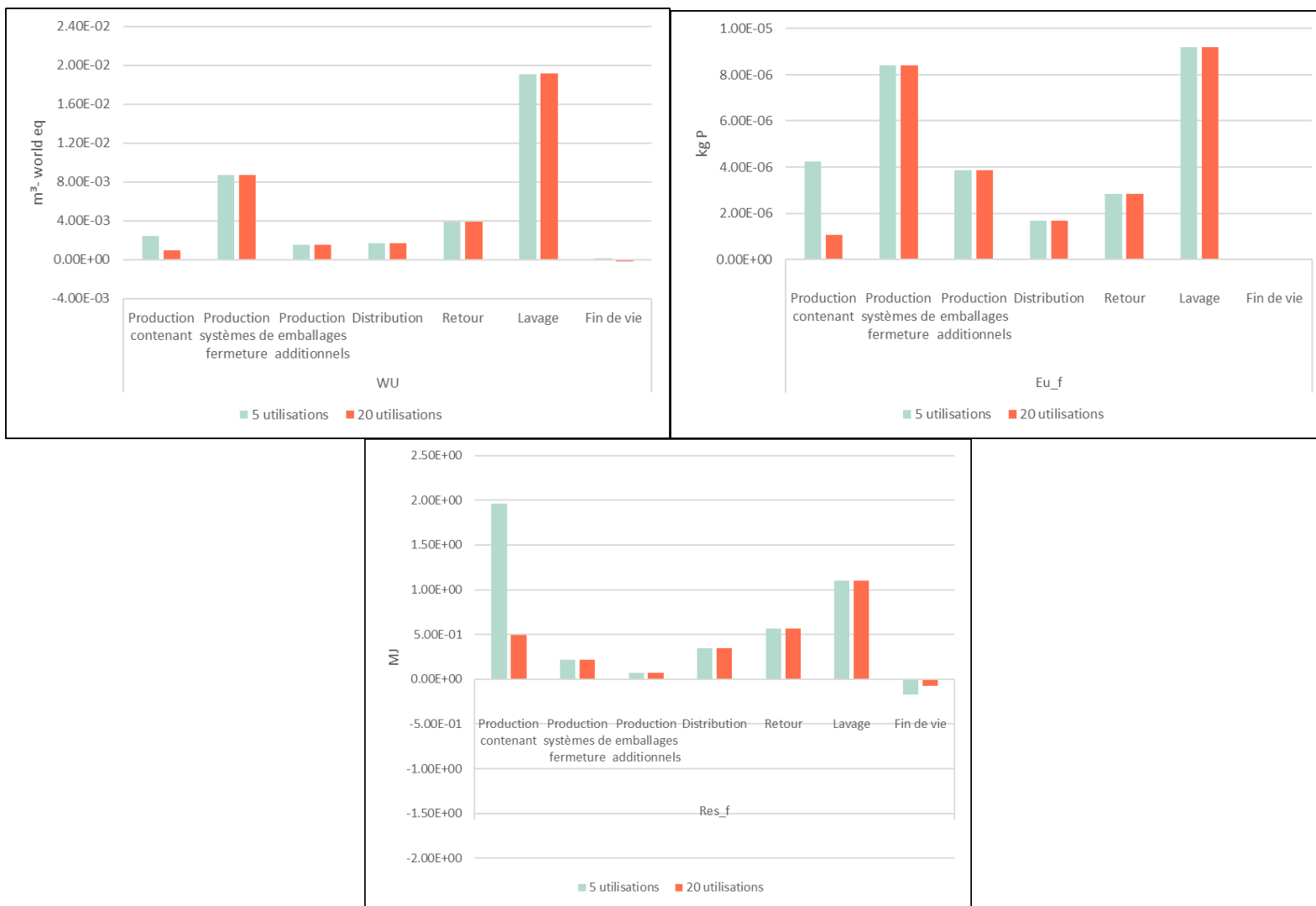


Figure 101 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces; Res_f = Epuisement des ressources fossiles)

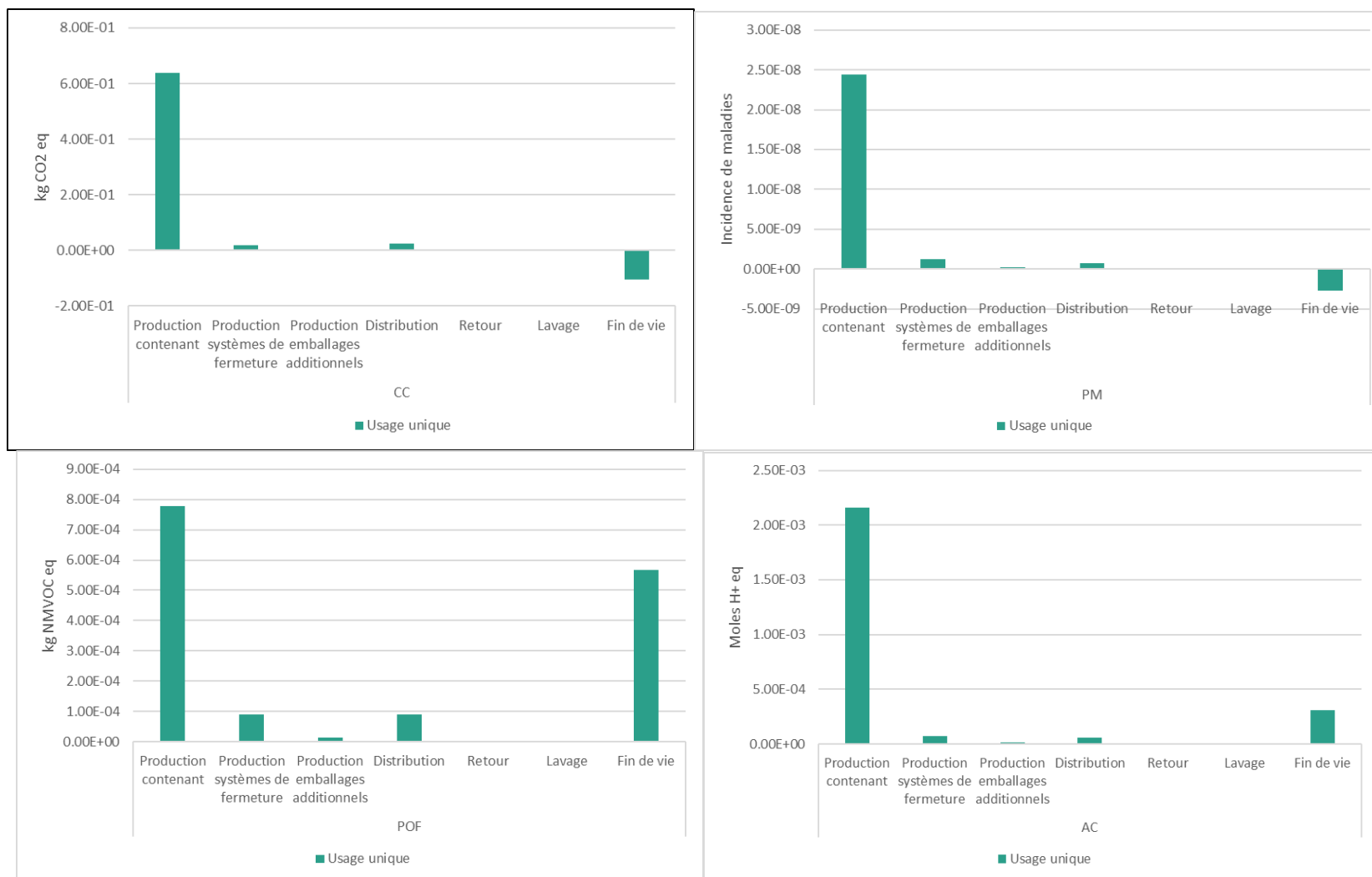


Figure 102: Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)

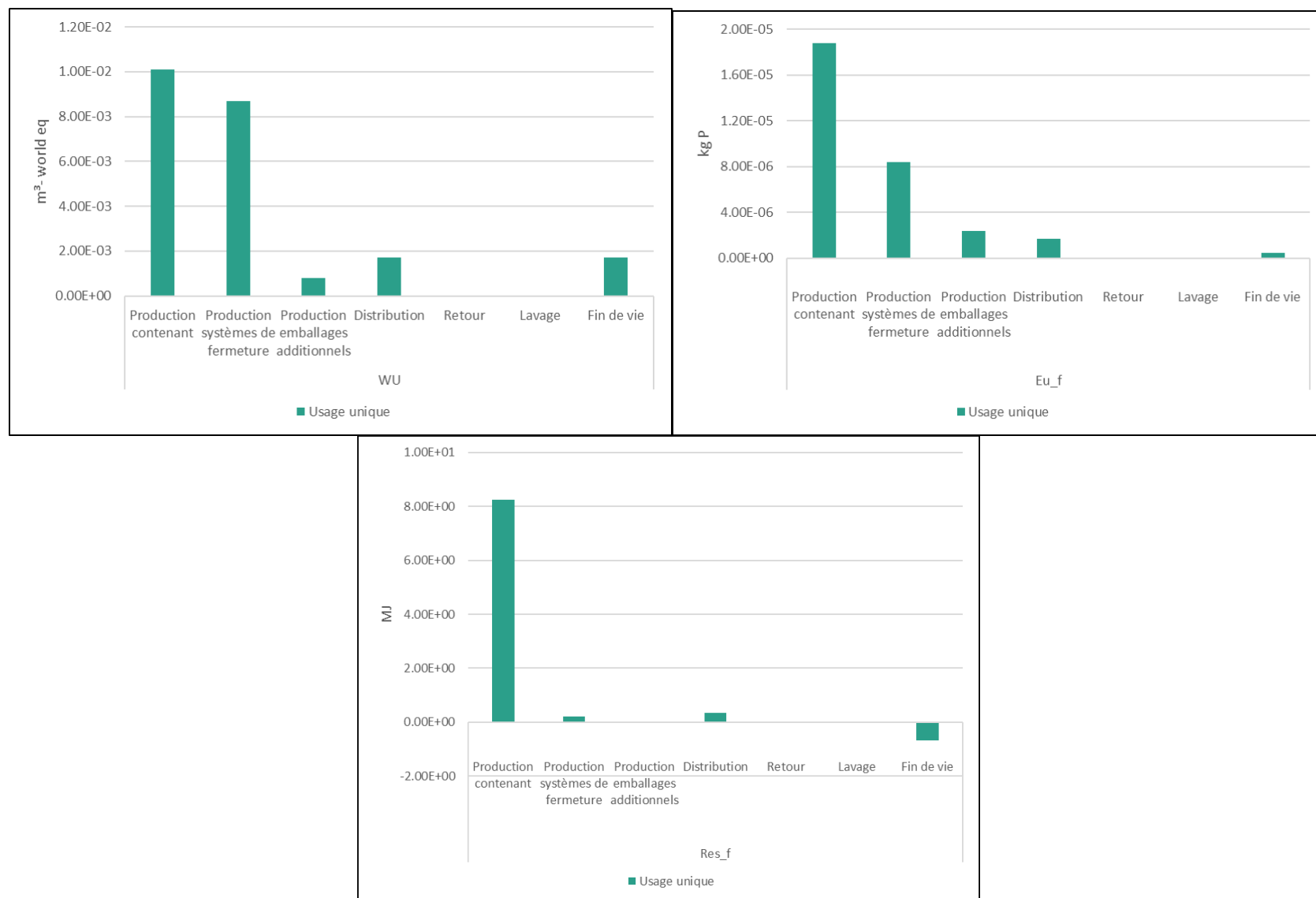


Figure 103 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : WU = Epaissement de la ressource en eau ; Eu_f = eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epaissement des ressources fossiles)

Nombre d'utilisations	Catégories d'impact	Etapas 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	6.38E-01	1.89E-02	1.46E-03	2.41E-02	0.00E+00	0.00E+00	-1.06E-01
	Emission de particules	2.44E-08	1.26E-09	2.58E-10	7.24E-10	0.00E+00	0.00E+00	-2.69E-09
	Formation d'ozone photochimique	7.79E-04	8.93E-05	1.29E-05	9.13E-05	0.00E+00	0.00E+00	5.68E-04
	Acidification	2.16E-03	7.05E-05	1.25E-05	6.07E-05	0.00E+00	0.00E+00	3.09E-04
	Epuisement des ressources en eau	1.01E-02	8.70E-03	8.01E-04	1.71E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.72E-03
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	1.88E-05	8.42E-06	2.35E-06	1.67E-06	0.00E+00	0.00E+00	4.38E-07
	Epuisement des ressources fossiles	8.24E+00	2.19E-01	3.05E-02	3.44E-01	0.00E+00	0.00E+00	-6.85E-01
5 utilisations	Changement climatique	1.49E-01	1.89E-02	3.25E-03	2.41E-02	3.30E-02	1.70E-02	-2.35E-02
	Emission de particules	5.73E-09	1.26E-09	4.24E-10	7.25E-10	9.95E-10	9.07E-10	-7.82E-10
	Formation d'ozone photochimique	2.20E-04	8.93E-05	2.30E-05	9.14E-05	1.24E-04	6.17E-05	9.27E-05
	Acidification	5.37E-04	7.05E-05	2.25E-05	6.07E-05	8.62E-05	1.12E-04	4.94E-05
	Epuisement des ressources en eau	2.46E-03	8.70E-03	1.51E-03	1.72E-03	3.87E-03	1.91E-02	9.90E-05
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	4.26E-06	8.42E-06	3.86E-06	1.67E-06	2.83E-06	9.19E-06	-2.05E-06
	Epuisement des ressources fossiles	1.96E+00	2.19E-01	7.49E-02	3.44E-01	5.66E-01	1.10E+00	-1.74E-01
20 utilisations	Changement climatique	3.73E-02	1.89E-02	3.25E-03	2.41E-02	3.30E-02	1.70E-02	-8.05E-03
	Emission de particules	1.43E-09	1.26E-09	4.24E-10	7.25E-10	9.95E-10	9.07E-10	-4.20E-10
	Formation d'ozone photochimique	5.52E-05	8.93E-05	2.30E-05	9.14E-05	1.24E-04	6.17E-05	3.61E-06
	Acidification	1.34E-04	7.05E-05	2.25E-05	6.07E-05	8.62E-05	1.12E-04	8.83E-07
	Epuisement des ressources en eau	9.67E-04	8.70E-03	1.51E-03	1.72E-03	3.87E-03	1.92E-02	-2.06E-04
	Epuisement des ressources minérales et métalliques	1.07E-06	8.42E-06	3.86E-06	1.67E-06	2.83E-06	9.19E-06	-2.52E-06
	Epuisement des ressources fossiles	4.91E-01	2.19E-01	7.49E-02	3.44E-01	5.66E-01	1.10E+00	-7.55E-02

Tableau 99: Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact, cas illustratifs – Scénario 5

10.6. Annexe 6 : Données de référence de consommation diesel

Les tableaux présentés ci-dessous permettent d'évaluer les consommations de diesel associés aux étapes de transport aller et retour de l'option réemployable de chaque scénario. Les valeurs n'étant pas présentées dans les tableaux (notamment les ratios volumiques, et masses d'emballages de transport et de regroupement) sont fixées selon les valeurs de cas illustratifs. Ceci explique par ailleurs les variations plus importantes de consommations de carburant présentées dans les graphes range spécifiques à ce paramètre et aux différents scénarios, en section 6 (qui eux, tiennent compte de toutes les variations de paramètres modélisés selon les gammes de valeurs considérées).

En outre, la masse de l'emballage primaire reprise dans ces tableaux fait référence à la masse effective de l'emballage primaire réemployable, après application du facteur d'augmentation de masse.

	Distance entre usine et centre de distribution (km)	Distance entre centre de distribution et commerce (km)	Masse de l'emballage primaire réemployable (kg/l)	Consommation de diesel liée aux transports aller	Consommation de diesel liée aux transports retour	Consommation de diesel résultante (l)
Cas illustratif n°1	150	30	0.7	0.002	0.003	0.005
Cas illustratif n°2	600	250	0.7	0.013	0.014	0.026
Cas illustratif n°3	350	75	0.4	0.004	0.006	0.010
Cas illustratif n°4	350	75	1.1	0.008	0.008	0.016

Tableau 100 : Données de référence de consommation diesel pour des valeurs logistiques fixes - Scénario 1

	Distance entre usine et centre de distribution (km)	Distance entre centre de distribution et commerce (km)	Masse de l'emballage primaire (kg/l)	Consommation de diesel liée aux transports aller	Consommation de diesel liée aux transports retour	Consommation de diesel résultante (l)
Cas illustratif n°1	150	30	0.7	0.003	0.003	0.005
Cas illustratif n°2	600	250	0.7	0.014	0.012	0.026
Cas illustratif n°3	350	75	0.4	0.009	0.007	0.016
Cas illustratif n°4	350	75	1.1	0.015	0.012	0.027

Tableau 101 : Données de référence de consommation diesel pour des valeurs logistiques fixes – Scénario 2

	Distance entre usine et centre de distribution (km)	Distance entre centre de distribution et commerce (km)	Masse de l'emballage primaire (kg/l)	Consommation de diesel liée aux transports aller	Consommation de diesel liée aux transports retour	Consommation de diesel résultante (l)
--	---	--	--------------------------------------	--	---	---------------------------------------

Cas illustratif n°1	150	30	0.7	0.003	0.003	0.006
Cas illustratif n°2	600	250	0.7	0.015	0.013	0.028
Cas illustratif n°3	350	75	0.4	0.005	0.005	0.010
Cas illustratif n°4	350	75	1.1	0.010	0.009	0.019

Tableau 102 : Données de référence de consommation diesel pour des valeurs logistiques fixes – Scénario 3

	Distance entre usine et centre de distribution (km)	Distance entre centre de distribution et commerce (km)	Masse de l'emballage primaire (kg/l)	Consommation de diesel liée aux transports aller	Consommation de diesel liée aux transports retour	Consommation de diesel résultante (l)
Cas illustratif n°1	50	25	0.7	0.001	0.001	0.003
Cas illustratif n°2	300	250	0.7	0.009	0.009	0.018
Cas illustratif n°3	150	25	0.4	0.002	0.002	0.004
Cas illustratif n°4	150	25	1.1	0.003	0.003	0.007

Tableau 103 : Données de référence de consommation diesel pour des valeurs logistiques fixes - Scénario 4

	Distance entre usine et centre de distribution (km)	Distance entre centre de distribution et commerce (km)	Masse de l'emballage primaire (kg/l)	Consommation de diesel liée aux transports aller	Consommation de diesel liée aux transports retour	Consommation de diesel résultante (l)
Cas illustratif n°1	50	30	0.7	0.001	0.001	0.002
Cas illustratif n°2	600	250	0.7	0.011	0.013	0.024
Cas illustratif n°5	150	25	0.4	0.001	0.002	0.004
Cas illustratif n°6	150	25	1.1	0.003	0.003	0.006

Tableau 104: Données de référence de consommation diesel pour des valeurs logistiques fixes - Scénario 5

10.7. Annexe 7 : Données de benchmarking

10.7.1. 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 105 : 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	~359 000 t (~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	Systèmes ponctuels et régionaux de consigne
Lait	79 612 t	~79 612 t (~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 106 : Données de tonnages de verre liés aux emballages réemployables et à usage unique en matériaux hors verre pour différentes catégories de produits

10.7.2. Systèmes logistiques

Des typologies de schémas logistiques ont été identifiées 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 "influentes" (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:

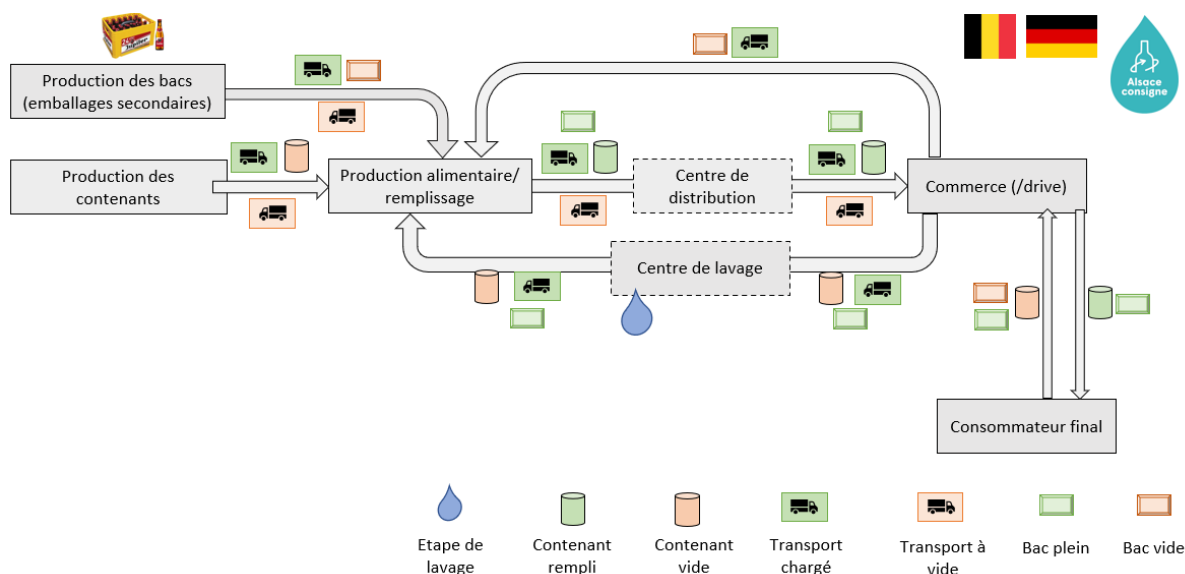


Figure 104 : Schéma logistique de consigne de bouteilles en verre distribuées en bacs consignés aux particuliers

La Figure 104 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, 63}. A noter, dans la plupart de ces cas de figure, le lavage est effectué en centre de lavage dédié.

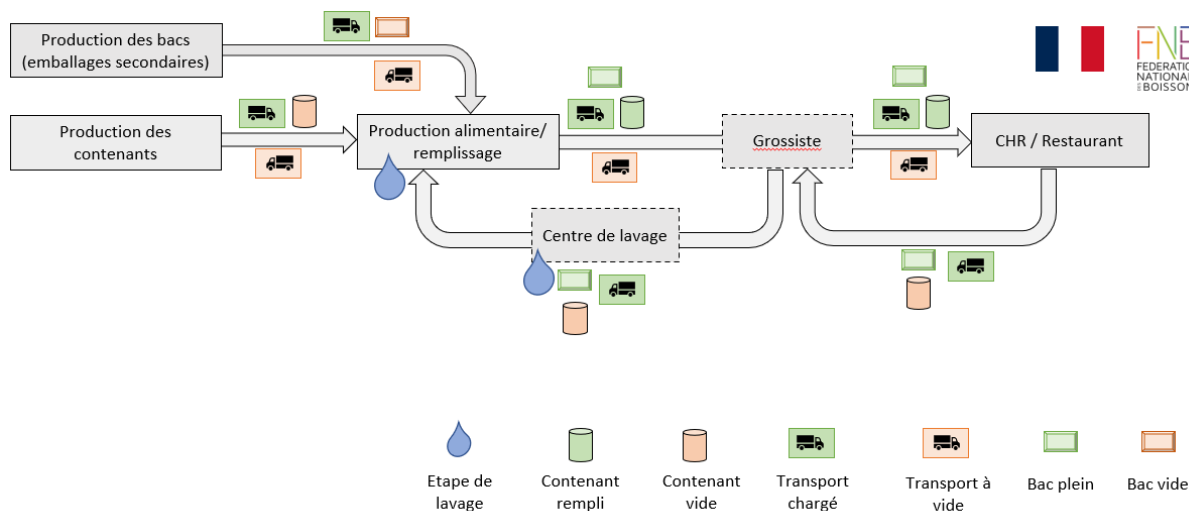


Figure 105 : Schéma logistique de consigne de bouteilles en verre distribuées en bacs consignés aux CHR

La Figure 105 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, 63}. Le lavage peut avoir lieu en centre de lavage dédié ou sur le site d'embouteillage.

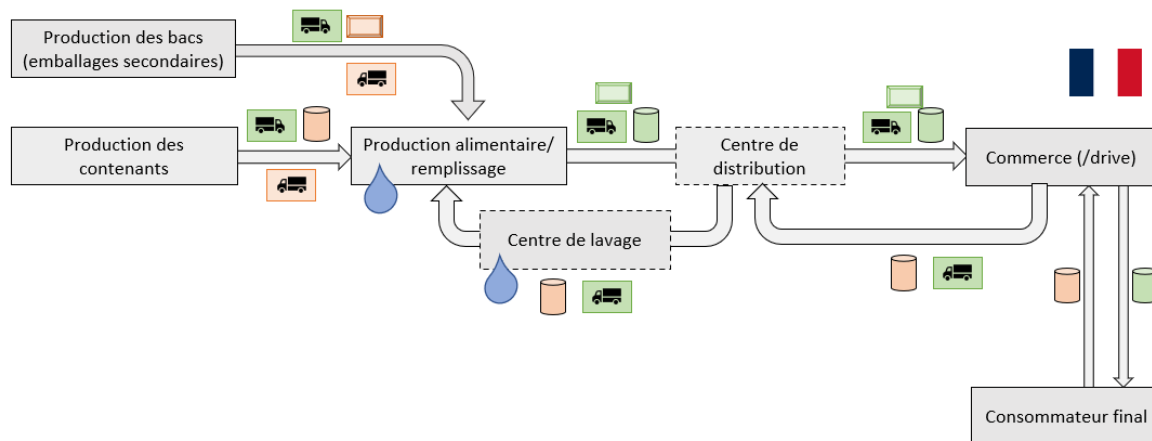


Figure 106 : Schéma logistique de consigne de bouteilles en verre distribuées aux particuliers sans emballage de regroupement réemployable

La Figure 106 représente la distribution de bouteilles en verre réemployables aux particuliers, via des emballages de regroupement à usage unique (par exemple en carton) ².

10.8. Annexe 8 : Données brutes collectées pour les emballages modélisés

Produit	Volume contenu (L)	Masse emballage primaire (kg)	Masse emballage primaire (kg / L)	Masse opercule (kg)	Carbonaté?	Réemploi?	Emb. De regroupement	Masse emb. de regroupement (kg)	Masse emb. de regroupement (kg/L)	Ratio volumique (L/L)	Source	Infos complémentaires
Vin	0.75	0.2445	0.326		Non	Oui					9	
Jus	1	0.37	0.37	0.004	Non	Non					39	
Jus	1	0.375	0.375	0.004	Non	Oui					39	
Vin	0.75	0.3255	0.434	0.0043	Non	Non					9	
Eau	1	0.452	0.452	0.0014							1	
Spiritueux	0.75	0.34275	0.457			Oui					39	
Eau	1	0.475	0.475	0.002		Oui					38	
Eau	0.75	0.39975	0.533	0.00187		Non					38	
Vin	0.75	0.402	0.536		Non	Non					39	Bouteille vin Mondeuse
Vin	0.75	0.40725	0.543	0.004	Non	Non					9	
Eau	0.75	0.41025	0.547			Non					20	
Vin	0.75	0.41	0.547		Non	Non					39	Bouteille vin Vila Jardim
Vin	0.75	0.43	0.547		Non	Non					39	
Spiritueux	0.75	0.41175	0.549			Non					39	
Eau	0.75	0.41625	0.555	0.002		Oui					38	
Vin	0.75	0.491	0.573		Non	Non					39	Bouteille vin Viron
Vin	0.75	0.447	0.596		Non	Non					39	
Eau	0.5	0.3	0.6	0.002		Oui					38	
Jus	1	0.6	0.6	0.00154	Non	Oui					9	
Bière	0.75	0.45975	0.613		Oui	Non	Carton		0.4		22	
Bière	0.33	0.20328	0.616		Oui	Non					9	
Eau	1	0.62	0.62			Oui	Caisse HDPE				20	
Bière	0.355	0.221	0.623		Oui	Non					39	Bouteille Corona 0.355
Eau	1	0.625	0.625	0.002		Oui					38	
Bière	0.33	0.20658	0.626		Oui	Non					9	
Bière	0.33	0.2079	0.63		Oui	Non						Bouteille bière à usage unique (long neck basse à vis)
Bière	0.33	0.209	0.6333			Non	Cartonnette	0.0115	0.008712121		39	Collerette en carton
Eau	0.75	0.48	0.64	0.00187		Non					38	
Eau	0.33	0.21285	0.645	0.00187		Non					38	
Eau	0.5	0.325	0.65	0.00187		Non					38	
Eau	0.5	0.3275	0.655	0.00205		Non					1	
Vin	0.75	0.572	0.655		Non	Non					39	Bouteille vin La Chapelle
Bière	0.33	0.2178	0.66		Oui	Oui					50	Bouteille bière réutilisable (sud flasche)
Bière	0.33	0.2178	0.66		Oui	Non					50	Bouteille bière à usage unique (Long neck basse verre brun)
Bière	0.75	0.50025	0.667		Oui	Non					50	Bouteille bière à usage unique (Couronne 29)
Bière	0.33	0.221	0.67		Oui	Non					39	Bouteille Desperados 0.33
Eau	0.33	0.22176	0.672			Non					20	
Bière	0.341	0.229834	0.674		Oui	Non					9	
Bière	0.341	0.229834	0.674		Oui	Non					9	

Figure 107 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment, sur lesquelles a été basé l'établissement des gammes de valeurs et valeurs de cas illustratifs utilisées dans la modélisation des emballages - Scénarios 1, 2, 3, et 4 (1/3)

Produit	Volume contenu (L)	Masse emballage primaire (kg)	Masse emballage primaire (kg / L)	Masse opercule (kg)	Carbonaté?	Réemploi?	Emb. De regroupement	Masse emb. de regroupement (kg)	Masse emb. de regroupement (kg/L)	Ratio volumique (L/L)	Source	Infos complémentaires
Bière	0.33	0.22308	0.676		Oui	Non					9	
Spiritueux	0.75	0.5145	0.686			Non					39	
Bière	0.33	0.228	0.691								39	Bouteille Grimbergen 0.33
Bière	0.25	0.175	0.7		Oui	Non					50	Bouteille bière à usage unique (Long neck basse verre blanc)
Vin	0.75	0.527	0.702		Non	Non					39	Bouteille vin Casillero del diablo
Soda	0.5	0.355	0.71		Oui	Non					39	
Soda	0.2	0.142	0.71		Oui	Non					39	
Soda	0.2	0.143	0.715		Oui	Non					39	
Vin	0.75	0.402	0.716		Non	Non					39	Bouteille vin Le Cazot
Eau	0.5	0.36	0.72	0.00205		Oui					1	
Eau	0.75	0.54525	0.727	0.002		Oui					38	
Vin	0.75	0.54975	0.733		Non	Oui					41	
Bière	0.25	0.185	0.74		Oui	Non					50	Bouteille bière à usage unique (Long neck basse verre brun)
Bière	0.75	0.56025	0.747	0.0028	Oui	Oui					2	
Bière	0.75	0.56025	0.747		Oui	Oui					50	Bouteille bière à usage unique (Couronne 26)
Bière	0.75	0.56025	0.747		Oui	Oui					50	Bouteille bière à usage unique (Mousseux double ré)
Bière	0.75	0.56025	0.747		Oui	Non					2	
Bière	0.75	0.56025	0.747		Oui	Non					50	
Bière	0.75	0.56025	0.747		Oui	Non					2	
Eau	1	0.75	0.75				Caisse HDPE	1.5	0.25		9	
Bière	0.33	0.24981	0.757	0.00205	Oui	Non					1	
Eau	0.5	0.38	0.76			Oui	Caisse HDPE				20	
Eau	0.5	0.38	0.76	0.002		Oui					38	
Soda	0.25	0.19	0.76		Oui	Non					20	
Bière	0.75	0.57	0.76		Oui	Oui	Carton		0.4		50	Bouteille bière à usage unique (Liège)
Bière	0.75	0.57	0.76		Oui	Non					22	
Vin	0.75	0.696	0.762		Non	Non					39	Bouteille vin Viella
Bière	0.33	0.25245	0.765		Oui	Non					50	Bouteille bière à usage unique (Steinie)
Vin	0.75	0.57525	0.767		Non						39	
Bière	0.75	0.5766	0.7688		Oui	Oui					2	
Bière	0.5	0.385	0.77		Oui	Non					50	Bouteille bière à usage unique (Long neck haute)
Spiritueux	0.7	0.539	0.77	0.00176	Oui	Non					39	
Vin	0.75	0.58	0.773		Non	Non					39	Bouteille vin Beaujolais
Bière	0.33	0.25575	0.775		Oui	Non					50	Bouteille bière à usage unique (Long Neck haute)
Jus	0.25	0.195	0.78	0.00205	Non	Non					39	
Eau	0.33	0.25938	0.786	0.00187		Non					38	
Soda	0.33	0.26235	0.795	0.00205	Oui	Oui					1	
Bière	0.33	0.26235	0.795	0.00205	Oui	Oui					1	
Soda	0.75	0.597	0.796		Oui	Non					50	
Soda	0.2	0.161	0.805		Oui	Non					39	

Figure 108 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environnement, sur lesquelles a été basé l'établissement des gammes de valeurs et valeurs de cas illustratifs utilisées dans la modélisation des emballages - Scénarios 1, 2, 3, et 4 (2/3)

Produit	Volume contenu (L)	Masse emballage primaire (kg)	Masse emballage primaire (kg / L)	Masse opercule (kg)	Carbonaté?	Réemploi?	Emb. De regroupement	Masse emb. de regroupement (kg)	Masse emb. de regroupement (kg/L)	Ratio volumique (L/L)	Source	Infos complémentaires
Bière	0.341	0.274846	0.806		Oui	Non					9	
Bière	0.5	0.405	0.81		Oui	Non					50	Bouteille bière à usage unique (Premium Ale 50)
Bière	0.33	0.267	0.81								39	Bouteille Chimay 0.33
Bière	0.5	0.415	0.83		Oui	Non					50	Bouteille bière à usage unique (Birra pub)
Bière	0.33	0.28215	0.855		Oui						39	
Eau	0.33	0.28314	0.858	0.002		Oui					38	
Bière	0.75	0.65025	0.867		Oui	Oui					2	Bouteille Duvel 0.33
Bière	0.75	0.65025	0.867		Oui	Oui					2	
Bière	0.33	0.286	0.867								39	
Bière	0.33	0.293	0.888		Oui	Non					39	Bouteille Chouffe 0.33
Bière	0.33	0.297	0.9		Oui	Non					50	Bouteille bière à usage unique (Celeste)
Bière	0.33	0.297	0.9		Oui	Non					50	Bouteille bière à usage unique (Celeste)
Jus	0.25	0.23	0.92	0.00205	Non	Oui					1	
Vin	0.75	0.537	0.928		Non	Non					39	Bouteille vin Santa Tierra
Bière	0.33	0.3069	0.93		Oui	Oui					50	Bouteille bière réutilisable (long neck haute)
Bière	0.33	0.31185	0.945		Oui	Non					50	Bouteille bière à usage unique (Vichy)
Bière	0.25	0.237	0.948	0.0019	Oui	Non	Cartonnette	0.059	0.0295		39	Collerette en carton
Bière	0.7	0.7	1		Oui	Non					50	Bouteille bière à usage unique (Arsene)
Vin	0.75	0.754	1.005		Non	Non					39	Bouteille vin Amicone
Soda	0.2	0.2019	1.045	0.00202	Oui	Non	Cartonnette	0.041	0.05125		39	Bouteille tonic avec collerette en carton
Soda	0.33	0.3762	1.14		Oui	Oui					20	
Bière	0.33	0.3861	1.17		Oui	Non					50	Bouteille bière à usage unique (Paris)
Bière					Oui		Cartonnette	0.063	0.0105		39	Collerette en carton
Bière					Oui		Cartonnette	0.036	0.012		39	Collerette en carton
Bière					Oui		Cartonnette	0.087	0.0145		39	Collerette en carton
Bière							Cartonnette	0.012	0.012	2.1131	59	Collerette en carton pour 3 bières de 33 Cl
Bière							Cartonnette	0.021	0.0105	1.88	39	Collerette en carton pour 6 bières de 33 cL
Bière							Cartonnette	0.029	0.0145	2.2	39	Collerette en carton pour 6 bières de 33 cL
Bière							Cartonnette	0.066	0.033	2.92	39	Collerette en carton pour 6 bières de 33 Cl (Chouffe)
Bière							Cartonnette	0.049	0.0249	2.75	39	Collerette en carton pour 6 bières de 33 Cl (Corona)
Vin	0.75						Boîte en carton	0.224	0.0498	2.92	39	Boîte en carton pour 6 bouteilles de vin
Vin	0.75						Boîte en carton	0.213	0.0473	2.54	39	Boîte en carton pour 6 bouteilles de vin
Vin	0.75						Boîte en carton	0.171	0.038	2.64	39	Boîte en carton pour 6 bouteilles de vin
Vin	0.75						Boîte en carton	0.45	0.1		39	Boîte en carton pour 6 bouteilles de vin

Figure 109 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environnement, sur lesquelles a été basé l'établissement des gammes de valeurs et valeurs de cas illustratifs utilisées dans la modélisation des emballages - Scénarios 1, 2, 3, et 4 (3/3)

Produit	Volume contenu (L)	Masse emballage primaire (kg)	Masse emballage primaire (kg / L)	Masse opercule (kg)	Carbonaté?	Réemploi?	Emb. De regroupement	Masse emb. de regroupement (kg)	Masse emb. de regroupement (kg/L)	Ratio volumique (L/L)	Source	Infos complémentaires
Bière	0.25				Oui	Oui	Caisse HDPE			1.9	39	Caisse HDPE Jupiler pour 24 bouteilles de 25 cL
Bière							Caisse HDPE	1.6	0.266	5.01	44	Caisse HDPE pour 6 bouteilles d'un litre
Bière							Caisse HDPE	2.5	0.3125	3.77	44	Caisse HDPE pour 24 bouteilles de 33 cL
Bière							Caisse HDPE	1.86	0.207	4.6	22	Caisse HDPE pour 12 bouteilles de 0.75 cL
Eau							Caisse HDPE	2	0.3		38	Caisse HDPE pour 20 bouteilles de 0.33 L
Eau							Caisse HDPE	2	0.2		38	Caisse HDPE pour 20 bouteilles de 0.5 L
Eau							Caisse HDPE	2	0.133		38	Caisse HDPE pour 20 bouteilles de 0.75 L
Eau							Caisse HDPE	2	0.166		38	Caisse HDPE pour 12 bouteilles de 1L
Eau							Caisse HDPE	2	0.111		38	Caisse HDPE pour 12 bouteilles de 1.5L
Bière							Caisse HDPE	1.8	0.225		49	Caisse HDPE pour 24 bouteilles de bières 33cL
Bière							Caisse HDPE	1.353	0.204	3.72	46	Caisse HDPE pour 20 bouteilles de bières 33cL
Bière							Caisse HDPE	1.353	0.135	3.42	46	Caisse HDPE pour 20 bouteilles de bières 50cL
Bière							Caisse HDPE	1.668	0.278	5	46	Caisse HDPE pour 6 bouteilles de bières 75cL
Bière							Caisse HDPE	2.5	0.312	3.77	44	Caisse HDPE pour 24 bouteilles de bières 33cL
Bière							Caisse HDPE	1.44	0.12	3.5	45	Caisse HDPE pour 12 bouteilles de 1L

Figure 110 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environment, sur lesquelles a été basé l'établissement des gammes de valeurs et valeurs de cas illustratifs utilisées dans la modélisation des emballages de regroupement en PEHd - Scénarios 2 et 3 (3/3)

Groupe	Min	Max	Moyenne	Médiane	Cas illustratif
Verre (bouteilles)	0.326	1.17	0.720149505	0.733	0.733
Bouteilles réemploi	0.326	1.14	0.711957143	0.747	0.747
Bouteilles usage unique	0.37	1.17	0.721337879	0.71	0.71
Bières	0.613	1.17	0.773458696	0.7585	0.7585
Bières réemploi	0.66	0.93	0.78888	0.7644	0.7644
Bières usage unique	0.613	1.17	0.764603125	0.747	0.747
Eau	0.452	0.858	0.6515	0.6475	0.6475
Eau réemploi	0.475	0.858	0.67	0.6725	0.6725
Eau usage unique	0.533	0.786	0.641	0.6475	0.6475
Eaux gazeuses	NA	NA	NA	NA	NA
Eaux plates	NA	NA	NA	NA	NA
Jus et soupes	0.37	0.92	0.609	0.6	0.6
Vin	0.326	1.005	0.655470588	0.655	0.655
Sodas	0.71	1.14	0.830666667	0.795	0.795
Masse système de fermeture	0.0014	0.0043	0.002255862	0.002	0.002
Masse cartonnnette	0.008712	0.05125	0.020123829	0.0145	0.0145
Ratio volumique collerette en carton	1.88	2.92	2.37262	2.2	2.2
Masse boîte en carton	0.038	0.1	0.058775	0.04855	0.04855
Ratio volumique boîte en carton	2.54	2.92	2.7	2.64	2.64
Masse caisse PEHD	0.111	0.3125	0.214633333	0.207	0.207
Ratio volumique caisse PEHD	1.9	5.01	3.854444444	3.77	3.77
Bouteilles en verre Scénario 1	0.326	1.17	0.724464948	0.74	0.715
Bouteilles en verre Scénario 2	0.326	1.17	0.724464948	0.74	0.715
Bouteilles en verre Scénario 3	0.326	1.17	0.724464948	0.74	0.715
Bouteilles en verre Scénario 4	0.326	1.17	0.724464948	0.74	0.715

Figure 111 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation – Scénarios 1, 2, 3 et 4

Produit	Volume (L)	Masse (kg)	Masse (kg / L)	Masse système de fermeture (kg)	Réemploi	Source
Epicerie	0.72	0.278	0.386	0.013	Non	39
Epicerie	0.7	0.298	0.426	0.008	Non	39
Epicerie	0.42	0.197	0.469		Oui	39
Epicerie	0.69	0.324	0.469565217	0.00616		39
Miel/pâte à tartiner	0.4	0.199	0.497		Non	39
Miel/pâte à tartiner	0.3	0.165	0.55	0.012		39
Produit laitier	0.175	0.097	0.554		Non	39
Produit laitier	0.175	0.098	0.56		Non	39
Miel/pâte à tartiner	0.385	0.228	0.592	0.016	Non	39
Epicerie	0.19	0.117	0.615789474	0.00624	Non	39
Epicerie	0.2	0.13	0.65		Oui	39
Miel/pâte à tartiner	0.35	0.23415	0.669	0.018		39
Epicerie	0.25	0.168	0.672	0.01		39
Produit laitier	0.15	0.1059	0.706			39
Miel/pâte à tartiner	0.25	0.182	0.728	0.01	Non	39
Epicerie	0.11	0.087	0.790909091	0.00622	Non	39
Produit laitier	0.2	0.161	0.805		Non	39
Produit laitier	0.19	0.165	0.868		Non	39
Epicerie	0.37	0.46435	1.255			39

Figure 112 : Données brutes issues de pesées/mesures réalisées par RDC Environment, sur lesquelles a été basé l'établissement des gammes de valeurs et valeurs de cas illustratifs utilisées dans la modélisation des emballages - Scénario 5

Groupe	Min	Max	Moyenne	Médiane	Cas illustratif
Verre (pots)	0.386	1.255	0.645435	0.615789	0.615789474
Miel/pâte à tartiner	0.497	0.728	0.6072	0.592	0.592
Produit laitier	0.554	0.868	0.6986	0.706	0.706
Epicerie	0.386	1.255	0.639809	0.559783	0.559782609
Masse système de fermeture	0.00616	0.018	0.010562	0.010	0.01
Pots en verre Scénario 5	0.386	1.255	0.645435	0.615789	0.615789474

Figure 113 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation – Scénario 5

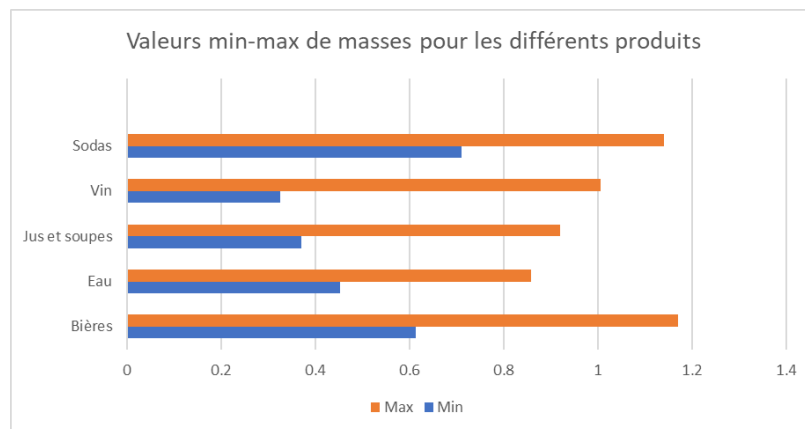


Figure 114 : Bornes minimales et maximales des valeurs de masse (kg/L) de bouteilles (scénarios 1 à 4) selon les typologies de produits étudiées

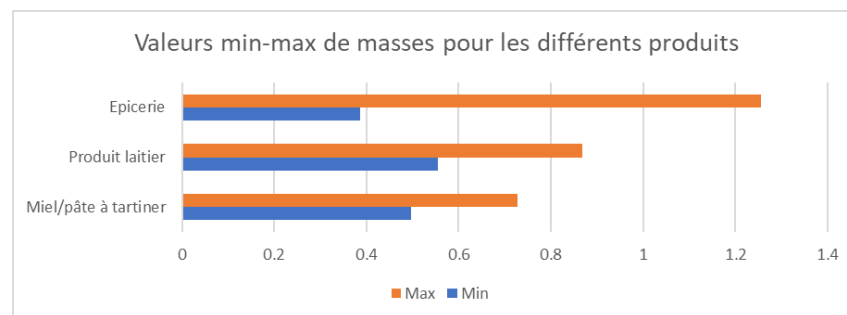


Figure 115: Bornes minimales et maximales des valeurs de masse (kg/L) de pots et bocaux (scénario 5) selon les typologies de produits étudiées

10.9. 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 méthodologique	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 <u>sous un spectre environnemental</u>
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 116 : 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 méthodologique	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'électricité du pays de consommation	Oui	
9	Horizon temporel inférieur à 5 ans : si des mix d'électricité spécifiques (type électricité 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 respectés	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 : $Ev + R1 \times A \times E_{recycled} - R1 \times A \times Q_{sin} / Q_p \times Ev$	Oui	
10	La formule de recyclage en fin de vie est appliquée : $R2 \times (1-A) \times (E_{recyclingEoL} - Ev^* \times Q_{sout} / Q_p)$	Oui	
10	Les valeurs des ratios qualité Q_{sin}/Q_p et Q_{sout}/Q_p 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 chaîne 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 117 : 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 méthodologique	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 41 / 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 massivement 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 modélisés en ne considérant qu'un tiers 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, papier/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 recyclage 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 (ressource 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 (ressource 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 118 : 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 méthodologique	Respect du cadre	Commentaire
21	Métrie 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 119 : Récapitulatif des préconisations majeures du Cadre de Référence ADEME et de la conformité de l'étude à leur égard (4/4)

10.10. Annexe 10: Rapport de revue critique

10.10.1. Contexte

A la demande de l'ADEME, RDC Environnement a préparé un rapport comparatif « **Evaluation environnementale de la consigne pour réemploi d'emballages en verre – Volet A** » 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 en verre par les professionnels (distributeurs ou restaurateurs) en France, en prenant en compte toutes les étapes de leurs cycles de vie et différents facteurs d'impacts environnementaux. A cette fin, les paramètres influençant les performances environnementales des différents dispositifs seront 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 plus avantageuse sur le plan environnemental qu'une solution analogue existante à usage unique, et vice-versa* ».

L'étude générale sur le réemploi des emballages en verre est structurée en deux volets. Le **volet A** - objet de ce rapport de revue critique - 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* ». Il procède par la construction et l'évaluation de plusieurs scénarios « génériques » destinés à couvrir une large diversité de cas possibles.

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 son annexe), dans le rapport final de l'ADEME et de RDC Environnement.

10.10.2. 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.

10.10.3. Travaux de revue critique, déroulement et limitations

10.10.3.1. Nature des travaux de 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 chaîne 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.

Le rapport de revue critique a pour intérêt complémentaire de fournir au lecteur du rapport comparatif préparé par RDC Environnement et l'ADEME des éclairages et des informations qui pourront l'aider dans sa lecture et sa compréhension de ce rapport.

10.10.3.2. Déroulement de la revue critique

La revue critique a été réalisée à l'issue de l'étude (à la différence de revues réalisées parallèlement à l'étude). Le processus de revue critique a été initié en novembre 2022, toutefois les travaux de revue n'ont véritablement démarré que début mars 2023 avec la transmission au Comité de RC du rapport complet provisoire. Ils se sont achevés avec la remise du rapport de revue critique le 1^{er} juin 2023.

Au cours de ce travail, différents échanges ont été organisés entre RDC Environnement, l'ADEME et le Comité de RC.

Une seule itération de commentaires a été réalisée et a porté sur la première version du rapport complet transmise au Comité de RC. En raison du calendrier très contraint de finalisation de l'étude, la relecture de la seconde version du rapport d'ACV – dont la volumétrie a significativement augmenté par rapport à la version provisoire – a directement donné lieu à la rédaction de ce rapport de revue critique, et n'a donc pas été l'objet d'une nouvelle itération de commentaires.

Le Comité de RC a également été destinataire, à titre informatif, des supports de présentation et des comptes-rendus des discussions entre l'ADEME, RDC Environnement et le Comité de Suivi de l'étude (panel d'une soixantaine d'acteurs de la chaîne de valeur du réemploi d'emballages en verre) qui les a accompagnés dans leur travail. Il n'y a pas eu de temps d'échanges entre de Comité de RC et le Comité de Suivi.

Les principaux jalons du processus de revue critique sont détaillés dans le tableau ci-après.

Période	Etape	Précisions
2 au 9 novembre 2022	<ul style="list-style-type: none"> • Transmission par RDC/ADEME du support d'échanges • Réunion d'échange avec RDC Environnement et l'ADEME 	<p>Présentation des orientations en termes de choix des scénarios.</p> <p>Echanges préliminaires sur des éléments généraux</p>
1 ^{er} au 15 mars 2023	<ul style="list-style-type: none"> • Transmission par RDC/ADEME du rapport complet provisoire le 28 février (version 1)⁹ • Analyse de ce rapport par le Comité de RC • Rédaction et consolidation des commentaires de la revue critique 	<p>Le rapport provisoire consiste dans un document de 145 pages environ, portant sur le volet A mais aussi le volet B (à l'exclusion des résultats, non encore établis à cette date)</p>
15 mars 2023	Transmission des commentaires de la revue critique	190 commentaires environ ont été formulés par le Comité de RC*
20 mars 2023	Réunion d'échanges sur les commentaires avec RDC, l'ADEME et le Comité de RC	
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
14 au 31 mai 2023	<ul style="list-style-type: none"> • Transmission par RDC/ADEME du rapport final d'ACV (version 2) : le 14 mai et 25 mai 2023 suite à des derniers ajustements • Lecture du rapport final par le Comité de RC (pas de rédaction de nouveaux commentaires en raison des délais) • Rédaction du rapport de revue critique 	<p>Le rapport final du 25 mai consiste dans un document de 244 pages</p> <p>Inclut de nouvelles sections (ex : 4.1, 4.5.2, 4.7, 9.2, 9.3), des sections significativement enrichies (ex : 6.6, 9.1) et de nouvelles annexes (ex : annexes 7,8 et 9) par rapport à la version 1</p>
1 ^{er} juin 2023	Transmission du rapport de revue critique	

Figure 120 - Principaux jalons du processus de revue critique

* 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

10.10.3.3. Limitations du travail de revue critique

Limites générales du travail de revue critique

Le Comité de RC a exclusivement travaillé sur la base des deux versions du rapport ACV qui lui ont été remises.

Les valeurs obtenues aléatoirement pour les variables descriptives de chacune des solutions étudiées (1000 itérations calculées pour chaque solution des 5 scénarios), non incluses dans le rapport, n'ont pas été examinées.

⁹ Voir limitations concernant l'indicateur d'épuisement des ressources en eau

Plus généralement, aucune vérification sur 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) et la modélisation à proprement parler, n'a été conduite par le Comité de RC. Des tests limités ont toutefois 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 (notamment les masses), qui ont par ailleurs été soumises au Comité de Suivi de l'étude constitués d'acteurs de la chaîne de valeur du réemploi d'emballages en verre, 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 constituant les fourchettes étudiées. Il n'entraîne cependant pas dans sa mission de procéder à une vérification des valeurs établies ou encore à des mesures ou pesées.

De plus, il n'entraîne pas dans le champ de cette revue :

- D'analyser et de vérifier des feuilles de données individuelles mobilisées dans la modélisation réalisée par RDC Environnement, y compris celles créées dans le contexte de cette étude (ex : données de lavage).
- Dévaluer le fonctionnement du logiciel « RangeLCA ».

Limite spécifique à l'examen des résultats d'impacts pour l'épuisement des ressources en eau

Selon les auteurs du rapport, les résultats présentés dans la version complète provisoire (version 1 reçue le 28 février 2023) pour l'indicateur d'épuisement des ressources en eau n'étaient pas probants en raison : 1) « d'irrégularités » identifiées par RDC Environnement dans les inventaires de production du verre, 2) d'une modélisation provisoire des étapes de lavage, la collecte de données auprès d'acteurs du lavage étant en cours. Cette famille de résultats n'a donc pas été examinée par le Comité de RC lors de son analyse du rapport provisoire.

Pour les différentes solutions réemployables étudiées, la lecture du rapport final fait ressortir que la contribution de l'étape de production des contenants en verre est très secondaire en comparaison d'autres étapes du cycle de vie (voir par exemple les figures 85, 89, 93), alors qu'elle était fortement prépondérante dans les résultats provisoires.

Cet indicateur, adapté de la méthode AWARE dans le cadre de l'initiative Environmental Footprint, pose des difficultés spécifiques de mise en œuvre qui nécessitent de comprendre la validité technique des inventaires utilisés et leur adéquation avec le calcul de cet indicateur, notamment en ce qui concerne les inventaires de production des matériaux, de recyclage, de traitement des eaux usées, etc. (cf. Cadre de Référence ADEME, p 123, « *Limites potentielles des données d'inventaire - cas de l'épuisement de la ressource en eau* »). Le rapport final n'apporte pas d'informations sur les « irrégularités » relatives aux inventaires initiaux de production du verre vierge et du verre recyclé, sur les correctifs apportés ainsi que sur l'adéquation des autres inventaires contributifs avec le calcul de cet indicateur.

Le planning fortement contraint à réception de la version 2 du rapport ne permettait pas d'envisager des discussions approfondies sur ces questionnements. En conséquence, le Comité de RC considère ne pas avoir pu disposer d'éléments d'information suffisants pour pouvoir se forger une opinion sur la validité technique des données d'inventaires mobilisées au regard de cette catégorie d'impact.

10.10.3.4. Portée du 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 réemploi d'emballages en verre – volet A » tel que transmis au Comité de RC le 25 mai 2023. Il ne couvre aucun autre rapport, extrait, synthèse, publication ou inventaires du cycle de vie qui pourraient éventuellement être produits. 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.

10.10.4. Principaux commentaires et points discutés

10.10.4.1. 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 (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 4.1 « *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 5 scénarios étudiés. Ces précisions ont été apportées dans les fiches descriptives des scénarios présentées en section 3.1.3.3 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* ».

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 plus avantageuse sur le plan environnemental qu'une solution analogue existante à usage unique, et vice-versa* ».

10.10.4.2. 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 rapport complet provisoire¹⁰, 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 4.4.1.4 « *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 de l'annexe 8 dans le rapport final d'ACV.

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.

10.10.4.3. 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 ».

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 provisoire¹¹.

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

¹⁰ 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.

¹¹ Voir notamment commentaires n°102, n°113, n°114, n°115, n°116, n°118, n°133, n°139.

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 pratiqués. 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 aval 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 4.4.1.2 « *Taux de chargement des camions* » et 4.4.1.5.2 « *Types de routes* » du rapport final d'ACV.

En conséquence, les scénarios décrits et modélisés dans le rapport final d'ACV présentent un niveau approprié de plausibilité technique.

10.10.4.4. Choix des données en lien avec les objectifs de l'étude

Plusieurs commentaires détaillés ont questionné les gammes de valeurs proposées dans le rapport complet provisoire en ce qui concerne la masse des contenants en verre, certains de leurs systèmes de fermeture, ou encore des ratios volumiques tels que définis dans cette étude (voir commentaires n°76, n°78, n°94, n°119, n°90, n°97). 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.

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.

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 (par exemple, couvre-t-elle ou non l'indicateur d'épuisement des ressources en eau ?). 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 deux points d'amélioration résiduels ne remettant toutefois pas en cause la validité des grandes conclusions de l'étude :

- Le rapport indique 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% en 2021.
- Concernant la modélisation des opérations de recyclage mobilisés dans cette étude (commentaire n°160), nous avons pris note de l'adaptation des inventaires génériques utilisés afin d'appliquer le profil de l'électricité relatif à la France. Une approche plus adéquate aurait été de tenir compte des proportions orientées chez des recycleurs situés en France, en Europe ou dans le reste du Monde, en mobilisant les statistiques consolidées par flux de matériaux d'emballages publiées dans l'observatoire de la reprise établi par CITEO et en adaptant les profils de l'électricité en conséquence. Cet enjeu reste cependant limité dans le cadre du volet A de cette étude pour laquelle les emballages à usage unique sont en verre et l'influence des autres matériaux circonscrite aux systèmes de fermeture et aux emballages secondaires et tertiaires.

Au final, 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 A de l'étude.

10.10.4.5. Validité des résultats et des interprétations en lien avec les limites de l'étude

La mise en œuvre statistique qui sous-tend la réalisation de cette étude a conduit le Comité de RC à s'interroger sur les implications de cette approche sur les résultats graphiques présentés et sur les interprétations qui peuvent être faites pour identifier des « points de bascule » entre solution réemployable et solution à usage unique (voir commentaires n°167, n°91, n°93).

La modélisation repose en effet sur la génération de valeurs aléatoires encadrées par des gammes de valeurs pouvant être assez larges, ceci pour un ensemble de paramètres qui sont traités de manière indépendante sur le plan statistique (voir le récapitulatif de ces paramètres en section 4.7 du rapport final d'ACV). Toutefois si certains paramètres sont effectivement indépendants dans la réalité (ex : masse de l'emballage primaire versus distance de transport entre centre de distribution et points de vente), d'autres sont plus probablement corrélés mais sans qu'il soit possible de définir une relation explicite de corrélation (ex : masse du corps principal et masse des éléments de fermeture, masse des emballages primaires regroupés et masse d'un emballage de regroupement). La génération de nombres aléatoires peut donc engendrer des combinaisons aberrantes de paramètres ou à tout le moins peu probables, celles-ci étant alors représentées dans les résultats 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 8.3.2 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 n'a pas connaissance du détail de l'analyse réalisée par les auteurs de l'étude mais prend acte de ce point de conclusion.

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 une horizon temporel prospectif mais proche (2025), 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 8 du rapport ACV qui leur est dédiée. Le Comité de RC encourage tout lecteur à prendre connaissance de cette section.

10.10.4.6. 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 4.1 et 8.4)
- 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 3.3.1).
- 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)

Une limite à la transparence, probablement inhérente à la volumétrie des données concernées, est que les combinaisons de paramètres tirés de manière aléatoire ne sont pas accessibles pour des lecteurs avertis.

10.10.5. Conclusions

10.10.5.1. Conclusion générale

Sous réserve des limitations relatives à ses travaux, le Comité de RC considère que :

- Les exigences des normes ISO 14040 : 2006 et ISO 14044 : 2006 et les préconisations du Cadre de Référence – ACV comparatives entre différentes solutions d’emballages de l’ADEME ont été satisfaites par le rapport final d’ACV.
- Le rapport final d’ACV répond à l’objectif fixé, dans le cadre des limitations mentionnées dans son chapitre 8.

Le Comité de RC tient également à saluer l’important travail réalisé par les équipes de RDC Environnement pour tenir compte des commentaires formulés, ceci dans le contexte d’un délai court.

10.10.5.2. Transposition à des situations spécifiques

Une application additionnelle énoncée dans le rapport final d’ACV est de permettre aux acteurs individuels de pouvoir « *évaluer les opportunités et risques associés au réemploi sur base de leur propre cas spécifique* », l’approche par gamme de valeurs mise en œuvre permettant « *idéalement à chaque acteur de se positionner et de se projeter par rapport aux résultats obtenus, au regard de sa propre situation réelle* ».

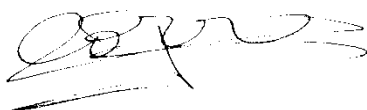
La section 8.3 « Limites liées à la collecte des données » précise toutefois que cette modélisation générique « *ne se substitue pas à une évaluation spécifique basée sur des données de terrain précises, qui permettrait d’obtenir des résultats et conclusions plus fins pour une situation industrielle donnée. La collecte de données ayant mené à 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).

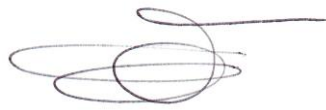
10.10.6. Annexe au rapport de revue critique

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 (à l’exception toutefois des commentaires présentant le plus faible niveau d’importance).

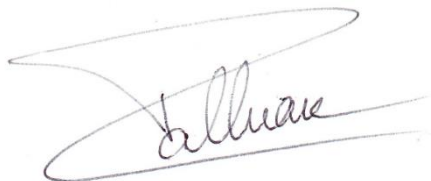
10.10.7. Signature des participants au Comité de Revue Critique



Pierre Corre
Expertise logistique et boissons, CPV
Associés



Charlotte Hugrel,
Expertise ACV, Bleu Safran



Magali Palluau
Expertise ACV, Bleu Safran

Le 1^{er} juin 2023

10.10.8. Annexe : tableau des commentaires détaillés formulés sur le rapport en date du 28 février 2023

Commentaires avec niveau d'importance « ++++ » et « +++ »

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
128	CH, MP	40	++++	Distribution après remplissage	<p>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 <u>désoptimisation doivent être spécifiquement associés à la solution d'emballage qui en est à l'origine</u>"</p> <p>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.</p> <p>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</p>	<p>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</p> <p>Si le rapport actuel ne prend pas en compte cet effet, point important à discuter avec l'ADEME</p>	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	<p>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)</p>	<p>Proposition : l'étude devrait être alignée sur le cadre de référence ADEME sur les ACV comparatives de solutions d'emballages</p>	<p>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.</p>	Section 4.6 modifiée	ok
27	MP	19	+++	Les emballages considérés dans cette étude sont produits en Europe	<p>Le choix est fait de considérer une production en Europe, y compris pour les contenants en verre réemployable et à usage unique.</p> <p>Cette représentativité s'écarte des propos généralement tenus par les fabricants de verre d'emballage en France.</p> <p>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 : <u>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.</u> 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."</p>	<p>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</p>	<p>Disponibilité des données des bases de données: échelle 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.</p>	Les explications et les limites sont reprises au point 3.3.1	ok
28	MP	19	+++	L'horizon temporel considéré pour les systèmes étudiés est fixé en 2025	<p>Vous précisez le recours à des projections pour les taux de recyclage".</p> <p>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 ?</p>	<p>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)</p>	<p>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.</p>	Section 3.3.1	ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
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 apparaître 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
46	MP	24	+++	Scénario 3 : Boissons – Bouteille en verre réemployée et consignée avec emballage secondaire réemployé et consigné vs bouteilles en verre à usage unique avec emballage secondaire à usage unique, distribuées aux CHR	Dans votre schéma, l'étape CHR->DC est indiquée comme "étape spécifique aux options réemployables". Ne s'agit-il pas plutôt d'une étape pour laquelle il existe déjà un trajet retour depuis les CHR avec les centres de distribution ?	Proposition : clarifier si vous considérez ou non des étapes de logistiques retour pour les solutions à usage unique dans le cas du CHR Apporter les éléments permettant d'étayer la représentation retenue	Appliqué (le trajet vers centre de distribution n'est plus spécifique au réemploi)	Section 3.3.3.	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 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	Proposition : Si des inventaires de production prospectifs du verre sont utilisés dans l'étude : 1) inclure une description des 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	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 verriers dans les délais de l'étude.		ok
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	Expliquez comment vous avez calculé le facteur de caractérisation moyen	Le facteur non régionalisé est bel et bien considéré, il s'agissait d'une erreur. La méthodologie a été		ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					(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. <u>Dans ce cas, le facteur de caractérisation moyen européen est appliqué »</u> 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.	européen. Et comparez explicitement sa valeur à celle du facteur non régionalisé de la méthode (42,95). Etapez 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.	adaptée.		
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 - tout autre élément important (ex: limites de cet exercice ?) 4/ Expliquer comment vous avez ou non appréhendé les questions liées à la standardisation des emballages	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
63	MP	31	+++	Inventaire de cycle de vie : données et hypothèses	<u>Standardisation des emballages</u> : 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 en fine sur le nombre moyens d'utilisations	Proposition : Avoir une section dédiée 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		ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					<p>escomptés sur la durée de vie des modèles ?</p> <p>- sur l'optimisation des ratios volumiques ? sur les besoins en stockage lors des étapes retour ?</p> <p>- 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 ?</p> <p>- sur les distances parcourues sur les étapes de logistiques retours ? etc.</p> <p>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.</p> <p>Il faut pouvoir correctement comprendre les messages provisoires suivants délivrés au COSUI de février " <u>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.</u>" En conclusion générale provisoire de première itération : " <u>Aucune influence significative de la standardisation des contenants n'a été identifiée à ce stade</u>"</p>		l'étude		
70	MP	32	+++	<p>Pour certaines analyses spécifiques des valeurs "cas de base" sont considérées, pour modéliser un cas de figure typique sur base des scénarios caractérisés</p>	<p>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%.</p> <p>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</p> <p>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) ?</p>	<p>Proposition : pour chacun des scénarios 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</p>	<p>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.</p>	Volet B	ok
75	CH, MP	32	+++	<p>Inventaire de transformation</p>	<p>Ce tableau ne précise pas si des taux de chutes lors de la mise en œuvre des procédés de transformation ont été considérés.</p> <p>L'absence d'informations à ce sujet laisse penser qu'aucun taux de chutes n'a été considéré. Est-ce le cas ?</p> <p>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.</p>	<p>Prendre en considération les taux de chutes si cela n'a pas été fait</p> <p>Justifier les taux retenus</p> <p>Décrire et justifier les modalités de gestion de ces chutes</p>	<p>Taux de chutes ajoutés au tableau.</p>	Tableaux de la section 4.3	ok
76	MP	32	+++	<p>Taux d'incorporation de matière recyclée R1 (%)</p>	<p>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 l'étape de lavage...) mais pas pour le taux d'intégration de recyclé</p> <p>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...</p> <p>De plus, le taux R1 va aussi influencer les résultats dès lors que les bénéfices du recyclage ne sont pas intégralement affectés à la fin de vie (cf. allocation 50/50 demander en base dans le cadre de référence).</p> <p>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.</p>	<p>Proposition : voir s'il convient de reconsidérer l'absence de fourchette dans le cas du taux d'incorporation de recyclé, au moins pour certains emballages pour lesquels ce taux n'a aucune raison d'être unique</p>	<p>Des gammes de valeurs sont considérées pour les valeurs de R1 dans les itérations suivantes</p>	Tableau 14	ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
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	<p>Une masse minimale de 550 g/l pour un pot en verre semble élevée.</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>Mais dans ce cas difficile d'adhérer à l'hypothèse avancée que "les impacts de production d'un contenant évoluent linéairement avec son volume"</p>	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	<p>NB : ce commentaire relatif aux données de masse des contenants est transposable pour tous les tableaux de données.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Nous nous permettons de rappeler les attentes suivantes du cadre de référence ADEME sur les données descriptives des solutions d'emballages :</p> <p><i>" 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 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."</i></p>	<p>Justifier, à partir de sources explicitement citées, les valeurs de masse des emballages qui sont considérées en base ainsi qu'en min et max.</p> <p>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)</p> <p>Pour chaque valeur de ce tableau, des exemples illustratifs seraient à fournir.</p> <p>Dans tous les cas, il semble pour le moins pertinent qu'un lecteur soit en mesure de comprendre ou se situe sur la gamme de valeurs étudiée certains emballages emblématiques tels que :</p> <p>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</p> <p>Ce besoin, illustré sur la bouteille, est à décliner sur tous les autres emballages réemployables ou à usage unique</p>	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	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
91	MP	34	+++	Couvercle en acier pour pot en verre	<p>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"</p> <p>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 ?</p> <p>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 ?</p>	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 : Colerette ou caisse en carton 6 g/l en min 24 g/l en max 12 g/l en cas de base	<p>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 ?</p> <p>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</p> <p>Pourquoi parler de colerette sur de l'emballage de regroupement ?</p>	Proposition : reconsidérer les valeurs proposées	<p>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.</p> <p>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 (colerettes et petits cartons de regroupement) 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.</p>	Précision apportée en page 45	ok
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.	<p>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.</p> <p>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).</p> <p>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.</p> <p>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.</p>	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	<p>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'embouteillage"</p> <p>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.</p> <p>En revanche, pourquoi considérer que cette</p>	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

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					<p>règle est applicable jusqu'au site d'embouteillage ?</p> <p>Il ne nous semble pas justifier de considérer un trajet de retour à vide existant entre le dernier centre de distribution et les embouteilleurs.</p> <p>Si votre analyse est différente, c'est un point important à discuter.</p>				
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.	<p>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.</p> <p>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</p>	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 rapport au transport amont, un facteur d'augmentation des taux de chargement a été appliqué aux transports retour pour les options réemployables. <u>Un facteur de 1.00 à 1.25 est appliqué au ratio volumique</u>	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
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	<p>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 ?</p> <p>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) ?</p>	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 (%)"	<p>S'agit-il bien de taux de chargement massique ?</p> <p>Faut-il comprendre que vous calculez ce taux massique et faisant l'hypothèse que le taux de chargement volumique est lui de 100%</p>	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	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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</p>	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. <u>Cette visualisation nous aidera à nous prononcer sur la plausibilité des données prises en compte dans votre modélisation.</u>	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.	Présenter les données descriptives ayant permis d'établir les ratios volumiques et/ou traduire les ratios volumiques en	Les données de ratios volumiques ont été revues, comme discuté lors de notre échange du 14 avril.	Section 4.4.1.2.1.	ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					<p>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.</p> <p>De la même façon, les ratios nous semblent élevés pour des bouteilles en verre vendues en carton : besoin de mieux comprendre vos hypothèses.</p> <p>Pour une autre étude, nous avons 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) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. <p>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.</p>	<p>exemples de palettisation.</p> <p>Reconsidérer les ratios (ex: cas bouteille PET, cas bouteille verre en carton, etc.)</p>			
120	MP	39	+++	Tableau 12 décliné aux cas de base	<p>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) ?</p>	<p>Ajouter un tableau dédié aux cas de base, avec explicitation du ratio volumique utilisé, du taux de chargement volumique considéré, du nombre d'UF obtenu et du taux de chargement massique obtenu selon les types de trajet, les gabarits</p>	<p>Cf réponse au commentaire 118</p>		ok
127	CH, MP	40	+++	Distribution après remplissage	<p>Il manque des informations importantes :</p> <ol style="list-style-type: none"> 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) 	<p>Apportez les informations demandées</p> <p>Le lecteur doit pouvoir comprendre sans <u>ambiguïté</u> si les orientations retenues sont conformes au cadre de référence</p>	<p>Le TTV est le même pour tous les trajets (0,2)</p> <p>L'affectation 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.</p>	<p>1. Valeur du taux de trajet à vide explicitée dans la section 4.4.1, dans le sous point consacré aux TTV.</p> <p>2. et 3. Ajout d'un point spécifique "Prise en compte du produit contenu et désoptimisation liée au réemploi" en section 4.4.1</p>	ok
129	CH	40	+++	Tableau 14 : Modélisation des types de camions sur base des surfaces de vente	<p>Plusieurs commentaires sur la colonne "proportions" :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cette proportion (40% hyper, 24% super...) a-t-elle vocation en 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-t-elle une situation moyenne nationale ("macro"). A une échelle plus "micro", elle pourrait être différente ? 	<p>Préciser ce que vous entendez par proportion</p>	<p>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.</p>	<p>Précision apportée sous le tableau en page 56</p>	ok
130	MP	41	+++	Tableau 14 : Modélisation des types de camions sur base des surfaces de vente	<p>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 ?</p>	<p>Expliciter et donner une illustration depuis les données du tableau 14</p>	<p>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.</p>	<p>Clarification et exemple intégrés dans le texte à la suite du tableau en page 56</p>	ok
132	MP, CH, PC	41	+++	Centre de distribution - Commerce (Aller)	<p>Pour la distance de base, cf. commentaire demandant d'expliquer ce que l'on cherche à représenter avec les cas de base.</p> <p>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.</p> <p>Pour des trajets CD vers hyper, un ordre de grandeur de 100 à 150 km semble plus réaliste</p> <p>Pour les livraisons réalisées en tournées depuis les CD vers les petits magasins ou les</p>	<p>Proposition : apporter des informations sur l'obtention des données retenues pour le cas de base</p> <p>Discuter des valeurs exposées dans le commentaire que reflètent le retour d'expérience de CPV</p> <p>Revoir au besoin les distances de distribution prises en compte dans ce tableau.</p>	<p>Une distance de 100km est choisie en cas illustratif pour les commerces/CHR.</p> <p>Cette distance se veut représentative d'une moyenne parcourue pour livrer une UF, et s'appliquerait donc également au cas des tournées.</p>	<p>Précisions et raisonnements ajoutés après le tableau 22.</p>	ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					super de périphérie (avec retour au CD), une distance de tournée de 250 à 300 km semble plus réaliste.				
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.	<p>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.</p> <p>Cette discussion sera à conduire en lien avec notre commentaire plus général sur les enjeux de la standardisation.</p> <p>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 :</p> <p>Retour > Aller : non standardisé / lavage central (externalisé). Retour = Aller : non standardisé / lavage chez l'embouteilleur.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>NB : on note d'ailleurs que dans les résultats présentés il ne reste plus que les scénarios "25-300 km" et "700 - 1200 km".</p>	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	<p>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 ?</p> <p>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 coûts), y compris pour des contenants non standardisés et avec un lavage centralisé.</p> <p>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.</p>		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	<p>Les valeurs de A qui sont ici proposées sont celles de l'Annexe C du PEF.</p> <p>Le Cadre de Référence impose A = 0,5 en cas de base et A = 0 en analyse de sensibilité.</p> <p>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.</p>	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
160	MP, CH	49	+++	Procédés d'inventaire pour les impacts du recyclage	<p>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 en France</p> <p>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</p>	Améliorer la représentativité géographique des inventaires de recyclage pour être en 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	Les inventaires de fin de vie ont été adaptés pour représenter des processus européens exclusivement. Par ailleurs, les consommations électriques des différents inventaires de recyclage ont été adaptées au mix français.	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	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					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)	l'attention du lecteur les risques de biais qui sont introduits en utilisant des données dont la représentativité géographique est inadéquate.			
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 combinaisons 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 a1 = valeur min du paramètre et 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 et a2 = valeur max du résultat, on remplace une valeur a		ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
							par (a-1)/(a2-a1) <ul style="list-style-type: none"> 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.		ok
178	CH,MP	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"	GES solution réemployable = f(nombre d'utilisation) Le coefficient R2 de votre régression est faible 0,26 ce qui est très étonnant. La régression est en ln(x) plutôt qu'en 1/x ce qui est également étonnant puisque les étapes non récurrentes de la solution réemployable sont amorties sur le nombre d'utilisation. On voit enfin que la régression explique très mal le comportement des premiers résultats < 10 utilisations. Le graphique ne permet pas de mettre en avant les mécanismes connus et d'ores et déjà documentés par des publications : a/Pour des nombres d'utilisations limités (<8-10), on a une influence prépondérante de ce paramètre qui vient amortir les étapes non récurrentes. b/Pour des nombres de rotations importants, ce paramètre n'a plus beaucoup d'incidences et ce sont les étapes récurrentes qui pilotent le bilan.	Cette figure mérite d'être refaite en la déclinant en deux figures distinctes : La première avec un nombre de rotations entre 1 et 7-10 La seconde avec un nombre de rotations entre 10 et max	La tendance a été scindée en deux graphes pour le scénario 1 à des fins illustratives.	Ajout des graphes en section 6.1.1.2.1	ok
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	Section 6, pour chaque scénario	ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
							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)		
189	CH, MP	63	+++	Tableau 33 : Zones et points de changement de conclusion liés aux différents paramètres et catégories d'impacts étudiés – Scénario 1	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 ont été présentés dans les pages précédentes) et comment doit-on le lire ? Par ailleurs, je ne le trouve personnellement pas très visuel.	Etayez les conclusions de ce tableau.	Les graphiques présentés sont issus d'une sélection par RDC Environment afin de ne pas alourdir le 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.	La réflexion derrière la présentation des résultats pour chaque scénario et l'utilité de 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.	ok
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 différencié 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'apparaîtront plus sous cette forme dans la nouvelle version.		ok

Figure 121 - Tableau des commentaires de revue critique, niveaux d'importance "++++" et "+++"

Commentaires avec niveau d'importance « ++ »

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
1	MP	10	++	Contexte et objectifs	Dans cette section "contexte et objectifs" il n'est pas fait référence aux référentiels méthodologiques auxquels se réfèrent ces travaux. Il conviendrait de faire référence aux référentiels mentionnés dans le CdC ADEME : normes ISO 14040-44 et cadre de référence ADEME pour les ACV comparatives de solutions d'emballages	Faire référence aux référentiels	Mention faite de ces différentes définitions au point 4.2, et de la définition du taux de retour dans l'étude.	Adapté au point 1.5	ok
2	MP	11	++	Public cible	Est-ce que l'ADEME et RDC prévoient de rédiger un mémo de restitution comme le recommande le cadre de référence ADEME sur les ACV comparatives de solutions d'emballages ? Cadre ADEME : "Un memo de restitution est proposé pour accompagner les études ACV comparatives de solution d'emballages. Il est recommandé que ce memo - disponible sous format Excel et téléchargeable dans la librairie Ademe sur la même page que le Cadre de référence - soit complété et intégré, sous format PDF, dans le rapport de l'étude ACV"	Proposition Faire mention de la réalisation ou non d'un mémo de restitution suivant le format proposé par le cadre de référence ADEME	Le mémo est fourni en parallèle de la dernière version du rapport et sera annexé à celui-ci	Précision faite au point 1.4	ok
3	MP	11	++	Cette étude est commanditée par l'ADEME et a pour objectif d'être rendue publique	Cette étude a-t-elle vocation à alimenter l'observatoire du réemploi et de réutilisation ? Conviendrait-il de le mentionner ?	Proposition Positionner ces travaux vis-à-vis de l'observatoire du réemploi et de la réutilisation	Les résultats alimenteront l'observatoire	Précision faite au point 1.4	ok
4	MP	11	++	conformité aux normes ISO 14 040-44	Il convient également de faire référence au cadre de référence de l'ADEME sur les ACV comparatives de solutions d'emballages car le comité va analyser cette étude au regard de ce référentiel comme cela a été convenu avec l'ADEME	Proposition : indiquer que la RC analyse la conformité au cadre de référence ADEME	Adapté	Mention au point 1.5	ok
5	CH	11	++	Charlotte Hugrel, présidente du comité de revue critique, Bleu Safran	Magali assure la coordination de la Revue critique	Apporter la modification adéquate	Adapté	Mention au point 1.5	
6	MP	12	++	Description de la méthodologie d'analyse du cycle de vie	En complément de cette description générale sur la mise en œuvre de la méthode ACV, il serait utile d'avoir dans le rapport une section additionnelle présentant les choix méthodologiques pris en compte dans l'étude et les positionnant par rapport au cadre de référence ADEME pour les ACV comparatives de solutions d'emballages	Proposition : inclure une section dédiée aux orientations méthodologiques précisant : 1) les arbitrages méthodologiques suivis dans cette étude en application du cadre de référence ADEME (ex: facteurs d'allocation pour les bénéfices du recyclage, modalités de comptabilisation du carbone biogénique, utilisation des diverses données de référence...) 2) les choix méthodologiques imposés ou recommandés par le cadre de référence ADEME et qui n'auraient pas été suivis. Si le cas de figure existe, une justification est attendue	Un tableau reprenant les choix méthodologiques conformes ou non au cadre a été ajouté en annexe	Ajout en Annexe 9	ok
7	MP	14	++	Identification de produits prioritaires	Les données utilisées pour l'identification des produits prioritaires ne sont pas présentées dans cette section et il n'est pas fait de renvoi vers une annexe les présentant.	Proposition : pour une bonne transparence de la démarche, il est souhaitable de rendre accessibles aux lecteurs les données de mises en marché auxquelles il est fait référence ainsi que les éléments descriptifs relatifs à l'analyse des autres critères mentionnés	Une annexe reprend les données brutes ayant permis de modéliser et dimensionner les emballages	Ajout en Annexe 8	ok
8	MP	14	++	Identification de typologies logistiques	Cette section reste très générale. Il est difficile pour un lecteur de se rendre compte de la portée de ce travail alors même qu'il concerne le choix des typologies logistiques et des paramètres clés. Quels éléments de restitution synthétiques et concrets pourraient être ajoutés pour éclairer le lecteur sur les éléments apportés par le travail de benchmark mentionné ?	Proposition Restituer les éléments de benchmark	Des exemples de schémas logistiques issus du benchmark ont été ajoutés , et des éléments de réflexion qui ont découlé de cet exercice sont présentés dans le point 3.1.2.	Schémas et données de benchmarking ajoutés en Annexe 7, précisions ajoutées en section 3.1.2	ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
9	CH	16	++	Scénarios du volet A	En quel point se situe le lavage ?	Identifiez l'acteur en charge du lavage, soit dans le tableau (cf. Volet B), soit dans le texte qui suit.	Détaillé au point 4.4. Une note de précision a été ajoutée en début de page 18.	Précisions ajoutées en haut de page 18 et en section 4.5.2	ok
10	MP	16	++	Scénario	Nous avons bien pris note du caractère "générique" de ces scénarios. Toutefois, il pourrait être mal aisé pour un lecteur de se rendre compte des produits/marchés qui seraient ou non concernés par ces scénarios Par exemple, le scénario 1, 2 et 6 peuvent-ils concerner tous les segments de marché boissons ? Vont-ils plutôt concerner certains segments de manière préférentielle ? Ex: les vins, spiritueux, bières et champagnes (y compris produits de garde, y compris boissons fortement carbonatées et sous pression) sont-ils aussi bien concernés par le scénario 1 (vente verre en carton), scénario 2 (vente verre en caisse réemployable) et 6 (vente en bouteille PET) ?	Proposition : Apporter des éléments de réponse aux questions soulevées dans le commentaire Sans être dans une recherche d'exhaustivité, il serait intéressant d'illustrer des exemples de produits/marchés possiblement concernés par ces scénarios génériques	Précisions apportées quant aux produits couverts	Précisions ajoutées au point 3.1.3.2	ok
11	CH, MP	16	++	Tableau des scénarios du volet A : colonne Emballage secondaire	Dans le cas des solutions réemployables, l'emballage secondaire n'est pas forcément le même sur toute la boucle logistique : on peut par exemple utiliser des cartons lors de la distribution et des caisses réemployables pour tout ou partie du retour. Il est donc important de préciser les différents types d'emballage secondaire qui sont utilisés dans le cas des solutions réemployables. On peut par exemple avoir : 1/Un carton durant la logistique de distribution du produit emballé 2/Une caisse réemployable entre les points de vente et le centre de lavage dédié 3/Des plateaux carton entre le centre de lavage dédié et le site de conditionnement D'autres alternatives sont tout à fait possible. Pourquoi n'a-t-on pas d'emballage secondaire ?	Proposition : préciser, soit dans le tableau (ajout d'une colonne), soit dans les commentaires qui l'accompagnent comment vont être appréhendés les emballages de regroupement/transport permettant d'effectuer les étapes de retour depuis le point de reprise jusqu'aux conditionneurs	Détaillé dans le chapitre 4, un point de précision explicatif a été ajouté en page 18.	Détaillé dans le chapitre 4, et précisé au travers des schémas adaptés et des commentaires qui suivent dans la section 3.3.3.	ok
12	CH	16	++	Pot réemployable pour épicerie : Aucun emballage secondaire		Expliquez l'absence d'emballage secondaire.	Le pot d'épicerie en verre est supposé généralement vendu à l'unité.	Hypothèse précisée en section 3.1.3.3.5	ok
25	MP	19	++	Définition de l'UF : "1 litre (1 ou plusieurs emballages en fonction de leur taille/volume)"	Que veut dire iso-qualité ? Des illustrations peuvent permettre d'éclairer le sens que vous donnez à cette notion La conception d'un contenant pour boisson, et donc sa masse et la fonction rendue, sera différente selon qu'il s'agisse de contenir des boissons tranquilles, faiblement ou fortement carbonatées par exemple. Comment ce point est-il ou non pris en compte dans les comparaisons ?	Proposition Expliquer en quoi la fonction de contenir une boisson tranquille, faiblement ou fortement carbonatée, est prise en compte ou non dans cette unité fonctionnelle	Chap "Durée d'usage du produit" adaptée, et précision apportée en fin de point 3.2	Section 3.2	ok
26	MP	19	++	Limites temporelles et géographiques	Cette section n'apporte pas d'information sur la représentativité technologique. Rien n'est dit à ce stade du rapport sur le fait que les scénarios vont refléter des emballages standardisés ou non et s'il sera possible ou non de différencier ces deux situations. Il s'agit pourtant d'un point important de compréhension pour le lecteur. Qu'en est-il de certaines étapes comme le lavage : souhaitez-vous représenter des équipements existants et possiblement anciens, des technologies récentes et représentatives des performantes moyennes actuellement ou de performances optimales ?	Proposition : ajouter une section permettant de comprendre comment sont traitées (ou ne sont pas traitées) dans cette étude : - la question de la standardisation des emballages (il nous semble que cette question est étudiée de manière très indirecte et du coup de manière "simpliste") - la représentativité technologique des procédés contributeurs aux impacts	Précisions apportées dans le périmètre de l'étude	- représentativité technologique abordée au point 3.3.1 *- Standardisation abordée au point 3.3.2.2.5	ok
31	PC	20	++	Schéma logistique sur la phase de distribution	"Le transport des contenants 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". Attention : Les schémas logistiques impliquent souvent un passage des produits par plusieurs différents centres de distribution en particulier dans les schémas CHR (intégrant des systèmes de grossistes par exemple)		Note de bas de page ajoutée pour préciser ces éléments et leurs implications	Page 26	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.	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

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					Cela mérite d'être signalé. Cette situation peu également concerner les autres contenants plastiques (ex: charge minérale/colorant pour le pot PS)				
34	MP	20	++	Etapes exclues du champ de l'étude	Point à clarifier : Si on fait abstraction des films de palettisation utilisés lors de la distribution des produits pleins, je ne suis pas sûre d'être au clair sur la prise en compte ou non des films ou housses utilisés : - pour l'approvisionnement des contenants neufs sur les sites d'embouteillage - pour la logistique retour (rôle de stabilisation des palettes de caisse vide) - pour le retour vers les embouteilleurs des contenants propres dans le cas d'un lavage externalisé	Proposition : compléter si nécessaire la liste des exclusions	cf Commentaire 11, la palettisation complète (avec filmage) est considérée pour ces étapes.		ok
36	CH	20	++	La production des étiquettes et le processus d'étiquetage des contenants n'ont pas été inclus dans les analyses quantitatives, les contributions de ces processus aux phases de production des options réemployables et à usage unique étant jugées équivalentes.	Pour quelles raisons s'intéresse-t-on aux systèmes de fermeture et non aux étiquettes ?	Justifier/expliquer le fait qu'on ne traite pas de la même manière les fermetures et les étiquettes	Il s'agit d'un jugement formulé sur base de la même manière à l'emballage primaire, l'étiquette étant généralement beaucoup plus légère que le bouchon.	Notion ajoutée au point 3.3.2.2.4	ok
37	CH	21	++	Les impacts liés à l'infrastructure (production, occupation d'espace et fin de vie) de la machine de déconsignation (ou RVM) sont négligés.	Dans les systèmes de consigne, un certain nombre de parties intéressées peuvent questionner ces systèmes notamment du fait de la nécessité de déployer un réseau de RVM. Il semble nécessaire de justifier le fait que ce poste ne soit pas pris en compte.	Compléter et justifier le fait de ne pas prendre en compte le réseau de RVM.	Prise en compte de ces infrastructures en seconde itération	Ajout au point 3.3.2.2.1	ok
41	MP	22	++	Représentation schématique des frontières des scénarios	Ces schémas étant simplifiés et génériques, il serait intéressant de préciser comment sont prises en compte certaines étapes non décrites sur ces schémas : - Gestion/fin de vie des systèmes de fermeture - Déconsignation : uniquement automatisée ou mix manuelle/automatisée - Gestion des contenants déclassés lors du lavage/tri en vue du réemploi Par ailleurs, des précisions pourraient être apportées sur les boîtes "Fin de vie" car s'il s'agit de décrire les filières de gestion des emballages usage unique ou des emballages réemployables non retournés par les consommateurs, ces filières ne seront pas les mêmes entre les schémas "distribués aux particuliers" et les schémas "CHR"	Proposition : afin de ne pas alourdir les schémas, ajouter ces précisions sous forme de paragraphes situés avant ou à la suite des schémas	Un paragraphe a été ajouté à la suite des schémas pour préciser ces points.	Page 34	ok
42	MP	22	++	Représentation schématique des frontières des scénarios du volet A	Tous les schémas présentés concernent les frontières pour les solutions avec réemploi. Les schémas relatifs aux solutions à usage unique auxquelles elles seront comparées ne sont pas présentés. Dans le cas du CHR, et des ventes aux particuliers, peut se poser la question de l'existence ou non à date d'une logistique retour entre CHR (ou petits points de vente pour la vente aux particuliers) et les centres de distribution. Par exemple, dans votre schéma su scénario 3, l'étape CHR->DC est cependant indiquée comme "étape spécifique aux options réemployables" alors qu'un trajet retour existe du faire d'une livraison des établissements CHR sous forme de tournées avec retour à l'entrepôt.	Clarifier si vous considérez ou non des étapes de logistiques retour pour les solutions à usage unique : 1) dans le cas du CHR, 2) dans le cas de la distribution aux particuliers. Faire si besoin un schéma de principe également pour les solutions usage unique pour faciliter la visualisation pour les lecteurs Utiliser une symbolique reconnaissable pour les étapes logistiques reposant sur une logistique retour existant également pour les solutions à usage unique Apporter les éléments permettant d'étayer la représentation retenue	Précision apportée dans le paragraphe ajouté en fin de section, et détaillée dans les sections consacrées aux données et à la modélisation.	Page 34	ok
43	CH	22	++	Scénario 1 :	Ce schéma est quelque peu simpliste par rapport à la réalité, notamment en ce qui concerne : 1/La logistique de distribution : elle peut comporter plus de sous-étapes que vous ne le faites apparaître (conditionnement => centre metteur en marché => centre de distribution => différents segments avec des gabarits et des modes de livraison (tournée vs massifié) en fonction du type de points de vente (hyper,	Revoir le schéma en faisant apparaître les ménages. Rédiger des commentaires associés à ces schémas afin d'expliquer en quoi ils proposent une représentation simplifiée de la réalité.	Schémas adaptés pour faire apparaître les ménages la fin de vie des emballages déclassés. Des précisions supplémentaires sont apportées dans le paragraphe situé en dessous des schémas.	Section 3.3.3.	ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					super, supérette..) 2/L'entrée de fin de vie des emballages UVC et II : les cartons peuvent être orientés en fin de vie par les points de vente ou les ménages Les bouteilles peuvent être orientées en fin de vie par les ménages (bouteilles non retournées) ou par le centre de lavage (bouteilles retournées déclassées). En lien avec ce dernier point, il nous semble important de faire apparaître les ménages/le consommateur sur ce schéma. A ce stade, il est difficile d'apprécier l'incidence de ces simplifications sur vos travaux et leurs résultats mais il nous semble important d'expliquer au lecteur qu'il s'agit de schémas de principe qui simplifient la réalité.	Inviter le lecteur à se référer à d'autres sections du rapport permettant de décrire ces étapes			
44	CH, MP	22	++	Scénario 1 :	L'emballage secondaire utilisé lors de la distribution est à usage unique et n'est pas utilisé lors du retour des bouteilles. On imagine que les bouteilles ne sont pas transportées en vrac lors de leur retour. Il manque donc sur ce schéma l'emballage secondaire qui est utilisé lors du retour et, s'il s'agit d'un emballage réemployable, la boucle logistique qui est effectuée par cet emballage.	Complétez votre schéma en faisant apparaître l'emballage secondaire de retour des bouteilles et son schéma logistique propre.	Schémas adaptés	Section 3.3.3.	ok
45	CH	23	++	Scénario 2	Même commentaire que pour le scénario 1	Revoir le schéma pour faire apparaître les ménages.	Appliqué	Section 3.3.3.	ok
48	MP, CH	25	++	Scénario 4 : Boissons - Bouteille en verre réemployée et consignée avec emballage secondaire à usage unique vs bouteilles en verre à usage unique avec emballage secondaire à usage unique, distribuées aux particuliers via transport en bulk avec un conditionnement régionalisé	Même remarque que pour le scénario 1 : on ne sait pas dans quels types d'emballages de regroupement et ou de transport seront gérés les emballages réemployés déconsignés et sales, puis lavés (emballage réemployable type caisse ? box palette ? Etc.) Ce choix a des implications sur les chargements et sur la gestion de ces emballages de regroupements. Il est nécessaire de comprendre en quoi ces modalités diffèrent ou non des modalités prises en compte dans le scénario 2	Proposition : améliorer les schémas, notamment en faisant apparaître l'emballage secondaire de retour des bouteilles et son schéma logistique propre.	Schémas adaptés	Section 3.3.3.	ok
49	CH	26	++	Scénario 5 : Epicerie - Pot en verre réemployé et consigné sans emballage secondaire vs bouteilles en verre à usage unique sans emballage secondaire, distribuées aux particuliers	Cf. un de mes commentaires précédents, je ne comprends pas l'absence d'emballage secondaire, lors de la distribution comme lors du retour.	A justifier / clarifier ou modifier	Cf réponse au commentaire 12		ok
51	MP	27	++	Les données de lavage ont été collectées auprès de sites de lavage dédiés ou unité de lavage (chez l'embouteilleur) récentes	Notre retour d'expérience basé sur échanges avec une société proposant des prestations de lavage est que le type de technologie de lavage, et donc leurs consommations, va dépendre du type de bouteille ou de contenant lavé (bouteille à col fermé versus bouteille à col large dans le cas de boissons, les consommations par bouteille de capacité équivalente pouvant varier d'un facteur 3 à 4). Quand est-il des données de lavage que vous avez établies ?	Proposition : pour chacun des acteurs ayant participé à cette collecte des données, préciser le type d'emballages en verre concernés et les types d'équipements de lavage utilisés	Ces précisions sont prévues dans la collecte de données, et seront précisées dans la section spécifique aux données de lavage.	Information reprise dans les limites, au point 8.3.3	ok
52	CH	27	++	Les données d'inventaires privilégiées sont les plus à jour et les plus spécifiques en matière de périmètre géographique et technologique	Précisez votre propos qui est trop générique, notamment en ce qui concerne l'aspect géographique. Quelle représentativité géographique est recherchée ?	Détailler la représentativité géographique recherchée.	Paragraphe lié aux exigences relatives à la représentativité adapté.	Section 3.4	ok
53	MP	27	++	la base de données d'arrière-plan utilisée est Ecoinvent v3.9.1 (publiée en décembre 2022) et est complétée des données suivantes car jugées meilleures sur les critères susmentionnés	Dans le cas de l'acier, Wordsteel propose des ICV de produits acier adaptés au secteur des emballages (ex: tôle). Pour quelles raisons ne pas avoir retenu les ICV worldsteel ?	Proposition : mieux expliquer le recours aux ICV ecoinvent plutôt qu'aux ICV worldsteel	Bien que meilleures au regard de la représentativité technologique et temporelle, l'utilisation de ces données nous semble affecter négativement la cohérence méthodologique. Les données alternatives utilisées ont été considérées pour les éléments influençant significativement les résultats (emballage primaire et processus de transport); une précision à cet égard a été ajoutée dans le texte.	Page 35	ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
58	MP	28	++	Catégories d'impacts potentiels	Aucune référence n'est faite au cadre de référence ADEME sur les ACV comparatives de solutions d'emballages, alors que ce guide formule des préconisations et des attentes sur les catégories d'impacts potentiels. Pourquoi cette absence de référence explicite à ce cadre développé par l'ADEME ? NB : Ce cadre, est en effet aligné sur les préconisations de l'initiative EF.	Proposition : faire référence au cadre de référence ADEME	Référence au cadre et renvois de sections ajoutés	Section 3.6	ok
60	MP, CH	29	++	Concept de neutralité carbone : "Avec la méthode choisie en lien avec les préconisations actuelles de la commission européenne, le cycle de carbone biogénique est considéré comme neutre"	Il n'est fait aucune référence à la position du cadre de référence ADEME sur les ACV comparatives de solutions d'emballages concernant la prise en compte du carbone biogénique. Or, la position du cadre de référence ADEME est différente de celle du PEF. Votre choix méthodologique est donc non conforme au Cadre de Référence Ademe	Justifier cet écart aux préconisations du cadre de référence ADEME pour ce sujet (ici le carbone biogénique)	Ecart discuté et validé par l'ADEME: seuls des matériaux d'emballages secondaires sont impactés, et il ne sont pas une problématique centrale du travail d'analyse effectué.	Justification ajoutée en page 38 et écart repris dans l'annexe 9	ok
64	CH, MP	31	++	Taux de retour correspondant (%)	Le cadre de référence ADEME appelle à définir différents taux distincts : - Le taux de retour des emballages mis sur le marché - Le taux de déclassement par rotation des emballages retournés - Le taux de renouvellement qui combine l'effet du taux de retour (solutions consignées rapportées par les consommateurs) et du taux de déclassement (solutions rapportées mais sorties volontairement du circuit car ne répondant plus aux exigences techniques, esthétiques...). Cela implique que certains emballages non réemployés à chaque rotation seront soit non retournés par les consommateurs ou les CHR soit écartés lors des opérations permettant le réemploi (ex: étape de lavage) Cette position différente dans la chaîne des étapes implique des modalités de gestion possiblement différentes des emballages ainsi écartés du réemploi. Le tableau présenté fait uniquement mention d'un "taux de retour". Pouvez-vous SVP préciser si ce taux fait uniquement référence au "taux de retour des emballages mis sur le marché" (taux de déclassement non considéré par simplification) ou s'il résulte du produit des deux taux précités (auquel cas il s'agit d'un taux de renouvellement) ?	Clarifier la rédaction en lien avec les points soulevés dans le commentaire Alignez votre terminologie sur celle du Cadre de Référence	Mention faite de ces différentes définitions au point 4.2, et de la définition du taux de retour dans l'étude.	Section 4.2	ok
65	CH	31	++	Taux de retour de 98 % pour les scénarios du volet A pour les contenants en verre	Un taux de renouvellement de 1 % ou 2 % n'est pas crédible, dans l'absolu et à plus forte raison si on se place à un horizon 2025 (il faut une montée en puissance des dispositifs). Vos nuages de point sont déformés vers des valeurs trop élevées de nombre d'utilisations. Il est plus intéressant de profiter des 1000 points de calcul pour explorer plus finement une gamme de valeurs crédibles	Revoquez les valeurs maximales du nombre d'utilisations : une valeur de 20/25 me semble déjà extrêmement optimiste.	Une gamme de valeurs allant de 2 à 30 utilisations est finalement considérée, abaissant la borne maximale.	Section 4.2	ok
66	CH	31	++	Caisse de transport réemployable en PEHD	Pourquoi le taux de retour de la caisse réemployable et celui de la bouteille des scénarios 2 et 3 sont-ils décorrés ?	Expliquer / justifier le fait de décorréler le taux de retour de la caisse réemployable et celui des bouteilles.	Explication apportée en fin de point 4.2. Les systèmes existants montrent qu'il est possible de ramener la caisse dans les emballages en verre et inversement. Par ailleurs les taux de casse sont distincts.	Section 4.2.	ok
67	MP	31	++	Les nombres d'utilisations présentés dans le Tableau 6 sont basés sur une analyse de la littérature et sur des hypothèses formulées sur base de l'expertise de RDC Environment, selon les caractéristiques des scénarios définis	A quel endroit du rapport la formalisation de cette analyse de la littérature est-elle restituée ?	Proposition : compléter / faire les renvois	Les sources ont été ajoutées en tous points du rapport. Le texte a également été modifié pour nuancer l'influence des données de littérature sur l'établissement des limites des gammes de valeurs.	Ajustement de la rédaction au point 4.2	ok
68	PC	32	++	Production des emballages	Dans le cadre du réemploi, quelle hypothèse prend-on ? Les bouteilles et emballages de regroupement sont-ils tous différents par industriel (comme pour l'usage unique) ou au contraire tous totalement identiques ? La réponse est sans doute au milieu de ces 2 extrêmes. Le point est abordé plus tard dans le document, mais il serait intéressant de l'aborder dès le début pour éviter toutes confusions.		Ces différentes situations sont modélisées à travers les gammes de valeur, qui permettent de représenter une grande diversité d'emballages en masse et en volume (même si pas en nature), et différents scénarios logistiques.	Point de précision apporté en début de chapitre 4.3.	ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
69	PC	32	++	Production des emballages	Il n'est pas fait mention des informations de stockage. Cette fonction est impactante dans le processus logistique. Et en particulier, le stockage des contenants vides après consommation		Le stockage est considéré difficilement appréciable, et il n'a pas été possible d'obtenir des données robustes et représentatives du marché à ce sujet, ou de modéliser un scénario hypothétique de stockage. Il est par ailleurs estimé qu'à l'échelle des impacts mesurés (production et logistique notamment) et dans le cadre de l'identification de points de basculement, la problématique du stockage est majeure d'un point de vue économique, et moins fondamentale à l'échelle environnementale.	Cette exclusion et ces justifications sont reprises dans le périmètre de l'étude (3.3.2.2.4), dans ses limites (8.5.1) et dans les écarts au cadre (Annexe 9).	ok
72	CH	32	++	Il est émis comme hypothèse limitante que les impacts de production d'un contenant évoluent linéairement avec son volume, et donc par exemple que la production d'un contenant d'1L présente des impacts deux fois plus grands que la production d'un contenant de 0.5 cL.	Je comprends mal votre intention dans ce propos. Est-ce que vous souhaitez nous alerter sur le fait que votre approche en g/litre va biaiser les résultats puisqu'il est effectivement erroné de croire que la masse d'un emballage varie de manière proportionnelle avec le volume emballé. Plus les emballages sont petits et plus la masse est, toutes choses étant égales par ailleurs, importante.	Clarifier /reformuler votre propos.	Section reformulée. L'objectif est d'éveiller le lecteur sur cette proportionnalité non-linéaire entre masse et volume, et de faire la distinction entre le fait de ramener un contenant d'une certaine masse (par exemple 0.5L) à l'UF (multipliant sa masse par deux), et de comparer un contenant réel de 0.5L à un contenant de 1L.	Section 4.3.1.	ok
73	MP	32	++	Il est émis comme hypothèse limitante que les impacts de production d'un contenant évoluent linéairement avec son volume, et donc par exemple que la production d'un contenant d'1L présente des impacts deux fois plus grands que la production d'un contenant de 0.5 cL	Sur quels éléments existants s'appuie cette hypothèse ? Comment faut-il comprendre le terme "limitante" ? Pourriez-vous SVP expliquer et illustrer de façon concrète comment cette hypothèse intervient dans l'étude ? - intervient-elle dans la détermination des valeurs du tableau 7 ? - intervient-elle dans le paramétrage de vos calculs conduits avec votre logiciel rangeLCA ? - autre implication ?	Fournir les clarifications et explications	Cf commentaire 72 Ajout en début de point 4.3.1 sur la méthode d'agrégation et de calcul pour ramener les données à l'UF. Aucune implication particulière à noter sur la modélisation, mise à part les éléments relevés au commentaire 72	4.3.1.	ok
84	CH	33	++	Les contenants en verre destinés au réemploi sont typiquement plus lourds que des emballages analogues à usage unique, du fait d'une conception les amenant à être plus robustes. C'est pourquoi un facteur d'augmentation de masse a été appliqué aux masses volumiques des emballages en verre réemployables, par rapport aux emballages de même type à usage unique (*). Ce facteur d'augmentation de masse varie entre 1.0 et 1.2, de manière uniforme.	Ceci est un point important pour la suite des travaux et il n'est pas justifié.	Citer les sources sur lesquelles reposent cette assertion ainsi que la valeur du facteur d'augmentation de masse.	Reformulation et précisions apportées dans le sous-point consacré à ce facteur d'augmentation de masse.	Section 4.3.1.	ok
85	CH	33	++	Ainsi, pour chaque valeur de masse volumique sélectionnée aléatoirement dans la gamme uniforme de valeurs spécifique à un contenant (par exemple entre 550 g/L et 1255 g/L pour les pots en verre), celle-ci se verra majorée à hauteur de 0% à 20% de sa propre valeur pour la comparaison avec son alternative réemployable.	Précisez le facteur d'augmentation de masse qui est considéré dans le cas de base de la solution réemployable. D'après un rétro-calcul en partant de vos résultats j'ai l'impression que vous avez considéré 1,2 en facteur de base.	-	Les données ont été vérifiées, un facteur de 1.1 sera bien considéré en cas illustratif pour cette nouvelle itération. A votre disposition pour en discuter si le problème persiste.		ok
88	MP	34	++	Type de système de fermeture	Commentaire Volet B : pas de système de fermeture pour la bouteille en PET ?	Proposition Compléter su besoin le tableau	Il s'agissait d'un oubli de rédaction, le bouchon a bien été modélisé. Le tableau a été adapté.	Volet B	ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
89	MP	34	++	Tableau 8: Données liées à la production des systèmes de fermeture. Taux d'incorporation de matière recyclée R1 (%)	Merci d'indiquer les éléments et les sources de données permettant de justifier ces valeurs	Proposition : complément à apporter au rapport pour améliorer sa transparence	Pour les systèmes de fermeture en plastique, un taux de R1 de 0 est considéré (contact alimentaire hors PET). Les autres valeurs sont basées sur l'annexe C du PEF. Complément ajouté au tableau.	Fin de section 4.3.1.	ok
90	MP	34	++	Couvercle en acier pour pot en verre	Une masse min de 2 g par litre pour un pot de verre semble particulièrement basse : merci de détailler les données recueillies ayant conduit à établir cette valeur	Proposition A discuter en fonction des éléments de réponse	Cette valeur minimale était liée à une erreur de calcul et a été revue à la hausse (fixée à 6.2g)	Tableau 13	ok
92	CH	34	++	Tableau 8: Données liées à la production des systèmes de fermeture	Ce tableau concerne-t-il les fermetures des solutions usage unique ? En d'autres termes un facteur d'augmentation de masse est-il appliqué sur les fermetures des solutions réutilisables ?	Précisez si un facteur d'augmentation de masse est appliqué (ou non) sur les fermetures.	Aucun facteur d'augmentation de masse n'est utilisé pour les systèmes de fermeture	Précision ajoutée dans le sous chapitre 4.3.1	ok
93	MP	35	++	Tableau 9 : Caisse de transport en PEHD	Le choix de la valeur de la masse de la caisse PEHD en g/l au sein de cette gamme de valeur (111 à 1010) est-t-il aléatoire ou est-il dépendant de la masse/litre des contenants en verre ? La même question se pose pour les cartons et autres emballages de regroupement. On peut en effet raisonnablement penser que la masse de la caisse réemployable ou la masse du carton de regroupement est adapté à la masse à transporter. Si les paramètres sont traités de manière indépendantes, on peut avoir sur le principe les combinaisons alliant la valeur max d'un paramètre A avec la valeur min d'un paramètre B du fait des valeurs choisies de manière aléatoire : bouteille en verre de 1100 g/l (soit 2,1 kg/l avec la boisson) transportée dans une caisse ayant une masse de 111 g/l bouteille en verre de 1100 g/l (soit 2,1 kg/l avec la boisson) transportée dans un carton ayant une masse de 6 g/l Confirmez-vous ?	Proposition Indiquer en accompagnement du tableau si les valeurs de masse des emballages de regroupements des emballages primaires sont considérées 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 4.3.2 et dans les limites de l'étude au point 8.3.2	ok
95	CH	35	++	Tableau 9: Données liées à la production des emballages de regroupement	Les mêmes commentaires que pour les tableaux précédents s'appliquent. Un facteur d'augmentation de masse est-il pris en compte dans le cas des solutions réemployables ?	-	Tableau adapté Aucun facteur d'augmentation de masse n'est utilisé pour les systèmes de fermeture	Précision ajoutée dans le sous chapitre 4.3.1	ok
96	PC	35	++	Tableau 9: Données liées à la production des emballages de regroupement	Les emballages de regroupement sont obligatoires pour le flux de retour des bouteilles. Il n'en est pas fait mention dans ce chapitre.		Les emballages utilisés pour le flux de retour sont mentionnés au sein des emballages de transport	Section 4.3.3.	ok
97	MP, PC	36	++	Film de palettisation en PEBD	Il nous semble que des films de palettisation housse thermorétractables, ou coiffe peuvent être utilisés pour plusieurs types de segments de la chaîne logistique aller et retour : - pour la livraison des bouteilles vides neuves chez les conditionneurs (rôle de protection/hygiène) - pour la livraison des produits remplis - pour le retour des caisses contenant des contenants sales (apport de stabilité) - pour la livraison des bouteilles lavées par un centre externe vers les conditionneurs (rôle de protection/hygiène) A la lecture du rapport, nous ne sommes pas certains de comprendre sur quels segments de la chaîne logistique Par ailleurs, la masse de 180 g de film par palette nous semble peu élevée (et nous n'avons pas d'information sur l'origine de cette valeur). Pour d'autres études auxquelles nous avons participé, les valeurs pouvaient varier de 500 à 900 g/palette.	Proposition Merci de décrire de manière plus précise pour quelles étapes logistiques il y a besoin de recourir à un film de palettisation ou une housse Merci de préciser si cet emballage a été négligé pour certaines étapes lors de la modélisation (en lien avec sections exclusions/seuil de coupure) Voir s'il est nécessaire de réévaluer la valeur de 180 g par palette, indiquer le cas échéant les acteurs confirmant cette valeur.	Une note de précision a été ajoutée quant aux recours au film de palettisation et aux intercalaires de palettisation. Les valeurs de masse de film de palettisation sont fournies par Valipac (2019) Par ailleurs, une gamme de valeurs est maintenant considérée pour la masse du film de palettisation. La valeur minimale correspond à un nombre d'enroulements moyen et à une hauteur de charge moyenne (jugée désoptimisée pour un scénario de transport réel), et la valeur maximale correspond à un nombre d'enroulements élevés.	Section 4.3.3.	ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
98	MP, CH	36	++	<p>La consommation de carburant et les émissions dans l'air sont déterminées avec la méthodologie COPERT 5</p> <p>La méthode COPERT 5 établit des consommations de diesel par kilomètre parcouru en fonction des voies empruntées.</p>	<p>Le choix constitue un écart vis-à-vis des préconisations du cadre de référence ADEME sur les ACV comparatives de solutions d'emballages</p> <p>Ceci a-t-il été validé avec l'ADEME ?</p> <p>Merci de nous éclairer sur les consommations pour les camions chargés selon COPERT 5 et de les rapprocher des valeurs de référence figurant dans le cadre de référence ADEME pour les ACV comparatives de solutions d'emballages</p> <p>Si cet écart par rapport aux préconisations du cadre de référence devait être confirmé pour l'édition de la version finale de cette étude, celui-ci devra être explicitement mentionné et justifié (comme précédemment dit, une section doit permettre au lecteur de prendre connaissance dans une même section, de l'ensemble des écarts au cadre de référence ADEME)</p>	<p>Proposition : Aligner l'étude sur le cadre de référence ADEME</p>	<p>Suite à nos échanges et avec l'accord de l'ADEME, la modélisation via COPERT est maintenue. Une annexe reprenant les différents écarts au Cadre de Référence est ajoutée au rapport.</p>	Annexe 9	ok
101	MP, CH	37	++	<p>Considérant la dimension et la hauteur maximale de chargement d'une palette, 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 18t de charge utile : 22 palettes Camion de 14t de charge utile : 18 palettes</p>	<p>Il manque les camions annoncés avec une CU de 7,5t dans votre descriptif. Le nombre de palettes est à préciser pour ce cas. Le cas avec 18 t de CU ne semble plus utilisé dans la suite du rapport. Vous confirmez ?</p> <p>De plus, ces valeurs sont valables pour des palettes 80x120 et non pour des palox 100x120 cm</p>	<p>Proposition : ajuster/compléter les données descriptives présentées pour le cas palettes (80*120) et le cas palox (100*120)</p>	<p>En effet, les camions 18 t ne sont plus intégrés dans la modélisation actuelle.</p>	<p>Précisions ajoutées sur les camions 7.5 t et sur les palox en section 4.4.1.2.3</p>	ok
102	CH	37	++	<p>On considère que le taux de chargement massique ne peut pas excéder 100%, même lorsque le volume disponible le permettrait. Si la limite de capacité volumique est atteinte pour un taux de chargement massique inférieur à 100%, c'est ce taux de chargement qui sera considéré.</p>	<p>Votre démarche suppose donc que l'on se retrouve toujours : - Soit à un chargement massique de 100 % - Soit à un chargement volumique de 100 % Ceci est très optimiste : c'est sans doute vrai sur certains segments de logistique particulier mais pas sur tous les segments.</p>	<p>Cette hypothèse et ses implications sur les résultats mérite d'être discutée.</p>	<p>Le facteur de désoptimisation du chargement volumique tient compte de cette remarque</p>	<p>Notion explicitée au point 4.4.1.2.2</p>	ok
104	CH	37	++	<p>Ratio volumique : 3.8 litres / litre de boisson</p>	<p>Il est nécessaire d'introduire la notion de "ratio volumique" avant cet exemple. Si je comprends bien c'est une sorte de volume d'encombrement c'est bien ça ?</p> <p>C'est important car nous comprenons que ce ratio a un rôle déterminant pour la suite des calculs.</p>	<p>Expliquez ce que recouvre votre "ratio volumique" et expliquez à quelle échelle du système celui-ci est quantifié : 1/À l'échelle emballage primaire ? 2/À l'échelle emballage primaire dans son emballage secondaire ? 3/À l'échelle de la palette ? Si oui, laquelle ? palette vraie (exemple 161 cm de haut) ou palette théorique forcément à 180 cm ?</p> <p>Avec ce type de ratio, comment prend-on en compte le fait que l'empilement de différentes couches d'emballage secondaires n'aboutit pas forcément à 1,80 m et donc que les 1,73 m3 ne sont pas intégralement valorisés ?</p>	<p>Calculé sur base de l'emballage dont le volume est limitant lors de la palettisation et du remplissage des camions (le plus souvent l'emballage de regroupement).</p> <p>L'approche de modélisation du remplissage des camions tient compte du nombre de l'espace restant via le plafond de 95% ajouté suite à nos discussions</p>	<p>Une explication quant aux ratios volumiques a été ajoutée dans une section spécifique , 4.4.1.2.1</p>	ok
106	CH	38	++	<p>Les contraintes massiques ne sont pas respectées, le taux de chargement est de 100%</p>	<p>Rq : le taux de chargement massique est de 100 % et le taux de chargement volumique est < 100 %.</p> <p>Est-ce que ce taux de chargement massique nous conduit à un nombre entier de caisses remplies ? Est-ce que les palettes ont le même nombre de caisses ? Dans la vie réelle, pour un chargement massifié, on aura un nombre entier de caisses et des palettes qui se ressemblent. Il y a donc peu de chances, même dans le cas d'une optimisation de la massification, que l'on soit à 100 %.</p>	<p>Revoir la phrase en précisant chargement massique ou chargement volumique.</p> <p>Par ailleurs, il me semble nécessaire de dégrader la valeur seuil d'un chargement bien optimisé qui est à 100 % pour l'instant. Voir avec Pierre Corre son avis : je ne sais pas où il faut se placer entre 80 % et 95 % pour mieux refléter la</p>	<p>Il est estimé qu'un taux de chargement massique de 100% pour un taux volumique < 100% permette de tenir compte indirectement de toutes les situations liées à la palettisation, y compris d'une légère suroptimisation. Une note de bas de page est également ajoutée pour évoquer l'aboutissement de plans de palettisation réels</p>		ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
						réalité.			
109	CH, MP	38	++	Section appelée "Gestion des trajets de retour" Figure 7 : Schématisation de la modélisation des trajets de retour ou à vide	Cette section n'est pas claire pour moi. De quoi parle-t-on ? Des valeurs de taux de retour à vide des camions de manière générale ? Du cas spécifique de certains trajets tirant parti d'un trajet retour existant et auparavant réalisé à vide ? Dans les deux cas, la section est incomplète car elle se focalise sur un segment très particulier. De plus, le titre ne nous semble pas pertinent et mérite d'être reformulé	Revoir l'intitulé de la section et celle de la figure pour ne pas laisser place à l'ambiguïté sur ce dont on parle.	Modélisation des TTV et des impacts des trajets retour de manière générale	Titres de la section et de la figure adaptés	ok
110	CH, MP	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	Cohérence avec la figure : dans la figure 7 ci-dessous, ce n'est pas un taux de trajet à vide de 66 % qui est représenté mais un taux de trajet à 100 % auquel on attribue 66 % des impacts d'un camion en pleine charge.	Revoir la cohérence entre vos explications et la figure 7.	Erreur de frappe, valeur fixée à 0.2 sur base du cadre.	Adaptation faite dans la section 4.4.1.3 au point "Taux de retour à vide et impacts des trajets retour"	ok
112	CH	38	++	transport aval par rapport au transport amont	Transport aval vs transport amont : ces deux notions n'ont pas été présentées, ce qui rend le propos peu clair.	Revoir votre terminologie ou expliquer ces notions		Précision apportée dans cette même phrase, dans la section 4.4.1.3 au point "Taux de retour à vide et impacts des trajets retour"	ok
113	CH, 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 <u>facteur d'augmentation des taux de chargement</u> a été appliqué aux transports retour pour les options réemployables.	Une augmentation des taux de chargement signifie que le chargement est plus optimisé dans le cas du retour des options réemployables. Est-ce vraiment le sens de votre propos ?	Vérifier le sens de votre propos et revoir la formulation si besoin.	Non en effet. Le terme de "facteur de désoptimisation" sera préféré.	Précision apportée dans cette même phrase, dans la section 4.4.1.3 au point "Taux de retour à vide et impacts des trajets retour"	ok
121	MP	39	++	Tableau 12 : Bouteille en verre avec carton de regroupement	Autant je comprends la configuration d'un transport de bouteilles en verre en carton de regroupement pour l'étape de distribution des produits pleins (colonne contenant rempli), autant je ne comprends pas à quelle étape on pourrait avoir des bouteilles vides mises dans des cartons. Pourriez-vous m'éclairer sur les étapes pour lesquelles vous avez appliqué cette configuration ?	Clarifier, expliquer	Les bouteilles vides ne sont jamais transportées via cartons de regroupement, mais bien par palox ou par caisses PEHD.	Tableaux remplacés et modifiés dans cette version du rapport	ok
122	MP, CH	39	++	Tableau 12 : Bouteille en verre transportée en palox	Acheminement des contenants sales vides depuis les commerces vers le centre de distribution sera réalisé en palox : si cela semble possible pour des hyper et grands supers, ce choix peut sembler plus délicat pour les supérettes. Pouvez-vous argumenter ?		Le choix d'une modélisation de palox pour tous les transports Retail --> DC sans caisse HDPE a été fait arbitrairement, en partant du principe que les emballages utilisés dans la réalité sont également réemployables et que leur impact est négligeable. Différents ratios volumiques sont également pris en compte via les gammes de valeurs considérées pour les palox.	Note de bas de page ajoutée en page expliciter le parti pris, en page 51.	ok
123	MP	40	++	Production des contenants et acheminement vers l'embouteillage	Vous indiquez : "Cette étape de transport est modélisée à travers un camion de charge utile de 24 t dont le taux de chargement est de 100% et le taux de retour à vide est de 60%." Ce paragraphe ne précise pas comment est réalisé ce transport en lien avec le tableau 12 : palox ? Autre (si autre non décrit dans le tableau 12, combien d'UF par chargement) ? Sur quoi repose le choix d'un taux de retour à vide de 60% ? Cette valeur est plus élevée que les valeurs par défaut du cadre de référence.	Proposition : Améliorer la rédaction. Reconsidérer le taux de retour à vide ou justifier la valeur retenue	Erreur de frappe, valeur fixée à 0.2 sur base du cadre.	Valeur explicitée pour tous les trajets dans le sous point du chapitre 4.4.1 consacré aux taux de trajet à vide.	ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
126	MP	40	++	Une production parallèle des contenants 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 d'embouteillage (située en France) via des camions de charge utile de 24t. Les distances modélisées pour ce transport (250 à 1500 km, avec une valeur en cas de base fixée à 700 km) correspondent à un scénario de production de contenants en France ou dans des pays frontaliers de la France. Par ailleurs, une distance additionnelle de 1000 km à l'échelle européenne est considérée pour les scénarios impliquant une transformation de matière première en amont de la production des contenants	Dans le cas des emballages en verre, les hypothèses prises en compte ne sont pas en ligne avec les chiffres de distances avancés par la profession verrière en France (300 km en moyenne entre usine verrière et ses clients) Avez-vous eu un retour des représentants des verriers concernant vos fourchettes de distances ?	Proposition : a discuter en réunion	Les valeurs ont été adaptées suite aux COSUI et aux échanges de revue critique. La borne minimale a été abaissée.	Section 4.4.2 et tableau adapté	ok
133	MP, CH	42	++	Tableau 15 : Données clés de la logistique de distribution, ou logistique aller	Les informations suivantes seraient également utiles aux lecteurs : - Taux de trajet à vide (cf. données de référence du cadre de référence ADEME) - Reverse logistique existante avec retour au point départ - Etapes correspondant à des trajets directs ou à des tournées	Proposition : cf. commentaire	Les données logistiques présentées dans le chapitre 4 ont été ajustées pour (en principe) plus de clarté	Données intégrées dans les nouveaux tableaux présentés dans le chapitre 4	ok
134	MP	42	++	Tableau 15 : Données clés de la logistique de distribution, ou logistique aller	La sources données / les modalités d'obtention des données ne sont pas précisées (enjeu de transparence)	Proposition : La sources données / les modalités d'obtention des données doivent être précisées (enjeu de transparence)	Expertise de RDC et discussions avec des acteurs sectoriels et avec les membres du COSUI	Mention ajoutée en fin de section 4.4.2.4	ok
137	MP	42	++	Transport retour vers le centre de distribution	Faire un lien beaucoup plus explicite sur les trajets qui vont tirer partie d'un trajet retour existant. Ce point n'est pas clairement présenté dans le rapport	Proposition : améliorer la rédaction et les schémas	Transport non dédié pour le retour vers le centre de distribution, et transport dédié pour le retour vers le site d'embouteillage	Précisions ajoutées en sous-sections 4.4.3.2 et 4.4.3.3, et dans les tableaux récapitulatifs présentés en section 4.7.2	ok
139	PC	42	++	Données logistique retour, cas CHR	Pour information : Dans le cas de modèles CHR existants, le retour des bouteilles vides à <u>usage unique</u> se fait : - entre le client final et le grossiste par l'intermédiaire de caisses plastiques - entre le grossiste et le recycleur par l'intermédiaire de bennes dans lesquelles les bouteilles sont jetées et cassées pour gagner de la place. Votre modélisation reflète-t-elle cette organisation ?		Modélisation adaptée suite à nos échanges	Section spécifique ajoutée: 4.6.4.3	ok
140	PC	42	++	Modélisation des distances retour	"La standardisation ou non des contenants: en cas de standardisation, il est envisageable de faire revenir les contenants vides génériques vers le site d'embouteillage le plus proche. En cas d'absence de standardisation, le contenant doit être renvoyé à un site d'embouteillage spécifique, par exemple celui d'où il a été envoyé en amont du transport aller." Voir annexe 7 => Etre plus précis.		Retrait de cette section suite à la décision de ne pas étudier la standardisation sous cet angle		ok
142	MP	43	++	Les données clés liées aux transports retour des contenants sont synthétisées en Tableau 16.	Dans les données clés, il manque les données d'UF par transport et par type de camion	Proposition : compléter ou faire les renvois	Retrait de cette section suite à la décision de ne pas étudier la standardisation sous cet angle		ok
147	MP	45	++	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 d'embouteillage), ou directement au site d'embouteillage, auquel cas aucune étape	Au delà d'évoquer une étape de logistique supplémentaire il s'agirait davantage d'expliquer quelle incidence cela peut avoir sur les distances parcourues. Avez-vous établi des règles, taux, concernant la distance additionnelle qu'implique ce choix d'organisation ? Des distances additionnelles importantes (par exemple au-delà de 100 km) ne seraient-elles pas le reflet d'une offre de lavage externalisée encore insuffisante à un instant donné plutôt que d'un élément structurel ?	Proposition : indiquer si vous avez recueilli ou non des données de terrain ou des enseignements d'études prospectives pour encadrer le surplus de transport que suppose le recours à un centre de lavage autre que le site de l'embouteilleur. Restituer les éléments	cf commentaire 138		ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
				<u>de transport supplémentaire n'est considérée</u>	Quel est l'avis des prestataires de lavage sur ce point ?	de discussion			
148	MP	45	++	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 l'embouteilleur	A la lecture de cette section, on comprend qu'un lavage externalisé dans un centre dédié ne pourra que conduire à un impact supérieur à un lavage chez l'embouteilleur en raison de distances de transport additionnelles considérées. Ne peut-il pas y avoir d'autres différences ? Le recours à un centre dédié ne permet-il pas des optimisations par rapport à un lavage conduit chez les industriels ? Ex: meilleur amortissement des infrastructures ? Ex: autres optimisations pouvant concerner les consommations d'eau, d'énergie, etc. qu'il serait plus facile de mettre en œuvre sur un centre dédié ? L'avis des prestataires de lavage a-t-il été recueilli sur ce point ? Quelle est leur analyse ?	Proposition : répondre aux différents questionnement soulevés et inclure les éléments explicatifs dans le rapport	Il s'agit en effet de l'une des limites de cette étude, en l'absence de données robustes collectées pour le lavage industriel par les conditionneurs. Les résultats n'auront cependant pas vocation à comparer les deux types de lavage. Ce choix de modélisation a été présenté en Comité de Suivi et n'a pas fait l'objet de questionnements ou de remises en question par ses membres.	Limites de l'approche ajoutées dans ce paragraphe, et explicitées dans les limites au point 8.3.3	ok
151	CH, MP	46	++	A noter, les taux de collecte exprimés ci-dessous et utilisés dans la modélisation sont les taux de recyclage effectifs, et non des taux de collecte.	Votre phrase comporte des contradictions. Par ailleurs, si vous souhaitez laisser cette idée, il faut expliquer ce que vous entendez par taux de collecte d'une part et par taux de recyclage effectif d'autre part.	Clarifiez votre propos.	Cette phrase était une erreur de saisie et a été retirée	Section 4.6.1.1. adaptée	ok
152	CH, MP	46	++	Tableau 21 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les contenants et systèmes de fermeture	Ce tableau n'est pas clair car il n'explique pas le taux de recyclage qui est appliqué à l'élément principal et à l'élément associé. Le Cadre de référence Ademe demande que : 1/les taux techniques de recyclage soient appliqués à l'élément principal et aux éléments qui lui sont associés comme le système de fermeture, l'étiquette 2/de préciser ensuite si, en fonction de la nature du matériau, l'élément associé est trié pour recyclage au sein de la filière du corps principal Ex : bouchon alu sur bouteille verre ; on considère d'abord que le bouchon alu est trié en même temps que la bouteille en verre et se retrouve donc chez le traiteur de calcin ; on précise ensuite que l'aluminium est bien extrait pour recyclage dans cette filière. Conclusion : le bouchon aluminium aura le même taux de recyclage que celui de la bouteille en verre Ex : bouchon PE sur bouteille PET : le bouchon PE est trié en même temps que la bouteille PET et se retrouve chez les régénérateurs PET ; dans cette filière les bouchons PE et PP sont extraits pour recyclage. Conclusion : le bouchon PE (PP) aura le même taux de recyclage que celui de la bouteille PET.	Revoir la structure de votre tableau afin de présenter le taux de recyclage qui est appliqué au corps principal des solutions d'emballage et aux systèmes de fermeture.	Taux de recyclage des systèmes de fermeture adaptés, explications données dans le corps du texte (en conformité avec le cadre ADEME)	Section 4.6.1.1. et tableau 31 adapté	ok
153	CH, MP	46	++	Tableau 21 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les contenants et systèmes de fermeture	Ces taux de recyclage s'écartent notablement des taux de recyclage 2021 qui sont quantifiés par l'Ademe et Citeo. On note par exemple +20 % pour le PET, +33 % pour le PP, + 39 % pour le PS qui n'est pas recyclé à l'heure actuelle et - 11 % pour l'acier. De plus, les sources citées sont hétérogènes. Enfin, ce n'est pas parce qu'une valeur est inscrite comme objectif dans la réglementation qu'elle sera atteinte. Les taux restitués ici optimistes par rapport aux taux actuels (sauf pour l'acier), sont de nature à créer un biais favorable à l'usage unique. Personnellement, j'aurais été beaucoup plus favorable à une approche considérant les taux techniques de recyclage 2021 préconisés dans le Cadre de Référence en cas de base avec une AS sur des taux techniques plus élevés. Rappel des préconisations du cadre de référence ADEME : " Si un taux de recyclage différent de la valeur du taux technique de recyclage tel que publié par CITEO, ADELPHÉ et l'ADEME mérite d'être considéré dans une étude ACV, par exemple pour représenter dans le cas d'une analyse de sensibilité des performances projetées, la valeur prise en compte doit être justifiée de manière approfondie "	Proposition : - Mettre en perspective ces taux en rappelant les taux ADEME/CITEO repris dans le cadre de référence ADEME - Pour chaque valeur, apporter des éléments explicatifs sur ces taux projetés	Les sources et provenances des taux choisis sont explicités dans le corps du texte. Les objectifs à retenir dans la modélisation en bornes supérieures ont été communiqués (ou à minima validés par l'ADEME)	Section 4.6.1.1. et tableau 31 adapté	ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
154	MP, CH	46	++	Tableau 22 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les emballages additionnels. Ceux-ci sont principalement basés sur les recommandations méthodologiques du PEF, et des valeurs de fin de suggérées dans son Annexe C	On comprend ici qu'il ne s'agit pas de taux prospectifs à 2025 mais de taux basés sur des performances passées. Les taux de recyclage proposés dans l'annexe c du PEF sont anciens, mal documentés et ne distinguent pas le cas des emballages ménagers d'une part et des emballages industriels et commerciaux d'autre part. Le Cadre de Référence Ademe fournit des taux de recyclage à appliquer pour les emballages II et III, construits par Citeo et l'Ademe, régulièrement actualisés.	Proposition : les taux de recyclage doivent être basés sur ceux du cadre de référence ADEME	Les taux ont été adaptés sur base du cadre, pour les matériaux qui le permettaient.	Tableau 31 adapté	ok
157	CH	48	++	PET (recyclage mécanique), PP, Pehd : ratio de substitution (qs/qp)	Pour quelles raisons - autres que la référence à l'annexe C de la CFF - devrait-on considérer 0,9 dans le cas du rPET paillottes, dans le cas du rPP et dans le cas du rPEHD.	Justifier du point de vue technique la prise en compte d'un Qs/Qp de 0,9 pour les trois résines citées ou revoir les valeurs.	L'annexe C du Pef a été considérée en l'absence de données techniques robustes à ce sujet. L'incertitude autour de ce choix de modélisation a été explicitée dans le rapport du volet B.	Note 4 en fin de section 4.6.1 sur ces valeurs.	ok
162	CH	50	++	Tableau 28 : Données liées au transport en fin de vie	Cette modélisation est extrêmement simplifiée et ne correspond pas à ce qui est préconisé dans le Cadre de Référence Ademe. Dans le cas du recyclage, il faut tenir compte de : La collecte sélective Le tri Le transport entre le centre de tri et les régénérateurs Vous sous-estimez les impacts du recyclage, ce qui constitue possiblement un biais en faveur des solutions à usage unique. La gamme de valeurs 50-200 km n'est même pas assez importante pour représenter la distance entre le centre de tri et les régénérateurs. Par ailleurs, on sait que la partie collecte sélective est plus impactante encore.	Revoir votre modélisation en reprenant les données préconisées dans le cadre de référence	Modélisation adaptée sur base de nos échanges et du cadre de référence.	Section 4.6.4. adaptée	ok
164	CH	52	++	Le logiciel utilisé pour calculer les résultats est RangeLCA (outil développé par RDC Environment).	RangeLCA est certainement un outil très intéressant et puissant. Il présente toutefois un inconvénient dans le cadre de la revue critique de ces travaux : l'outil n'est pas utilisé par les praticiens ACV externe à RDC, ce qui signifie que nous ne pouvons pas nous appuyer sur notre retour d'expérience pratique ou le retour d'expérience d'autres praticiens pour en apprécier les points forts et les limites. Du coup, nous aurons besoin de quelques résultats spécifiques complémentaires en vue d'éclairer le fonctionnement de votre outil. Ces résultats spécifiques ne visent pas le fond des travaux mais à nous aider à cerner le fonctionnement de RangeLCA.	Si RangeLCA a d'ores et déjà fait l'objet d'une "analyse critique" par exemple par un comité composé d'experts ACV et d'experts en mathématiques (et plus précisément des experts en analyse multivariée), il nous semblerait intéressant que vous puissiez le mentionner dans cette partie introductive.	Aucune analyse spécifique au fonctionnement du logiciel lui-même n'a été réalisée. Des analyses critiques multiples ont cependant été effectuées sur des modélisations et résultats produits via le logiciel, notamment des outils ACV industriels.		ok
166	CH	52	++	chacune des combinaisons de paramètres	Les paramètres d'entrée de RangeLCA doivent-ils être indépendants ?	-	Les paramètres utilisés dans la modélisation peuvent être corrélés ou non	Précision apportée dans le texte au point 5.2	ok
169	CH	54	++	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.	J'ai le sentiment de lire des choses différentes dans la façon d'identifier les paramètres sensibles entre ce paragraphe et celui de la page précédente.	Soit deux nuages de point pour lesquels vous faites une régression linéaire : Y=10X1+12 avec R2 =0,23 Y=6X2+8,5 avec R2=0,76 Pouvez-vous nous expliquer comment vous opérez la hiérarchisation des paramètres X1 et X2 en termes de sensibilité ?	Dans votre exemple R ² (X2) est supérieur au R ² (X1). X2 est donc plus sensible. La fourchette de valeur Y ne diffère pas entre X1 et X2. Y c'est le résultat d'impacts. Pour une itération donnée, si on obtient Y = 22, cela veut dire que X1 est à 1 et X2 à 2.2		ok
179	CH	59	++	la Figure 12 révèle que pour une même modélisation logistique (masse du contenant, distances de transport, etc.), l'option réemployable est systématiquement favorable dès la deuxième utilisation du contenant	Je ne comprends pas ce que représente la figure 12 d'autant que vous indiquez "pour une même modélisation logistique (masse du contenant...)". A quel endroit de la figure voit-on que l'on se situe à "même modélisation logistique" ?	Prenez le temps d'expliquer en détails le principe de construction de ce premier graph Range delta, sinon nous ne pouvons pas vous suivre dans vos observations et leurs interprétations.		Un effort additionnel a été consacré au déchiffrement et à l'analyse des graphes du scénario 1	ok
180	CH,MP	59	++	Figure 13 : Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur d'épuisement des ressources minérales et métalliques selon la masse du contenant – graphe "range"	Axe des abscisses de votre figure 13 : il est indiqué Masse de l'emballage en verre par litre de contenu. Dans la mesure où on compare verre usage unique et verre réemployable, de quelle masse parle-t-on ? La masse de l'emballage en verre usage unique ? La masse de l'emballage en verre réemployable ? Les deux à la fois car elles sont identiques ? Mais alors quid de votre facteur d'augmentation de masse ? Ex : si je prends une verticale qui passe par la valeur de masse 0,8 kg quelle est la masse de	Préciser votre figure afin que l'on comprenne ce qui est représenté.	Une même masse est appliquée aux deux solutions d'emballage, suite à quoi le facteur d'augmentation est appliqué spécifiquement à l'option réemployable.	Une précision à ce sujet est ajoutée en début de Chapitre 6, avant le détail des scénarios.	ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
					des solutions usages uniques et réutilisables qui sont positionnées sur cette verticale ? Est-ce que c'est 0,8 kg pour toutes les solutions ? Ou est-ce que c'est 0,8 kg pour les solutions usages uniques et une valeur entre 0,8 et 0,8x1,2=0,96 kg pour les solutions réutilisables ?				
181	CH	59	++	Figure 13 : Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur d'épuisement des ressources minérales et métalliques selon la masse du contenant – graphe "range"	En lien avec mes commentaires sur la figure 11, je me demande ce qu'aurait donné cette figure et les corrélations obtenues, si on la découpe en deux figures : La première dans laquelle le nombre de rotations de la solution réemployable varie entre 1 et 7-10 La seconde dans laquelle le nombre de rotations de la solution réemployable varie entre 10 et 50. En effet, l'influence de la masse du contenant est forcément différente dans ces deux cas de figures. Dans le premier cas, elle peut jouer car l'amortissement reste limité. Dans le second cas, elle ne joue plus puisque l'amortissement joue à plein.	Découpez la figure 13 en deux figures en fonction du nombre d'utilisations de la solution réemployable.		Adaptation effectuée pour le scénario 1, afin d'expliquer les tendances associées au réemploi	ok
183	CH	60	++	La variabilité des impacts observée pour l'option à usage unique est principalement due à la variation de la distance d'approvisionnement avant embouteillage. Celle des impacts observés pour l'option réemployable est également liée aux différentes distances associées à la distribution et au retour des contenants.	Vos commentaires ne sont pas clairs pour moi et je n'arrive pas à les mettre en lien avec les figures 13 et 14. Que doit-on voir/lire/regarder sur ces figures ? Qu'est-ce qui est frappant ? Quelle est l'origine des impacts sur les ressources minérales ? Est-ce l'étape de production de l'emballage ou est-ce que ce sont les étapes de logistique ? Ou autres ?	Structurez davantage la lecture et l'interprétation de vos résultats : a/D'abord ce qu'on doit lire b/Ensuite les explications que vous pouvez fournir en ayant accès à vos résultats détaillés par étape, par contributeur, par flux élémentaires.	Commentaire associé aux résultats de première itération. Texte adapté en seconde version.		ok
184	CH	60	++	La Figure 14 révèle que la comparaison entre les deux alternatives ne permet pas d'identifier clairement une option plus performante jusqu'à une masse par litre d'environ 0,9.	Pour quelles raisons la solution réemployable serait intéressante au-delà de 0,9 kg/litre et ne le serait pas systématiquement en-deçà ? Quels sont les mécanismes en jeu ?	Expliquez / justifiez ce qui se passe d'un côté et de l'autre des points de bascule observés.	Commentaire associé aux résultats de première itération. Texte adapté en seconde version.	La philosophie et la réflexion autour des graphes range/range-delta et de leur lecture est exprimée plus en détails pour le scénario 1.	ok
185	CH	60	++	Les itérations en faveur de l'option à usage unique pour des masses excédant cette valeur sont liées à une combinaison de valeurs extrêmes pour les paramètres sensibles et jugées peu représentatives d'une réalité de terrain.	Quel est alors l'intérêt d'avoir considéré ces valeurs extrêmes qui ne sont pas représentatives d'une réalité de terrain ?	-	Commentaire associé aux résultats de première itération. Texte adapté en seconde version.	Formulation adaptée dans les nouveaux résultats (on parlera plutôt de combinaisons de valeurs peu probables).	ok
186	CH	60	++	Figure 15 : Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la masse du contenant – graphe "range"	Ce graphe semble montrer que pour la solution usage unique, plus celle-ci est lourde plus on "crée" de la ressource en eau. J'imagine que ce sont les résultats à revoir que vous nous avez signalé dans votre mail d'envoi ?	-	Il s'agissait en effet du déséquilibre causé par les incohérences au sein de l'inventaire FeVe pour cet indicateur.		ok
187	CH	62	++	Figure 17 : Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur de changement climatique selon la consommation de diesel liée aux transports aller et retour – graphe "range"	La première observation que je fais sur cette figure est que la gamme de valeurs de la consommation de diesel liée aux étapes logistiques : Varie entre 0 et 0,02 litre/UF pour la solution usage unique Varie entre 0,02 et 0,08 litre/UF pour la solution réemployable Est-il logique d'avoir une consommation max 4 fois plus élevée pour la solution réemployable ?	Commentez et expliquez la gamme de valeurs de consommation de carburant logistique entre les solutions usage unique et réemployable.	Les valeurs sont plus resserrées dans cette itération du rapport, suite à des ajustements dans la modélisation Des commentaires plus approfondis sur ces questions ont été ajoutés en annexe et lorsque le graphe range lié à la consommation de carburant est présenté pour le premier scénario.	Ajout d'explications complémentaires au point 6.1.1.2.4 et en Annexe 6	ok
190	CH	66	++	Figure 19 : Catégories d'impact : CC = Changement climatique	Dans la figure GES, je lis que les impacts de production du contenant usage unique sont de 800 g. Eq. CO2/UF. Dans le cas de la solution réemployable avec 5 utilisations, j'attendais un résultat de 800/5 = 160 g Eq.CO2/UF ; en effet j'amortis la production sur 5 utilisations et mes deux solutions ont les mêmes masses ; or votre résultat est de 200 g Eq. CO2/UF. La même observation est faite pour les autres indicateurs (division par 4 au lieu de 5).	Expliquez votre résultat ou corrigez vos graphiques.	Les impacts générés en excès par rapport à ce calcul découlent du facteur d'augmentation de masse ajoutée à la production dans le cas de la solution réemployable.		ok

N°	Auteur	Page	Importance	Texte visé	Commentaire argumenté	Proposition	Réponse argumentée RDC/ADEME	Version MAJ du rapport	Suivi panel
192	MP	118	++	Limites de l'étude	<p>Nous sommes à un moment charnière, beaucoup de secteurs d'activité affirment leur engagement à "décarboner" leurs activités. Le secteur verrier et les transports routiers ne sont pas exception, avec des stratégies qui leur sont propres, des temporalités de mise en œuvre qui leur sont propres.</p> <p>Des changements structurels importants modifieraient les inventaires d'arrière-plan utilisés (datant de plus de 10 ans pour le verre par exemple) et leurs profils d'impact unitaires.</p> <p>Ne faudrait-il pas rajouter une section sur les limites liées à la validité temporelle de l'étude ?</p>	Proposition : envisager de compléter les limites en lien avec le commentaire		Ajout de ces éléments aux limites de l'étude (8.6.1)	ok
193	MP	118	++	Limites de l'étude : Limites liées à l'approche de modélisation retenue Les "décisions au niveau micro" sont censées avoir des conséquences structurelles limitées et nulles en dehors du contexte de décision, c'est-à-dire qu'elles ne devraient pas modifier les moyens de production actuels. 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). <u>C'est-à-dire qu'il n'est pas attendu de changement fondamental dans la production des principaux matériaux d'emballages.</u>	<p>Est-il vraiment possible d'affirmer ceci pour les fours verriers situés en France et largement dédiés à la production de verre creux destiné aux secteurs de l'emballage ?</p> <p>Nous sommes dans un contexte réglementaire qui cherche à pousser la part des emballages réemployables pour qu'ils représentent une part de plus en plus significative. Une bascule importante du verre usage unique vers du verre réemployable ne pourrait-elle pas avoir des effets significatifs sur ce secteur industriel ?</p> <p>Ne serait-il pas plus approprié de dire que l'étude n'a pas cherché à identifier si de tels changements pourraient exister et qu'elle n'a pas cherché à évaluer les conséquences de tels changements sur le plan environnemental ?</p>	Proposition : Apporter les arguments permettant de dire qu'il n'y aura pas de changement fondamental. Sinon, envisager un ajustement de la rédaction	Abus de langage de notre part. La rédaction est adaptée pour mentionner que l'étude ne tient simplement pas compte de tels changements structurels.	Formulation adaptée au point 8.2	ok
194	PC	118	++	Limites liées à la standardisation des contenants	Pouvez-vous expliciter ? Je n'ai pas compris.			Section adaptée et reformulée au regard de la place qu'occupe actuellement la standardisation dans l'étude.	ok
195	MP	124	++	Annexe 1 : Modélisation de la valorisation énergétique de l'incinération et récupération de méthane en centre de stockage	Le rapport n'indique pas quelles quantités d'électricité et de chaleur ont considérées comme produites/valorisées pour 1MJ PCI entrant via un déchet	Proposition : indiquer les valeurs retenues et clarifier leur conformité ou non avec les valeurs fournies dans le cadre de référence ADEME (valeurs représentatives pour le parc moyen français)	Les valeurs considérées sont bien en phase avec le cadre (xer heat = 0.11, xer elec = 0.268)	Valeurs et source ajoutées en Annexe 1	ok
196	MP, CH	124	++	Tableau 64 : Mix chaleur d'origine fossile (source : Cadre de référence – ACV comparatives entre différentes solutions d'emballages – ADEME 2022)	Ecart au cadre de référence ADEME : les sources "biomasses" ont été écartées. Le Cadre de Référence ne préconise pas de considérer une substitution à la seule part fossile.	Proposition : amender la modélisation en vous alignant sur le mix complet décrit dans le cadre de référence ADEME	Le mix considéré a été adapté	Présentation du mix adapté en Annexe 1	ok

Figure 122 - Tableau des commentaires de revue critique, niveau d'importance "++"

REFERENCES 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 (2021) "Consigne pour réemploi et recyclage des bouteilles de boissons."
4. 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"
5. ADEME (2021) "Identification des alternatives aux emballages plastiques à usage unique"
6. ADEME (2021) "Réemploi et substitution des emballages plastiques: état des lieux"
7. ADEME (2021) "Un benchmark international des dispositifs de réemploi ou réutilisation et/ou de substitution des emballages plastiques à usage unique"
8. ADEME (2022) "Cadre de référence - ACV comparative entre différentes solutions d'emballages"
9. ADEME (2022) "Réemploi des emballages et alternatives aux emballages plastiques à usage unique"
10. ADEME (2022) Mesures, pesées ou calculs réalisés par l'ADEME
11. Base de données Ecoinvent 3.9.1 (2022)
12. Boulay et al. (2018) The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE).
13. Charte d'Engagements "Verre 100% solutions" (2019)
14. CITEO (2018) "Gisement des emballages de la consommation hors domicile"
15. CITEO (2020) "Journées R&D - FAQ Pots & Barquettes"
16. CITEO (2021) "Vers une définition des gammes standards réemployables"
17. CITEO (2022) "Les chiffres du recyclage en France"
18. Code de l'Environnement, France (2023)
19. Comité National Routier (2023) Enquête Longue Distance 2022
20. Conseil National de l'Emballage (2016) "Emballages et consigne: Panorama des systèmes de réemploi"
21. COTREP (2016) "Recyclabilité des emballages en plastique"
22. 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"

23. European Commission (2010) ILCD Handbook; General guidance for Life Cycle Assessment – Detailed guidance
24. 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)
25. European Commission (2022) Eurostat database
26. European Environment Agency (2018) COPERT 5
27. Fédération Nationale des Boissons (2023) Communication de données de terrain
28. Grant, T., and Berenyi T, (2021) Life Cycle Assessment of the Return and Earn Container Deposit Scheme, Lifecycles, September 2021, Melbourne.
29. KOPO (2011) "Analyse de cycle de vie de gobelets réutilisables, jetables et biosourcés."
30. Lausanne Polytechnique (2009) "Analyse de cycle de vie - gobelets jetables, réutilisables, recyclables."
31. Metal Packaging Europe (2019) "Life Cycle Assessment of Aluminium Beverage Cans in Europe"
32. Ministère de la Transition Ecologique (2021) Chiffres clés des énergies renouvelables
33. Modélisation EcoTransit (2022)
34. Öko-Institut e.V (2011) Preparatory Studies for Eco-design Requirements of Energy-using products – Lot 24 : Professional Washing Machines, Dryers and Dishwashers
35. PEF/OEF (2018) "Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs) : Packed water."
36. PERIFEM (2023) Communication de données de terrain
37. Projet de Règlement emballages (Union Européenne)
38. Quantis (2022) "Comparative Life Cycle Assessment of different water containers"
39. RDC Environment (2022) Mesures, pesées, résultats ou hypothèses issus des travaux de RDC Environment.
40. Recy-Québec (2015) "Mise à jour d'une analyse de cycle de vie de contenants de bières au Québec."
41. Réseau Consigne (2022) "Boissons : Comment passer au réemploi?"
42. Site web "<https://energieplus-lesite.be>", consulté en décembre 2022
43. Site web "<https://www.cedre.info/recycler-au-bureau/canettes/>", consulté en décembre 2022.
44. Site web "lecomptoirdubrasseur.fr", consulté en décembre 2022
45. Site web "www.amazon.com", consulté en décembre 2022.
46. Site web "www.appenzellerbier.ch", consulté en novembre 2022.
47. Site web "www.bewustpuur.nl", consulté en décembre 2022.
48. Site web "www.bol.com", consulté en décembre 2022.

49. Site web "www.brasser-sa-biere.fr", consulté en novembre 2022.
50. Site web "www.btobeer.com", consulté en novembre 2022
51. Site web "www.cabby.fr/transport/transport-de-vin-en-vrac-en-europe/", consulté en avril 2023
52. Site web "www.cater4you.co.uk", consulté en décembre 2022.
53. Site web "www.digisystem.com", consulté en février 2023
54. Site web "www.ecovend.com", consulté en février 2023
55. Site web "www.gmgastro.com", consulté en décembre 2022.
56. Site web "www.glas-shop.be", consulté en décembre 2022.
57. Site web "www.incomrecycle-rvm.com", consulté en février 2023
58. Site web "www.jumpshare.com", consulté en février 2023
59. Site web "www.lafab-pack.fr", consulté en décembre 2022
60. Site web "www.lecomptoirdubrasseur.fr", consulté en novembre 2022.
61. Site web "www.lsa-conso.fr", consulté en décembre 2022.
62. Site web "www.nisbets.be", consulté en décembre 2022.
63. Stratégie 3R (Réduction, Réemploi, Recyclage) pour les emballages en plastique à usage unique (2022)
64. Syndifrais (2021) "Des pots de yaourt en polystyrène recyclé, c'est possible!"
65. Valipac (2019) "Panorama des poids de référence des emballages industriels"
66. Zampori, L. and Pant, R. (2019) "Suggestions for updating the Product Environmental Footprint (PEF) method"

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

Tableau 1 : Exemple simplifié de caractérisation des impacts pour la catégorie d'impacts « changement climatique »	14
Tableau 2 : Catégories de produits considérées au sein des différents scénarios	19
Tableau 3 : Fiche descriptive du scénario 1	20
Tableau 4 : Fiche descriptive du scénario 2	21
Tableau 5 : Fiche descriptive du scénario 3	22
Tableau 6 : Fiche descriptive du scénario 4	23
Tableau 7 : Fiche descriptive du scénario 5	24
Tableau 8 : Questionnement menant à la définition de l'unité fonctionnelle	25
Tableau 9 : Catégories d'impacts potentiels étudiées	38
Tableau 10 : Représentation simplifiée du cycle du carbone biogénique	39
Tableau 11 : Nombres d'utilisations considérés pour les emballages primaires, de regroupement et de transport	41
Tableau 12 : Données de masse des emballages primaires à usage unique.....	43
Tableau 13 : Données liées à la production des systèmes de fermeture	44
Tableau 15 : Données liées à la production des emballages de regroupement	46
Tableau 16 : Données liées aux emballages de transport.....	47
Tableau 17 : Gammes de valeurs considérées pour les ratios volumiques des emballages étudiés au sein du volet A	49
Tableau 18 : Valeurs du facteur de désoptimisation lié aux contraintes logistiques, selon les étapes de transport	50
Tableau 19: Répartition des différentes normes d'émissions telle que modélisée (Estimation basée sur les données d'âge des véhicules en Europe ²⁴).....	55
Tableau 21 : Modélisation des types de camions sur base des surfaces de vente	57
Tableau 22 : Données clés de la logistique de distribution, ou logistique aller ³⁹	58
Tableau 23 : Modélisation de la déconsignation automatique via RVM.....	59
Tableau 24: Consommations par unité fonctionnelle liées au prélavage à la main par le consommateur ³⁹	61
Tableau 25: Consommations par unité fonctionnelle liées au pré-lavage en machine par le consommateur ³⁹	61
Tableau 26 Consommations de lavage industriel, établies sur base des données collectées.....	62
Tableau 27 : Composition du détergent de lavage modélisé (modélisation A)	63
Tableau 28 : Composition du détergent de lavage modélisé (modélisation B)	63
Tableau 29 : Composition du produit de rinçage modélisé	64
Tableau 30 : Modélisation des infrastructures de lavage.....	65
Tableau 31 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les emballages primaires et leurs systèmes de fermeture	65
Tableau 32 : Valeurs utilisées pour les taux de recyclage des matériaux constituant les emballages additionnels	66
Tableau 33 : Valeurs utilisées pour les taux d'incinération, de revalorisation énergétique et de stockage ⁸	66
Tableau 34 : Taux de substitution aux matières premières d'origine vierge	68
Tableau 35 : Procédés d'inventaire modélisant la fin de vie de l'emballage primaire et des systèmes de fermeture	69
Tableau 36 : Procédés d'inventaire modélisant la fin de vie des emballages de regroupement et de transport....	70
Tableau 37 : Valeurs de degrés d'impureté en fin de vie pour les différents matériaux considérés ⁸	71
Tableau 38 : 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)	72
Tableau 39 : Bilan des données logistiques pour le scénario 1 (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)	74
Tableau 40 : Bilan des données logistiques pour le scénario 2 (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)	75
Tableau 41 : Bilan des données logistiques pour le scénario 2 (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)	76
Tableau 42 : Bilan des données logistiques pour le scénario 4 (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)	77
Tableau 43 : Bilan des données logistiques pour le scénario 4 (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)	78
Tableau 44: Paramètres influents du scénario 1 (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces).....	84
Tableau 45 Paramètres influents du scénario 1 (Epuisement des ressources en eau)	85

Tableau 46 Paramètres influents du scénario 1 (Eutrophisation d'eaux douces)	85
Tableau 47 : Zones et points de changement de conclusion liés aux différents paramètres et catégories d'impacts étudiés – Scénario 1	94
Tableau 48 : Contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 ou 20 utilisations) du scénario 1 aux différentes catégories d'impact, cas illustratif	96
Tableau 49 : Paramètres influents du scénario 2 (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces)	99
Tableau 50 : Paramètres influents du scénario 2 (Epuisement des ressources en eau)	99
Tableau 51 : Paramètres influents du scénario 2 (Eutrophisation d'eaux douces)	100
Tableau 52 : Zones et points de changement de conclusion liés aux différents paramètres et catégories d'impacts étudiés – Scénario 2	107
Tableau 53 : Contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 ou 20 utilisations) du scénario 2 aux différentes catégories d'impact, cas illustratif	109
Tableau 54 : Paramètres influents du scénario 3 (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces)	112
Tableau 55 : Paramètres influents du scénario 3 (Epuisement des ressources en eau)	112
Tableau 56 : Paramètres influents du scénario 3 (Eutrophisation d'eaux douces)	113
Tableau 57 : Zones et points de changement de conclusion liés aux différents paramètres et catégories d'impacts étudiés – Scénario 3	119
Tableau 58 : Contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 ou 20 utilisations) du scénario 3 aux différentes catégories d'impact, cas illustratif	120
Tableau 59 : Paramètres influents du scénario 4 (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces)	124
Tableau 60 : Paramètres influents du scénario 4 (Epuisement des ressources en eau)	124
Tableau 61 : Paramètres influents du scénario 4 (Eutrophisation d'eaux douces)	124
Tableau 62 : Zones et points de changement de conclusion liés aux différents paramètres et catégories d'impacts étudiés – Scénario 4	129
Tableau 63 : Contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 ou 20 utilisations) du scénario 4 aux différentes catégories d'impact, cas illustratif	131
Tableau 64 : Paramètres influents du scénario 5 (toutes catégories d'impact exceptées l'épuisement des ressources en eau et l'eutrophisation d'eaux douces)	134
Tableau 65 : Paramètres influents du scénario 5 (Epuisement des ressources en eau)	134
Tableau 66 : Paramètres influents du scénario 5 (Eutrophisation d'eaux douces)	134
Tableau 67 : Zones et points de changement de conclusion liés aux différents paramètres et catégories d'impacts étudiés – Scénario 5	142
Tableau 68 : Contributions totales des options à usage unique et réemployable (pour 5 ou 20 utilisations) du scénario 5 aux différentes catégories d'impact, cas illustratif	143
Tableau 69 : Critères d'évaluation de la qualité des données	158
Tableau 70 : Critères de notation de la qualité des données	158
Tableau 71 : Critère d'évaluation de la note globale des inventaires de cycle de vie	159
Tableau 72 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la production des emballages primaires et de leurs systèmes de fermeture	160
Tableau 73 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la production des emballages de regroupement	160
Tableau 74 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la production des emballages de transport	161
Tableau 75 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser les infrastructures de transport et le transport routier	161
Tableau 76 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser les processus et infrastructures de lavage	161
Tableau 77 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la fin de vie des emballages primaires et de leurs systèmes de fermeture	162
Tableau 78 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la fin de vie des emballages de regroupement	162
Tableau 79 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la fin de vie des emballages de transport	163
Tableau 80 : Evaluation de la qualité des données d'inventaire et d'arrière-plan utilisées pour modéliser la revalorisation énergétique des matériaux en fin de vie	163
Tableau 81 : Evaluation de la qualité des données primaires utilisées pour caractériser les emballages modélisés	164
Tableau 82 : Evaluation de la qualité des données primaires utilisées pour caractériser les étapes de transport	165
Tableau 83 : Evaluation de la qualité des données primaires utilisées pour caractériser les processus de lavage modélisés	165
Tableau 84 : Valeurs de pouvoir calorifique intérieur spécifiques aux matériaux considérés ³⁹	183
Tableau 85 : Mix chaleur considéré pour la revalorisation énergétique ⁸	183
Tableau 86 : valeurs de DOC et DOCf retenues pour l'étude	184
Tableau 87 : sources de données pour déterminer la valeur de DOCf du papier/carton	184
Tableau 88 : Résultats totaux par scénario et par option d'emballage (cas illustratif) pour les 16 catégories d'impacts EF 3.1 (1/2)	185

Tableau 89 : Résultats totaux par scénario et par option d'emballage (cas illustratif) pour les 16 catégories d'impacts EF 3.1 (2/2)	186
Tableau 90 : Facteurs de normalisation et pondération EF3.1	187
Tableau 91 : Résultats exprimés en pourcentage du total normalisé et pondéré pour chaque filière	188
Tableau 92 : Catégories d'impacts sélectionnées pour une analyse dans le corps du rapport (1/2)	189
Tableau 93 : Catégories d'impacts pour une analyse dans le corps du rapport (2/2)	189
Tableau 94 : grille d'évaluation des inventaires de cycle de vie sur la cohérence méthodologique avec la présente étude	192
Tableau 95: Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact, cas illustratif - Scénario 1	197
Tableau 96: Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact, cas illustratifs - Scénario 2	202
Tableau 97: Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact, cas illustratifs - Scénario 3	207
Tableau 98: Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact, cas illustratifs – Scénario 4	212
Tableau 99: Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux catégories d'impact, cas illustratifs – Scénario 5	217
Tableau 100 : Données de référence de consommation diesel pour des valeurs logistiques fixes - Scénario 1. 218	
Tableau 101 : Données de référence de consommation diesel pour des valeurs logistiques fixes – Scénario 2 218	
Tableau 102 : Données de référence de consommation diesel pour des valeurs logistiques fixes – Scénario 3 219	
Tableau 103 : Données de référence de consommation diesel pour des valeurs logistiques fixes - Scénario 4. 219	
Tableau 104: Données de référence de consommation diesel pour des valeurs logistiques fixes - Scénario 5. 219	
Tableau 105 : 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.....	220
Tableau 106 : Données de tonnages de verre liés aux emballages réemployables et à usage unique en matériaux hors verre pour différentes catégories de produits	220

FIGURES

Figure 1 : Scénario 1 - Frontières du système.....	30
Figure 2 : Scénario 2 – Frontières du système.....	31
Figure 3 : Scénario 3 – Frontières du système.....	32
Figure 4 : Scénario 4 - Frontières du système.....	33
Figure 5 : Scénario 5 – Frontières du système.....	34
Figure 6 : Schématisation de l'allocation des impacts du transport retour en phase de distribution	52
Figure 7 : Schéma de destination lié à la fin de vie des emballages primaires et de leurs systèmes de fermeture.....	67
Figure 8 : Exemple de graphique « Range » obtenu avec RangelCA (ne représente pas les résultats de cette étude)	79
Figure 9 : Illustration de l'incertitude et la précision d'une comparaison	81
Figure 10 : Exemple fictif de « graph Range Delta »	81
Figure 11 : Contributions de l'option réemployable (BVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage - graphe "range"	86
Figure 12 : Contributions de l'option réemployable (BVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage (8 utilisations ou moins) - graphe "range".....	87
Figure 13 : Contributions de l'option réemployable (BVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'emballage (plus de 8 utilisations) - graphe "range".....	87
Figure 14 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPa) à l'indicateur à l'indicateur de changement climatique sur le nombre d'utilisations de l'emballage réemployable – graphe "range".....	88
Figure 15 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range delta"	89
Figure 16 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPa) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la masse d'emballage primaire – graphe "range"	90
Figure 17 : Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range delta".....	90
Figure 18 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPa) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de de l'emballage de regroupement en carton – graphe "range".....	91
Figure 19 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPa) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de de l'emballage de regroupement en carton – graphe "range delta"	91
Figure 20 : Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur de changement climatique selon la consommation de diesel liée aux transports aller et retour – graphe "range".....	92
Figure 21 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option à usage unique, cas illustratif).....	97

Figure 22 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 5 utilisations, cas illustratif)	97
Figure 23 Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 20 utilisations, cas illustratif)	97
Figure 24 Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur de changement climatique selon la masse d'emballage primaire – graphe "range"	101
Figure 25 Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur de changement climatique selon la masse d'emballage primaire – graphe "range delta"	101
Figure 26 Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à d'épuisement des ressources fossiles selon la masse d'emballage primaire – graphe "range"	102
Figure 27 Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à d'épuisement des ressources fossiles selon la masse d'emballage primaire – graphe "range delta"	102
Figure 28 Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range"	103
Figure 29 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range delta"	103
Figure 30 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la consommation électrique lors du lavage – graphe "range delta"	104
Figure 31 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la consommation électrique lors du lavage – graphe "range delta"	104
Figure 32 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la consommation électrique lors du lavage, et selon la masse d'emballage de regroupement – graphe "range delta"	105
Figure 33 : Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur de changement climatique selon la consommation de diesel liée à l'option réemployable	106
Figure 34 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option à usage unique, cas illustratif)	110
Figure 35 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 5 utilisations, cas illustratif)	110
Figure 36 Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 20 utilisations, cas illustratif)	110
Figure 37 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUCHR) et réemployable (BVR2CHR) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range"	113
Figure 38 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUCHR) et réemployable (BVR2CHR) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range delta"	114
Figure 39 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUCHR) et réemployable (BVR2CHR) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range"	114
Figure 40 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUCHR) et réemployable (BVR2CHR) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range delta" ...	115
Figure 41 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUCHR) et réemployable (BVR2CHR) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la consommation d'électricité durant le lavage – graphe "range delta"	115
Figure 42 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVR2P) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la consommation électrique lors du lavage, et selon la masse d'emballage de regroupement – graphe "range delta"	116
Figure 43 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUCHR) et réemployable (BVR2CHR) à l'indicateur de changement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range"	117
Figure 44 : Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVUCHR) et réemployable (BVR2CHR) à l'indicateur de changement climatique selon la consommation de diesel liée à l'option réemployable	118
Figure 45 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option à usage unique, cas illustratif)	122
Figure 46 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 5 utilisations, cas illustratif)	122
Figure 47 Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 20 utilisations, cas illustratif)	122
Figure 48 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPm) à l'indicateur de réchauffement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range"	125
Figure 49 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPm) à l'indicateur de réchauffement climatique selon le nombre d'utilisations de l'option réemployable – graphe "range delta"	125
Figure 50 : Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range"	126
Figure 51: Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range delta"	126

Figure 52 Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la consommation d'électricité lors du lavage – graphe "range delta"	127
Figure 53 Comparaison des contributions des options à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRP) à l'indicateur d'épuisement des ressources en eau selon la consommation d'électricité lors du lavage et la masse de l'emballage primaire – graphe "range delta"	127
Figure 54 Comparaison des contributions de l'option à usage unique (BVUP) et réemployable (BVRPm) à l'indicateur de changement climatique selon la consommation de diesel liée aux transports aller et retour – graphe "range"	128
Figure 55 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option à usage unique, cas illustratif).....	132
Figure 56 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 5 utilisations, cas illustratif).....	132
Figure 57 Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 20 utilisations, cas illustratif).....	132
Figure 58 : Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range"	136
Figure 59 : Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur d'épuisement des ressources minérales et métalliques selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range delta"	136
Figure 60 Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range".....	137
Figure 61 Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la masse de l'emballage primaire – graphe "range delta"	137
Figure 62 : Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur d'épuisement de ressources en eau selon la consommation d'électricité liée au lavage industriel – graphe "range".....	138
Figure 63 Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur d'épuisement de ressources en eau selon la consommation d'électricité liée au lavage industriel – graphe "range delta"	138
Figure 64 : Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon la distance séparant le site de remplissage et le centre de distribution – graphe "range"	139
Figure 65 : Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon la distance séparant le site de remplissage et le centre de distribution – graphe "range delta"	139
Figure 66 Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la distance séparant le site de remplissage et le centre de distribution – graphe "range".....	140
Figure 67 Comparaison des contributions des options à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur d'eutrophisation d'eaux douces selon la distance séparant site de remplissage et centre de distribution – graphe "range delta"	140
Figure 68 Comparaison des contributions de l'option à usage unique (PVUP) et réemployable (PVRPa) à l'indicateur de changement climatique selon la consommation de diesel liée aux transports aller et retour – graphe "range"	141
Figure 69 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option à usage unique, cas illustratif).....	144
Figure 70 : Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 5 utilisations, cas illustratif).....	144
Figure 71 Contributions des étapes de cycles de vie aux catégories d'impact principales (option réemployable - 20 utilisations, cas illustratif).....	144
Figure 72 : Sensibilité des résultats pour l'option réemployable du scénario 1 (cas illustratif à 5 utilisations) à une variation de la proportion de camions EURO V – Changement climatique.....	147
Figure 73 Sensibilité des résultats pour l'option réemployable du scénario 1 (cas illustratif à 5 utilisations) à une variation de la proportion de camions EURO V – Emission de particules	147
Figure 74 : Sensibilité des résultats pour l'option à usage unique du scénario 1 à une variation du facteur de substitution pour les matériaux d'emballages primaire et de regroupement – Changement climatique	148
Figure 75 : Sensibilité des résultats pour l'option à usage unique du scénario 1 à une variation du facteur de substitution pour les matériaux d'emballages primaire et de regroupement – Eutrophisation d'eaux douces	149
Figure 76 : Sensibilité des résultats pour l'option à usage unique du scénario 1 à une variation du facteur A pour les matériaux d'emballages primaire et de regroupement – Changement climatique.....	150
Figure 77 : Sensibilité des résultats pour l'option à usage unique du scénario 1 à une variation du facteur A pour les matériaux d'emballages primaire et de regroupement – Epuisement des ressources en eau	150
Figure 78 Sensibilité des résultats pour l'option réemployable (cas illustratif à 5 utilisations) du scénario 1 à une variation du taux de trajet à vide pour les transports de distribution du produit emballé – Changement climatique	151
Figure 79 : Sensibilité des résultats pour l'option réemployable (cas illustratif à 5 utilisations) du scénario 1 à une variation du taux de transport urbain pour les étapes de distribution et de retour – Changement climatique.....	152
Figure 80 : Sensibilité des résultats pour l'option réemployable (cas illustratif à 5 utilisations) du scénario 1 à une variation du taux de transport urbain pour les étapes de distribution et de retour – Emission de particules.....	152

Figure 81 : Sensibilité des résultats pour l'option réemployable (cas illustratif à 20 utilisations) du scénario 1 au chauffage de l'eau via gaz naturel – Changement climatique	154
Figure 82 : Sensibilité des résultats pour l'option réemployable (cas illustratif à 20 utilisations) du scénario 1 au chauffage de l'eau via gaz naturel – Eutrophisation d'eaux douces	155
Figure 83 : Sensibilité des résultats pour l'option réemployable (cas illustratif à 20 utilisations) du scénario 1 au chauffage de l'eau via gaz naturel – Epuisement des ressources en eau	155
Figure 84 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)	193
Figure 85 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles).....	194
Figure 86 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)	195
Figure 87 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles).....	196
Figure 88 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)	198
Figure 89 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles).....	199
Figure 90 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)	200
Figure 91 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles).....	201
Figure 92 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)	203
Figure 93 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles).....	204
Figure 94 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)	205
Figure 95 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles).....	206
Figure 96 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)	208
Figure 97 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles).....	209
Figure 98 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)	210
Figure 99 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles).....	211
Figure 100: Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)	213
Figure 101 : Option réemployable, cas illustratifs (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f = Eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles).....	214
Figure 102: Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : CC = Changement climatique ; PM = Emission de particules ; POF = Formation d'ozone photochimique ; AC = Acidification)	215
Figure 103 : Option à usage unique, cas illustratif (Catégories d'impact : WU = Epuisement de la ressource en eau ; Eu_f = eutrophisation d'eaux douces ; Res_f = Epuisement des ressources fossiles)	216
Figure 104 : Schéma logistique de consigne de bouteilles en verre distribuées en bacs consignés aux particuliers	221
Figure 105 : Schéma logistique de consigne de bouteilles en verre distribuées en bacs consignés aux CHR ...	221
Figure 106 : Schéma logistique de consigne de bouteilles en verre distribuées aux particuliers sans emballage de regroupement réemployable.....	222
Figure 107 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environnement, sur lesquelles a été basé l'établissement des gammes de valeurs et valeurs de cas illustratifs utilisées dans la modélisation des emballages - Scénarios 1, 2, 3, et 4 (1/3).....	223
Figure 108 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environnement, sur lesquelles a été basé l'établissement des gammes de valeurs et valeurs de cas illustratifs utilisées dans la modélisation des emballages - Scénarios 1, 2, 3, et 4 (2/3).....	224
Figure 109 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environnement, sur lesquelles a été basé l'établissement des gammes de valeurs et valeurs de cas illustratifs utilisées dans la modélisation des emballages - Scénarios 1, 2, 3, et 4 (3/3).....	225
Figure 110 : Données brutes issues de la littérature ou de pesées/mesures réalisées par RDC Environnement, sur lesquelles a été basé l'établissement des gammes de valeurs et valeurs de cas illustratifs utilisées dans la modélisation des emballages de regroupement en PEhd - Scénarios 2 et 3 (3/3)	226
Figure 111 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation – Scénarios 1, 2, 3 et 4	226
Figure 112 : Données brutes issues de pesées/mesures réalisées par RDC Environnement, sur lesquelles a été basé l'établissement des gammes de valeurs et valeurs de cas illustratifs utilisées dans la modélisation des emballages - Scénario 5.....	227
Figure 113 : Bilan des données brutes collectées et des valeurs retenues pour la modélisation – Scénario 5... ..	227

Figure 114 : Bornes minimales et maximales des valeurs de masse (kg/L) de bouteilles (scénarios 1 à 4) selon les typologies de produits étudiées.....	228
Figure 115: Bornes minimales et maximales des valeurs de masse (kg/L) de pots et bocaux (scénario 5) selon les typologies de produits étudiées	228
Figure 116 : Récapitulatif des préconisations majeures du Cadre de Référence ADEME et de la conformité de l'étude à leur égard (1/4).....	229
Figure 117 : Récapitulatif des préconisations majeures du Cadre de Référence ADEME et de la conformité de l'étude à leur égard (2/4).....	230
Figure 118 : Récapitulatif des préconisations majeures du Cadre de Référence ADEME et de la conformité de l'étude à leur égard (3/4).....	231
Figure 119 : Récapitulatif des préconisations majeures du Cadre de Référence ADEME et de la conformité de l'étude à leur égard (4/4).....	232
Figure 120 - Principaux jalons du processus de revue critique.....	235
Figure 121 - Tableau des commentaires de revue critique, niveaux d'importance "++++" et "+++ "	253
Figure 122 - Tableau des commentaires de revue critique, niveau d'importance "++"	267

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
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)
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
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
Mol N eq	Equivalents en moles d'azote
N2O	Protoxyde d'azote
NA	Non-applicable
NH3	Ammoniac
NOx	Oxydes d'azote
Ox	Facteur d'oxydation 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 (Volet B)
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
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

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

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.

DISPOSITIFS DE CONSIGNE POUR LE REEMPLOI D'EMBALLAGES EN VERRE

Evaluation environnementale VOLET A

Le volet A de cette étude dresse le bilan environnemental de cinq options d'emballages en verre réemployables et consignés pour réemploi, en comparaison à leur alternative en verre à usage unique, en prenant en compte toutes les étapes de leurs cycles de vie et différents facteurs d'impacts environnementaux. L'étude se situe en France et à horizon 2025. Les scénarios sont génériques et peuvent représenter de multiples produits comme différentes réalités logistiques, afin de permettre aux professionnels de se positionner par rapport à leur propre situation.

L'étude a permis d'identifier d'une part les principaux facteurs contributeurs des impacts des options d'emballages, et d'autre part d'identifier des points de bascule afin de dresser une cartographie des cas de figure pour lesquels une option réemployable est plus avantageuse que son homologue à usage unique (et vice versa).

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".

Essentiel à retenir

*Pour la majorité des catégories d'impact étudiés, dont le changement climatique, l'emballage en verre réemployable présente un avantage par rapport au verre à usage unique **dès deux à quatre utilisations** selon les scénarios.*

