



OCT.
2018

ANALYSE DU CYCLE DE VIE DE DISPOSITIFS DE RÉEMPLOI OU RÉUTILISATION (B to C) D'EMBALLAGES MÉNAGERS EN VERRE

RAPPORT

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

REMERCIEMENTS

Remerciements aux membres du suivi technique de l'étude :

Agnès JALIER DURAND, (ADEME)
Sylvain PASQUIER, (ADEME)
Pierre GALIO (ADEME)
Philippe KUCH, (Deloitte Développement Durable)
Augustin CHANOINE, (Deloitte Développement Durable)
Clara Tromson, (Deloitte Développement Durable)
Véronique Monier (Deloitte Développement Durable)
Carole MILLER, (Inddigo)

Nous tenons à remercier également les membres du panel de la revue critique de cette évaluation environnementale :

Sébastien Humbert (Quantis),
Edith Martin (Quantis),
Hélène Cruyppenninck (Experte indépendante),
Xavier Capilla (Institut du Verre),
David Fayolle (AJBD),
ainsi que les membres du Comité de l'étude « Analyse de 10 dispositifs de réemploi-réutilisation d'emballages ménagers en verre » :
Laure BOMY, (FNB),
Anne-Sophie COLIN, (CITEO),
Bruno SIRI, (CNE),
Laura CHATEL, (ZWF),
Agnès BANASZUK, (FNE),
Jacques BORDAT, (Fédération des chambres syndicales de l'industrie du verre),
Karine GISQUET, (Ministère de la Transition Ecologique et de la Solidarité),
Delphine DUBOIS, (Ministère de la Transition Ecologique et de la Solidarité).

CITATION DE CE RAPPORT

Deloitte Développement Durable. 2018. Analyse du cycle de vie de dispositifs de réemploi ou réutilisation (BtoC) d'emballages ménagers en verre. 291 pages

Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr/mediatheque



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

Ce document est diffusé par l'ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 16MAR000245

Numéro de contrat : 17MAR000020

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : Deloitte Développement Durable

Coordination technique — ADEME : JALIER AGNES, animatrice de réseau

Direction Economie Circulaire et Déchets/Service Consommation et Prévention



Sommaire

| | | |
|--------------|--|------------|
| I. | Aspects généraux | 14 |
| II. | Objectifs de l'étude | 16 |
| III. | Champ de l'étude | 18 |
| IV. | Inventaire du cycle de vie : aspects transversaux | 49 |
| V. | Evaluation environnementale du dispositif METEOR | 74 |
| VI. | Evaluation environnementale du dispositif Coat Albret | 107 |
| VII. | Evaluation environnementale du dispositif Tof&Co | 136 |
| VIII. | Evaluation environnementale du dispositif Jean Bouteille | 161 |
| IX. | Evaluation environnementale du dispositif J'aime Mes Bouteilles | 190 |
| X. | Evaluation environnementale du dispositif Bout' à Bout' | 217 |
| XI. | Evaluation environnementale du dispositif SIAVED | 244 |
| XII. | Conclusions et axes d'approfondissement | 266 |
| XIII. | Revue critique | 277 |
| XIV. | Références | 288 |
| XV. | Annexes | 290 |



Figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Systèmes étudiés avec et sans réutilisation hors dispositif vrac (Jean Bouteille) | 19 |
| Figure 2 : Systèmes étudiés avec et sans réutilisation pour le dispositif vrac (Jean Bouteille) | 19 |
| Figure 3 : Périmètre considéré pour l'analyse du dispositif SIAVED | 20 |
| Figure 4 : SIAVED - Frontières du systèmes de collecte pour recyclage/réutilisation et du système sans consigne et équivalence fonctionnelle | 35 |
| Figure 5 : Systèmes sans consigne - Présentation des différents procédés considérés et du découpage des systèmes en étapes du cycle de vie - Valable pour tous les systèmes sans consigne excepté SIAVED | 37 |
| Figure 6 : Systèmes avec consigne - Présentation des différents procédés considérés et du découpage des systèmes en étapes du cycle de vie. Dispositifs où le lavage se fait sur le site de conditionnement (METEOR, Coat Albret) | 37 |
| Figure 7 : Systèmes avec consigne - Présentation des différents procédés considérés et du découpage des systèmes en étapes du cycle de vie. Dispositifs où le lavage se fait en dehors du site de conditionnement (Tof&Co, J'aime Mes Bouteilles et Bout' à Bout') | 38 |
| Figure 8 : Système avec consigne - Présentation des différents procédés considérés et du découpage des systèmes en étapes du cycle de vie. Dispositif Jean Bouteille, incluant la fabrication de l'emballage amont et le transport de la denrée conditionnée au magasin pour le système vrac..... | 39 |
| Figure 9 : Présentation des différents procédés considérés et du découpage en étapes du cycle de vie du système sans consigne du SIAVED | 40 |
| Figure 10 : Présentation des différents procédés considérés et du découpage en étapes du cycle de vie du système avec consigne du SIAVED | 40 |
| Figure 11 : Illustration d'un écart d'impact jugé significatif entre 2 systèmes..... | 70 |
| Figure 12 : Niveaux de contribution des procédés utilisés pour l'évaluation de la qualité des données | 71 |
| Figure 13 : Niveaux de précision retenus pour les données brutes..... | 72 |
| Figure 14 : Niveaux de représentativité temporelle retenus pour les données brutes | 72 |
| Figure 15 : Niveaux de représentativité géographique retenus pour les données brutes | 72 |
| Figure 16 : Niveaux de représentativité technologique retenus pour les données brutes..... | 73 |
| Figure 17 : Niveaux de complétude retenus pour les données brutes | 73 |
| Figure 18 : Définition des niveaux de représentativité pour les données d'inventaire | 73 |
| Figure 19 : Répartition des impacts sur les étapes du cycle de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif METEOR | 76 |
| Figure 20 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l'emballage ménager et de sa fin de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif METEOR | 78 |
| Figure 21 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de conditionnement et de l'étape de traitement en fin de vie (emballages secondaires et tertiaires) pour le système sans consigne (SC) – dispositif METEOR | 80 |
| Figure 22 : Répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif METEOR | 83 |
| Figure 23 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l'emballage ménager et de la fin de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif METEOR..... | 85 |
| Figure 24 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de lavage de l'emballage ménager pour le système avec consigne (AC) – dispositif METEOR | 86 |



| | |
|--|-----|
| Figure 25 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – Tenant compte de l’incertitude sur les résultats, tous les écarts sont jugés significatifs, excepté sur un indicateur (déplétion des ressources en eau) – dispositif METEOR | 89 |
| Figure 26 : Comparaison des impacts sur les principales étapes du cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles | 90 |
| Figure 27 : Analyse de sensibilité sur le nombre d’utilisations des bouteilles – Comparaison des impacts sur le cycle de vie du scénario 1 pour une unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles..... | 100 |
| Figure 28 : Analyse de sensibilité sur l’utilisation de l’ICV de la FEVE - Comparaison des impacts sur le cycle de vie des différents scénarios – dispositif METEOR | 104 |
| Figure 29 : Répartition des impacts sur les étapes du cycle de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Coat Albret – 3,98 cycles | 108 |
| Figure 30 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l’emballage ménager et de sa fin de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Coat Albret – 3,98 cycles..... | 111 |
| Figure 31 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de l’étape de collecte des déchets pour le système sans consigne (SC) – dispositif Coat Albret – 3,98 cycles..... | 113 |
| Figure 32 : Répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Coat Albret | 116 |
| Figure 33 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l’emballage ménager et de la fin de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Coat Albret..... | 118 |
| Figure 34 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de lavage de l’emballage ménager pour le système avec consigne (AC) – dispositif Coat Albret..... | 119 |
| Figure 35 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – Tenant compte de l’incertitude sur les résultats, les écarts sur 5 indicateurs sur 8 sont jugés significatifs – dispositif Coat Albret | 122 |
| Figure 36 : Comparaison des impacts sur les principales étapes du cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret - 3,98 cycles | 123 |
| Figure 37 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie du scénario 1 pour une unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret - 3,98 cycles..... | 131 |
| Figure 38 : Répartition des impacts sur les étapes du cycle de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Tof&Co | 138 |
| Figure 39 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l’emballage ménager et de sa fin de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Tof&Co..... | 140 |
| Figure 40 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de conditionnement et de et de traitement en fin de vie (emballages secondaires) pour le système sans consigne (SC) – dispositif Tof&Co | 142 |
| Figure 41 : Répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Tof&Co | 145 |
| Figure 42 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l’emballage ménager et de la fin de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Tof&Co | 147 |
| Figure 43 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de lavage de l’emballage ménager pour le système avec consigne (AC) – dispositif Tof&Co..... | 149 |
| Figure 44 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – Tenant compte de l’incertitude sur les résultats, tous les écarts sont jugés significatifs, excepté pour un indicateur (déplétion des ressources en eau) – dispositif Tof&Co | 152 |
| Figure 45 : Comparaison des impacts sur les principales étapes du cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – dispositif Tof&Co - 6,11 cycles..... | 153 |
| Figure 46 : Répartition des impacts sur les étapes du cycle de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Jean Bouteille..... | 162 |



| | |
|--|-----|
| Figure 47 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l’emballage ménager et de sa fin de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Jean Bouteille | 164 |
| Figure 48 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de l’étape de collecte des déchets pour le système sans consigne (SC) – dispositif Jean Bouteille | 166 |
| Figure 49 : Répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Jean Bouteille..... | 171 |
| Figure 50 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l’emballage ménager et de la fin de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Jean Bouteille..... | 173 |
| Figure 51 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de lavage de l’emballage ménager pour le système avec consigne (AC) – dispositif Jean Bouteille | 174 |
| Figure 52 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – Tenant compte de l’incertitude sur les résultats, les écarts de 4 indicateur sur 8 sont jugés significatifs – dispositif Jean Bouteille | 178 |
| Figure 53 : Comparaison des impacts sur les principales étapes du cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille - 1,93 cycles..... | 178 |
| Figure 54 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie du scénario 1 pour une unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille..... | 188 |
| Figure 55 : Répartition des impacts sur les étapes du cycle de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif J’aime Mes Bouteilles | 191 |
| Figure 56 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l’emballage ménager et de sa fin de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif J’aime Mes Bouteilles | 193 |
| Figure 57 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de collecte des déchets pour le système sans consigne (SC) – dispositif J’aime Mes Bouteilles | 195 |
| Figure 58 : Répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif J’aime Mes Bouteilles | 198 |
| Figure 59 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l’emballage ménager et de la fin de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif J’aime Mes Bouteilles..... | 200 |
| Figure 60 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de l’étape de conditionnement et de traitement en fin de vie (emballages secondaires et tertiaires) pour le système avec consigne (AC) – dispositif J’aime Mes Bouteilles..... | 202 |
| Figure 61 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – Tous les écarts sont jugés non significatifs – dispositif J’aime Mes Bouteilles | 205 |
| Figure 62 : Comparaison des impacts sur les principales étapes du cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – dispositif J’aime Mes Bouteilles - 1,14 cycles | 206 |
| Figure 63 : Répartition des impacts sur les étapes du cycle de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Bout’ à Bout’ | 218 |
| Figure 64 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l’emballage ménager et de sa fin de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Bout’ à Bout’..... | 220 |
| Figure 65 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de collecte des déchets pour le système sans consigne (SC) – dispositif Bout’ à Bout’..... | 222 |
| Figure 66 : Répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Bout’ à Bout’ | 225 |
| Figure 67 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l’emballage ménager et de la fin de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Bout’ à Bout’ | 227 |
| Figure 68 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de lavage de l’emballage ménager pour le système avec consigne (AC) – dispositif Bout’ à Bout’..... | 228 |
| Figure 69 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – Tenant compte de l’incertitude sur les résultats, les écarts sur 5 indicateurs sur 8 sont jugés significatifs – dispositif Bout’ à Bout’ | 232 |



| | |
|---|-----|
| Figure 70 : Comparaison des impacts sur les principales étapes du cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – dispositif Bout’ à Bout’ - 4,75 cycles | 233 |
| Figure 71 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie du scénario 1 pour une unité fonctionnelle – dispositif Bout’ à Bout’ - 4,75 cycles | 242 |
| Figure 72: Périmètre du système SIAVED, avec un focus sur la fin de vie de l'emballage ménager, dépendant du comportement du consommateur. | 244 |
| Figure 73 : Pourcentage des différents devenirs en fin de vie de l'emballage ménager, en fonction du scénario étudié..... | 245 |
| Figure 74 : Répartition des impacts sur les étapes du cycle de vie pour le système sans consigne (SC) – Dispositif SIAVED | 247 |
| Figure 75 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fin de vie pour le système sans consigne (SC) – Dispositif SIAVED | 248 |
| Figure 76 : Répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie pour le système de collecte avec recyclage/réutilisation – Dispositif SIAVED | 251 |
| Figure 77 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fin de vie pour le système de collecte pour recyclage/réutilisation – Dispositif SIAVED | 253 |
| Figure 78 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes sans consigne et de collecte pour recyclage/réutilisation pour une unité fonctionnelle. Scénario captage tout type de bouteilles, favorable pour le système AC avec 100 % des bouteilles en verre collectées – Tenant compte de l’incertitude sur les résultats, tous les écarts sont jugés significatifs pour 4 indicateurs sur 8 – Dispositif SIAVED | 255 |
| Figure 79 : Comparaison des impacts sur les principales étapes du cycle de vie du système de collecte pour recyclage/réutilisation et du système sans consigne pour une unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED | 256 |
| Figure 80 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes captage tout type de bouteilles, sans consigne et captage recyclage pour une unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED..... | 258 |



Tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1: Principales caractéristiques des dispositifs | 23 |
| Tableau 2 : Fonction des systèmes par porteur de projet | 27 |
| Tableau 3 : Flux de référence pour les deux systèmes de METEOR | 29 |
| Tableau 4 : Flux de référence pour les deux systèmes de Coat Albret | 30 |
| Tableau 5 : Flux de référence pour les deux systèmes de Tof&Co | 31 |
| Tableau 6 : Flux de référence pour les deux systèmes de Jean Bouteille | 32 |
| Tableau 7 : Flux de référence pour les deux systèmes de J'aime Mes Bouteilles | 33 |
| Tableau 8 : Flux de référence pour les deux systèmes de Bout' à Bout' | 34 |
| Tableau 9 : Niveau de recommandation de l'ILCD | 46 |
| Tableau 10 : Catégories d'impact et méthodes de caractérisation considérées | 46 |
| Tableau 11 : Données-clés issues du guide méthodologique, relatives aux camions de transport routier [MEDDE18] | 50 |
| Tableau 12 : Répartition du parc roulant français en 2015..... | 51 |
| Tableau 13 : Adaptation des quantités de matières premières du module ecoinvent de production du verre à 0 % de calcin pour le verre vert..... | 53 |
| Tableau 14 : Adaptation des quantités de matières premières du module ecoinvent de production du verre à 0 % de calcin pour le verre brun | 53 |
| Tableau 15 : Présentation des données pour le verre à 0 % et 60 % de calcin | 54 |
| Tableau 16 : Adaptation des données pour la production du verre vierge vert..... | 54 |
| Tableau 17 - Adaptation des données pour la production du verre vierge brun..... | 55 |
| Tableau 18 : Adaptation des quantités de matières premières du module ecoinvent de production du verre vert à 100 % de calcin pour le verre vert | 56 |
| Tableau 19 : Adaptation des quantités de matières premières du module ecoinvent de production du verre brun à 100 % de calcin pour le verre brun | 56 |
| Tableau 20 : Adaptation des données pour la production du verre à 100 % de calcin de verre vert | 57 |
| Tableau 21 : Adaptation des données pour la production du verre à 100 % de calcin pour le verre brun | 57 |
| Tableau 22 : Type d'ICV utilisés pour la production de matériau de l'emballage ménager pour les deux systèmes | 58 |
| Tableau 23 : Données et ICV utilisés pour la production d'un kilogramme de bouchon en liège. Les données d'activité sont basées sur les données de [COMPCORK07]..... | 59 |
| Tableau 24 : Type d'ICV utilisés pour la production des emballages secondaires et tertiaires | 59 |
| Tableau 25 : Données sur les distances de collecte des emballages ménagers pour les deux systèmes | 60 |
| Tableau 26 : Données sur le chargement des camions lors du transport de l'emballage ménager entre le centre de transfert/tri et le recycleur pour les deux systèmes..... | 61 |
| Tableau 27 : Données sur les distances de collecte des emballages secondaires et tertiaires pour les deux systèmes | 62 |
| Tableau 28 : Données sur le chargement des camions lors du transport des emballages secondaires et tertiaires entre le centre de tri et le recycleur pour les deux systèmes..... | 62 |
| Tableau 29 : Description des modules et paramètres utilisés pour l'application de la formule en boucle ouverte 0:100 pour le verre, l'acier et l'aluminium | 63 |
| Tableau 30: Taux de fin de vie des ordures ménagères..... | 64 |



| | |
|---|-----|
| Tableau 31 : Taux de traitement en fin de vie des matériaux des emballages secondaires et tertiaires pour les deux systèmes..... | 65 |
| Tableau 32 : Type d'ICV utilisés pour le traitement en fin de vie des emballages secondaires et tertiaires pour les deux systèmes..... | 65 |
| Tableau 33 : Description des modules et paramètres utilisés pour l'application de la formule en boucle ouverte 0:100 pour le carton | 65 |
| Tableau 34 : Type d'ICV utilisés pour la consommation d'énergie et de papier de la machine de déconsignation | 66 |
| Tableau 35 : Type d'ICV utilisés pour la consommation d'énergie et d'eau de la laveuse | 66 |
| Tableau 36 : Type d'ICV utilisés pour le traitement en fin de vie des emballages primaires, secondaires et tertiaires pour les deux systèmes..... | 67 |
| Tableau 37 : Récapitulatif des caractéristiques techniques des différents dispositifs..... | 67 |
| Tableau 38 : Incertitudes associées à chaque résultat d'impact par système | 69 |
| Tableau 39 : Correspondance entre l'intervalle de confiance à 95 % d'une loi log-normale avec l'intervalle de confiance à 75 % | 70 |
| Tableau 50 : Résultats et contribution des étapes du cycle de vie du système sans consigne – Résultats pour une unité fonctionnelle – dispositif METEOR..... | 75 |
| Tableau 51 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR | 77 |
| Tableau 52 : Résultats et contribution de l'étape de conditionnement et de l'étape de traitement en fin de vie (emballages secondaires et tertiaires) du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR | 79 |
| Tableau 53 : Analyse des flux contributeurs du système sans consigne par catégorie d'impact – dispositif METEOR..... | 80 |
| Tableau 54 : Résultats et contribution relative des principales étapes du cycle de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles | 81 |
| Tableau 55 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles | 84 |
| Tableau 56 : Résultats et contribution de l'étape de lavage du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles | 85 |
| Tableau 57 : Analyse de la contribution des flux du système avec consigne par catégorie d'impact – dispositif METEOR..... | 87 |
| Tableau 58 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR | 88 |
| Tableau 59 : Acronymes utilisés pour la qualité des données | 91 |
| Tableau 60 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations des bouteilles – Principaux paramètres – dispositif METEOR | 98 |
| Tableau 61 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations des bouteilles – Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque scénario - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles | 99 |
| Tableau 62 : Analyse de sensibilité sur l'utilisation de l'inventaire de cycle de vie de la FEVE - Résultats d'impact du cycle de vie du système sans consigne - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles | 101 |
| Tableau 63 : Analyse de sensibilité sur l'utilisation de l'ICV de la FEVE - Résultats d'impact du cycle de vie du système avec consigne - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles..... | 102 |
| Tableau 64 : Analyse de sensibilité sur l'utilisation de l'ICV de la FEVE - Résultats d'impact du cycle de vie du système avec et sans consigne - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles . | 103 |
| Tableau 74 : Résultats et contribution des étapes du cycle de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret | 107 |



| | |
|---|-----|
| Tableau 75 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret | 109 |
| Tableau 76 : Résultats et contribution de l'étape de collecte des déchets– Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret..... | 112 |
| Tableau 77 : Analyse des flux contributeurs du système sans consigne par catégorie d'impact – dispositif Coat Albret | 114 |
| Tableau 78 : Résultats et contribution relative des principales étapes du cycle de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret - 3,98 cycles | 115 |
| Tableau 79 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret - 3,98 cycles | 117 |
| Tableau 80 : Résultats et contribution de l'étape de lavage du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret - 3,98 cycles..... | 118 |
| Tableau 81 : Analyse de la contribution des flux du système avec consigne par catégorie d'impact – dispositif Coat Albret..... | 120 |
| Tableau 82 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret | 121 |
| Tableau 83 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque scénario - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret - 3,98 cycles | 130 |
| Tableau 84 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations de la bouteille et la distance conditionnement-magasin : indice du nombre d'indicateurs en faveur ou défaveur du système avec consigne – dispositif Coat Albret | 133 |
| Tableau 85 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations de la bouteille et la distance conditionnement-magasin : positionnement du système avec consigne sur le potentiel de changement climatique selon le nombre d'utilisations de la bouteille et la distance conditionnement-magasin –Dispositif Coat Albret | 134 |
| Tableau 97 : Résultats et contribution des étapes du cycle de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Tof&Co | 137 |
| Tableau 98 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Tof&Co..... | 139 |
| Tableau 99 : Résultats et contribution de l'étape de de conditionnement et du traitement en fin de vie (emballages secondaires) du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Tof&Co | 141 |
| Tableau 100 : Analyse des flux contributeurs du système sans consigne par catégorie d'impact – dispositif Tof&Co | 142 |
| Tableau 101 : Résultats et contribution relative des principales étapes du cycle de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Tof&Co - 6,11 cycles..... | 144 |
| Tableau 102 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Tof&Co - 6,11 cycles | 146 |
| Tableau 103 : Résultats et contribution de l'étape de lavage du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Tof&Co - 6,11 cycles..... | 147 |
| Tableau 104 : Analyse de la contribution des flux du système avec consigne par catégorie d'impact – dispositif Tof&Co | 149 |
| Tableau 105 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle | 151 |
| Tableau 118 : Résultats et contribution des étapes du cycle de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille | 161 |
| Tableau 119 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille..... | 163 |
| Tableau 120 : Résultats et contribution de l'étape de collecte des déchets– Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille..... | 165 |



| | |
|---|-----|
| Tableau 121 : Analyse des flux contributeurs du système sans consigne par catégorie d'impact – dispositif Jean Bouteille – 1,93 cycles..... | 167 |
| Tableau 122 : Résultats et contribution relative des principales étapes du cycle de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 UF – 1,93 cycles | 169 |
| Tableau 123 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille - 1,93 cycles . | 172 |
| Tableau 124 : Résultats et contribution de l'étape de lavage du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille - 1,93 cycles | 173 |
| Tableau 125 : Analyse de la contribution des flux du système avec consigne par catégorie d'impact – dispositif Jean Bouteille | 175 |
| Tableau 126 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille..... | 176 |
| Tableau 127 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque scénario - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille..... | 187 |
| Tableau 137 : Résultats et contribution des étapes du cycle de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif J'aime Mes Bouteilles | 190 |
| Tableau 138 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif J'aime Mes Bouteilles..... | 192 |
| Tableau 139 : Résultats et contribution de l'étape de collecte des déchets du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle..... | 194 |
| Tableau 140 : Analyse des flux contributeurs du système sans consigne par catégorie d'impact – dispositif J'aime Mes Bouteilles..... | 196 |
| Tableau 141 : Résultats et contribution relative des principales étapes du cycle de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif J'aime Mes Bouteilles - 1,14 cycles | 197 |
| Tableau 142 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif J'aime Mes Bouteilles - 1,14 cycles | 199 |
| Tableau 143 : Résultats et contribution de l'étape de conditionnement et de traitement en fin de vie (emballages secondaires et tertiaires)- Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif J'aime Mes Bouteilles - 1,14 cycles | 201 |
| Tableau 144 : Analyse de la contribution des flux du système avec consigne par catégorie d'impact – dispositif J'aime Mes Bouteilles..... | 202 |
| Tableau 145 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif J'aime Mes Bouteilles..... | 204 |
| Tableau 146 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations de la bouteille et les distances lavage-conditionnement et lavage-magasin : indice du nombre d'indicateurs en faveur ou défaveur du système avec consigne – dispositif J'aime Mes Bouteilles | 214 |
| Tableau 147 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations de la bouteille et les distances lavage-conditionnement et lavage-magasin : positionnement du système avec consigne sur le potentiel de changement climatique selon le nombre d'utilisations de la bouteille et la distance conditionnement-magasin –Dispositif J'aime Mes Bouteilles | 215 |
| Tableau 160 : Résultats et contribution des étapes du cycle de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout' à Bout'..... | 217 |
| Tableau 161 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout' à Bout' | 219 |
| Tableau 162 : Résultats et contribution de l'étape de collecte des déchets du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout' à Bout' | 221 |
| Tableau 163 : Analyse des flux contributeurs du système sans consigne par catégorie d'impact – dispositif Bout' à Bout' | 223 |



| | |
|--|-----|
| Tableau 164 : Résultats et contribution relative des principales étapes du cycle de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout’ à Bout’ - 4,75 cycles..... | 224 |
| Tableau 165 : Résultats et contribution de l’étape de fabrication de l’emballage ménager et sur la fin de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout’ à Bout’ - 4,75 cycles .. | 226 |
| Tableau 166 : Résultats et contribution de l’étape de lavage du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout’ à Bout’ - 4,75 cycles..... | 227 |
| Tableau 167 : Analyse de la contribution des flux du système avec consigne par catégorie d’impact – dispositif Bout’ à Bout’ | 229 |
| Tableau 168 : Résultats d’impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout’ à Bout’ | 231 |
| Tableau 169 : Résultats d’impact du cycle de vie pour chaque scénario - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout’ à Bout’ - 4,75 cycles | 240 |
| Tableau 177 : Résultats d’impacts et contribution des étapes du cycle de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED | 246 |
| Tableau 178 : Résultats et contribution de l’étape de fin de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED | 247 |
| Tableau 179 : Analyse des flux contributeurs aux impacts potentiels du système sans consigne – Dispositif SIAVED..... | 249 |
| Tableau 180 : Résultats et contribution relative des principales étapes du cycle de vie du système de collecte avec recyclage/réutilisation – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED | 250 |
| Tableau 181 : Résultats et contribution de l’étape de traitement en fin de vie du système de collecte avec recyclage/réutilisation – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED | 252 |
| Tableau 182 : Résultats d’impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED | 254 |
| Tableau 183 : Résultats d’impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED | 257 |
| Tableau 184 : Positionnement des systèmes avec consigne par rapport aux systèmes sans consigne équivalents sur l’ensemble des indicateurs et dispositifs étudiés (excepté SIAVED) – « + » : système AC plus performant que le système SC ; « = » : systèmes AC et SC de performance équivalente (i.e. non significativement différente) | 269 |
| Tableau 185 : Ecart constatés des systèmes avec consigne par rapport aux systèmes sans consigne équivalents sur l’ensemble des indicateurs et dispositifs étudiés (excepté SIAVED) – Lorsque le système avec consigne a un impact potentiel plus faible que le système sans consigne, l’écart relatif ($\text{impact_AC}/\text{impact_SC}-1$) est indiqué – Les cellules grisées correspondent à un impact potentiel équivalent entre le système avec consigne et le système sans consigne – le code couleur fait ressortir les gains les plus importants en vert et les gains les plus faibles en orange..... | 270 |



I. Aspects généraux

1. Object du rapport, terminologie employée et structure du rapport

1.1. Objet du rapport

Ce rapport constitue le rapport de l'étude d'« Analyse du cycle de vie de systèmes de collecte (B to C) des emballages ménagers pour réemploi ou réutilisation ».

1.2. Terminologie employée

Les systèmes de collecte des emballages ménagers pour réemploi ou réutilisation sont plus simplement appelés « dispositifs » dans le présent rapport.

Définitions du réemploi et de la réutilisation

Le **réemploi** désigne 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 L541-1-1 du Code de l'Environnement).

La **réutilisation** désigne toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau (Article L541-1-1 du Code de l'Environnement).

Dans la suite de ce rapport, nous emploierons indifféremment les expressions « collecte pour réemploi-réutilisation d'emballage », « consigne d'emballages pour réemploi-réutilisation » ou le terme « consigne » seul pour signifier tout système de collecte des emballages en vue d'un réemploi ou d'une réutilisation¹, dans lequel le consommateur perçoit lorsqu'il rapporte l'emballage :

- Une somme d'argent équivalente au montant supplémentaire qu'il a payé au moment de l'achat d'un liquide alimentaire contenu dans un emballage consigné. Il s'agit là d'un système de consignation au sens strict (Loi n° 89-421 du 23 juin 1989 relative à l'information et à la protection des consommateurs ainsi qu'à diverses pratiques commerciales - article 7) ;
- Une gratification en espèces, bons de réduction, bons d'achat, dons à des associations, etc., perçue lorsqu'il rapporte un emballage, mais qui n'est pas nécessairement équivalente à un montant supplémentaire payé au moment de l'achat d'un produit contenu dans un emballage consigné ;
- Aucune somme ou gratification en échange de l'emballage rapporté.

Dans ce rapport, le terme « déconsignation » désigne l'étape de déconsignation, c'est-à-dire la remise de la bouteille vide du consommateur au distributeur ou collecteur.

1.3. Structure du rapport

Cette étude a été réalisée pour le compte de l'ADEME par Deloitte. L'ACV a été réalisée de manière itérative :

- La 1^{ère} itération a permis de tester la méthodologie sur le premier dispositif METEOR et de comprendre les points sur lesquels focaliser la collecte des données pour les autres dispositifs, en gardant bien évidemment en tête que certains aspects peuvent être spécifiques à tel ou tel dispositif.

¹ il existe également la consigne pour recyclage, qui n'est pas couverte par cette étude. Le terme consigne désigne ici uniquement la consigne pour réemploi- réutilisation.



- La 2^{ème} itération a permis d'affiner l'évaluation sur METEOR.
- La 3^{ème} itération a permis de préciser l'évaluation de METEOR et de déployer la méthode sur les autres dispositifs.
- La 4^{ème} itération (présent rapport) a permis d'affiner l'évaluation et de prendre en compte les commentaires issus du processus de revue critique.

Plus précisément, ce rapport est structuré de la manière suivante :

- Des chapitres de présentation des aspects généraux de l'étude et communs à tous les dispositifs étudiés :
 - ✓ Les objectifs de l'étude ;
 - ✓ Le champ de l'étude, à savoir les systèmes considérés et la méthode d'évaluation utilisée ;
 - ✓ Les données, hypothèses, méthodes et procédures utilisées pour l'obtention de l'inventaire de cycle de vie transverse des systèmes considérés ;
- Des chapitres spécifiques à chaque dispositif :
 - ✓ Les données d'activité spécifiques ;
 - ✓ Les évaluations et interprétations de l'impact du cycle de vie ;
 - ✓ Les analyses de sensibilité éventuellement réalisées sur le dispositif considéré ;
 - ✓ La conclusion et les limites de l'analyse.
- La conclusion et les axes d'approfondissement de l'étude.

La structure de ce rapport suit les exigences de la norme ISO 14 044:2006 sur l'analyse de cycle de vie ainsi que les principales recommandations de l'ILCD handbook du Joint Research Centre de la Commission Européenne.

2. Date du rapport

Ce document a été livré à l'ADEME le 17 octobre 2018.

3. Déclaration de conformité avec les normes ISO 14 040 et 14 044 et positionnement par rapport à l'ILCD handbook

Cette étude a été réalisée conformément aux normes ISO régissant la réalisation d'ACV :

- NF EN ISO 14040 (Octobre 2006) : Management Environnemental – Analyse de Cycle de Vie – Principes et cadre,
- NF EN ISO 14044 (Octobre 2006) : Management Environnemental – Analyse de Cycle de Vie – Exigences et lignes directrices.

En complément de ces normes, le guide des bonnes pratiques pour l'application de ces normes ILCD handbook rédigé par le Joint Research Centre de la Commission Européenne a également été consulté.



II. Objectifs de l'étude

1. Contexte

La prévention des déchets a été introduite dans la loi française dès 1975. Elle a connu un élan important à partir de février 2004 avec le Plan national de prévention de la production de déchets, établi par le ministère chargé de l'environnement.

Un plan d'actions déchets 2009-2012 a eu pour but de mettre en œuvre les orientations de la directive cadre européenne Déchets (Directive 2008/98/EC) et les engagements du Grenelle de l'environnement, qui ont fixé un objectif de réduction de 7 % de la production d'ordures ménagères et assimilées par habitant entre 2008 et 2013.

Depuis, le programme national de prévention des déchets pour la période 2014-2020, prévu par la directive cadre sur les déchets de 2008, a été adopté. Il prévoit dans l'axe « Réemploi, réutilisation, réparation » une action visant à « développer, lorsqu'il est pertinent, le système de l'emballage consigné en vue d'un réemploi ». Dans ce cadre, un atelier national a été mis en place pour dresser un état des lieux des dispositifs de collecte des emballages en vue d'un réemploi. Ce groupe de travail est arrivé à la conclusion qu'il était nécessaire d'évaluer plus précisément ces dispositifs.

Enfin, la loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte a notamment pour objectif de « Donner la priorité à la prévention et à la réduction des déchets, en réduisant de 10 % les quantités de déchets ménagers et assimilés produits par habitant [...] en 2020 par rapport à 2010. Dans cette perspective, des expérimentations peuvent être lancées sur la base du volontariat afin de développer des dispositifs de consigne², en particulier pour réemploi, pour certains emballages et produits, afin de favoriser la conception écologique des produits manufacturés et d'optimiser le cycle de seconde vie des produits ».

Ainsi, le réemploi des emballages est indiqué comme une priorité à étudier et expérimenter, afin d'allonger leur durée de vie et de préserver des ressources naturelles nécessaires à la fabrication de nouveaux emballages.

Le système de consignation a existé en France jusque dans les années 90. Il existe toujours en France dans le secteur des Cafés Hôtels Restaurants (CHR) pour le verre. Le commerce et les modes de consommation ont évolué, entraînant l'augmentation des emballages à usage unique et la création d'une industrie de recyclage pour les emballages usagés. La collecte séparée mise en place en France permet de recycler plus de 68 %³ du gisement des emballages tous matériaux confondus et plus précisément en 2016, 86 % pour le verre et 56 % pour les bouteilles et flacons en plastique. Il reste cependant encore dans le gisement des déchets gérés par les collectivités, plus d'un million de tonnes de déchets d'emballages tous confondus non recyclés.

Dans ce contexte, l'ADEME a lancé un appel à candidatures pour sélectionner 10 dispositifs de collecte des emballages ménagers de boissons en vue de leur réemploi ou réutilisation. **L'objectif de cet appel à candidatures est d'évaluer les dispositifs retenus sur les aspects environnementaux, économiques et sociaux au travers d'un cadre commun de suivi et de reporting afin de :**

- **Tirer des enseignements sur la mise en œuvre d'un système de collecte des emballages ménagers de boissons en vue de leur réemploi ou réutilisation sur le circuit en « Business to Consumers (BtoC) » ;**

² La consigne consiste à faire payer au consommateur final une somme supplémentaire lors de l'achat d'un produit qui lui est reversée lorsque le consommateur rapporte l'emballage pour réutilisation sur son lieu de vente ou déduite de son prochain achat.

³ <http://www.ecoemballages.fr/actualite/en-2016-68-des-emballages-menagers-ont-ete-recycles-1-point-par-rapport-2015> (consulté le 20 mars 2018)



- **Identifier les freins et les leviers associés à la mise en œuvre d'un système de collecte des emballages ménagers de boissons en vue de leur réemploi ou réutilisation ;**
- **Identifier les critères et les conditions d'une mise en œuvre efficace en vue de leur développement.**

2. Applications envisagées

Le volet de l'étude détaillé dans ce rapport vise à évaluer la performance environnementale des dispositifs retenus de collecte des emballages ménagers de boissons en vue de leur réemploi ou réutilisation et d'appréhender leurs potentiels bénéfiques par rapport aux emballages ménagers à usage unique. Il s'agit de comparer chaque dispositif qui participe à cette étude avec le dispositif sans réemploi/réutilisation équivalent. L'ADEME précisera aux porteurs de projet s'ils peuvent communiquer et si oui dans quelles conditions. Le cas échéant, des précautions seront mises en avant quant à la manière la plus pertinente pour les porteurs de projet de communiquer les résultats de l'évaluation de leur dispositif.

L'objectif de l'étude est donc double :

1. Évaluer la performance environnementale de chacun des dispositifs de collecte des emballages ménagers de boissons en vue de leur réemploi ou réutilisation, en identifiant les principaux contributeurs au bilan environnemental ainsi que les sources de ces impacts.
2. Évaluer les potentiels bénéfiques environnementaux de ces dispositifs comparativement aux emballages ménagers à usage unique.

3. Raisons conduisant à réaliser l'étude et contexte de décision

La détermination du contexte de décision (correspondant à l'une des situations A, B, ou C telles que définies dans l'ILCD handbook [ILCD10]) a des conséquences sur le type de modèle d'ACV devant être choisi. Il convient donc de bien définir le contexte de décision de l'étude.

Comme mentionné ci-dessus, l'objectif principal de cette étude est d'identifier les principaux points clés du bilan environnemental des systèmes avec réemploi et de comparer ces résultats avec les systèmes sans réemploi fonctionnellement équivalents.

Par ailleurs, l'étude n'est pas destinée à servir de base à une décision politique majeure de nature à générer des changements à grande échelle sur les procédés d'arrière-plan (tels que définis dans l'ILCD handbook) des systèmes étudiés ou sur d'autres systèmes.

Les deux principales applications visées sont donc l'analyse des points faibles écologiques des systèmes (« weak point analysis » telle que définie par l'ILCD handbook) et la comparaison de produits (systèmes) spécifiques (« comparison of specific goods or services » telle que définie par l'ILCD handbook), et le contexte de décision est la situation A, à savoir l'aide à la décision au niveau micro (« micro-level decision support », telle que définie dans l'ILCD handbook).

Par conséquent, l'approche choisie pour cette ACV est **l'approche attributionnelle**.

Toutefois, il est important de noter que, si les systèmes étudiés étaient amenés à être déployés à grande échelle au niveau national, la pertinence de mener une ACV conséquentielle, pour apporter une information pertinente sur les enjeux environnementaux de ces systèmes en tenant notamment compte des conséquences de ce déploiement sur les procédés d'arrière-plan, via les mécanismes économiques de substitution d'approvisionnement ou d'usage, serait à analyser.



4. Public visé par le rapport

Deux versions de ce rapport :

- Cette version publique, identique à la présente version confidentielle mais ne présentant pas les données spécifiques à chaque porteur (pour des raisons de confidentialité). Cette version est publiée sur le site de l'ADEME et est accessible à tous.
- Une version confidentielle, à destination de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), des membres du comité de suivi technique (COTECH) présentés au paragraphe suivant ainsi que des porteurs de projet ayant participé à l'étude (pour leur usage interne uniquement).

5. Déclaration relative à des affirmations comparatives destinées à être divulguées au public

Les résultats seront utilisés dans des affirmations comparatives des systèmes avec et sans consigne destinées à être divulguées au public :

- Dans la version publique du présent rapport d'étude ;
- Le cas échéant, dans des communications dont la forme et le contenu exact sont encore à définir par l'ADEME.

Seul le présent rapport confidentiel est dans périmètre de la revue critique.

6. Commanditaire de l'étude et autres acteurs-clés

Afin de mener ce projet, l'ADEME (commanditaire de l'étude) est accompagnée par un prestataire, le groupement de bureaux d'études Deloitte et Inddigo, chargé de l'appel à candidatures des porteurs de projet du système avec consigne et d'un comité technique (COTECH), composé du Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM), de Zero Waste France (ZWF), de la Fédération Nationale des Boissons (FNB), de la Fédération des Industries du Verre, d'Elipso, d'Eco-Emballages, du Conseil National de l'Emballage (CNE) et de la France Nature Environnement (FNE) chargé de suivre les résultats d'évaluation. Le rôle du COTECH est de valider chaque phase du projet et notamment l'évaluation environnementale du système avec consigne sur les différents porteurs de projet.

III. Champ de l'étude

1. Définition des systèmes étudiés

Pour répondre aux objectifs de l'étude, deux systèmes sont comparés pour chaque dispositif retenu dans l'appel à candidature :

- **Le système tel qu'il existait (ou existerait) avant la mise en place du système de réemploi/réutilisation ;**
- **Le système de réemploi/réutilisation d'emballages de boisson.**



La Figure 2 présente les 2 systèmes étudiés pour chaque dispositif (hors dispositif vrac – Jean Bouteille - présenté Figure 2 et SIAVED, présenté Figure 4). Une description approfondie de ces systèmes est effectuée au paragraphe III.5.2.

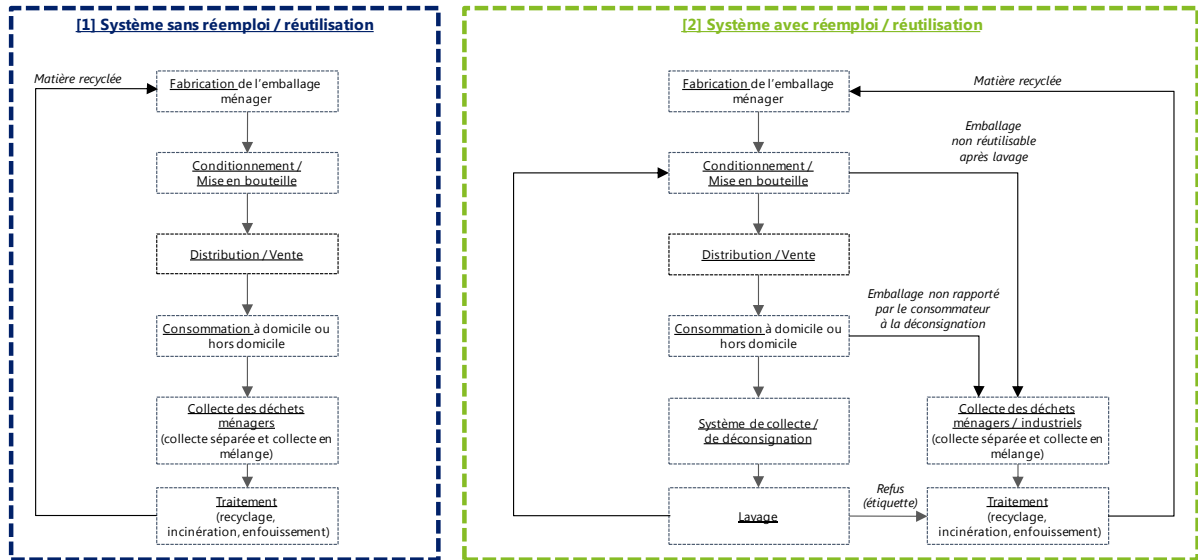


Figure 1 : Systèmes étudiés avec et sans réutilisation hors dispositif vrac (Jean Bouteille)

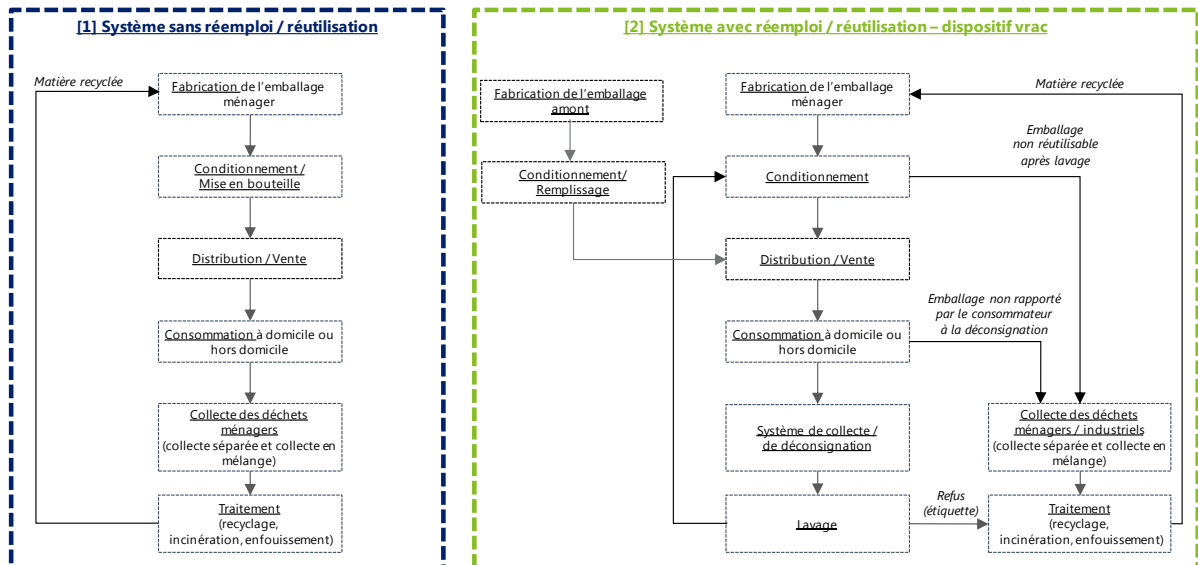


Figure 2 : Systèmes étudiés avec et sans réutilisation pour le dispositif vrac (Jean Bouteille)

Pour les deux types de systèmes, la flèche entre le traitement et la fabrication de l'emballage ménager sur le schéma ci-dessus représente la boucle de recyclage des bouteilles en verre en fin de vie.

Pour le système avec consigne, les bouteilles lavées sont de nouveau utilisées sur le site de conditionnement. Une faible quantité de bouteilles retournées au site de conditionnement ne sont pas aptes à être réutilisées et sont envoyées en fin de vie. De même, les consommateurs ne rapportent pas tous les bouteilles à la déconsignation. Par conséquent, ces bouteilles sont collectées et suivent les flux de déchets ménagers (recyclage à 73,5 % [ECOEMB16], enfouissement et incinération).



Dans le cadre de cette étude nous analysons également un service de déconsignation automatique de bouteilles en verre pour réutilisation et recyclage : le dispositif SIAVED. La Figure 3 présente le système étudié dans le cadre de ce dispositif :

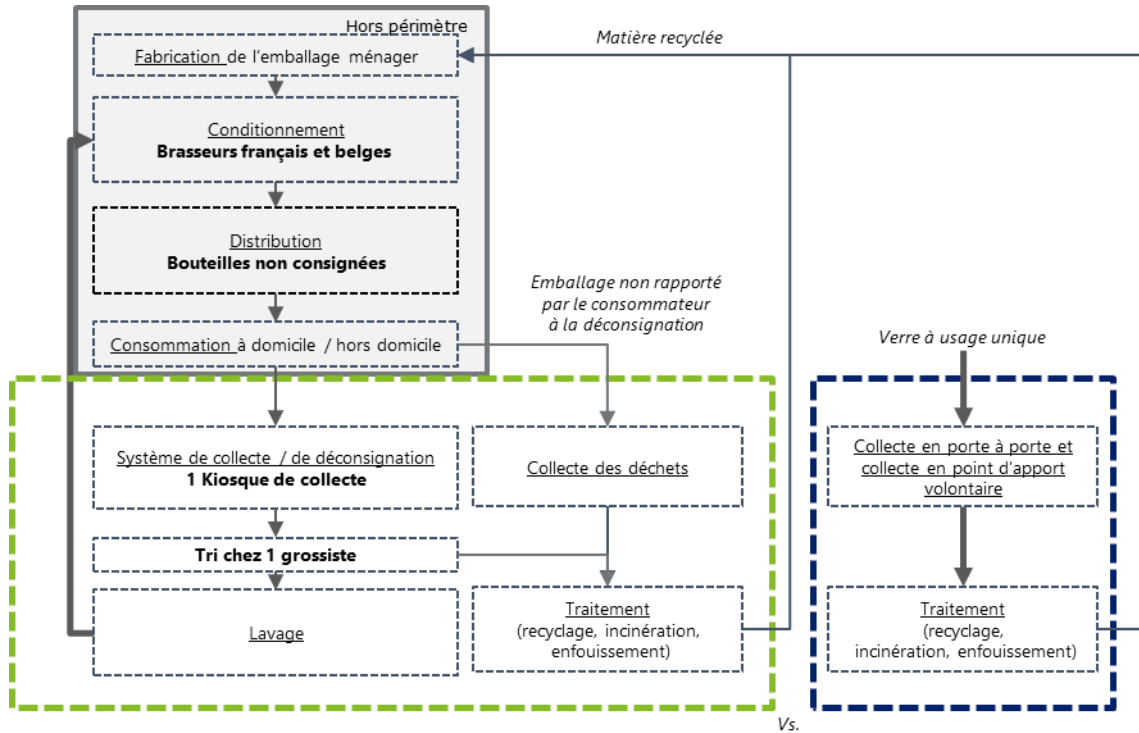


Figure 3 : Périmètre considéré pour l'analyse du dispositif SIAVED

2. Les 7 projets de collecte des emballages ménagers de boissons en vue de leur réemploi ou réutilisation sélectionnés et évalués

Il est à noter que pour tous les dispositifs étudiés, le système sans réemploi est un système « fictif ». Les porteurs de projet commercialisent un seul type de bouteilles. Ainsi, certaines données d'activité utilisées pour le système avec consigne sont utilisées pour le système sans consigne :

- Type et masse des emballages primaires, secondaires et tertiaires ;
- Distance et type du transport amont des matériaux d'emballages primaires, secondaires et tertiaires vers le site de conditionnement.

Cela est le cas pour tous les dispositifs étudiés sauf METEOR, pour lequel des données d'activité spécifiques au système sans consigne (caractéristiques de la bouteille à usage unique) sont issues de [DEROCHE09].

2.1. METEOR

METEOR est un producteur et distributeur de bière en Alsace. Sa production annuelle de bière est de 500 000 hl. Cette entreprise possède un parc commun de bouteilles avec le brasseur Kronenbourg. L'étude porte sur la bouteille consignée en verre de 75 cl (modèle « Alsace »). En effet, le format majoritaire a été choisi en fonction du nombre de bouteilles vendues chez le distributeur. Ce format représente 95 % des bouteilles réutilisables en nombre d'Unité de Vente Consommateur (UVC) vendues. Ces bouteilles sont aussi présentes dans le circuit « Business to Business (BtoB) » avec les « Cafés Hôtels Restaurants (CHR) ».



Les bouteilles sont déconsignées de manière automatique dans les magasins, puis récupérées par METEOR et transportées à la laveuse qui se trouve sur le site de conditionnement.

Pour rappel, la comparaison du système avec consigne s'effectue avec un système sans consigne fictif. En effet, METEOR ne commercialise que des bouteilles réutilisables dans son activité. Les données d'activité issues de [DEROCHE09] (caractéristiques de l'emballage notamment) sont toujours valables d'après METEOR. Pour les données génériques, communes aux deux systèmes (mix énergétique, taux de collecte / recyclage, transport routier, etc.), nous avons retenu les données les plus à jour (des précisions sont apportées dans la suite du rapport).

Concernant le système sans consigne, les caractéristiques de la bouteille en verre et les données d'activité sont issues de [DEROCHE09]. Cette bouteille à usage unique, utilisée pour l'ACV de 2009 et commercialisée sous l'appellation « ECO 75 » par le même verrier qui produit la bouteille réutilisable, est également destinée au marché de la bière avec une contenance de 75 cl.

Pour rappel, l'étude effectuée par METEOR en 2009 avait pour objectif « d'apporter des résultats opposables permettant de positionner l'intérêt écologique entre verre consigné et verre à usage unique en Alsace. Il s'agit d'une étude ACV destinée à une large diffusion auprès des brasseurs, de la grande distribution, des consommateurs et des pouvoirs publics ».

2.2. Coat Albret

Coat Albret est un producteur et distributeur de cidre en Bretagne produisant environ 350 000 bouteilles par an. L'entreprise possède son propre parc de bouteilles. L'étude porte sur la bouteille consignée en verre de 75 cl qui est le format majoritairement vendu chez le distributeur (77 % des bouteilles réutilisables en nombre d'Unité de Vente Consommateur (UVC) vendues). Les bouteilles sont déconsignées manuellement dans les magasins et sur le marché des Lices situé à Rennes, puis récupérées par Coat Albret et transportées à la laveuse qui se trouve sur le site de conditionnement. L'étude porte uniquement sur le BtoC mais pour information Coat Albret commercialise aussi son cidre en bouteilles consignées en CHR.

2.3. Tof&Co

Tof&Co est une entreprise qui propose un service de lavage de bouteilles en verre (pour la bière, le vin, le cidre et les jus de fruits). Ce service est proposé principalement pour les producteurs de boissons mais aussi pour les particuliers. Cette étude porte plus particulièrement sur le système de consigne de la brasserie du Loir, qui produit des bières et qui est cliente du service de lavage proposé par Tof&Co. L'étude porte sur la bouteille consignée en verre de 75 cl, qui est le format majoritaire⁴ utilisé par la brasserie du Loir. Cette brasserie a accepté de participer à l'étude pour Tof&Co. Les bouteilles sont déconsignées de manière manuelle dans les magasins, puis récupérées par Tof&Co et transportées à la laveuse. Une fois lavées, les bouteilles propres sont transportées par Tof&Co sur le site de conditionnement.

2.4. Jean Bouteille

Jean Bouteille est une association qui propose de fournir aux magasins partenaires des bouteilles consignées réutilisables lors de la vente en vrac. Jean bouteille équipe ensuite ces magasins d'une fontaine pour remplir de l'huile, des vins ou du vinaigre. Cette étude porte plus particulièrement sur le système de consigne dans le magasin Saveurs & Saisons à Villeneuve d'Ascq. L'étude porte sur la bouteille consignée en verre de 75 cl, qui est utilisée pour récupérer de l'huile en vrac. Les bouteilles sont déconsignées de manière manuelle dans le magasin, puis récupérées par Jean Bouteille et transportées à la laveuse, qui se trouve sur le site de conditionnement. Une fois lavées, les bouteilles propres sont transportées par Jean Bouteille sur le site de distribution.

⁴ Nous n'avons pas eu de la part de Tof&Co de donnée quantitative, mais Tof&Co nous a assuré qu'il s'agissait du format majoritaire.



2.5. **J'aime Mes Bouteilles**

J'aime Mes Bouteilles (anciennement Cluster Jura) est une société coopérative d'intérêt public qui propose de développer une filière de réutilisation des bouteilles de vin du Jura, auprès des viticulteurs. J'aime Mes Bouteilles s'occupe de récupérer les bouteilles vides en magasin, de les acheminer vers un site de lavage, puis de les transporter chez les viticulteurs. L'étude porte sur la bouteille consignée en verre de 75 cl (bouteille de vin JURA), qui est distribuée dans un Biocoop à Lons le Saulnier. Ce format représente 61 % des bouteilles réutilisables en nombre de mises sur le marché. Le reste des bouteilles concernent la production de crémant. Les bouteilles sont déconsignées de manière manuelle dans le magasin, puis récupérées.

2.6. **Bout' à Bout'**

Bout' à Bout' est une association pour le développement d'une filière de consigne des bouteilles en Pays de la Loire. Bout' à Bout' s'occupe de récupérer les bouteilles vides en magasin, de les acheminer vers un site de stockage puis un site de lavage, avant de les transporter chez les brasseurs. L'étude porte sur la bouteille consignée en verre de 75 cl (bouteille de cidre), qui est distribuée dans le magasin O Bocal à Nantes. Les bouteilles sont déconsignées de manière manuelle dans le magasin.

2.7. **SIAVED**

SIAVED est une collectivité qui propose un service de déconsignation automatique (kiosque) de bouteilles en verre pour réutilisation et recyclage. Ce service est proposé principalement pour les producteurs de boissons mais aussi pour les particuliers. Situé sur un parking à côté d'un supermarché Carrefour, le kiosque collecte tout type d'emballage en verre. Il différencie ensuite les emballages en verre réutilisable, de ceux qui partent au recyclage. Par l'intermédiaire d'un grossiste, les bouteilles réutilisables sont lavées et revendues aux brasseurs intéressés.



Le Tableau 1 présente les principales caractéristiques des différents dispositifs.

Tableau 1: Principales caractéristiques des dispositifs

| Dispositif | METEOR | Coat albert | Tof&Co | Jean Bouteille | J'aime Mes Bouteilles | Bout' à Bout' | SIAVED |
|---|--------------------------------------|-----------------------|---|--|---|--|---|
| Type de porteur de projet | Entreprise (brasseur de bière) | Entreprise (cidrerie) | Entreprise | Association | Société Coopérative d'Intérêt Collectif | Association de préfiguration d'une SCIC | Collectivité |
| Localisation | Alsace | Bretagne | Pays de la Loire | Nord-Pas-de-Calais | Bourgogne-Franche-Comté | Pays de la Loire | Hauts-de-France |
| Matériau d'emballage | Verre (couleur verte) | Verre (couleur verte) | Verre (couleur verte) | Verre (couleur brune) | Verre (couleur verte) | Verre (couleur verte) | Verre |
| Boisson(s) concernée(s) | Bières | Cidre | Vin, bière, cidre, jus de fruits – bière pour cette étude | Huile, vin, jus de fruits – huile pour cette étude | Vin | Huile, vin, bière, cidre, jus de fruits–jus de pomme et cidre pour cette étude | Bières |
| Volume des contenants | Bouteilles de 75 cl dans cette étude | | | | | | Pas de données spécifiques sur les contenants collectés |
| Nombre de bouteilles vendues en BtoC | 5,3 millions | 40 000 | 5 526 | 10 309 | 3,2 millions sur le Doubs et le Jura | 40 000 sur l'ensemble des magasins | Non concerné |
| Nombre de bouteilles vendues en BtoB | 700 000 | 236 097 | Non concerné | Non concerné | Non concerné | Non concerné | Non concerné |



| Dispositif | METEOR | Coat albret | Tof&Co | Jean Bouteille | J'aime Mes Bouteilles | Bout' à Bout' | SIAVED |
|--------------------------------------|--|--|--|---|--|---|------------------------------|
| Date de lancement | 1640 | 1983 | Mai 2016 | Mars 2014 | Septembre 2016 | Novembre 2016 | Juin 2016 |
| Conditionnement/Embouteillage | 1 producteur sur 1 site | 1 producteur sur 1 site | 1 producteur sur 1 site pour cette étude (brasserie du Loir) mais Tof&Co travaille avec plusieurs producteurs de cidres, bières et jus de fruits | Embouteillage directement dans les magasins | Plus d'une centaine de viticulteurs dans le Jura – pas de viticulteur spécifique pour cette étude | 5 producteurs en 2016 -producteur Les landes du Luquet dans cette étude | Brasseurs français et belges |
| Distribution | Près de 100 magasins | Principalement le marché des Lices à Rennes et plus de 50 magasins | Près de 8 magasins. Choix du magasin V et B La Flèche dans cette étude, qui est le distributeur de la brasserie du Loir | Vente dans une trentaine de magasins bio de la région Nord-Pas-de-Calais-Picardie - magasin Saveurs & Saisons de Villeneuve d'Ascq dans cette étude | Vente directe chez les viticulteurs et indirecte dans les magasins de vente classique. Choix du magasin Biocoop de Lons le Saulnier dans cette étude | En vente directe chez les producteurs et 3 magasins en 2016 > 15 magasins en juillet 2019 Choix du magasin O'Bocal dans cette étude | 1 kiosque de collecte |
| Zone de commercialisation | Région Alsace dans un rayon de 150 km maximum du site de conditionnement | Région Bretagne dans un rayon de 250 km maximum du site de conditionnement | Pays de la Loire | Magasins du Nord-Pas-de-Calais-Picardie | Bourgogne-Franche-Comté | Pays de la Loire | Non appliquée |
| Consignation (€/UVC) | 0,20 | 0,20 | De 0 à 0,40 | 2 | Non consigné | 0,20 | Bon d'achat |



| Dispositif | METEOR | Coat albret | Tof&Co | Jean Bouteille | J'aime Mes Bouteilles | Bout' à Bout' | SIAVED |
|-----------------------|--|---|---|---|---|---|--|
| Déconsignation | Automatisée dans les 100 magasins en charge de la distribution | Manuelle dans les magasins et sur le marché | Manuelle dans les magasins en charge de la distribution | Manuelle dans les magasins en charge de la distribution | Manuelle dans les magasins en charge de la distribution | Manuelle chez les producteurs ou les revendeurs | Automatique puis tri chez un grossiste |
| Stockage/Tri | Non concerné | | | | | Oui, un site de stockage | Oui, un site de stockage |
| Lavage | 1 site (celui du conditionnement) | 1 site (celui du conditionnement) | 1 site de Tof&Co | 1 site | 1 site | 1 site | Chez les différents brasseurs |



3. Période d'évaluation

La période d'évaluation a été déterminée pour chaque porteur de projet en fonction de ce qui est pertinent pour lui (selon le dispositif employé, des années représentatives de l'activité, des produits et de leur éventuelle saisonnalité, etc.).

3.1. METEOR

Concernant le dispositif METEOR, l'année choisie est l'année 2016 pour le système avec consigne. Pour rappel, le système sans réemploi est fictif pour METEOR. Pour ce dernier, on se fonde en partie sur les données de l'ACV réalisée en 2009.

3.2. Coat Albret

Pour Coat Albret, les principales données collectées correspondent à la période de février 2010 à janvier 2011 (notamment sur l'étape de lavage) et ont été confirmées par Coat Albret en 2016. On peut donc considérer que l'année de référence est l'année 2016.

3.3. Tof&Co

Pour Tof&Co, les principales données collectées correspondent à la période de début septembre 2016 à fin août 2017. Ainsi l'année choisie est l'année 2016 pour le système avec et sans consigne.

3.4. Jean Bouteille

Pour Jean Bouteille, les principales données collectées correspondent à la période de début septembre 2016 à fin août 2017. Ainsi l'année choisie est l'année 2016 pour le système avec et sans consigne.

3.5. J'aime Mes Bouteilles

Pour J'aime Mes Bouteilles, les principales données collectées correspondent à la période de début septembre 2016 à fin septembre 2017. Ainsi l'année choisie est l'année 2016 pour le système avec et sans consigne.

3.6. Bout' à Bout'

Pour Bout' à Bout', les principales données collectées correspondent à la période de novembre 2016 à octobre 2017. Ainsi l'année choisie est l'année 2016 pour le système avec et sans consigne.

3.7. SIAVED

Concernant le SIAVED, l'année choisie est l'année 2016 pour le système avec et sans consigne.

4. Fonctions des systèmes et unités fonctionnelles

Pour 6 des 7 porteurs de projet étudiés dans cette étude, la fonction du système avec consigne est de permettre la distribution de boissons auprès des consommateurs, grâce à un emballage ménager réutilisable.



Cette fonction est différente pour le porteur de projet SIAVED qui se concentre uniquement sur la collecte et la gestion de la fin de vie de l’emballage ménager de boissons. Ainsi, la fonction du système est de récupérer les contenants jetables ou réutilisables pour réemploi ou recyclage.

La fonction d’un contenant conçu pour un usage unique ne présente pas de différence fonctionnelle significative pour le consommateur avec un emballage ménager réutilisable.

4.1. Fonctions des systèmes

Le réemploi des bouteilles peut se réaliser de différentes manières selon les porteurs de projet :

- Réemploi avec parc de bouteilles dédié ou parc ouvert, c’est-à-dire que les porteurs de projet ont un lieu de stockage des bouteilles consignées qui sont neuves ou déjà utilisées.
- Réemploi avec des bouteilles d’occasion, c’est-à-dire que les porteurs de projet n’ont pas un stock de bouteilles neuves dans leur système. Néanmoins ces systèmes ne fonctionnent pas totalement en circuit fermé, un apport en bouteilles neuves est nécessaire en raison de la casse.

Le porteur de projet SIAVED possède uniquement une activité de système de collecte pour réemploi ou recyclage.

Le Tableau 2 liste tous les porteurs de projet et le type de fonction du dispositif utilisé pour le réemploi :

Tableau 2 : Fonction des systèmes par porteur de projet

| Type de fonction du dispositif | Porteur de projet concerné | Nombre total de porteur de projet |
|--|--|-----------------------------------|
| Réemploi avec parc de bouteilles dédié ou parc ouvert | METEOR Coat Albret Jean Bouteille | 3 |
| Réemploi avec des bouteilles d’occasion | Tof & Co Bout’ à Bout’ J’aime Mes Bouteilles | 3 |
| Système de collecte pour réemploi et recyclage | SIAVED | 1 |

4.2. Unités fonctionnelles

L’unité fonctionnelle (UF) de l’ACV est l’unité de référence qui permet de quantifier le service rendu par le système. Une fois l’unité fonctionnelle définie, les impacts environnementaux potentiels quantifiés au cours du cycle de vie du système sont rapportés à l’unité fonctionnelle (l’ensemble des flux physiques sur le cycle de vie sont rapportés à cette unité de référence).

Pour l’ensemble des porteurs de projet excepté SIAVED, l’unité fonctionnelle commune à ces 6 projets permettra d’identifier des points forts/faibles sur l’ensemble des 6 projets mais les performances environnementales de ces projets ne seront pas directement comparées entre elles. L’UF retenue pour les systèmes avec et sans consigne est la suivante :



Mettre à disposition 1 000 L de boisson

Nous avons considéré une Unité Fonctionnelle distincte uniquement pour le dispositif SIAVED. Celui-ci possède un kiosque à bouteille qui peut être assimilé à un point d'apport volontaire (fonction de collecte des déchets). La partie « conditionnement et distribution » n'est pas prise en compte pour ce dispositif et le périmètre d'évaluation est limité au système de collecte et de fin de vie des emballages. L'Unité Fonctionnelle pour ce dispositif est la suivante :

Collecter et traiter 1 tonne d'emballages usagés en fin de vie

4.3. Flux de référence

Le flux de référence pour chaque système est le flux auquel sont ramenés tous les flux entrants et sortants de chaque système étudié. Il s'agit de la « quantité de produit » nécessaire pour fournir 1 unité fonctionnelle, telle que spécifiée ci-dessus.

Le flux de référence des deux systèmes, pour chaque dispositif, varie en fonction de la masse de l'emballage ménager, ainsi que du nombre d'utilisations de chaque emballage. Dans la suite du rapport, on nomme :

- **Emballage ménager** l'emballage primaire vide sans boisson c'est-à-dire qu'il comprend la bouteille, le bouchon et l'étiquette ;
- **Bouteille** l'objet physique qui correspond au corps creux en verre, réutilisé dans le cas du système avec réemploi/réutilisation ;
- **UVC** (Unité de Vente Consommateur) une utilisation de la bouteille, i.e. la bouteille vendue chez le distributeur. Dans le cas de la réutilisation, une bouteille correspond à plusieurs UVC.

4.3.1. METEOR

Sur la base des données fournies par METEOR, le nombre moyen d'utilisations de chaque bouteille peut être déterminé grâce aux informations suivantes :

- Nombre d'UVC vendues en « BtoC » : 5 300 000 UVC par an ;
- Nombre de bouteilles retournées en « BtoC » : 5 125 000 UVC par an ;
- Nombre de bouteilles non collectées en « BtoC » : 175 000 bouteilles par an ;
- Nombre de bouteilles refusées (pas aptes à être réutilisées et donc refusées par le distributeur) : 100 000 bouteilles par an.

Ces données permettent de déterminer :

- Le taux de retour (pourcentage de bouteilles ramenées par les consommateurs à la déconsignation par rapport à la mise sur le marché des bouteilles) : 97 % ;
- Le taux de refus après déconsignation (correspondant dans cette étude au taux de casse⁵) : 2,0 % ;
- Le taux de renouvellement par cycle : 5,19 % ;
- Le nombre d'utilisations (ou nombre moyen de cycles par bouteille, calculé comme l'inverse du taux de renouvellement) : 19,27 cycles par bouteille.

Le Tableau 3 présente les caractéristiques de l'emballage ménager et les flux de référence :

⁵ Le taux de casse est uniquement connu lors du lavage, lorsque le producteur ne réutilise pas certaines bouteilles. Le taux de casse qui a lieu pendant le transport n'est pas connu.



Tableau 3 : Flux de référence pour les deux systèmes de METEOR

| Type de dispositif | Volume (cl) | Masse unitaire de l'emballage ménager (g) | Nombre d'utilisations | Nombre d'Unité de Vente Consommateur par Unité Fonctionnelle | Flux de référence exprimé en poids d'emballage ménager produit (kg/UF) |
|---------------------------------------|-------------|---|-----------------------|--|--|
| METEOR – système avec consigne | 75 | 560 | 19,27 | 1333 | 38,73 |
| METEOR – système sans consigne | 75 | 460 | 1 | 1333 | 613,18 |

La bouteille consignée est plus lourde que la bouteille à usage unique. En effet, elle doit être plus résistante et plus robuste pour être réutilisable.

4.3.2. Coat Albret

Sur la base des données fournies par Coat Albret, le nombre moyen d'utilisations de chaque bouteille peut être déterminé grâce aux informations suivantes :

- Nombre d'UVC vendues en « BtoC » : 40 000 UVC par an ;
- Nombre de bouteilles retournées en « BtoC » : 30 000 UVC par an ;
- Nombre de bouteilles non collectées en « BtoC » : 10 000 bouteilles par an ;
- Nombre de bouteilles refusées (pas aptes à être réutilisées et donc refusées par le producteur) : 60 bouteilles par an.

Ces données permettent de déterminer :

- Le taux de retour (pourcentage de bouteilles ramenées par les consommateurs à la déconsignation par rapport à la mise sur le marché des bouteilles) : 75 % ;
- Le taux de refus après déconsignation (correspondant dans cette étude au taux de casse) : 0,2 % ;
- Le taux de renouvellement par cycle : 25,2 % ;
- Le nombre d'utilisations (ou nombre moyen de cycles par bouteille, calculé comme l'inverse du taux de renouvellement) : 3,98 cycles par bouteille.

Le Tableau 4 présente les caractéristiques de l'emballage ménager et les flux de référence :



Tableau 4 : Flux de référence pour les deux systèmes de Coat Albret

| Type de dispositif | Volume (cl) | Masse unitaire de l'emballage ménager (g) | Nombre d'utilisations | Nombre d'Unité de Vente Consommateur par Unité Fonctionnelle | Flux de référence exprimé en poids d'emballage ménager produit (kg/UF) |
|--|-------------|---|-----------------------|--|--|
| Coat Albret – système avec consigne | 75 | 576,6 | 3,98 | 1333 | 193,12 |
| Coat Albret – système sans consigne | 75 | 576,6 | 1 | 1333 | 768,61 |

Pour ce porteur de projet, on considère que la masse de la bouteille à usage unique est équivalente à celle de la bouteille consignée. Cette hypothèse est valable dans le cadre d'un nombre de rotations restreint et est en défaveur du système sans réemploi.

4.3.3. Tof&Co

Sur la base des données fournies par Tof&Co, le nombre moyen d'utilisations de chaque bouteille peut être déterminé grâce aux informations suivantes :

- Nombre d'UVC vendues en « BtoC » : 5 526 UVC par an ;
- Nombre de bouteilles retournées en « BtoC » : 4 697 UVC par an ;
- Nombre de bouteilles non collectées en « BtoC » : 829 bouteilles par an ;
- Nombre de bouteilles refusées (pas aptes à être réutilisées et donc refusées par le producteur) : 75 bouteilles par an.

Ces données permettent de déterminer :

- Le taux de retour (pourcentage de bouteilles ramenées par les consommateurs à la déconsignation par rapport à la mise sur le marché des bouteilles) : 85 % ;
- Le taux de refus après déconsignation (correspondant dans cette étude au taux de casse) : 1,6 % ;
- Le taux de renouvellement par cycle : 16,4 % ;
- Le nombre d'utilisations (ou nombre moyen de cycles par bouteille, calculé comme l'inverse du taux de renouvellement) : 6,11 cycles par bouteille.

Le Tableau 5 présente les caractéristiques de l'emballage ménager et les flux de référence :



Tableau 5 : Flux de référence pour les deux systèmes de Tof&Co

| Type de dispositif | Volume (cl) | Masse unitaire de l'emballage ménager (g) | Nombre d'utilisations | Nombre d'Unité de Vente Consommateur par Unité Fonctionnelle | Flux de référence exprimé en poids d'emballage ménager produit (kg/UF) |
|---|-------------|---|-----------------------|--|--|
| Tof&Co – système avec consigne | 75 | 650 | 6,11 | 1333 | 141,8 |
| Tof&Co – système sans consigne | 75 | 650 | 1 | 1333 | 866,45 |

Pour ce porteur de projet, on considère que la masse de la bouteille à usage unique est équivalente à celle de la bouteille consignée. Cette hypothèse est valable dans le cadre d'un nombre de rotations restreint et est en défaveur du système sans réemploi.

4.3.4. Jean Bouteille

Sur la base des données fournies par Jean Bouteille, le nombre moyen d'utilisations de chaque bouteille peut être déterminé grâce aux informations suivantes :

- Nombre d'UVC vendues en « BtoC » : 10 309 UVC par an ;
- Nombre de bouteilles retournées en « BtoC » : 4 995 UVC par an ;
- Nombre de bouteilles non collectées en « BtoC » : 5 314 bouteilles par an ;
- Nombre de bouteilles refusées (pas aptes à être réutilisées et donc refusées par le producteur) : 25 bouteilles par an.

Ces données permettent de déterminer :

- Le taux de retour (pourcentage de bouteilles ramenées par les consommateurs à la déconsignation par rapport à la mise sur le marché des bouteilles) : 48 % ;
- Le taux de refus après déconsignation (correspondant dans cette étude au taux de casse) : 0,5 % ;
- Le taux de renouvellement par cycle : 51,8 % ;
- Le nombre d'utilisations (ou nombre moyen de cycles par bouteille, calculé comme l'inverse du taux de renouvellement) : 1,93 cycles par bouteille.

Le Tableau 6 présente les caractéristiques de l'emballage ménager et les flux de référence :



Tableau 6 : Flux de référence pour les deux systèmes de Jean Bouteille

| Type de dispositif | Volume (cl) | Masse unitaire de l'emballage ménager (g) | Nombre d'utilisations | Nombre d'Unité de Vente Consommateur par Unité Fonctionnelle | Flux de référence exprimé en poids d'emballage ménager produit (kg/UF) |
|---|-------------|---|-----------------------|--|--|
| Jean Bouteille – système avec consigne | 75 | 560 | 1,93 | 1333 | 386,77 |
| Jean Bouteille – système sans consigne | 75 | 560 | 1 | 1333 | 746,48 |

Pour ce porteur de projet, on considère que la masse de la bouteille à usage unique est équivalente à celle de la bouteille consignée. Cette hypothèse est valable dans le cadre d'un nombre de rotations restreint et est en défaveur du système sans réemploi.

4.3.5. J'aime Mes Bouteilles

Sur la base des données fournies par J'aime Mes Bouteilles, le nombre moyen d'utilisations de chaque bouteille peut être déterminé grâce aux informations suivantes :

- Nombre d'UVC vendues en « BtoC » : 3 200 000 UVC par an au total sur le Doubs. Cette donnée a été estimée par le porteur de projet à 69 220 UVC par an sur le magasin du Biocoop Lons Le Saulnier ;
- Nombre de bouteilles retournées en « BtoC » : 8 640 UVC par an ;
- Nombre de bouteilles non collectées en « BtoC » : 60 580 bouteilles par an ;
- Nombre de bouteilles refusées (pas aptes à être réutilisées et donc refusées par le producteur) : 100 bouteilles par an.

Ces données permettent de déterminer :

- Le taux de retour (pourcentage de bouteilles ramenées par les consommateurs à la déconsignation par rapport à la mise sur le marché des bouteilles) : 12 % ;
- Le taux de refus après déconsignation (correspondant dans cette étude au taux de casse) : 1,2 % ;
- Le taux de renouvellement par cycle : 87,7 % ;
- Le nombre d'utilisations (ou nombre moyen de cycles par bouteille, calculé comme l'inverse du taux de renouvellement) : 1,14 cycles par bouteille.

Le Tableau 7 présente les caractéristiques de l'emballage ménager et les flux de référence :



Tableau 7 : Flux de référence pour les deux systèmes de J'aime Mes Bouteilles

| Type de dispositif | Volume (cl) | Masse unitaire de l'emballage ménager (g) | Nombre d'utilisations | Nombre d'Unité de Vente Consommateur par Unité Fonctionnelle | Flux de référence exprimé en poids d'emballage ménager produit (kg/UF) |
|--|-------------|---|-----------------------|--|--|
| J'aime Mes Bouteilles – système avec consigne | 75 | 650 | 1,14 | 1333 | 760,04 |
| J'aime Mes Bouteilles – système sans consigne | 75 | 650 | 1 | 1333 | 866,45 |

Pour ce porteur de projet, on considère que la masse de la bouteille à usage unique est équivalente à celle de la bouteille consignée. Cette hypothèse est valable dans le cadre d'un nombre de rotations restreint et est en défaveur du système sans réemploi.

4.3.6. Bout' à Bout'

Sur la base des données fournies par Bout' à Bout', le nombre moyen d'utilisations de chaque bouteille peut être déterminé grâce aux informations suivantes :

- Nombre d'UVC vendues en « BtoC » : 1 834 UVC par an ;
- Nombre de bouteilles retournées en « BtoC » : 1 455 UVC par an ;
- Nombre de bouteilles non collectées en « BtoC » : 379 bouteilles par an ;
- Nombre de bouteilles refusées (pas aptes à être réutilisées et donc refusées par le producteur) : 7 bouteilles par an.

Ces données permettent de déterminer :

- Le taux de retour (pourcentage de bouteilles ramenées par les consommateurs à la déconsignation par rapport à la mise sur le marché des bouteilles) : 79 % ;
- Le taux de refus après déconsignation (correspondant dans cette étude au taux de casse) : 0,48 % ;
- Le taux de renouvellement par cycle : 21,0 % ;
- Le nombre d'utilisations (ou nombre moyen de cycles par bouteille, calculé comme l'inverse du taux de renouvellement) : 4,75 cycles par bouteille.

Le Tableau 8 présente les caractéristiques de l'emballage ménager et les flux de référence :



Tableau 8 : Flux de référence pour les deux systèmes de Bout' à Bout'

| Type de dispositif | Volume (cl) | Masse unitaire de l'emballage ménager (g) | Nombre d'utilisations | Nombre d'Unité de Vente Consommateur par Unité Fonctionnelle | Flux de référence exprimé en poids d'emballage ménager produit (kg/UF) |
|--|-------------|---|-----------------------|--|--|
| Bout' à Bout' – système avec consigne | 75 | 560 | 4,75 | 1333 | 157,15 |
| Bout' à Bout' – système sans consigne | 75 | 560 | 1 | 1333 | 746,48 |

Pour ce porteur de projet, on considère que la masse de la bouteille à usage unique est équivalente à celle de la bouteille consignée. Cette hypothèse est valable dans le cadre d'un nombre de rotations restreint et est en défaveur du système sans réemploi.

4.3.7. SIAVED

Pour SIAVED, le flux de référence est équivalent à 1 tonne de bouteilles collectées et traitées en fin de vie.

Sur la base des données fournies par SIAVED sur le kiosque, la répartition des bouteilles entre la consigne pour recyclage et la consigne pour réemploi peut être déterminée :

- Nombre de bouteilles collectées par le kiosque : 960 870 bouteilles par an ;
- Nombre de bouteilles collectées pour recyclage : 942 530 bouteilles par an (98,1 % du flux total) ;
- Nombre de bouteilles collectées pour réemploi : 18 340 bouteilles par an (1,9 % du flux total).

Afin de pouvoir comparer les dispositifs de collecte pour recyclage/réutilisation et sans consigne définis précédemment, il est nécessaire de s'assurer que les frontières définies pour les deux variantes du système étudié sont telles que les deux variantes comparées assurent la même fonction.

Chacun des deux systèmes de gestion des emballages en fin de vie considérés ici est un processus multifonctionnel :

- Le système de collecte pour recyclage/réutilisation permet à la fois le traitement des bouteilles en verre en fin de vie, la mise à disposition de bouteilles sur le marché via la réutilisation (ce qui permet d'éviter la production de bouteilles neuves), et la mise à disposition de verre sur le marché via le recyclage (ce qui permet d'éviter la production de verre vierge).
- Le système sans consigne permet à la fois le traitement des bouteilles en verre en fin de vie et la mise à disposition de verre sur le marché via le recyclage (ce qui permet d'éviter la production de verre vierge).



Afin d'assurer la comparabilité des systèmes entre eux, nous proposons d'adopter une méthode de substitution : on ramène chaque système à un système monofonctionnel n'assurant que le traitement en fin de vie des bouteilles en défalquant aux impacts environnementaux du dispositif avec consigne étudié (assurant les fonctions de collecte et traitement des bouteilles, mise à disposition de verre sur le marché via le recyclage, et mise à disposition de bouteilles sur le marché via la réutilisation) les impacts environnementaux des systèmes fournissant la fonction équivalente à l'évitement de la production du verre (pour le recyclage) et de bouteille en verre (pour la réutilisation). Cette méthode est illustrée par la Figure 4. On compare donc ici un système de collecte pour recyclage/ réutilisation avec un système sans consigne, qui ne comprend pas de kiosque.

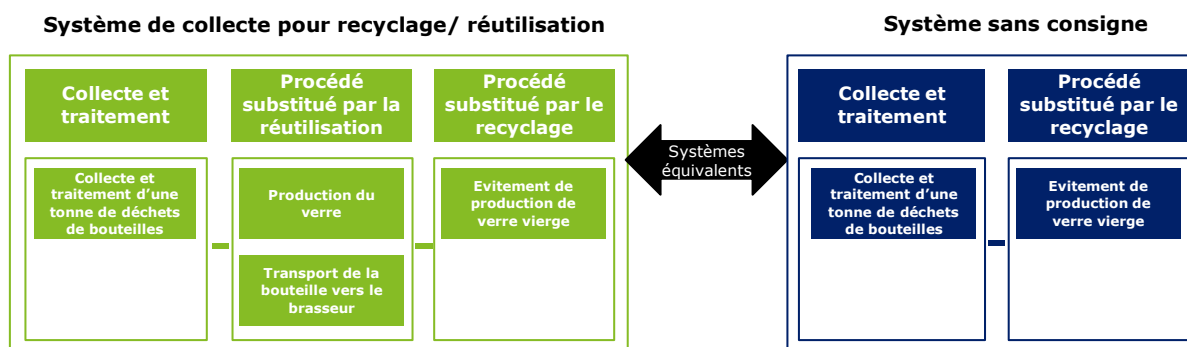


Figure 4 : SIAVED - Frontières du systèmes de collecte pour recyclage/réutilisation et du système sans consigne et équivalence fonctionnelle

5. Frontières des systèmes

L'objectif de cette section est double :

1. Définir les procédés (i.e. activités) qui sont inclus et ceux qui sont exclus du périmètre de l'étude (définition des frontières des systèmes), mais également
2. Décrire la manière dont les résultats d'impacts seront segmentés ou « ventilés » (définition du découpage du cycle de vie en étapes et procédés).

5.2. Etapes du cycle de vie

Les étapes du cycle de vie communes aux deux systèmes sont divisées en 6 étapes principales. Les étapes de vie communes (mais non nécessairement identiques) entre les deux systèmes sont les suivantes :

- La phase de **fabrication** de l'emballage ménager (emballage primaire uniquement : bouteille en verre, ainsi que l'étiquette, la colle et le bouchon) incluant :
 - L'extraction des ressources naturelles nécessaires à la production des matériaux de base de l'emballage primaire ;
 - La fabrication de l'emballage primaire ;
 - Le transport jusqu'au site de conditionnement.
- La phase de **conditionnement** de l'emballage ménager incluant l'embouteillage et la fabrication des emballages des systèmes finaux (secondaires et tertiaires) en vue du transport vers le site où ils seront distribués ;
- La phase de **distribution** incluant tous les processus intervenant entre le site de conditionnement de l'emballage et le magasin de vente (transport vers le site de distribution). Le retour de l'emballage déconsigné est inclus dans cette étape également (par souci de comparabilité avec le système sans consigne) lorsque le site de conditionnement se trouve sur le site de lavage ;



- La phase de **consommation** à domicile/hors domicile des ménages incluant le transport par les consommateurs du magasin vers le lieu de consommation ;
- La phase de **collecte des déchets** incluant l’emballage ménager, les emballages secondaires et tertiaires et leur transport vers le lieu de traitement ;
- La phase de **traitement en fin de vie** (recyclage, incinération et enfouissement) de l’emballage ménager et des emballages secondaires et tertiaires.

Les étapes du cycle de vie supplémentaires pour le système avec réemploi/réutilisation concernent :

- Au sein de la phase de **consommation** (à domicile/hors domicile) le transport des bouteilles consignées au magasin ;
- La phase de **déconsignation** manuelle ou automatique de l’emballage ménager ;
- La phase de **lavage** de l’emballage ménager avant réemploi/réutilisation.

Les schémas suivants (Figure 5, Figure 6, Figure 7, Figure 8, Figure 9 et Figure 10) présentent les différents procédés considérés et le découpage des systèmes en étapes du cycle de vie pour l’ensemble des dispositifs. Ils explicitent également les transports considérés par étape de cycle de vie pour le système avec et sans consigne.

Systemes sans réemploi / réutilisation (« sans consigne ») – hors SIAVED

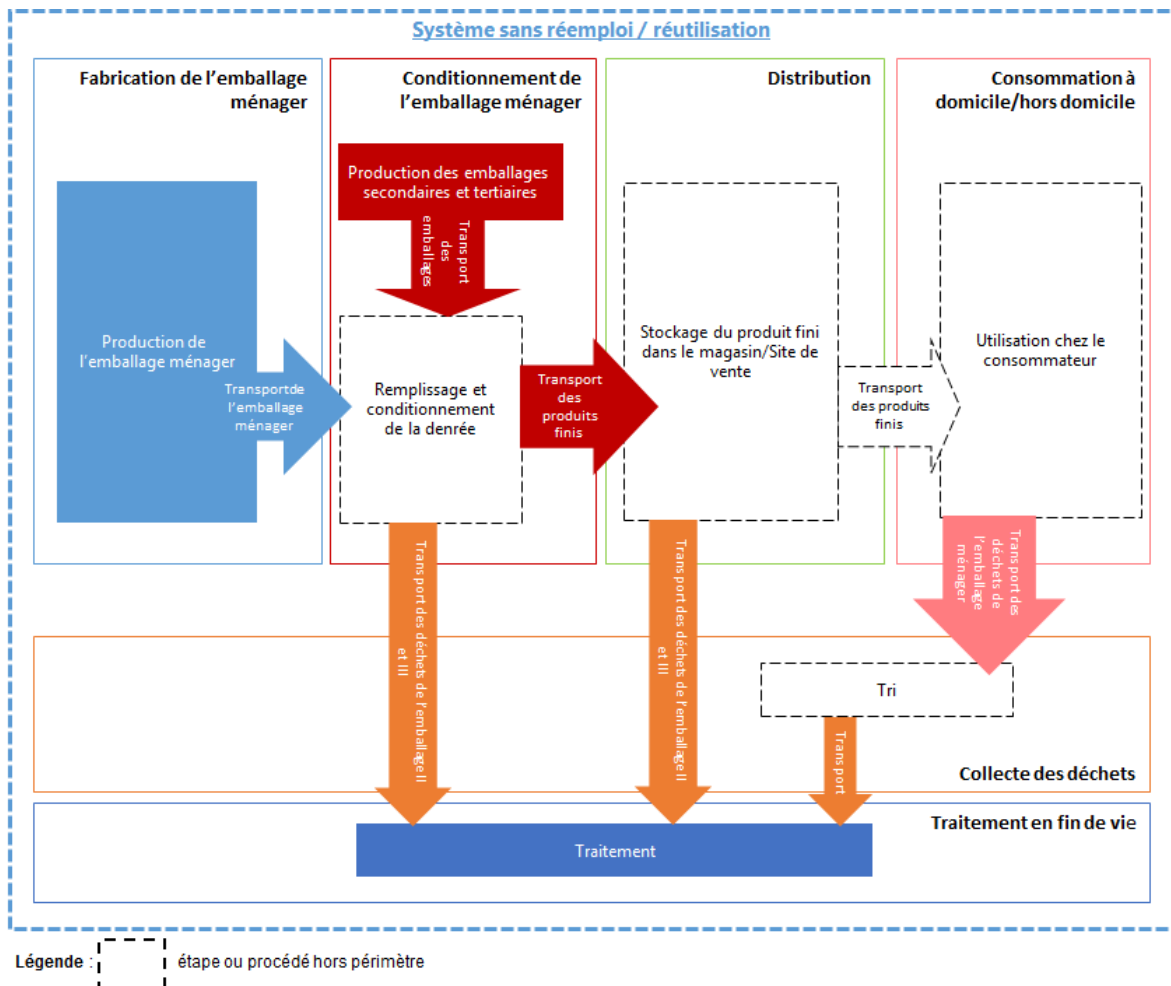


Figure 5 : Systèmes sans consigne - Présentation des différents procédés considérés et du découpage des systèmes en étapes du cycle de vie - Valable pour tous les systèmes sans consigne excepté SIAVED

A noter que le module « production des emballages » du schéma comprend toutes les activités depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la production des emballages en passant par les phases intermédiaires de transport et production (du berceau à la sortie d'usine).

Pour le dispositif SIAVED, les procédés considérés concernent uniquement l'étape de collecte des déchets et le traitement en fin de vie du système sans consigne (voir plus loin).

Systèmes avec réemploi / réutilisation (« avec consigne ») – hors SIAVED

Les figures suivantes illustrent le système avec réemploi/réutilisation pour tous les dispositifs excepté SIAVED. Selon le lieu du lavage, c'est-à-dire si le lavage est internalisé et se fait sur le site du conditionnement, ou est externalisé, certains transports sont inclus dans différentes étapes du cycle de vie, tel que présenté dans les schémas ci-dessous.

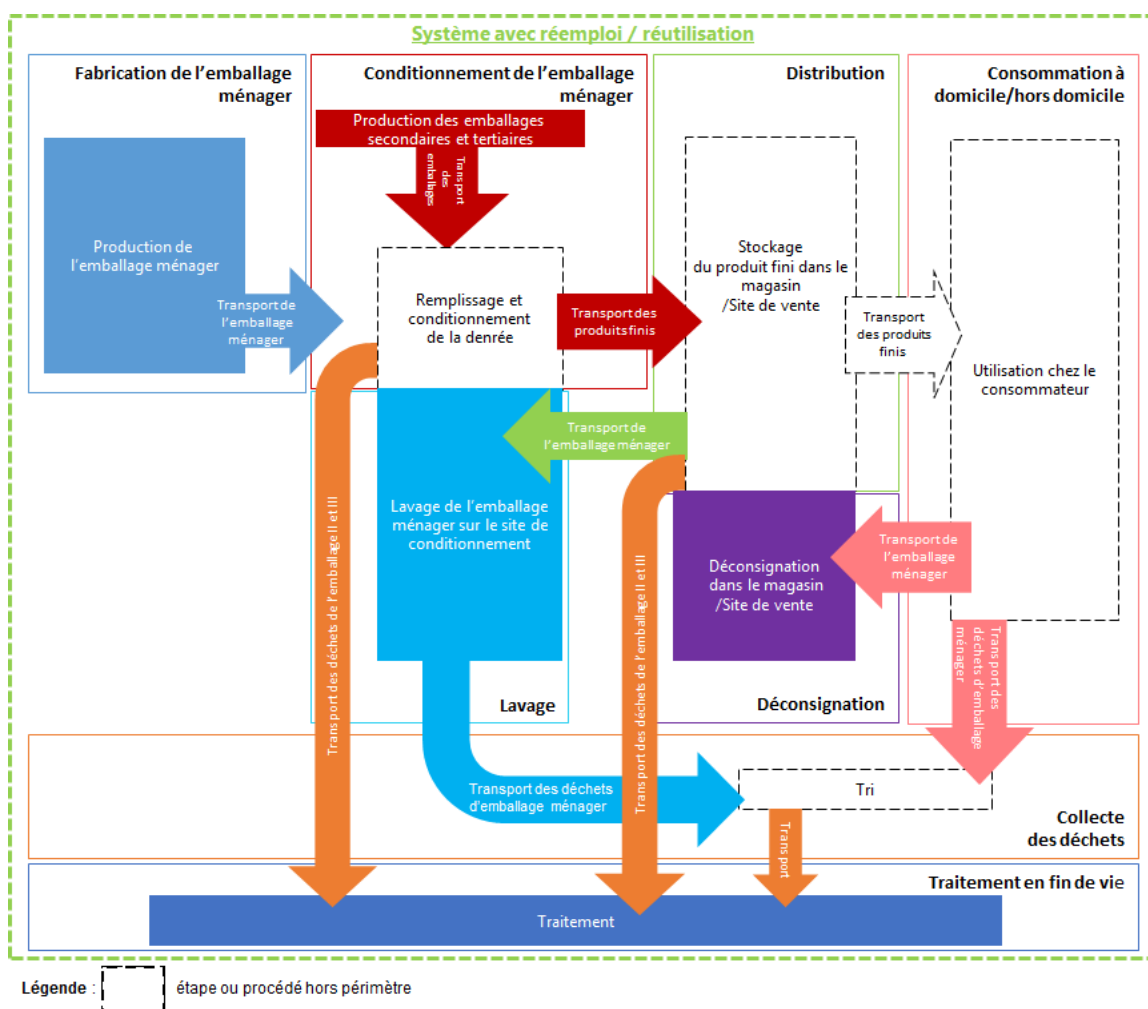


Figure 6 : Systèmes avec consigne - Présentation des différents procédés considérés et du découpage des systèmes en étapes du cycle de vie. Dispositifs où le lavage se fait sur le site de conditionnement (METEOR, Coat Albret)



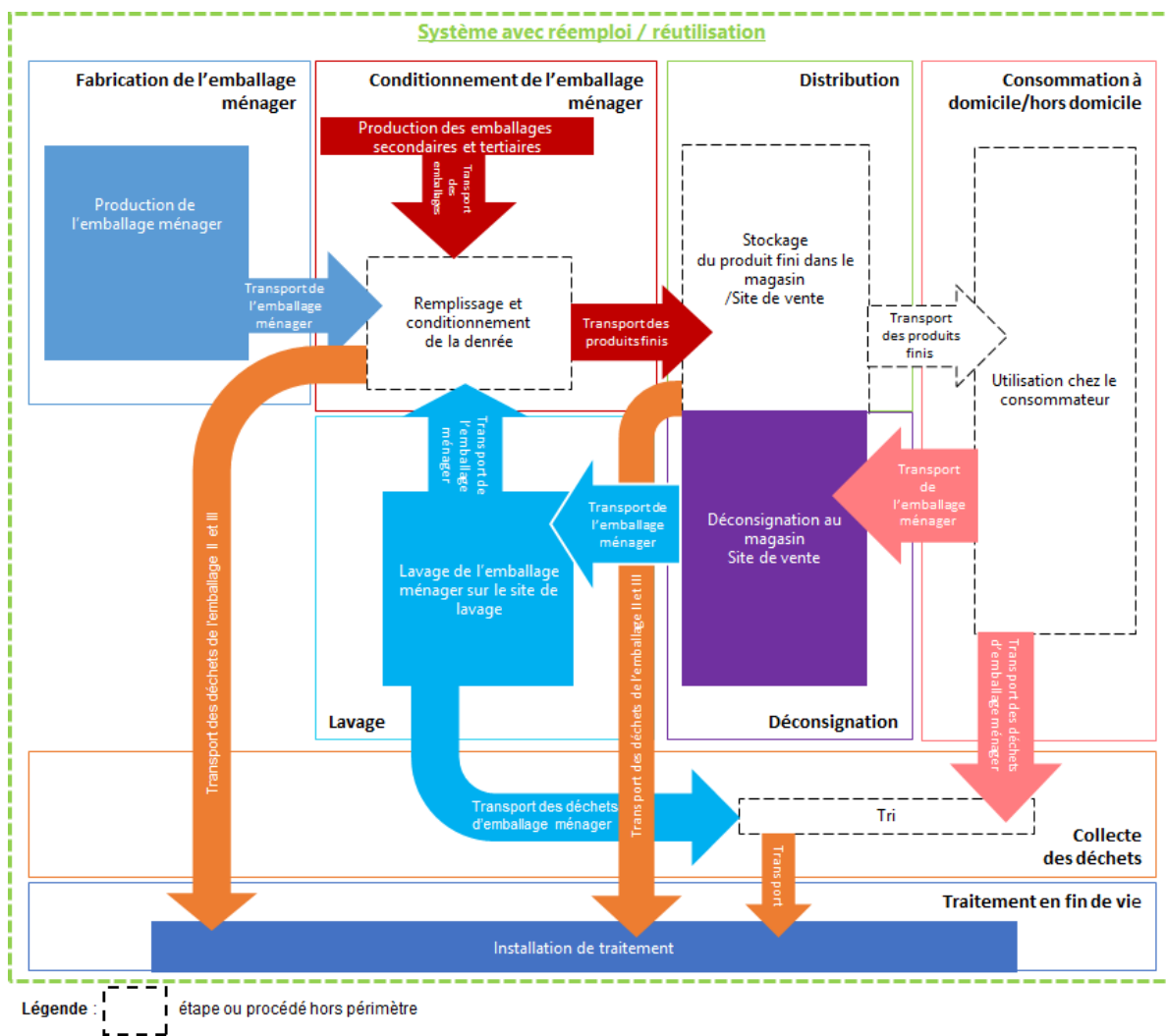


Figure 7 : Systèmes avec consigne - Présentation des différents procédés considérés et du découpage des systèmes en étapes du cycle de vie. Dispositifs où le lavage se fait en dehors du site de conditionnement (Tof&Co, J'aime Mes Bouteilles et Bout' à Bout')



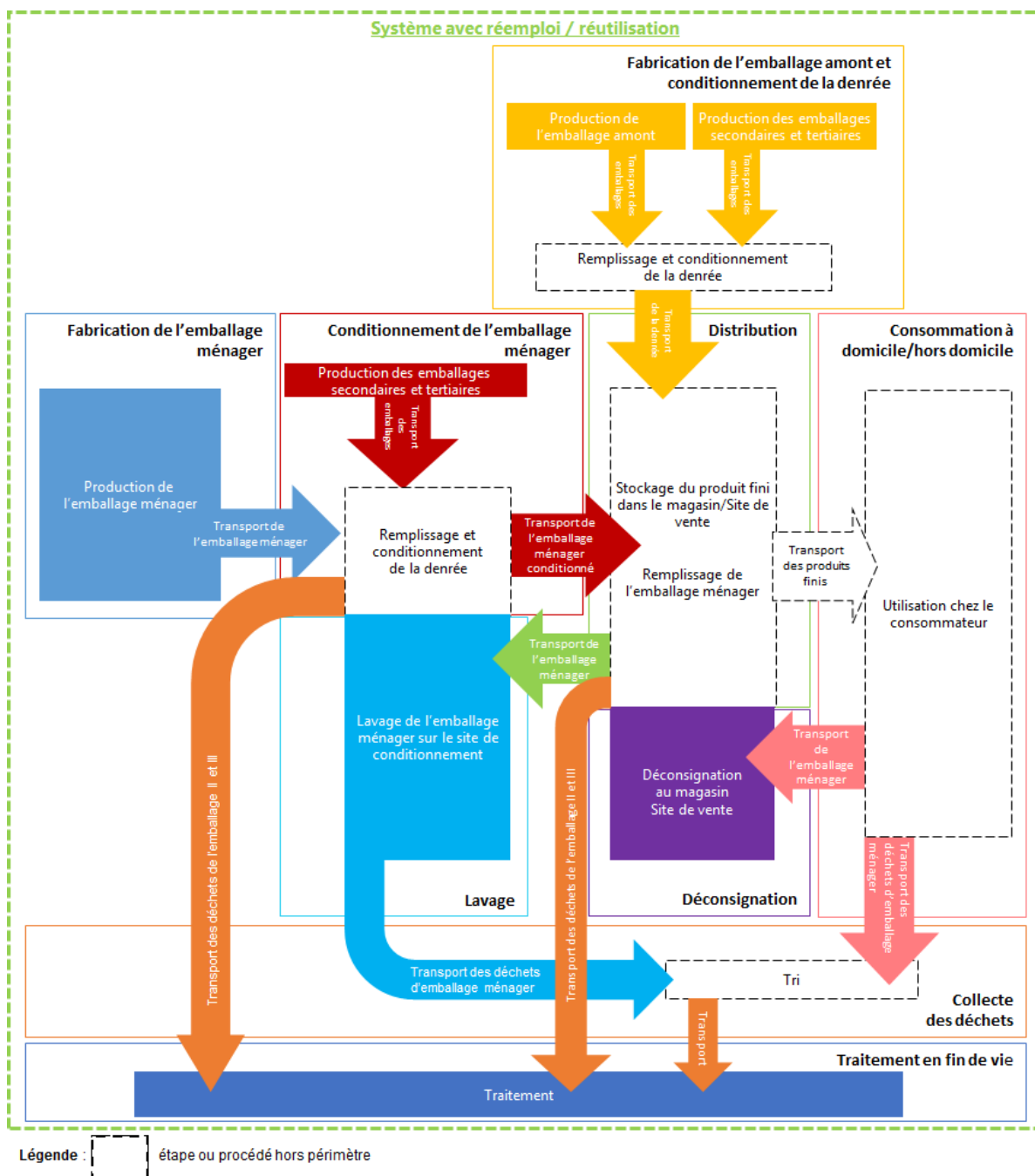


Figure 8 : Système avec consigne - Présentation des différents procédés considérés et du découpage des systèmes en étapes du cycle de vie. Dispositif Jean Bouteille, incluant la fabrication de l'emballage amont et le transport de la denrée conditionnée au magasin pour le système vrac

À noter que pour Bout' à Bout', les bouteilles sont stockées sur un site avant d'être à nouveau transportées vers le site de lavage puis vers le site de conditionnement. Aucun impact n'est pris en compte pour le stockage avant lavage.



Systèmes sans recyclage / réutilisation (« sans consigne ») SIAVED

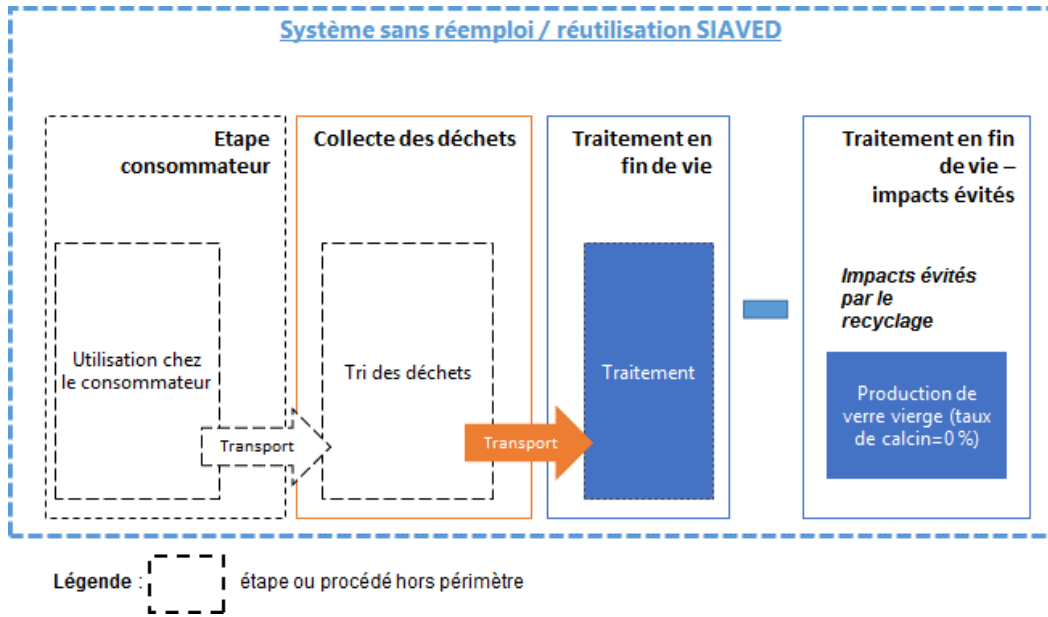


Figure 9 : Présentation des différents procédés considérés et du découpage en étapes du cycle de vie du système sans consigne du SIAVED

Systèmes de collecte pour recyclage/réutilisation SIAVED

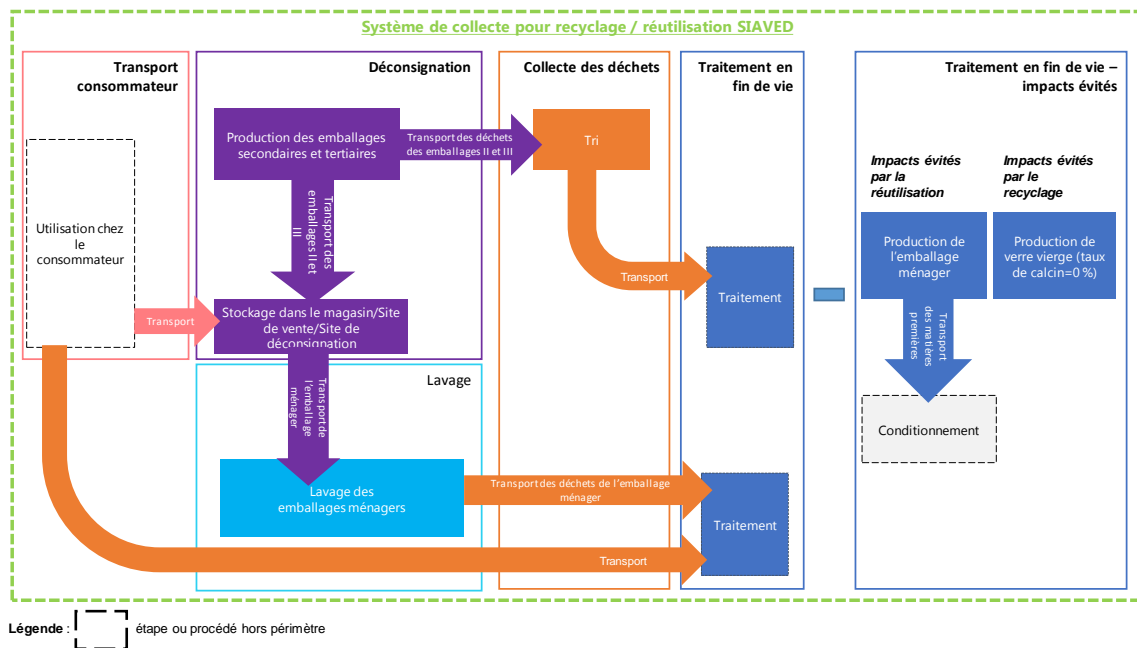


Figure 10 : Présentation des différents procédés considérés et du découpage en étapes du cycle de vie du système avec consigne du SIAVED



5.3. Inclusions

5.3.1. Procédés communs aux systèmes avec et sans consigne

Le détail des procédés inclus communs aux systèmes avec et sans consigne (hors SIAVED) est donné ci-dessous :

- Phase de fabrication de l’emballage ménager :
 - Extraction des ressources naturelles et production des matériaux de base utilisés pour la fabrication de la bouteille en verre incluant l’étiquette, la colle et le bouchon en acier ;
 - Fabrication de l’emballage primaire ;
 - Phases de transport depuis l’extraction des matières premières jusqu’au site verrier puis des bouteilles du verrier au site de conditionnement.
- Phase de conditionnement de l’emballage ménager :
 - Fabrication des emballages secondaires et tertiaires des systèmes finaux ;
 - Phases de transport des emballages secondaires et tertiaires des systèmes finaux depuis l’extraction des matières premières jusqu’au site de fabrication puis des emballages jusqu’au site de conditionnement.
- Phase de distribution :
 - Transport de l’aliment conditionné (et de son emballage) du site de conditionnement jusqu’au site du distributeur.
- Phase de collecte des déchets :
 - Transport de l’emballage ménager et des emballages secondaires et tertiaires non collectés séparément de la poubelle / du point d’apport volontaire vers le centre de traitement ;
 - Transport de l’emballage ménager et des emballages secondaires et tertiaires collectés séparément vers le centre de transfert ou centre de tri puis vers le recycleur.
- Phase de traitement de l’emballage ménager et des emballages secondaires et tertiaires :
 - Élimination ou valorisation des déchets (enfouissement, incinération et recyclage).

Pour le dispositif SIAVED, la phase de collecte des déchets et la phase de traitement de l’emballage ménager sont les deux seules étapes prises en compte et similaires entre les deux systèmes.

5.3.2. Spécificités du système avec consigne (hors SIAVED)

Le détail des procédés propres aux frontières des systèmes avec réemploi/réutilisation et inclus dans les frontières de ces systèmes est donné ci-dessous :

- Phase de distribution :
 - Transport de l’emballage déconsigné vers le site de conditionnement pour lavage (intégré à cette étape par souci de comparabilité avec le système sans réemploi/réutilisation)
Ce transport est intégré à cette étape uniquement pour METEOR, Coat Albret et Jean Bouteille où le site de lavage se trouve sur le site de conditionnement.
Pour les autres dispositifs, un retour à vide est considéré à cette étape pour le système avec consigne, tandis que le transport de l’emballage déconsigné vers le site de lavage est alloué à la phase de lavage (point d’attention : cela entraîne un écart dans la manière dont sont répartis les impacts environnementaux entre les dispositifs de consigne pour lesquels le lavage est effectué sur le site de conditionnement et les dispositifs de consigne pour lesquels le lavage est externalisé, même si au global les inclusions sont cohérentes d’un dispositif à l’autre). La production des emballages secondaires et tertiaires utilisés pour le transport des bouteilles déconsignées entre le site de collecte et le site de conditionnement/lavage est allouée à la phase de conditionnement de l’emballage ménager.



- Phase de consommation :
 - Transport des bouteilles pleines depuis le distributeur au consommateur ;
 - Transport des bouteilles vides consignées du domicile du consommateur au magasin.
- Phase de déconsignation de l’emballage ménager :
 - Déconsignation automatique (uniquement dans le cas de METEOR) : consommation d’énergie (électricité) et de papier lors de l’utilisation d’une déconsignation ;
 - Déconsignation manuelle : aucun procédé n’a été considéré (dispositifs autre que METEOR).
- Phase de lavage de l’emballage ménager avant réemploi :
 - Consommation d’énergie lors de l’utilisation de la laveuse. Les sources d’énergie sont différentes selon les machines utilisées :
 - Pour METEOR, J’aime Mes Bouteilles et SIAVED : électricité et gaz ;
 - Pour Coat Albret : électricité et fioul ;
 - Pour Tof&Co, Jean Bouteille et Bout’ à Bout’ : uniquement de l’électricité.
 - Consommation de produits chimiques pour l’entretien de la laveuse ;
 - Consommation d’eau ;
 - Traitement des eaux usées et fin de vie des étiquettes ;
 - Transport depuis le site de déconsignation vers le site de lavage puis du site de lavage vers le site de conditionnement, dans le cas où le lavage n’est pas effectué au même endroit que le site de conditionnement. Ce cas s’applique uniquement pour Tof&Co, Jean Bouteille et Bout’ à Bout’.
 - Transport depuis le site de déconsignation vers le site de stockage, pour Bout’ à Bout’, où les bouteilles sont stockées avant d’être lavées puis renvoyées au site de stockage avant d’être livrées au site de conditionnement.
 - A noter que la production des emballages secondaires et tertiaires utilisés pour le transport des bouteilles déconsignées entre le site de collecte et le site de lavage ou le site de stockage est allouée à la phase de conditionnement de l’emballage ménager.
- Phase de fabrication de l’emballage amont et conditionnement de la denrée pour Jean Bouteille :
 - Extraction des ressources naturelles et production des matériaux de base utilisés pour la fabrication des emballages amont primaires et tertiaires ;
 - Fabrication des emballages ;
 - Phases de transport des emballages amont depuis l’extraction des matières premières jusqu’au site de fabrication puis des emballages jusqu’au site de conditionnement ;
 - Transport depuis le site de conditionnement de la denrée vers le magasin.

5.3.3. Spécificités du système de collecte pour recyclage/réutilisation SIAVED

Le détail des procédés propres aux frontières du système de collecte avec recyclage/réutilisation SIAVED et inclus dans la frontière de ce système est donné ci-dessous :

- Phase de consommation :
 - Transport des bouteilles vides consignées du domicile du consommateur au magasin.
- Phase de déconsignation automatique de l’emballage ménager :
 - Consommation d’énergie (électricité) ;
 - Consommation de papier ;
 - Production des emballages secondaires (caisses plastiques) et tertiaires (palette) utilisés pour transporter les bouteilles vides au grossiste ;
 - Phases de transport des emballages secondaires et tertiaires depuis l’extraction des matières premières jusqu’au site de déconsignation.



- Phase de traitement de l’emballage ménager et des emballages secondaires et tertiaires :
 - Les impacts évités liés à la production de la bouteille suite au réemploi et liés au transport de la bouteille neuve vers le brasseur sont considérés à la phase de traitement de l’emballage ménager. Les bénéfices du recyclage sont également considérés.

5.4. Exclusions

Les procédés suivants sont exclus du périmètre de l’étude :

- La construction, la maintenance et le démantèlement de la brasserie et des équipements incluant la laveuse et la machine de déconsignation, ainsi que des autres infrastructures et biens d’équipement ;
- Le remplissage des bouteilles ;
- La phase de consommation à domicile/hors domicile des ménages : le trajet du domicile vers le point d’apport volontaire (PAV) des bouteilles n’est pas considéré.

On fait l’hypothèse que les deux premiers points mentionnés ci-dessus ont une contribution minoritaire au bilan environnemental en comparaison des autres postes. A noter que ces postes ont été également exclus dans l’étude précédente de l’ADEME [DEROCHE09].

Le transport de l’emballage utilisé par le consommateur vers le PAV n’est pas comptabilisé car 1/ la distance est très faible (moins d’un kilomètre en moyenne) par rapport à la distance conditionnement magasin par exemple et se fait principalement à pied [ADEME18] et 2/ les consommateurs qui prennent la voiture ne réalisent pas un trajet dédié mais passent par le PAV en allant au travail, par exemple.

Les procédés suivants sont également exclus du périmètre de l’étude :

- La manutention de l’emballage ménager et le stockage par les distributeurs sont exclus des frontières des systèmes, car considérés comme équivalents pour les deux systèmes.
- La réfrigération de l’emballage ménager chez le consommateur est équivalente pour les deux systèmes : plus précisément, lorsqu’il y a une différence entre les emballages des systèmes avec et sans consigne (cas de METEOR par exemple), l’écart entre les deux systèmes comparés sur ce poste est supposé négligeable par rapport aux écarts constatés sur les autres postes.

Pour le dispositif SIAVED, le traitement en fin de vie du bouchon n’est pas pris en compte dans le périmètre de l’étude puisque le bouchon est jeté dans les OMR⁶ pour les deux systèmes.

5.5. Flux élémentaires

Le format d’inventaire de cycle de vie (ICV) d’ecoinvent v3.3 a été utilisé dans cette ACV : tous les flux élémentaires inclus dans cette version de la base de données ont été pris en compte. Aucun autre flux élémentaire n’a été ajouté.

5.6. Règles d’allocation pour le recyclage

5.6.1. Recyclage en boucle ouverte (0:100)

Les bénéfices du recyclage sont considérés pour la bouteille en verre, le bouchon en métal et le carton des emballages secondaires et tertiaires, en analysant les différences entre notre système sans recyclage et notre système avec recyclage, puis en répartissant ce différentiel entre les systèmes amont (100 % vierge) et aval (production de matière recyclée).

⁶ Ordures Ménagères Résiduelles



L'approche utilisée est issue des principes généraux pour l'affichage environnemental des produits de grande consommation [ADEME16] en considérant une allocation des bénéfices à la fin de vie (0:100). Tous les impacts (positifs et négatifs) liés au recyclage sont attribués au produit qui est recyclé en fin de vie. L'allocation des bénéfices en fin de vie correspond à la situation où la matière première n'a pas de problème de débouché, et donc que l'ensemble du volume des matières est intégré dans la production de nouveaux produits. Cette approche valorise la mise à disposition de matière recyclée en fin de vie mais pas l'utilisation de matière secondaire lors de la production. La production est considérée comme une production de matière vierge pour ne pas conduire à des doubles-comptages.

La formule ci-dessous présente le calcul de l'impact du recyclage en boucle ouverte (0:100) pour le verre, l'acier, l'aluminium et le carton (la formule complète est en annexe XV.1) :

$$EM = EV + R2 * (ER - \rho * \sigma * EV') + (1-R2) * (I * Ei + (1-I) * Ed)$$

- EM : Impacts à la production et à la fin de vie de la matière contenue dans le matériau
- EV : Impacts de production de la matière vierge
- R2 : Taux de recyclage du matériau considéré
- ER : Impact de recyclage de la matière recyclée au stade fin de vie (= impact de collecte, tri, transport et transformation de la matière récupérée en fin de vie)
- ρ : Rendement du procédé de recyclage
- σ : Taux de substitution (quantité de matière vierge évitée / quantité de matière recyclée)
- EV' : Inventaire de production de la matière vierge substituée (ici EV=EV')
- I : Taux national d'incinération des ordures ménagères
- Ei : Impacts liés à la collecte des déchets incinérés et impacts liés à l'incinération du matériau
- Ed : Impacts liés à la collecte des déchets mis en décharge + impacts liés à la mise en décharge

Concernant les emballages secondaires et tertiaires, la prise en compte des bénéfices du recyclage (en boucle ouverte) a été jugée importante et donc effectuée **pour le matériau carton** dans la mesure où le taux de recyclage du carton en emballage industriel est quasiment de 100 % (voir Tableau 31). A noter que la valorisation énergétique du carton n'a pas été considérée, à nouveau dans la mesure où le taux de recyclage est proche de 100 %. Pour les autres matériaux des emballages secondaires ou tertiaires, les bénéfices du recyclage et de la valorisation énergétique n'ont pas été pris en compte (voir § suivant).

5.6.2. Méthode des stocks

La méthode des stocks (méthode « cut-off » en anglais) a été retenue pour attribuer les impacts du recyclage des emballages secondaires et tertiaires (hors matériau carton) en fin de vie. Cette approche implique les éléments suivants :

- Les impacts associés à l'extraction de matière vierge sont entièrement attribués au produit en faisant l'utilisation ;
- Les impacts associés au processus de recyclage sont attribués au produit qui utilise la matière recyclée ;
- Les impacts associés à la collecte de la matière recyclable vers le recycleur sont attribués à la phase de collecte des déchets c'est-à-dire en aval du cycle de vie de la bouteille ;
- Aucun bénéfice lié à la valorisation matière ou énergie (évitement de production de matière vierge en raison du recyclage ou évitement de production d'énergie en raison de la valorisation énergétique) n'est alloué, que ce soit au cycle de vie amont ou au cycle de vie aval.

Cette approche a été considérée puisque ces éléments d'emballages ont une contribution environnementale de deuxième ordre (au maximum entre 5 et 10 % selon les indicateurs).



6. Critères de coupure

En dehors des exclusions listées dans la section 5.4, aucun critère de coupure (qu'il s'agisse de critère défini selon la masse, le coût, ou le poids environnemental) n'est utilisé dans cette étude.

7. Interprétation

7.1. Interprétation des impacts environnementaux potentiels des systèmes sélectionnés

Comme évoqué précédemment, les objectifs de l'étude sont de mieux comprendre les impacts environnementaux potentiels du système avec consigne et de le comparer avec le système sans réutilisation.

En conséquence, les résultats sont segmentés par étape et sous-étape du cycle de vie, jusqu'à un niveau permettant d'identifier les principaux contributeurs pour chaque catégorie d'impact. De plus, les résultats d'impacts sont reliés aux résultats d'inventaire, ce afin de comprendre précisément quelles sont les sources des impacts. Enfin, les impacts des deux systèmes sont comparés entre eux et l'origine des écarts est analysée.

8. Catégories d'impacts et indicateurs environnementaux retenus

8.1. Indicateurs d'impact (« mid-point ») retenus

Les catégories d'impact prises en compte dans l'étude doivent couvrir l'ensemble des enjeux environnementaux du cycle de vie des systèmes considérés. Dans le cadre de cette étude, une sélection de catégories et indicateurs d'impact a été proposée, complétée puis validée par le COTECH. Deloitte ainsi que les experts et parties prenantes du COTECH jugent la sélection proposée ci-dessous suffisante pour appréhender les enjeux environnementaux des systèmes analysés.

Par ailleurs, le choix de retenir des catégories d'impact (« mid-point ») permet d'assurer un meilleur niveau de robustesse par rapport aux catégories de dommage (« end-point »), qui nécessitent un niveau de modélisation supplémentaire, et qui sont donc moins robustes.

Concernant les méthodes de caractérisation permettant d'évaluer les impacts retenus, le JRC-IES (Joint Research Center, Institute for Environment and Sustainability) de la Commission Européenne a publié en 2011 une analyse approfondie des méthodes de caractérisation disponibles à l'heure actuelle pour chaque catégorie d'impact (approche dite « mid-point ») et de dommage (approche dite « end-point »), analyse ayant débouché sur la recommandation, pour chaque catégorie d'impact, de la méthode de caractérisation la plus aboutie pour une utilisation dans un contexte européen, assortie d'un niveau de recommandation : I, II, III ou interim. Les niveaux de recommandation sont décrits dans le tableau ci-dessous.



Tableau 9 : Niveau de recommandation de l'ILCD

| Niveau | Signification |
|----------------|--|
| I | Méthode recommandée et satisfaisante |
| II | Méthode recommandée, mais nécessitant des améliorations |
| III | Méthode recommandée, mais devant être utilisée avec précaution |
| Interim | Méthode la plus prometteuse, mais encore trop peu mature pour être recommandée |

Le JRC est reconnu internationalement pour son expertise en ACV et ses travaux font référence au sein de la communauté ACV. On peut considérer que les recommandations du JRC correspondent à l'état de l'art mondial en termes de méthodes de caractérisation en ACV pour l'évaluation de systèmes dans un contexte européen. Par ailleurs, les méthodes de caractérisation ont été reprises dans le guide de l'initiative PEF-OEF [PEF16] et sont testées dans le cadre de l'expérimentation européenne.

Le Tableau 10 récapitule les catégories d'impact considérées, les méthodes de caractérisation utilisées (recommandées par le JRC), l'unité de chaque indicateur ainsi que le niveau de recommandation associé à chaque méthode.

Tableau 10 : Catégories d'impact et méthodes de caractérisation considérées

| Catégorie d'impact | Indicateur d'impact | Unité | Méthode de caractérisation | Niveau de recommandation du JRC |
|---|--|------------------------|---|---------------------------------|
| Changement climatique | Potentiel de réchauffement global | kg éq. CO ₂ | IPCC 2013 (AR5), modèle de base sur 100 ans | I |
| Émissions de particules | Troubles respiratoires dus à l'inhalation de particules inorganiques | kg éq. PM2.5 | Humbert et al. model (Rabl and Spadaro, 2004) et (Greco et al., 2007) | I |
| Acidification | Potentiel d'acidification | mole H+ émis | Accumulated Exceedance | II |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | Potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | ReCiPe 2008 | II |
| Eutrophisation aquatique marine | Potentiel d'eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | ReCiPe 2008 | II |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | Potentiel de déplétion des ressources abiotiques | kg éq. Sb | CML 2002, avec les facteurs "reserve base" de (Van Oers et al., 2002) | II |



| Catégorie d'impact | Indicateur d'impact | Unité | Méthode de caractérisation | Niveau de recommandation du JRC |
|--|--|--------------------|---|---------------------------------|
| Déplétion des ressources en eau | Potentiel de déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | AWARE (Available Water Remaining) 2016 (Boulay, 2016) | II |

8.2. Indicateur de flux retenu

Pour compléter le jeu d'indicateurs d'impact présenté précédemment, et compte tenu des enjeux de consommation d'énergie non renouvelable (notamment pour la production du verre, mais également pour le transport des emballages) la consommation d'énergie primaire non renouvelable a également été retenue en accord avec le COTECH. Il s'agit de l'indicateur de flux de demande cumulée en énergie (« cumulative energy demand » en anglais), en ne considérant que les flux élémentaires correspondant à la consommation d'énergie non renouvelable, exprimés en MJ.

Notons que l'indicateur de demande cumulée en énergie fournit un éclairage complémentaire du résultat pour l'indicateur de déplétion des ressources abiotiques, dans la mesure où il fait un focus sur les ressources énergétiques.

8.3. Analyses de sensibilité

6 analyses de sensibilité ont été menées sur quelques paramètres-clés du modèle. Chaque analyse a été menée sur un dispositif de consigne particulier, sélectionné en raison de sa configuration spécifique (par exemple lavage externalisé, i.e. réalisé sur un autre site que le site de conditionnement) ou de ses résultats (par exemple non significativité d'un écart entre systèmes avec et sans consigne).

8.3.1. METEOR

Une analyse de sensibilité a été effectuée sur le nombre d'utilisations d'une bouteille pour le système avec consigne, permettant d'évaluer le nombre d'utilisations minimal à partir duquel le système avec consigne est plus vertueux sur le plan environnemental que le système sans consigne.

Une 2^{ème} analyse de sensibilité a été réalisée sur l'utilisation de l'ICV de production du verre de la FEVE (Federation of glass packaging and glass tableware makers), permettant d'évaluer si l'utilisation d'une autre source de donnée, plus récente, a une influence significative sur les résultats individuels des systèmes avec et sans consigne et des résultats comparés.

8.3.2. Coat Albret

Une analyse de sensibilité a été effectuée sur la consommation d'eau au lavage pour le système avec consigne, permettant d'estimer l'influence de ce paramètre sur les résultats d'impact du système avec consigne.

Une 2^{ème} analyse de sensibilité a été réalisée conjointement sur deux paramètres-clés du modèle, i.e. le taux de renouvellement (directement corrélé au nombre d'utilisations de la bouteille) et la distance de transport entre le site de conditionnement et le magasin, afin de déterminer dans quelles plages de nombre d'utilisations et de distance conditionnement-magasin le système avec consigne est plus performant que le système sans consigne.



8.3.3. J'aime Mes Bouteilles

Une analyse de sensibilité a été réalisée conjointement sur le taux de renouvellement de la bouteille et la distance de transport entre le magasin (où l'emballage est déconsigné) et le site de lavage et entre le site de lavage et le site de conditionnement (ces deux distances étant prises égales par hypothèse), l'objectif étant de déterminer dans quelles plages de nombre d'utilisations et de distance magasin-lavage et lavage-conditionnement le système avec consigne est plus performant que le système sans consigne.

8.3.4. Bout' à Bout'

Une analyse de sensibilité a été effectuée sur la masse de la bouteille en verre pour le système sans consigne, afin de se placer dans une situation similaire à METEOR, où la bouteille non consignée est supposée plus légère, et d'estimer l'influence de ce paramètre sur les résultats et conclusions de ce cas d'étude.

8.3.5. Jean Bouteille

Une analyse de sensibilité a été réalisée sur le nombre d'utilisations de la bouteille dans le cas avec consigne, afin de tenir compte de la réutilisation par le consommateur de la bouteille avant déconsignation, et de déterminer l'influence du comportement consommateur sur les résultats.

9. Exigences relatives aux données

Étant donné l'objectif de l'étude et comme mentionné dans l'ILCD handbook [ILCD10], des données spécifiques doivent être utilisées pour les procédés d'avant-plan (i.e. procédés spécifiques aux systèmes considérés) et des données moyennées pour les procédés d'arrière-plan (par exemple procédés de production d'électricité ou de production des matériaux de base).

La spécificité de cette étude est que son objectif est d'établir un bilan environnemental comparatif du système avec et sans consigne.

10. Exigences relatives à la qualité des données

Sur l'ensemble des critères qui seront définis ultérieurement (IV.4.2), les données brutes et les données d'inventaire doivent avoir un niveau satisfaisant.

11. Type de revue critique

Les résultats de cette étude pouvant servir de base à des affirmations comparatives destinées à être divulguées au public, l'étude a fait l'objet d'une revue critique par un panel d'experts indépendants : les détails de la revue critique sont fournis au chapitre **XIII** du rapport.

12. Type et format du rapport requis pour l'étude

Le présent rapport suit les exigences de la norme ISO 14044 et les principales recommandations de l'ILCD handbook concernant le reporting : ce rapport doit présenter les données, hypothèses, méthodes de calcul, résultats et leurs interprétations de manière totalement exhaustive et transparente, comme requis par la tenue d'une revue critique, mais également pour assurer une totale reproductibilité des résultats d'ACV.

Cette version du rapport est confidentielle.



IV. Inventaire du cycle de vie : aspects transversaux

1. Méthode de recueil des données

Les données nécessaires à l'évaluation de l'inventaire de cycle de vie sont de deux types : données brutes (ou données d'activité) et données d'inventaire. La méthode de recueil des données est présentée pour chacun de ces types de données.

1.1. Collecte des données brutes

La collecte des données brutes pour les systèmes avec et sans consigne s'est effectuée via un questionnaire-type détaillé auprès des 7 porteurs de projet. Ce questionnaire permet de collecter les données environnementales (qui nous intéressent ici), économiques et sociales (hors périmètre de l'étude d'ACV dont le présent document est le rapport). Ce rapport ne traitant que des données nécessaires à l'évaluation environnementale, les données collectées spécifiquement pour les évaluations économiques et sociales ne sont pas explicitées.

Le périmètre de ce questionnaire comprend :

- Les principaux paramètres du système (format des bouteilles évaluées, couleur de la bouteille, période temporelle des données, par exemple la période d'évaluation des données sur l'année 2016) ;
- Les données relatives aux caractéristiques et à l'évolution du parc de bouteilles utilisées dans le dispositif (vente de bouteilles réutilisables, nombre de bouteilles retournées en « BtoC », taille du parc de bouteilles, etc.) ;
- Les données techniques sur les emballages primaires (i.e. l'emballage en verre consigné, qui est l'objet principal de l'étude), secondaires et tertiaires des systèmes avec et sans consigne (masse, type de matériau, type de transport, distance de transport, retour à vide, nombre de rotations des emballages secondaires et tertiaires, etc.) ;
- Les données relatives aux procédés mobilisés pour la collecte des bouteilles vides rapportées par les consommateurs (pour les machines de déconsignation automatique, les données concernent la consommation d'électricité et la consommation de papier) ;
- Les données relatives au transport entre les points de collecte et le lieu de lavage (logistique inverse, type de transport, distance) ;
- Les données relatives aux procédés mobilisés pour le lavage des bouteilles avant réutilisation (consommation d'énergie, de gaz, d'eau de la laveuse, ainsi que les produits chimiques utilisés).

Lorsqu'une première version du questionnaire a été remplie par le porteur de projet, les données ont été vérifiées par Deloitte. Les contrôles effectués ont porté notamment sur : la complétude des données, leur cohérence et l'adéquation de leur niveau de précision. Ces procédures de validation des données sont détaillées au IV.4.

Sur cette base, des précisions ont été apportées par des entretiens téléphoniques avec les porteurs de projet ou une collecte complémentaire de données a été mise en œuvre.

1.2. Collecte des données d'inventaire

Les données d'inventaire de cycle de vie utilisées pour calculer les impacts environnementaux potentiels des systèmes sont extraites de la base de données ecoinvent v.3.3 et dans certains cas adaptés au contexte spécifique de l'étude : des adaptations ont été réalisées sur certains inventaires et sont décrites dans les paragraphes ci-dessous.



2. Description qualitative et quantitative des processus élémentaires

2.1. Données et hypothèses sur les phases de transport

2.1.1. Evaluation de la consommation de carburant pour toutes les phases de transport routier

La modélisation des étapes de transport a été effectuée grâce à l'utilisation de la formule issue du bilan carbone de l'ADEME [ADEME10]. Cette formule permet de spécifier la consommation de carburant d'un camion, en fonction de son taux de chargement et de la distance parcourue.

La première étape du calcul est de déterminer la consommation à vide d'un camion avec la formule suivante :

$$E_{pv} = E_v \div [1 + (a - 1) * (1 - T_{dv}) * T_{rm}]$$

- E_{pv} : Consommation de carburant pour un camion à vide (l/100 km)
- E_v ⁷ : Consommation moyenne de carburant (l/100 km)
- a : Coefficient de variation de la consommation en fonction de la charge. Il est égal à 1,44 pour les PTAC supérieurs à 3,5 tonnes
- T_{dv} : Taux de distance à vide (fraction du parcours considéré qui est effectué à vide)
- T_{rm} : Taux de remplissage moyen sur la partie du trajet qui est fait en charge. Ce taux est égal à la charge moyenne transportée sur la charge utile maximale

Grâce aux données du ministère [MEDDE18] sur la charge, la consommation moyenne de carburant et le taux de distance à vide, la consommation à vide du camion peut être calculée pour différents types de PTAC :

Tableau 11 : Données-clés issues du guide méthodologique, relatives aux camions de transport routier [MEDDE18]

| PTAC (tonnes) | Charge utile moyenne (tonnes) | Conso en charge réelle moyenne (l/100 km) | Charge réelle maximale (tonnes) | Taux de distance à vide |
|--------------------|-------------------------------|---|---------------------------------|-------------------------|
| <1,5 | 0,46 | 16 | 1,05 | 20 % |
| 3,5 à 7,5 | 0,9 | 22 | 2,96 | 20 % |
| 11 à 19 | 2,5 | 27 | 10,08 | 20 % |
| 21,1 à 32,6 | 6 | 30,5 | 11,9090 | 20 % |
| Tracteurs routiers | 12,55 | 34,2 | 24,8080 | 20 % |

Une fois la consommation de carburant à vide calculée, on calcule la consommation de carburant à pleine charge par la formule suivante :

$$E_{pc} = a * E_{pv} \text{ avec } a = 1,44 \text{ pour un PTAC } > 1,5t \text{ et } a = 1 \text{ pour un PTAC } < 1,5t$$

- E_{pc} : Consommation de carburant pour un camion à pleine charge (l/km)

⁷ La consommation moyenne de carburant (L/km) peut être déterminée à partir du taux de distance à vide et du taux de chargement par la formule suivante : $E_v = E_{pv} + (E_{pc} - E_{pv}) * T_{rm} + E_{pv} * (T_{dv} / (1 - T_{dv}))$



Pour un camion entre 21,1 et 32,6 tonnes, $Ev_v = 2121$ l/100 km et $Ev_{pc} = 30,22$ l/100 km. Pour un camion de type « tracteur routier », $Ev_v = 23,55$ l/100 km et $Ev_{pc} = 33,9$ l/100 km. Pour un camion entre 11 et 19 tonnes, $Ev_v = 20,4$ l/100km et $Ev_{pc} = 29,4$ l/100km.

Les émissions de CO₂ provenant de la combustion du carburant ont également été adaptées aux nouvelles consommations de carburant.

2.1.2. Modélisation du parc roulant français

Le parc roulant français est modélisé sur la base des données de l'IFSTAR [IFS16] avec les normes EURO III, EURO IV, EURO V et EURO VI. Par exemple, pour le cas des 16-32 tonnes, les modules ecoinvent utilisés pour le transport sont « Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO X {RER}| transport freight, lorry 16-32 metric ton, EURO X | Alloc Rec, U » par type d'EURO. Ces modules sont adaptés grâce à la consommation de carburant issue du guide méthodologique « informations GES des prestations de transports », dans les différentes étapes du cycle de vie. Le Tableau 12 présente la répartition des camions EURO pour le parc français roulant :

Tableau 12 : Répartition du parc roulant français en 2015

| Type de camion considéré | Pourcentage en véhicule.km [IFS16] | Pourcentage en véhicule.km retenu dans cette étude |
|--------------------------|------------------------------------|--|
| EURO II | 1,5 % | 0 % |
| EURO III | 12,5 % | 14 % |
| EURO IV | 20 % | 20 % |
| EURO V | 60 % | 60 % |
| EURO VI | 6 % | 6 % |

Les données de l'IFSTAR mentionnent une proportion du parc roulant qui répond à une réglementation antérieure à EURO III (près de 1,5 % de camions en norme EURO II). Cette catégorie est assimilée à celle des véhicules EURO III.

Concernant les camions de type tracteur routier, les modules ecoinvent utilisés pour le transport sont « Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO {RER}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO | Alloc Rec, U » par type d'EURO.

Pour les camions légers, de 7,5 à 16 tonnes, les modules ecoinvent utilisés pour le transport sont : « Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO {RER}| transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO | Alloc Rec, U » par type d'EURO

Pour les camions légers, de 3,5 à 7,5 tonnes, les modules ecoinvent utilisés sont : « Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO {RER}| transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO | Alloc Rec, U » par type d'EURO

Les triporteurs et petits transporteurs sont modélisés par le module ecoinvent : « Transport, freight, light commercial vehicle {Europe without Switzerland}| processing | Alloc Rec, U »

Dans le cas d'utilisations de véhicules électriques, ces véhicules ont été modélisés par leur équivalent thermique. Cette hypothèse ne tient pas compte des différences d'impacts environnementaux entre ces deux types de véhicules.



En conclusion, la formule du guide méthodologique du ministère de la Transition écologique et solidaire et les données de l'IFSTTAR sont utilisées pour la modélisation des étapes de transport. Lorsque les données sont disponibles aux différentes étapes du cycle de vie, nous spécifions les taux de chargement du camion. Les modules ecoinvent sont exprimés en kilogramme de carburant consommé (en utilisant la densité du gasoil, de 0,84 kg/l, pour la conversion).

2.2. Données et hypothèses sur la production du verre vierge

La modélisation de la production de la bouteille en verre est un élément clé de la modélisation. Différents modules ecoinvent existent, avec différentes représentativités géographiques : CH (Suisse), DE (Allemagne), RER w/o CH+DE (Europe hors Suisse et Allemagne), RoW (« rest of the world »). Les résultats d'impacts des modules DE et CH sont comparables. Le module RoW n'est pas adapté pour cette étude. Nous avons donc fait le choix de repartir du module représentatif de la production allemande de verre vert « Packaging glass, green {DE}| production | Alloc Rec, U », qui contient 82,5 % de calcin et la production allemande de verre brun « Packaging glass, brown {DE}| production | Alloc Rec, U », qui contient 65,1 % de calcin.

Les adaptations suivantes ont été effectuées sur ces modules, afin de modéliser la production de verre vierge (c'est-à-dire avec un taux de calcin de 0 %) afin d'appliquer la formule 0:100 pour la prise en compte des bénéfices du recyclage en boucle ouverte d'après les principes généraux pour l'affichage environnemental des produits de grande consommation [ADEME16] :

- Le mix énergétique a été adapté pour tenir compte d'une production du verre en France (remplacement de l'ICV « Electricity, medium voltage {DE}| market for | Alloc Rec, U » par « Electricity, medium voltage {FR}| market for | Alloc Rec, U » et remplacement de l'ICV « Natural gas, high pressure {DE}| market for | Alloc Rec, U » par « Natural gas, high pressure {FR}| market for | Alloc Rec, U »). En effet, il a été supposé que pour l'ensemble des porteurs de projet, les verriers alimentant les dispositifs étaient situés en France.
- La quantité de matières premières a été revue, afin d'avoir une composition représentative d'un verre vierge avec un taux de calcin de 0 %. En effet, 1 tonne de verre recyclé remplace 1,2 tonne de matières premières nécessaires à la fabrication du verre vierge⁸. Le Tableau 13 présente les modules ecoinvent constituant les entrants matière du module « Packaging glass, green {DE}| production | Alloc Rec, U » et les adaptations réalisées :

⁸http://www.verre-avenir.fr/var/plain_site/storage/original/application/ec6c5ecd3de096b5f90f9cfc9e8b87bf5.pdf



Tableau 13 : Adaptation des quantités de matières premières du module ecoinvent de production du verre à 0 % de calcin pour le verre vert

| Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U | Masse (modèle ecoinvent non adapté) (kg) | Pourcentage avec calcin | Pourcentage sans calcin | Masse (calculé pour 0 % de calcin) (kg) |
|---|--|-------------------------|-------------------------|---|
| Silica sand {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0987 | 9,6 % | 55 % | 0,6576 |
| Glass cullet, sorted {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,848 | 82,5 % | 0 % | 0 |
| Lime {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0199 | 1,9 % | 11 % | 0,1326 |
| Soda ash, light, crystalline, heptahydrate {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0305 | 3,0 % | 17 % | 0,2032 |
| Dolomite {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0144 | 1,4 % | 8 % | 0,0959 |
| Feldspar {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0162 | 1,6 % | 9 % | 0,1079 |
| Total (%) | | 100 % | 100 % | |
| Total hors calcin | | 17,5 % | 100 % | 1,2 |

Tableau 14 : Adaptation des quantités de matières premières du module ecoinvent de production du verre à 0 % de calcin pour le verre brun

| Packaging glass, brown, {DE} production Alloc Rec, U | Masse (modèle ecoinvent non adapté) (kg) | Pourcentage avec calcin | Pourcentage sans calcin | Masse (calculé pour 0 % de calcin) (kg) |
|---|--|-------------------------|-------------------------|---|
| Silica sand {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,195 | 18,4 % | 53 % | 0,6313 |
| Glass cullet, sorted {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,689 | 65,1 % | 0 % | 0 |
| Lime {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0402 | 3,8 % | 11 % | 0,1302 |
| Soda ash, light, crystalline, heptahydrate {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0607 | 5,7 % | 16 % | 0,1965 |
| Dolomite {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0362 | 3,4 % | 10 % | 0,1172 |
| Feldspar {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0374 | 3,5 % | 10 % | 0,1211 |
| Total (%) | | 100,0 % | 100 % | |
| Total hors calcin(%) | | 34,9 % | 100 % | 1,2 |



- Les émissions directes « CO₂, SO_x et poussières », la consommation d'énergie, la consommation en équivalent fuel et la quantité des matières ont été également adaptées et comme l'illustrent les données issues de [VERRE08] reportées dans le tableau ci-dessous, les données énergétiques et environnementales relatives à la fusion du verre avec et sans calcin évoluent.

Tableau 15 : Présentation des données pour le verre à 0 % et 60 % de calcin

| Type de données | Quantité pour 1 000 kg de verre élaboré avec 0 % de calcin | Quantité pour 1 000 kg de verre élaboré avec 60 % de calcin |
|------------------------------------|--|---|
| Consommation énergétique | 1 200 kWh | 1 020 kWh |
| Consommation en équivalent fuel | 105 kg | 89 kg |
| Emissions de CO ₂ total | 510 kg | 357 kg |
| Emissions de poussières | 0,3 kg | 0,27 kg |
| Emissions de SO _x | 4,0 kg | 3,6 kg |

Il est émis l'hypothèse que ces données évoluent linéairement avec le pourcentage de calcin. Ainsi, le Tableau 16 et le Tableau 17 présentent l'adaptation des modules ecoinvent « Packaging glass, green {DE}| production | Alloc Rec, U » et « Packaging glass, brown {DE}| production | Alloc Rec, U » pour les modules et flux suivants :

Tableau 16 : Adaptation des données pour la production du verre vierge vert

| Type de modules ou flux | Quantité (modèle ecoinvent non adapté) pour 82,5 % de calcin | Quantité (modèle ecoinvent adapté) pour 0 % de calcin |
|--|--|---|
| Electricity, medium voltage {FR} market for Alloc Rec, U | 0,159 (kWh/kg) | 0,192 (kWh/kg) |
| Natural gas, high pressure {FR} market for Alloc Rec, U | 0,064 (m ³ /kg) | 0,077 (m ³ /kg) |
| Diesel {Europe without Switzerland} market for Alloc Rec, U | 0,00177 (kg/kg) | 0,00214 (kg/kg) |
| Heavy fuel oil {Europe without Switzerland} market for Alloc Rec, U | 0,064 (kg/kg) | 0,0775 (kg/kg) |
| Flux : Carbon dioxide, fossil | 0,2386 (kg/kg) | 0,33708 (kg/kg) |
| Flux : Sulfur dioxide | 0,00070 (kg/kg) | 0,00080 (kg/kg) |
| Flux : Particulates, > 10 um | 7,78E-06 (kg/kg) | 8,85E-06 (kg/kg) |



Tableau 17 - Adaptation des données pour la production du verre vierge brun

| Type de modules ou flux | Quantité (modèle ecoinvent non adapté) pour 65,1 % de calcin | Quantité (modèle ecoinvent adapté) pour 0 % de calcin |
|--|--|---|
| Electricity, medium voltage {FR} market for Alloc Rec, U | 0,159 (kWh/kg) | 0,185 (kWh/kg) |
| Natural gas, high pressure {FR} market for Alloc Rec, U | 0,064 (m ³ /kg) | 0,085 (m ³ /kg) |
| Diesel {Europe without Switzerland} market for Alloc Rec, U | 0,00177 (kg/kg) | 0,00168 (kg/kg) |
| Heavy fuel oil {Europe without Switzerland} market for Alloc Rec, U | 0,064 (kg/kg) | 0,0272 (kg/kg) |
| Flux : Carbon dioxide, fossil | 0,2386 (kg/kg) | 0,33703 (kg/kg) |
| Flux : Sulfur dioxide | 0,00070 (kg/kg) | 0,00081 (kg/kg) |
| Flux : Particulates, > 10 um | 7,78E-06 (kg/kg) | 8,97E-06 (kg/kg) |

La fin de vie du verre et la modélisation de la production de la matière recyclée (100 % de calcin) sont décrites au paragraphe suivant.

2.3. Données et hypothèses sur la production du verre recyclé

La modélisation de la fin de vie du verre se base sur la formule issue des principes généraux pour l’affichage environnemental des produits de grande consommation [ADEME16]. Pour cela, nous reprenons la même méthodologie que pour la production d’un inventaire à 0 % de calcin, en adaptant le module ecoinvent « Packaging glass, green {DE}| production | Alloc Rec, U » et « Packaging glass, brown {DE}| production | Alloc Rec, U », afin d’avoir 100 % de calcin :

- Le mix énergétique a été adapté pour tenir compte d’une fin de vie du verre en France (remplacement de l’ICV « Electricity, medium voltage {DE}| market for | Alloc Rec, U » par « Electricity, medium voltage {FR}| market for | Alloc Rec, U » et remplacement de l’ICV « Natural gas, high pressure {DE}| market for | Alloc Rec, U » par « Natural gas, high pressure {FR}| market for | Alloc Rec, U »).
- La quantité de matières premières a été revue, afin d’avoir une composition représentative d’un verre recyclé avec un taux de calcin de 100 %. Cela signifie que le module contenant le calcin « Glass cullet, sorted {GLO}| market for | Alloc Rec, U » représente 100 % des matières premières du module ecoinvent. Le Tableau 18 et le Tableau 19 présentent les adaptations effectuées pour le verre vert et le verre brun :



Tableau 18 : Adaptation des quantités de matières premières du module ecoinvent de production du verre vert à 100 % de calcin pour le verre vert

| Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U | Masse (modèle ecoinvent non adapté) (kg) | Pourcentage avec calcin | Pourcentage à 100 % de calcin | Masse (calculé pour 100 % de calcin) (kg) |
|---|--|-------------------------|-------------------------------|---|
| Silica sand {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0987 | 9,6 % | 0 % | 0 |
| Glass cullet, sorted {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,848 | 82,5 % | 100 % | 1,0277 |
| Lime {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0199 | 1,9 % | 0 % | 0 |
| Soda ash, light, crystalline, heptahydrate {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0305 | 3,0 % | 0 % | 0 |
| Dolomite {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0144 | 1,4 % | 0 % | 0 |
| Feldspar {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0162 | 1,6 % | 0 % | 0 |

Tableau 19 : Adaptation des quantités de matières premières du module ecoinvent de production du verre brun à 100 % de calcin pour le verre brun

| Packaging glass, brown {DE} production Alloc Rec, U | Masse (modèle ecoinvent non adapté) (kg) | Pourcentage avec calcin | Pourcentage à 100 % de calcin | Masse (calculé pour 100 % de calcin) (kg) |
|---|--|-------------------------|-------------------------------|---|
| Silica sand {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,195 | 18,4 % | 0 % | 0 |
| Glass cullet, sorted {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,689 | 65,1 % | 100 % | 1,0585 |
| Lime {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0402 | 3,8 % | 0 % | 0 |
| Soda ash, light, crystalline, heptahydrate {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0607 | 5,7 % | 0 % | 0 |
| Dolomite {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0362 | 3,4 % | 0 % | 0 |
| Feldspar {GLO} market for Alloc Rec, U | 0,0374 | 3,5 % | 0 % | 0 |

- Les modules de transport du module « Glass cullet, sorted {GLO}| market for | Alloc Rec, U » lui-même inclus dans le module de packaging glass ont été supprimés. Avec la formule de la boucle ouverte 0:100 de l'étude [ADEME16], le recyclage est comptabilisé en aval désormais. Par ailleurs, le transport du centre de transfert vers le recycleur est pris en compte non pas en amont du cycle de vie mais en aval.



- Les émissions directes « CO₂, SO_x et poussières », la consommation d'énergie, la consommation en équivalent fuel et la quantité des matières ont été adaptées, selon la source [VERRE08].

Il est émis l'hypothèse que ces données évoluent linéairement avec le pourcentage de calcin. Ainsi, les tableaux suivants présentent l'adaptation des modules ecoinvent « Packaging glass, green {DE}| production | Alloc Rec, U » et « Packaging glass, brown {DE}| production | Alloc Rec, U » pour les modules et flux suivants (Tableau 20, Tableau 21) :

Tableau 20 : Adaptation des données pour la production du verre à 100 % de calcin de verre vert

| Type de modules ou flux | Quantité (modèle ecoinvent non adapté) pour 82,5 % de calcin | Quantité (modèle ecoinvent adapté) pour 100 % de calcin |
|--|--|---|
| Electricity, medium voltage {FR} market for Alloc Rec, U | 0,159 (kWh/kg) | 0,150 (kWh/kg) |
| Natural gas, high pressure {FR} market for Alloc Rec, U | 0,064 (m ³ /kg) | 0,06057 (m ³ /kg) |
| Diesel {Europe without Switzerland} market for Alloc Rec, U | 0,00177 (kg/kg) | 0,00167 (kg/kg) |
| Heavy fuel oil {Europe without Switzerland} market for Alloc Rec, U | 0,064 (kg/kg) | 0,0605 (kg/kg) |
| Flux : Carbon dioxide, fossil | 0,2386 (kg/kg) | 0,20311 (kg/kg) |
| Flux : Sulfur dioxide | 0,00070 (kg/kg) | 0,000679 (kg/kg) |
| Flux : Particulates, > 10 um | 7,78E-06 (kg/kg) | 7,52E-06 (kg/kg) |

Tableau 21 : Adaptation des données pour la production du verre à 100 % de calcin pour le verre brun

| Type de modules ou flux | Quantité (modèle ecoinvent non adapté) pour 65,1 % de calcin | Quantité (modèle ecoinvent adapté) pour 100 % de calcin |
|--|--|---|
| Electricity, medium voltage {FR} market for Alloc Rec, U | 0,159 (kWh/kg) | 0,142 (kWh/kg) |
| Natural gas, high pressure {FR} market for Alloc Rec, U | 0,064 (m ³ /kg) | 0,06566 (m ³ /kg) |
| Diesel {Europe without Switzerland} market for Alloc Rec, U | 0,00177 (kg/kg) | 0,00129 (kg/kg) |
| Heavy fuel oil {Europe without Switzerland} market for Alloc Rec, U | 0,064 (kg/kg) | 0,0208 (kg/kg) |
| Flux : Carbon dioxide, fossil | 0,2386 (kg/kg) | 0,21644 (kg/kg) |



| | | |
|--|------------------|------------------|
| Flux : Sulfur dioxide | 0,00070 (kg/kg) | 0,000682 (kg/kg) |
| Flux : Particulates, > 10 um | 7,78E-06 (kg/kg) | 7,56E-06 (kg/kg) |

2.4. Données et hypothèses sur la fabrication des emballages

2.4.1. Fabrication de l'emballage ménager

Différents types d'emballages ménagers (type de verre et de bouchons, etc.) sont utilisés selon les dispositifs. Le Tableau 22 présente les inventaires de cycle de vie utilisés pour la production des matériaux et leur mise en forme.

Tableau 22 : Type d'ICV utilisés pour la production de matériau de l'emballage ménager pour les deux systèmes

| Type de matériau | Module ecoinvent v3.3 |
|--------------------------------|---|
| Bouteille en verre vert | Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U <i>(module incluant déjà le procédé de mise en forme et adapté pour modéliser la production de verre 100 % vierge, conformément à la méthode 0:100 de prise en compte des bénéfices du recyclage en boucle ouverte, voir ci-dessus)</i> |
| Bouteille en verre brun | Packaging glass, brown {DE} production Alloc Rec, U <i>(module incluant déjà le procédé de mise en forme et adapté pour modéliser la production de verre 100 % vierge, conformément à la méthode 0:100 de prise en compte des bénéfices du recyclage en boucle ouverte, voir ci-dessus)</i> |
| Étiquette Papier | Paper, woodfree, coated {RER} paper production, woodfree, coated, at integrated mill Alloc Rec, U |
| Bouchon en acier | Steel, low-alloyed {RER} steel production, converter, low-alloyed Alloc Rec, U + Sheet rolling, steel {RER} processing Alloc Rec, U |
| Bouchon en aluminium | Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA} production Alloc Rec, U + Sheet rolling, aluminium {RER} processing Alloc Rec, U |
| Muselet en acier | Steel, low-alloyed {RER} steel production, converter, low-alloyed Alloc Rec, U + Sheet rolling, steel {RER} processing Alloc Rec, U |
| Bouchon en plastique | Polyethylene, high density, granulate {RER} production Alloc Rec, U + Injection moulding {RER} processing Alloc Rec, U |
| Colle | 55 % de « Ethylene vinyl acetate copolymer {RER} production Alloc Rec, U » + 45 % de « Water, deionised, from tap water, at user {CH} production Alloc Rec, U ». |



Concernant la production du bouchon en acier et en aluminium ainsi que le muselet en acier, le procédé de mise en forme est également pris en compte. Pour la colle, nous retenons la modélisation de [ECOEMB10] : la colle est assimilée à une colle à eau.

Concernant la production du bouchon en liège, le procédé de fabrication est modélisé sur la base des données d'activité de [COMPCORK07]. Le Tableau 23 récapitule les données et les ICV appliqués :

Tableau 23 : Données et ICV utilisés pour la production d'un kilogramme de bouchon en liège. Les données d'activité sont basées sur les données de [COMPCORK07]

| Type d'entrant | Données | Unité | Module ecoinvent v3.3 |
|---|---------|-------|---|
| Liège | 0,77 | Kg | Cork, raw {RER} cork forestry Alloc Rec, U |
| Consommable – Toluène diisocyanate | 0,22 | kg | Toluene diisocyanate {RER} production Alloc Rec, U |
| Consommable-Silicone | 0,005 | kg | Silicone product {RER} production Alloc Rec, U |
| Eau | 128,1 | kg | Tap water {FR} market for Alloc Rec, U |
| Electricité | 8,6 | kWh | Electricity, medium voltage {FR} market for Alloc Rec, U |

2.4.2. Fabrication des emballages secondaires et tertiaires

De même que pour l'emballage ménager, différents types d'emballage secondaires et tertiaires sont utilisés par les dispositifs pour transporter les bouteilles.

Le Tableau 24 présente les inventaires de cycle de vie utilisés⁹ pour la production des emballages secondaires et tertiaires des systèmes avec et sans consigne. Ces inventaires sont des inventaires de matériaux 100% vierges:

Tableau 24 : Type d'ICV utilisés pour la production des emballages secondaires et tertiaires

| Type de matériau | Type d'emballage | Module ecoinvent v3.3 |
|-------------------------|------------------|---|
| Boîte carton | Secondaire | Inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3, corrugated board, fresh fibre, single wall, at plant {RER} Alloc Rec, U |
| Caisse plastique | | Polyethylene, high density, granulate {RER} production Alloc Rec, U + Injection moulding {RER} processing Alloc Rec, U |
| Film PEBD | Tertiaire | Polyethylene, low density, granulate {RER} production Alloc Rec, U + Extrusion, plastic film {RER} production Alloc Rec, U |
| Palette bois | | EUR-flat pallet {RER} production Alloc Rec, U |

⁹ Le contenu en recyclé des emballages secondaires et tertiaires n'est pas connu.



| | | |
|-------------------------------|--|--|
| Palox en acier | | Steel, low-alloyed {RER} steel production, converter, low-alloyed Alloc Rec, U |
| Intercalaire en carton | | Inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3, corrugated board, fresh fibre, single wall, at plant {RER} Alloc Rec, U |

2.5. Données et hypothèses utilisées pour l'étape de collecte

Cette étape du cycle de vie couvre le transport de fin de vie de l'emballage ménager et le transport des emballages secondaires et tertiaires vers les sites de recyclage, d'incinération et d'enfouissement pour les systèmes avec et sans consigne.

2.5.1. Collecte des déchets ménagers pour les deux systèmes (scénario consommateur)

Ce scénario concerne les deux systèmes lorsque le consommateur dépose les bouteilles en verre dans le point d'apport volontaire ou dans le bac des ordures ménagères résiduelles (OMR). On considère que le comportement du consommateur qui ne rapporte pas sa bouteille en déconsignation reste identique que la bouteille soit consignée ou non. Or, il se peut que les consommateurs qui apportent leurs bouteilles à la déconsignation soient plutôt ceux qui avec un système sans consigne apporteraient leurs bouteilles au PàV, ce qui signifie inversement que le pourcentage de bouteilles envoyées en incinération et enfouissement parmi les bouteilles non déconsignées serait plus important dans le cas du système avec consigne. Ainsi la proportion de bouteilles en OMR (et donc envoyées en incinération ou enfouissement) serait potentiellement plus élevée que la valeur considérée dans cette étude.

Pour le recyclage des bouteilles en verre, il existe une collecte séparée des emballages qui comprend un transport du contenu du bac de verre vers le centre de transfert/de préparation du calcin (plateforme de préparation du verre) puis un transport vers le recycleur. Les distances utilisées sont des distances moyennes sur la France (non adaptées selon la localisation des dispositifs).

Pour l'incinération et l'enfouissement, il s'agit du circuit de collecte des ordures ménagères résiduelles (OMR), qui comprend uniquement un transport du bac des OMR vers les installations de traitement des ordures ménagères (ITOM).

Le transport des emballages du lieu de consommation vers les points de collecte (contenu du bac en verre ou bac OMR) n'est pas pris en compte.

Concernant les différents bouchons, ils se retrouvent dans un bac OMR. La part des bouchons métalliques (acier et aluminium) envoyée en incinération est considérée être recyclée après récupération dans les mâchefers d'incinération. Les métaux (acier et aluminium) dans les mâchefers sont envoyés chez le recycleur.

Le Tableau 25 présente les distances de transport considérées dans la présente étude :

Tableau 25 : Données sur les distances de collecte des emballages ménagers pour les deux systèmes

| Type de données | Données | Unité | Source ¹⁰ |
|---|---------|-------|----------------------|
| Distance de transport du contenu du bac des OMR vers les installations de traitement des ordures ménagères | 11,4 | km | [ADEME13] |

¹⁰ Les distances de transport de [ECOEMB15] correspondent à des distances moyennes par matériau



| Type de données | Données | Unité | Source ¹⁰ |
|---|---------|-------|---|
| Distance de transport du contenu du bac de verre vers le centre de transfert (plateforme de préparation) | 30 | km | Hypothèse Deloitte sur la distance de transport |
| Distance de transport de la sortie du centre de transfert à l'entrée du recycleur pour le verre | 229 | km | [ECOEMB15] |
| Distance de transport de la sortie du centre de tri (incinérateur) à l'entrée du recycleur pour l'acier | 300 | km | [ECOEMB15] |
| Distance de transport de la sortie du centre de tri (incinérateur) à l'entrée du recycleur pour l'aluminium | 306 | km | [ECOEMB15] |

Le Tableau 26 présente le chargement du camion du centre de transfert/tri vers le recycleur pour les différents matériaux de l'emballage ménager :

Tableau 26 : Données sur le chargement des camions lors du transport de l'emballage ménager entre le centre de transfert/tri et le recycleur pour les deux systèmes

| Type de matériau | Chargement (tonnes) | Taux de chargement | Source |
|------------------|---------------------|--------------------|---|
| Verre | 22,6 | 90 % | [ECOEMB15] et calcul pour le taux de chargement |
| Acier | 25,1 | 100 % | [ECOEMB15] et calcul pour le taux de chargement |
| Aluminium | 27,7 | 100 % | [ECOEMB15] et calcul pour le taux de chargement |

Le module ecoinvent utilisé pour modéliser le transport du contenu du bac des OMR vers les installations de traitement des ordures ménagères et du contenu du bac à verre/poubelle jaune vers le centre de transfert (plateforme de préparation) ou centre de tri est le module « Municipal waste collection service by 21 metric ton lorry {CH} processing | Alloc Rec, U ». Le transport en tracteur routier du centre de tri/transfert vers le recycleur est modélisé par le parc français roulant de camions (voir §2.1), avec les données ci-dessus. Le retour à vide par défaut est également considéré à cette étape entre le centre de tri/transfert et le recycleur.

2.5.2. Collecte des déchets sur le site de conditionnement (scénario brasseur)

Pour le système avec consigne, le brasseur met au rebut les bouteilles quand elles ne sont plus réutilisables, i.e. lorsqu'elles sont ébréchées ou abimées en arrivant au lavage.

La distance de transport pour le recyclage du verre depuis le site de lavage est supposée identique au scénario « consommateur » (c'est-à-dire 229 km de la sortie du conditionnement – considéré comme l'équivalent d'un centre de transfert - à l'entrée du recycleur), aucune information sur cette distance étant disponible.



En conclusion, pour le système avec consigne, il est nécessaire de considérer ces deux scénarios de fin de vie (consommateurs et brasseur) pour l’emballage en verre. Les taux moyens de traitement mentionnés au paragraphe IV.2.6 explicitent ces deux scénarios pour l’emballage en verre.

Concernant les étiquettes récupérées après le lavage, elles sont mises en déchèterie avec les déchets industriels banals et traitées dans les ITOM avec une distance de collecte de 100 km [ADEME13].

2.5.3. Collecte des déchets des emballages secondaires et tertiaires pour les deux systèmes

Pour les systèmes avec et sans consigne, la distance de collecte des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM est de 100 km [ADEME13].

Le Tableau 27 présente les distances de transport considérées dans la présente étude pour le recyclage des emballages secondaires et tertiaires :

Tableau 27 : Données sur les distances de collecte des emballages secondaires et tertiaires pour les deux systèmes

| Type de données | Données | Unité | Source |
|--|---------|-------|---|
| Distance de transport du conditionnement à l’entrée du recycleur pour le plastique | 348 | km | [ECOEMB15] |
| Distance de transport du conditionnement à l’entrée du recycleur pour le bois | 500 | km | Hypothèse Deloitte sur la distance de transport |
| Distance de transport du conditionnement à l’entrée du recycleur pour l’acier | 300 | Km | [ECOEMB15] |

Le Tableau 28 présente le chargement du camion du centre de tri pour le recycleur pour les différents matériaux des emballages secondaires et tertiaires :

Tableau 28 : Données sur le chargement des camions lors du transport des emballages secondaires et tertiaires entre le centre de tri et le recycleur pour les deux systèmes

| Type de matériau | Chargement (tonnes) | Taux de chargement | Source |
|------------------|---------------------|--------------------|---|
| Plastique | 16,2 | 65 % | [ECOEMB15] et calcul pour le taux de chargement |
| Papier-Carton | 25,3 | 100 % | [ECOEMB15] et calcul pour le taux de chargement |
| Acier | 25,1 | 100 % | [ECOEMB15] et calcul pour le taux de chargement |

Le module ecoinvent utilisé pour modéliser le transport des déchets industriels issus du site de conditionnement au centre de tri est le module « Municipal waste collection service by 21 metric ton lorry {CH}| processing | Alloc Rec, U ».



Le transport du centre de tri vers le recycleur est modélisé par le parc français roulant de camions (2.1), avec les données ci-dessus. Le retour à vide est également considéré à cette étape entre le centre de tri et le recycleur.

2.6. Données et hypothèses sur la fin de vie des emballages

L'étape du cycle de vie comprend le traitement de l'emballage ménager (dans la formule du 0:100 de la boucle ouverte, l'impact du recyclage est bien situé en aval, i.e. en fin de vie) et des emballages secondaires et tertiaires. Pour rappel, les bénéfices du recyclage sont pris en compte avec une allocation 0:100 en boucle ouverte via la formule issue du référentiel méthodologique [ADEME16] pour la bouteille en verre et l'acier dans les mâchefers. La méthode de « cut off » est employée, i.e. aucun bénéfice environnemental lié à la valorisation matière ou énergie n'est allouée, aux autres emballages notamment secondaires et tertiaires, sauf matériau carton.

2.6.1. Fin de vie de l'emballage ménager (scénario consommateur)

Pour les bouteilles consignées qui ne sont pas retournées par les consommateurs au magasin et pour les bouteilles non consignées qui sont jetées par les consommateurs, le taux de recyclage de la bouteille en verre est de 73,5 % [ECOEMB16].

Pour l'acier et l'aluminium, cela correspond à la part des bouchons et des muselets recyclés après récupération dans les mâchefers d'incinération.

Le Tableau 29 présente les modules et paramètres utilisés pour l'application de la boucle ouverte 0:100 pour le verre, l'acier et l'aluminium. Les taux de recyclage, d'incinération et enfouissement sont fournis par [ECOEMB16] ; ce sont des données récentes et propres à la France.

Tableau 29 : Description des modules et paramètres utilisés pour l'application de la formule en boucle ouverte 0:100 pour le verre, l'acier et l'aluminium

| Paramètres et modules utilisés | Verre | Acier | Aluminium |
|--------------------------------|--|--|--|
| ER | Adaptation du module ecoinvent « Packaging glass, green ou brown {DE} production Alloc Rec, U » à 100 % de calcin | Steel, low-alloyed {RER} steel production, electric, low-alloyed Alloc Rec, U | Aluminium scrap, post-consumer, prepared for melting {RER} treatment of aluminium scrap, post-consumer, by collecting, sorting, cleaning, pressing Alloc Rec, U |
| Ei | Waste glass {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Rec, U | Scrap steel {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Rec, U | Scrap aluminium {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Rec, U |
| Ed | Waste glass {CH} treatment of, inert material landfill Alloc Rec, U | Scrap steel {CH} treatment of, inert material landfill Alloc Rec, U | Waste aluminium {CH} treatment of, sanitary landfill Alloc Rec, U |
| R2 (taux de recyclage) | 73,5 % | 63,1 % | 28,5 % |



| | | | |
|--|--------|---------|--------|
| Taux d'incinération par matériau | 17,5 % | 24,35 % | 47,2 % |
| Taux d'enfouissement par matériau | 9,0 % | 12,55 % | 24,3 % |
| ρ | 97 % | 95 % | 96 % |
| σ | 100 % | 100 % | 100 % |

Pour les taux de substitution et de rendement, ce sont des hypothèses Deloitte, excepté pour ρ de l'acier (Données relatives au Scrap - World Steel Association – 2011). Le scénario de fin de vie de l'étiquette papier correspond à son élimination lors du procédé de recyclage de verre.

Le bouchon en liège est envoyé à l'enfouissement (34 %) et à l'incinération (66 %). Ces taux sont fondés sur les pourcentages de [ECOEMB16] pour les ordures ménagères, tel que présentés dans le Tableau 30. Les ICV utilisés pour la fin de vie du bouchon en liège sont « Municipal solid waste {FR}| treatment of, sanitary landfill | Alloc Rec, U » et « Municipal solid waste {FR}| treatment of, incineration | Alloc Rec, U » pour l'enfouissement et l'incinération respectivement.

L'étiquette est envoyée aux ordures ménagères, à l'enfouissement (34 %) ou à l'incinération (66 %), d'après les pourcentages de [ECOEMB16], directement après le lavage. Les ICV utilisés pour la fin de vie de l'étiquette sont « Waste paperboard {CH}| treatment of, sanitary landfill | Alloc Rec, U » et « Waste paperboard {CH}| treatment of, municipal incineration | Alloc Rec, U » pour l'enfouissement et l'incinération respectivement.

Tableau 30: Taux de fin de vie des ordures ménagères

| | Incinération | Enfouissement | Source |
|---|---------------------|----------------------|---------------|
| Taux de fin de vie des ordures ménagères | 66 % | 34 % | [ECOEMB16] |

Pour l'ensemble de ces matériaux, aucune valorisation énergétique n'a été considérée.

2.6.2. Fin de vie des déchets sur le site de conditionnement (scénario brasseur)

Sur le site de conditionnement pour le système avec consigne, nous avons fait l'hypothèse que les bouteilles en verre refusées en arrivant au lavage étaient recyclées à 100 % (pour le scénario appelé « brasseur »).

Concernant les étiquettes papiers qui partent avec les autres DIB en déchèterie, elles sont « incinérées » et les données sont explicitées au Tableau 30.

2.6.3. Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires

Les emballages secondaires et tertiaires sont considérés comme des emballages industriels. Les consommateurs ne prennent pas ces emballages en magasin et ne les rapportent pas à leur domicile. En effet, les consommateurs viennent dans les magasins avec leur propre emballage pour transporter les bouteilles (d'après l'enquête consommateur menée en parallèle de cette étude [ADEME18]). De plus, les différents porteurs de projet nous ont indiqué que les bouteilles étaient bien achetées à l'unité.

Aucune valorisation énergétique n'a été considérée pour ces matériaux. Le Tableau 31 présente les taux de traitement en fin de vie par type de matériau pour les emballages secondaires et tertiaires, excepté le carton dont la fin de vie est traitée via la boucle ouverte 0:100 et dont les paramètres sont présentés plus loin.



Tableau 31 : Taux de traitement en fin de vie des matériaux des emballages secondaires et tertiaires pour les deux systèmes

| Type de matériau | Taux de recyclage | Taux d'incinération | Taux d'enfouissement | Source |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|----------------------|------------|
| Plastique (caisse réutilisable) | 25 % | 49,5 % | 25,5 % | [ECOEMB16] |
| Bois (palette réutilisable) | 28,6 % | 47,12 % | 24,28 % | [ECOEMB16] |
| Acier (palox réutilisable) | 35,5 % | 42,6 % | 21,9 % | [ECOEMB16] |

Tableau 32 : Type d'ICV utilisés pour le traitement en fin de vie des emballages secondaires et tertiaires pour les deux systèmes

| Type de fin de vie | Module ecoinvent v3.3 |
|--|--|
| Incinération et enfouissement du plastique | Waste polyethylene {CH} treatment of, sanitary landfill Alloc Rec, U + Waste polyethylene {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Rec, U |
| Incinération et enfouissement du bois | Waste wood, untreated {CH} treatment of, sanitary landfill Alloc Rec, U + Waste wood, untreated {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Rec, U |
| Incinération et enfouissement de l'acier | Scrap steel {CH} treatment of, inert material landfill Alloc Rec, U + Scrap steel {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Rec, U |

Pour le carton, les paramètres suivants sont appliqués (Tableau 33). Les taux de recyclage et d'incinération ainsi que tandis que le taux de substitution et le rendement sont fournis par [ECOEMB16].

Tableau 33 : Description des modules et paramètres utilisés pour l'application de la formule en boucle ouverte 0:100 pour le carton

| Paramètres et modules utilisés | Carton |
|--------------------------------|--|
| ER | Inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3, corrugated board, recycling fibre, single wall, at plant {RER} Alloc Rec, U |
| Ei | Waste paperboard {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Rec, U |
| Ed | Waste paperboard {CH} treatment of, sanitary landfill Alloc Rec, U |
| R2 (taux de recyclage) | 99,5 % |
| Taux d'incinération | 0,33 % |
| Taux d'enfouissement | 0,17 % |
| ρ | 95 % |
| σ | 85 % |



2.7. Données et hypothèses utilisées pour l'étape de consommation (spécifique au système avec réemploi/réutilisation)

Sur la modélisation de la phase de transport en voiture, il est émis l'hypothèse que 100 % des consommateurs se dirigent du domicile vers le site de distribution en voiture.

L'inventaire de cycle de vie utilisé pour le transport du consommateur est « Transport, passager car, EURO 5 {RER}| transport, passager car, EURO 5 | Alloc Rec, U ».

2.8. Données et hypothèses utilisées pour l'étape de déconsignation (spécifique au système avec réemploi/réutilisation)

Le Tableau 34 présente les modules ecoinvent utilisés pour les consommations d'énergie et de papier correspondant à l'étape de déconsignation lorsque celle-ci est automatique.

Tableau 34 : Type d'ICV utilisés pour la consommation d'énergie et de papier de la machine de déconsignation

| Type de données | Type de flux | Module ecoinvent v3.3 |
|---------------------------|--------------|--|
| Consommation d'énergie | Electricité | Electricity, medium voltage {FR} market for Alloc Rec, U |
| Consommation de matériaux | Papier | Paper, newsprint {RER} paper production, newsprint, virgin Alloc Rec, U |

Aucune donnée spécifique ne permet de déterminer le taux d'incorporation de recyclé dans le papier. On fait l'hypothèse que le papier est 100 % vierge. On constate a posteriori que la production de papier a une contribution faible dans le bilan environnemental total.

2.9. Données et hypothèses utilisées pour l'étape de lavage (spécifique au système avec réemploi/réutilisation)

Le Tableau 35 présente les modules ecoinvent utilisés pour ces consommations.

Tableau 35 : Type d'ICV utilisés pour la consommation d'énergie et d'eau de la laveuse

| Type de données | Type de flux | Module ecoinvent v3.3 |
|----------------------------------|--------------|---|
| Consommation d'énergie | Electricité | Electricity, medium voltage {FR} market for Alloc Rec, U |
| | Gaz naturel | Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler modulating <100kW Alloc Rec, U |
| | Fioul | Light fuel oil {RER} market group for Alloc Rec, U |
| Consommation d'eau | Eau | Tap water {Europe without Switzerland} market for Alloc Rec, U avec une adaptation sur le flux « Emissions to water » : remplacement de « Water, Europe without Switzerland » par « Water, FR » |
| Consommation de produit chimique | Soude à 30 % | 30 % de 'Sodium hydroxide, without water, in 50 % solution state {RER} chlor-alkali electrolysis, membrane cell Alloc Rec, U' et 70 % de 'Tap water {Europe without Switzerland} market for Alloc Rec, U' adapté avec le flux « Water, FR » |



Le traitement de l'eau usée est considéré via le module « Wastewater, average {CH}| treatment of, capacity 1E9l/year | Alloc Rec, U ». Concernant les étiquettes papier, elles partent avec les autres DIB en déchèterie après récupération dans la laveuse, afin d'être éliminées. Le Tableau 36 présente les modules utilisés pour tenir compte du traitement en fin de vie des étiquettes :

Tableau 36 : Type d'ICV utilisés pour le traitement en fin de vie des emballages primaires, secondaires et tertiaires pour les deux systèmes

| Type de fin de vie | Module ecoinvent v3.3 |
|--|---|
| Incinération et enfouissement du papier | Waste paperboard {CH} treatment of, sanitary landfill Alloc Rec, U + Waste paperboard {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Rec, U |

2.10. Récapitulatif des caractéristiques techniques des différents dispositifs

Le Tableau 37 récapitule les différentes caractéristiques techniques (type de verre, type d'emballage, etc.) spécifiées par des croix pour chaque porteur de projet :

Tableau 37 : Récapitulatif des caractéristiques techniques des différents dispositifs

| Porteur de projet | METEOR | Coat Albret | Tof & Co | Jean Bouteille | J'aime Mes Bouteilles | Bout' à Bout' | SIAVED |
|---------------------------------|--------|-------------|----------|----------------|-----------------------|---------------|--------|
| Emballage primaire | | | | | | | |
| Verre | | | | | | | |
| Vert | x | x | x | | x | x | x |
| Brun | | | | x | | | |
| Bouchon | | | | | | | |
| Acier | x | | | | | | |
| Aluminium | | | x | | | | |
| Liège | | x | | | x | | |
| Muselet en acier | | x | | | | | |
| Plastique polypropylène | | | | x | | | |
| Etiquette | x | x | x | x | x | x | x |
| Colle | x | x | x | x | x | x | |
| Emballage secondaire | | | | | | | |
| Carton | x | | x | x | x | | |
| Caisse plastique | x | x | | | | | x |
| Emballage tertiaire | | | | | | | |
| Film PEBD | x | | x | x | x | x | |
| Palette en bois | x | | x | x | x | x | x |
| Palox en acier | | | | | | x | |
| Intercalaire en carton | | | | | | x | |
| Lavage | | | | | | | |
| Sur le site de conditionnement | x | x | | x | | | |
| Hors du site de conditionnement | | | x | | x | x | x |



| Porteur de projet | METEOR | Coat Albret | Tof & Co | Jean Bouteille | J'aime Mes Bouteilles | Bout' à Bout' | SIAVED |
|--|--------|-------------|----------|----------------|-----------------------|---------------|--------|
| Présence d'un lieu de stockage | | | | | | x | |
| Consommation d'énergie pour le lavage | | | | | | | |
| Electricité | x | x | x | x | x | x | x |
| Gaz | x | | | | x | | x |
| Fioul | | x | | | | | |

Pour METEOR, sur le système sans consigne, il existe une différence sur les emballages secondaires et tertiaires par rapport au système avec consigne : il s'agit d'une boîte carton avec un film PEBD et une palette en bois.

3. Modes opératoires de calcul

3.1. Calcul de l'inventaire du cycle de vie et des indicateurs environnementaux

Les inventaires de cycle de vie et les indicateurs d'impact des systèmes étudiés ont été calculés à l'aide du logiciel SimaPro v8.5. Le jeu de méthodes de caractérisation utilisé dans SimaPro est le jeu « ILCD V1.09 », à l'exception du potentiel de réchauffement global (IPCC 2013) et du potentiel de déplétion des ressources en eau (méthode AWARE).

3.2. Evaluation de l'incertitude

Dans le cadre d'une ACV comparative, i.e. lorsque l'on compare les performances environnementales de deux systèmes, l'écart entre les résultats d'impact des deux systèmes est, comme les résultats d'impact de chaque système pris individuellement, entaché d'une incertitude.

L'évaluation de l'incertitude se fait typiquement par simulation Monte Carlo, en tenant compte de l'incertitude de chaque paramètre d'entrée (i.e. chaque donnée d'activité ou chaque valeur de flux élémentaire). En raison du grand nombre de systèmes analysés et des contraintes du projet, la méthode retenue pour évaluer si les écarts d'impact entre les deux systèmes comparés sont significatifs est la suivante :

1. D'abord, on estime l'incertitude caractérisant chaque résultat d'impact par système (i.e. par système avec/sans consigne). De manière générale, les résultats d'ACV sont caractérisés par une incertitude ayant deux sources :
 - a. Incertitude des données utilisées pour le calcul de l'inventaire de cycle de vie (ICV). Dans le cadre de cette étude, cette incertitude est estimée sur la base de l'expérience de Deloitte, adoptant l'incertitude communément observée sur chaque indicateur.
 - b. Incertitude des modèles de caractérisation utilisés pour calculer les impacts environnementaux potentiels à partir de l'ICV. A ce jour, aucune méthode ou donnée quantifiée n'est utilisable de manière opérationnelle pour le calcul de l'incertitude liée au modèle de caractérisation. Dans le cadre de cette étude, pour couvrir la 2^{ème} source d'incertitudes, on se fonde sur le niveau de robustesse des méthodes de caractérisation évalué par le JRC et précédemment décrit pour majorer l'incertitude liée aux données d'entrée.

L'incertitude finalement retenue pour chaque indicateur est indiquée dans le Tableau 38.



Tableau 38 : Incertitudes associées à chaque résultat d'impact par système

| Catégorie d'impact | Niveau d'incertitude |
|---|-----------------------------|
| Changement climatique | 20 % |
| Acidification | 20 % |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | 50 % |
| Eutrophisation aquatique marine | 50 % |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | 20 % |
| Déplétion des ressources en eau | 100 % |
| Consommation d'énergie primaire non-renouvelable | 20 % |
| Emissions de particules | 100 % |

2. Ensuite, en assimilant les lois de distribution des résultats d'impact à des lois log-normales, en considérant que l'incertitude présentée ci-dessus correspond à l'écart entre le maximum de l'intervalle de confiance de ces lois de distribution à 95 %¹¹ et la valeur moyenne, et enfin en adoptant l'intervalle de confiance à 75 %¹² associé à chaque loi de distribution pour l'incertitude de l'écart entre deux systèmes (cf. tableau ci-dessous), on estime que l'écart entre l'impact des deux systèmes pour un indicateur donné est significatif si le maximum de l'intervalle de confiance à 75 % du système ayant la valeur d'impact moyenne la plus faible est inférieur au minimum de l'intervalle de confiance à 75 % du système ayant la valeur d'impact moyenne la plus élevée. On retient l'intervalle de confiance à 75 % : dans ce cas, la probabilité d'avoir une inversion du signe de l'écart est d'environ 2 %, ce qui est considéré comme acceptable, i.e. suffisamment faible (si l'on retenait l'IC95 % cette probabilité serait significativement plus faible, de l'ordre de 0,1 %, qui est jugé trop conservatif). Ce cas est illustré par la Figure 11.

¹¹ Il y a 95 % de chances d'avoir une valeur de résultat d'impact comprise entre le minimum et le maximum de cet intervalle de confiance à 95 %, 2,5 % de chances d'avoir une valeur inférieure au minimum de l'intervalle et 2,5 % de chances une valeur supérieure au maximum.

¹² Il y a 75 % de chances d'avoir une valeur de résultat d'impact entre le minimum et le maximum de cet intervalle de confiance à 75 %, 12,5 % de chances d'avoir une valeur inférieure au minimum de l'intervalle et 12,5 % de chances une valeur supérieure au maximum.



Illustration d'un écart significatif entre les impacts d'un système A et d'un système B, considérant les intervalles de confiance à 75%

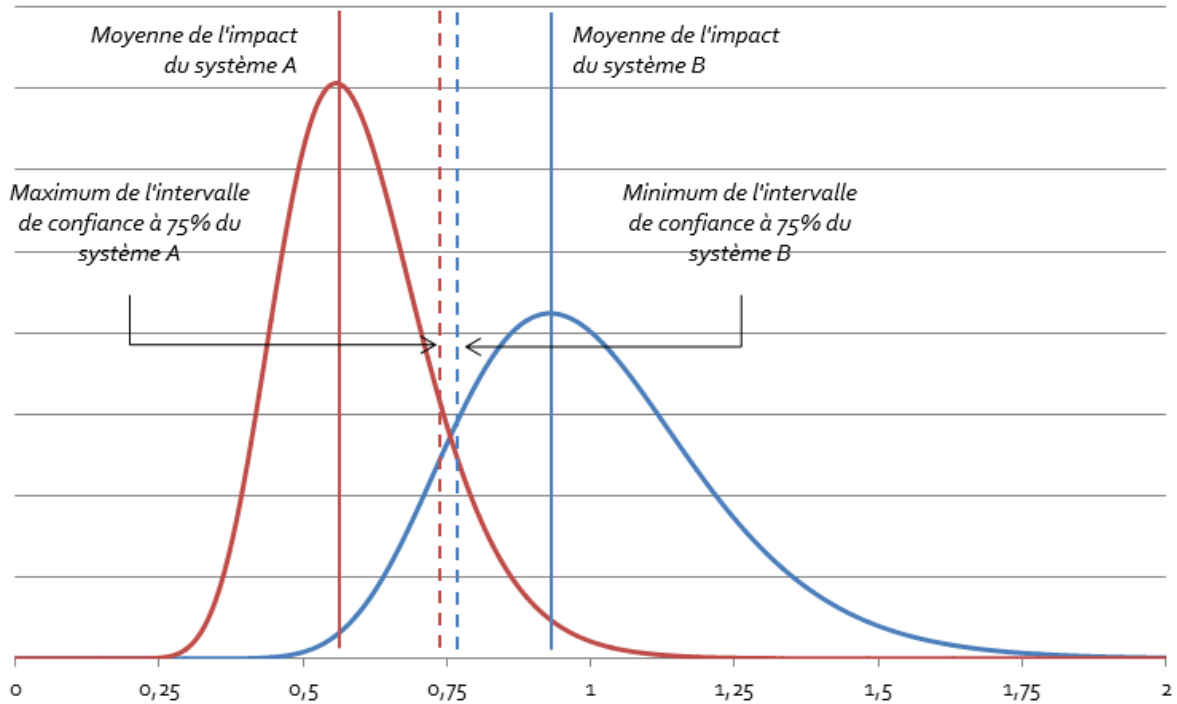


Figure 11 : Illustration d'un écart d'impact jugé significatif entre 2 systèmes

Dans le cas contraire, on considère que l'écart entre les impacts des deux systèmes est trop faible pour être significatif.

Le Tableau 39 fournit la correspondance, pour une loi de distribution log-normale, entre l'intervalle de confiance à 95 % et l'intervalle de confiance à 75 %.

Tableau 39 : Correspondance entre l'intervalle de confiance à 95 % d'une loi log-normale avec l'intervalle de confiance à 75 %

| Niveau d'incertitude | max IC95 % | min IC75 % | max IC75 % |
|----------------------|------------|------------|------------|
| 20 % | 120 % | 88 % | 112 % |
| 50 % | 150 % | 77 % | 125 % |
| 100 % | 200 % | 57 % | 147 % |

4. Validation des données

4.1. Procédure de validation

4.1.1. Validation des données primaires

Une fois les données collectées par les porteurs de projets et reçues par Deloitte, un processus de validation des données a été initié entre le porteur de projet et Deloitte. Les données ont été vérifiées et des confirmations ont été demandées au porteur de projet par échanges de mail ou par téléphone.

Les points suivants ont fait l'objet d'une attention particulière :



- **Contrôle global de la complétude du questionnaire** : lorsque des données n'étaient pas renseignées, une justification de l'absence de données a été demandée au porteur de projet, ou une collecte complémentaire a été réalisée.
- **Cohérence des unités** avec la valeur déclarée, source fréquente d'erreur.
- **Contrôle de périmètre** couvert par les principales données : celui-ci a été vérifié, afin de s'assurer que la donnée renseignée correspondait bien au périmètre attendu (notamment pour les données sur site concernant la machine de déconsignation ou du lavage des bouteilles).

4.1.2. Validation des données secondaires

L'évaluation de la qualité des données permettra de mettre en lumière si des analyses de sensibilité sont nécessaires pour valider l'utilisation de telle ou telle donnée d'inventaire.

4.2. Evaluation de la qualité des données

Deux types de données sont nécessaires pour l'évaluation de l'inventaire de cycle de vie des systèmes :

- Données brutes, utilisées pour rapporter ces données d'inventaire au flux de référence des systèmes étudiés ;
- Données d'inventaires de cycle de vie (ICV).

La qualité des données est un enjeu essentiel en ACV car elle conditionne fortement la robustesse des résultats et leur interprétation. Il convient donc d'analyser la qualité des données brutes et des données d'inventaire selon les critères recouvrant l'ensemble des aspects influençant le niveau de qualité des données (précision, complétude, représentativité technologique, géographique et temporelle), et de mettre en regard cette qualité des données avec leur niveau de contribution aux impacts : plus une donnée intervient fortement dans les résultats (i.e. elle est utilisée pour calculer un fort contributeur aux impacts), plus le niveau de qualité attendu est important. Ces analyses ont été réalisées sur l'ensemble des systèmes de référence avec et sans consigne.

4.2.1. Critères de qualité des données brutes

Les figures suivantes présentent les niveaux de qualité (et de contribution) définis pour l'évaluation de la qualité des données.

| <i>Contribution</i> | |
|---------------------|---|
| Note | Indicateur de qualité en fonction de la contribution du procédé aux impacts du cycle de vie du système avec ou sans consigne concerné |
| 1 | Contribution forte, i.e. supérieure à 10% |
| 2 | Contribution moyenne, i.e. comprise entre 2% et 10% |
| 3 | Contribution faible, i.e. inférieure à 2% |

Figure 12 : Niveaux de contribution des procédés utilisés pour l'évaluation de la qualité des données



Précision

| Note | Indicateur de qualité pour la précision des données |
|------|---|
| 1 | Donnée transmise par un porteur de projet et spécifique à un système considéré : donnée connue avec précision. <i>Donnée qui répond au critère "Précision" à un niveau élevé et qui ne nécessite pas d'amélioration particulière</i> |
| 2 | Donnée non spécifique au système étudié, estimée à partir de la bibliographie sur un produit équivalent/proche, et soumise à validation par un porteur de projet. <i>Donnée qui répond au critère "Précision" à un degré considéré comme suffisant, mais qui nécessiterait une amélioration.</i> |
| 3 | Donnée non spécifique au système étudié, estimée à partir de la bibliographie sur un produit équivalent/proche, et non soumise à validation par un porteur de projet <i>Donnée qui répond au critère "Précision" à un degré considéré comme moyen, qui nécessite une amélioration.</i> |
| 4 | Donnée estimée à partir d'hypothèses fortes. <i>Donnée qui ne répond pas au critère "Précision" de façon satisfaisante, qui nécessiterait une amélioration significative.</i> |

Figure 13 : Niveaux de précision retenus pour les données brutes

Représentativité temporelle

| Note | Indicateur de qualité pour la représentativité temporelle des données |
|------|---|
| 1 | Donnée provenant d'un porteur de projet ou de la littérature, se référant à une technologie dont la représentativité temporelle est jugée suffisante (données de moins de 5 ans) <i>Donnée qui répond au critère "Représentativité" à un degré élevé et qui ne nécessite pas d'amélioration particulière.</i> |
| 2 | Donnée provenant d'un porteur de projet ou de la littérature, se référant à une technologie dont la représentativité temporelle est jugée suffisante pour cette étude (données datant d'une période de 5 à 10 ans) <i>Donnée qui répond au critère "Représentativité" à un degré suffisant, mais qui nécessiterait une amélioration.</i> |
| 3 | Donnée dont la représentativité temporelle est jugée insuffisante, ou non connue. <i>Donnée qui ne répond pas au critère de "Représentativité", nécessitant une amélioration significative.</i> |

Figure 14 : Niveaux de représentativité temporelle retenus pour les données brutes

Représentativité géographique

| Note | Indicateur de qualité pour la représentativité géographique des données |
|------|---|
| 1 | Donnée appropriée à la région considérée <i>Donnée qui répond au critère "Représentativité" à un degré élevé et qui ne nécessite pas d'amélioration particulière.</i> |
| 2 | Donnée représentative d'une région plus large, dans laquelle est incluse la région considérée. <i>Donnée qui répond au critère "Représentativité" à un degré suffisant, mais qui nécessiterait une amélioration.</i> |
| 3 | Représentativité géographique inadéquate ou non connue. <i>Donnée qui ne répond pas au critère de "Représentativité", nécessitant une amélioration significative.</i> |

Figure 15 : Niveaux de représentativité géographique retenus pour les données brutes



Représentativité technologique

| Note | Indicateur de qualité pour la représentativité technologique des données |
|------|---|
| 1 | Donnée spécifique : appropriée au procédé analysé (en termes de procédé unitaire et de localisation) <i>Donnée qui répond au critère "Représentativité" à un degré élevé et qui ne nécessite pas d'amélioration particulière.</i> |
| 2 | Donnée relative au même procédé ou matériau, mais se référant à une technologie différente/à un secteur industriel différent. <i>Donnée qui répond au critère "Représentativité" à un degré suffisant, mais qui nécessiterait une amélioration.</i> |
| 3 | Représentativité technologique inadéquate. La donnée recherchée n'est pas facilement accessible, utilisation d'une autre donnée comme approximation. <i>Donnée qui ne répond pas au critère de "Représentativité", nécessitant une amélioration significative.</i> |

Figure 16 : Niveaux de représentativité technologique retenus pour les données brutes

Complétude

| Note | Indicateur de qualité pour la complétude des données |
|------|---|
| 1 | La plupart des données ont été collectées, incluant les consommations (matériaux, énergie, ...) et les émissions (dans l'air, l'eau et le sol). <i>Donnée qui répond au critère "Complétude" à un degré élevé et qui ne nécessite pas d'amélioration particulière.</i> |
| 2 | Données collectées partiellement (ex : consommations connues mais émissions inconnues). <i>Donnée qui répond au critère "Complétude" à un degré suffisant, mais qui nécessiterait une amélioration</i> |
| 3 | Données manquantes. <i>Donnée qui ne répond pas au critère de "Complétude", nécessitant une amélioration significative.</i> |

Figure 17 : Niveaux de complétude retenus pour les données brutes

4.2.2. Critères de qualité des données d'inventaire

Les jeux de données proviennent d'ecoinvent, une base de données évaluée par les experts ACV et ayant ses propres standards de qualité et procédures de revue de qualité. Cela ne rentre pas dans le cadre de cette étude d'évaluer la précision et l'intégralité des ensembles de données génériques utilisés. Le niveau de précision et de complétude est donc supposé satisfaisant, par conséquent seule la représentativité a été évaluée.

Représentativité technologique / géographique / temporelle

| Note | Indicateur de qualité pour la représentativité des ICV |
|------|--|
| 1 | ICV représentatif (géographiquement, technologiquement ou temporellement) du matériau/procédé considéré. |
| 2 | ICV représentatif d'une autre technologie/secteur industriel que celle/celui du matériau ou du procédé considéré, mais jugée comme étant proche de la technologie/la zone géographique/la période temporelle considérée. Définition étendue aux représentativités temporelle et géographique. |
| 3 | Représentativité géographique, technologique ou temporelle inadéquate par rapport au matériau/procédé considéré. Utilisation d'un autre ICV comme approximation |

Figure 18 : Définition des niveaux de représentativité pour les données d'inventaire



4.3. Analyse de sensibilité pour l'affinage des frontières des systèmes

Aucune analyse de sensibilité pour l'affinage des frontières des systèmes n'a été réalisée dans cette étude.

4.4. Principes et règles d'allocation

4.4.1. Documentation et justification des règles d'allocation

Les règles d'allocation ont été explicitées au paragraphe (III.5.6) sur la fin de vie aux deux systèmes et au paragraphe (V.**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) sur l'allocation des consommations d'énergie pour le système avec consigne, lors de la déconsignation.

4.4.2. Application uniforme des règles d'allocation

La prise en compte des bénéfices du recyclage (et par conséquent leur allocation aux systèmes amont et aval) a été effectuée uniquement pour les matériaux principaux (verre et métaux) et n'a pas été appliquée aux emballages secondaires et tertiaires, sauf pour le matériau carton.

V. Evaluation environnementale du dispositif METEOR

1. METEOR : données d'activité

Données à caractère confidentiel.

2. METEOR : évaluation et interprétation de l'impact du cycle de vie

Cette section présente tout d'abord les résultats d'impact par système : répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie, focus sur les étapes les plus contributrices et analyse de la contribution des flux de l'inventaire. Ensuite, une comparaison est effectuée entre les deux systèmes.

Les résultats d'impact présentés et analysés dans ce chapitre sont les indicateurs environnementaux décrits précédemment au Tableau 10 et pour une unité fonctionnelle soit « Mettre à disposition 1 000 L de boisson ».

2.1. Résultats de l'analyse environnementale du système sans consigne

2.1.1. Résultats sur l'ensemble du cycle de vie et répartition par principale étape

Le Tableau 40 fournit les résultats de l'analyse environnementale et la contribution relative de chacune des cinq étapes du cycle de vie du système sans consigne à chacun des impacts potentiels considérés. La Figure 19 traduit ces contributions sous forme graphique.



Tableau 40 : Résultats et contribution des étapes du cycle de vie du système sans consigne – Résultats pour une unité fonctionnelle – dispositif METEOR

| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Collecte des déchets | Fin de vie |
|---|--------------------------|----------|-------------|-----------------|--------------|----------------------|------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 320 | 409 | 17 | 2,3 | 25 | -134 |
| | % | | 90 % | 3,7 % | 0,50 % | 5,6 % | -29 % |
| Acidification | mole H+ émis | 2,1 | 2,72E+00 | 8,03E-02 | 8,99E-03 | 1,41E-01 | -9,06E-01 |
| | % | | 92 % | 2,7 % | 0,30 % | 4,8 % | -31 % |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 0,03 | 4,68E-02 | 1,41E-02 | 2,53E-05 | 1,28E-04 | -3,15E-02 |
| | % | | 77 % | 23 % | 0,041 % | 0,21 % | -52 % |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 0,42 | 4,40E-01 | 3,08E-02 | 3,08E-03 | 5,86E-02 | -1,09E-01 |
| | % | | 83 % | 5,8 % | 0,58 % | 11 % | -21 % |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,55E-03 | 1,98E-03 | 2,15E-04 | 4,30E-07 | 4,30E-06 | -6,52E-04 |
| | % | | 90 % | 9,8 % | 0,020 % | 0,20 % | -30 % |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 70 | 1,65E+02 | 4,66E+00 | 6,77E-02 | 2,05E-01 | -9,91E+01 |
| | % | | 97 % | 2,7 % | 0,040 % | 0,121 % | -58 % |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 7 532 | 8 375 | 260 | 34 | 365 | -1 503 |
| | % | | 93 % | 2,9 % | 0,38 % | 4,0 % | -17 % |
| Émissions de particules | kg éq. PM _{2.5} | 0,17 | 2,20E-01 | 1,36E-02 | 1,07E-03 | 3,78E-02 | -9,77E-02 |
| | % | | 81 % | 5,0 % | 0,39 % | 14 % | -36 % |



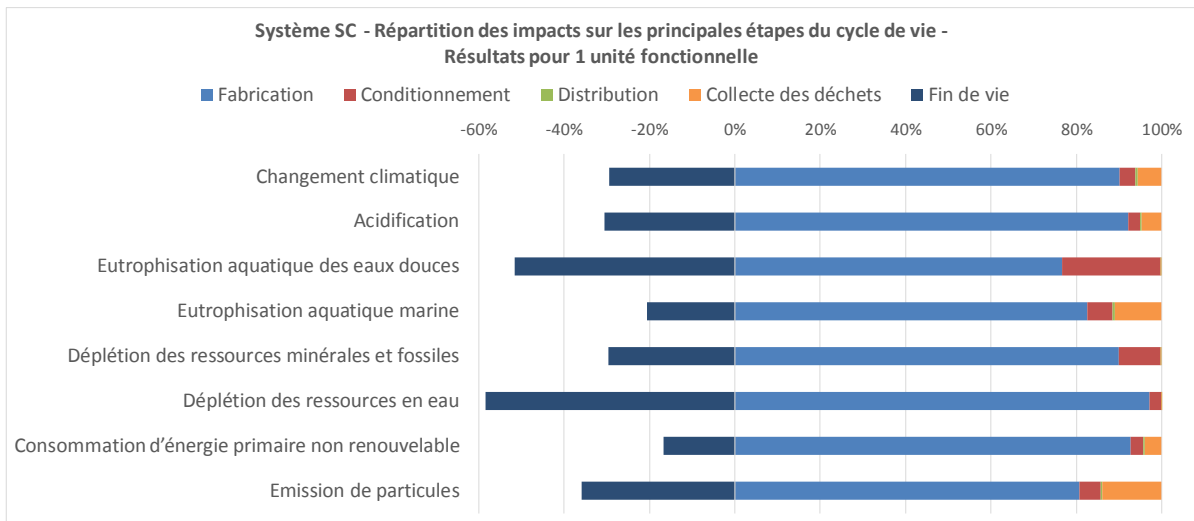


Figure 19 : Répartition des impacts sur les étapes du cycle de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif METEOR

Les observations suivantes peuvent être faites :

- L'étape de fabrication de l'emballage ménager est responsable d'au moins 77 % des impacts potentiels du cycle de vie du système sans consigne, sur tous les indicateurs environnementaux. Mais, considérant la fabrication et la fin de vie, ces deux étapes représentent au moins 39 % des impacts sur tous les indicateurs environnementaux. Il est plus pertinent de considérer ces deux étapes ensemble lors de l'interprétation des résultats, la méthode de prise en compte des bénéfices du recyclage fournissant des résultats sur l'ensemble de la production et de la gestion en fin de vie des matériaux.
- L'étape de conditionnement et l'étape de collecte des déchets ont une contribution significative mais secondaire. L'étape de conditionnement est responsable d'au moins (23 %) sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces. L'impact majoritaire est issu de la production de l'emballage secondaire (production de la boîte carton non réutilisable contenant 6 bouteilles). L'étape de collecte des déchets contribue à 14 % sur l'indicateur émissions de particules, à 11 % sur le potentiel d'eutrophisation marine et à 5,6 % sur le potentiel de réchauffement climatique. Cette contribution correspond majoritairement à l'impact du transport du centre de transfert vers le recycleur de verre. En effet, la distance et le poids transporté (le verre représente la masse principale transportée par rapport aux emballages secondaires ou tertiaires ramenée à l'unité fonctionnelle) sont élevés pour ce trajet (229 km).
- La phase de distribution (transport du site de conditionnement vers le magasin) ne contribue pas significativement aux impacts du système sans consigne (elle contribue au maximum à 0,58 % sur le potentiel d'eutrophisation marine). En effet, la distance moyenne de transport est plutôt faible (inférieure à 50 km) entre le site de conditionnement et le magasin comparativement aux autres étapes de transport.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre et de l'acier représentent entre 52 % et 58 % des impacts sur le potentiel de déplétion des ressources en eau et l'eutrophisation aquatique des eaux douces. Pour rappel, le bénéfice environnemental est issu principalement du recyclage de la bouteille en verre et du bouchon en acier issus des mâchefers d'incinération.

Des analyses plus détaillées sont réalisées ci-dessous sur les étapes principalement contributrices aux impacts : étape de fabrication (emballage ménager) et étape de fin de vie d'une part et étape de conditionnement d'autre part.



2.1.2. Focus sur l'étape de fabrication (emballage ménager) et sur la fin de vie

Le Tableau 41 et la Figure 20 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de fabrication de l'emballage ménager sous forme chiffrée puis graphique avec la contribution de la fin de vie. En effet, l'étape de production et la fin de vie doivent être considérées ensemble vu que l'on prend en compte les bénéfices liés au recyclage avec une méthode considérant les phases de production et gestion en fin de vie des matériaux dans leur ensemble. Il est donc plus pertinent d'étudier ces deux postes simultanément.

Tableau 41 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR

| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|---|--------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 375 | 1,84 | 0,44 | 7,35 | 24 | -132 |
| Acidification | mole H+ émis | 2,59E+00 | 1,10E-02 | 1,64E-03 | 4,06E-02 | 8,29E-02 | -8,77E-01 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 3,77E-02 | 1,23E-03 | 6,01E-05 | 7,58E-03 | 2,77E-04 | -2,31E-02 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 4,03E-01 | 3,09E-03 | 2,79E-04 | 7,13E-03 | 2,56E-02 | -1,02E-01 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,52E-03 | 3,74E-05 | 5,89E-07 | 4,18E-04 | 4,69E-06 | -5,12E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 1,59E+02 | 2,81E+00 | 2,93E-01 | 2,05E+00 | 7,43E-01 | -9,65E+01 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 7872 | 30,58 | 16,19 | 81,07 | 375 | -1 481 |
| Émissions de particules | kg éq. PM _{2.5} | 1,96E-01 | 4,94E-03 | 1,82E-04 | 8,17E-03 | 1,02E-02 | -8,84E-02 |



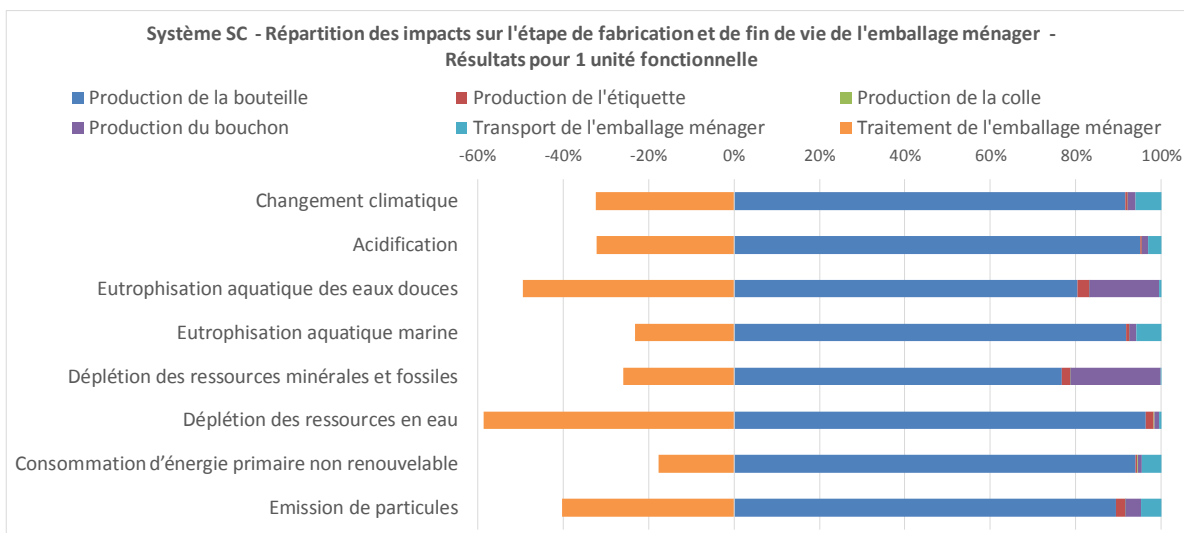


Figure 20 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l'emballage ménager et de sa fin de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif METEOR

Les observations suivantes peuvent être faites :

- La production de la bouteille en verre (vierge) est responsable d'au moins 77 % des impacts de la fabrication du système sans consigne, sur tous les indicateurs environnementaux.
- Le transport amont des constituants de l'emballage ménager contribue significativement moins aux impacts de la phase de fabrication que la production du verre, notamment sur le potentiel d'eutrophisation aquatique marine (5,88 %), sur le potentiel d'émissions de particules (4,77 %) et sur le potentiel de changement climatique (6,0 %).
- La production du bouchon avec de l'acier primaire est le contributeur secondaire sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles (21 %) et sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces (16 %), mais cette contribution reste faible par rapport à la production du verre.
- La production de l'étiquette et de la colle avec une très faible masse par UVC représente moins de 3 % d'impact sur tous les indicateurs environnementaux.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre représentent entre 32 % et 59 % des impacts sur le potentiel de déplétion des ressources en eau, d'eutrophisation aquatique des eaux douces, d'acidification et sur l'indicateur émission de particules. Ils représentent également 32 % du potentiel de réchauffement climatique. Pour rappel, le bénéfice environnemental est issu principalement du recyclage de la bouteille en verre et dans une moindre mesure sur le recyclage du bouchon en acier issu des mâchefers d'incinération.

2.1.3. Focus sur l'étape de conditionnement et de traitement en fin de vie (emballages secondaires et tertiaires)

Le Tableau 42 et la Figure 21 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de conditionnement et de traitement en fin de vie (des emballages secondaires et tertiaires) sous forme chiffrée puis graphique :



Tableau 42 : Résultats et contribution de l'étape de de conditionnement et de l'étape de traitement en fin de vie (emballages secondaires et tertiaires) du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR

| Catégorie d'impact | Unité | Production de l'emballage secondaire | Production de l'emballage tertiaire | Transport | Traitement des emballages secondaires et tertiaires |
|--|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------|---|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 15 | 0,15 | 2,2 | -1,3 |
| Acidification | mole H+ émis | 7,21E-02 | 7,24E-04 | 7,47E-03 | -2,83E-02 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 1,40E-02 | 2,51E-05 | 2,50E-05 | -8,41E-03 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 2,84E-02 | 1,39E-04 | 2,31E-03 | -7,48E-03 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,14E-04 | 4,48E-07 | 4,22E-07 | -1,40E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 4,52E+00 | 7,12E-02 | 6,69E-02 | -2,63E+00 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 222 | 4,260 | 34 | -22 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 1,25E-02 | 1,20E-04 | 9,23E-04 | -9,31E-03 |

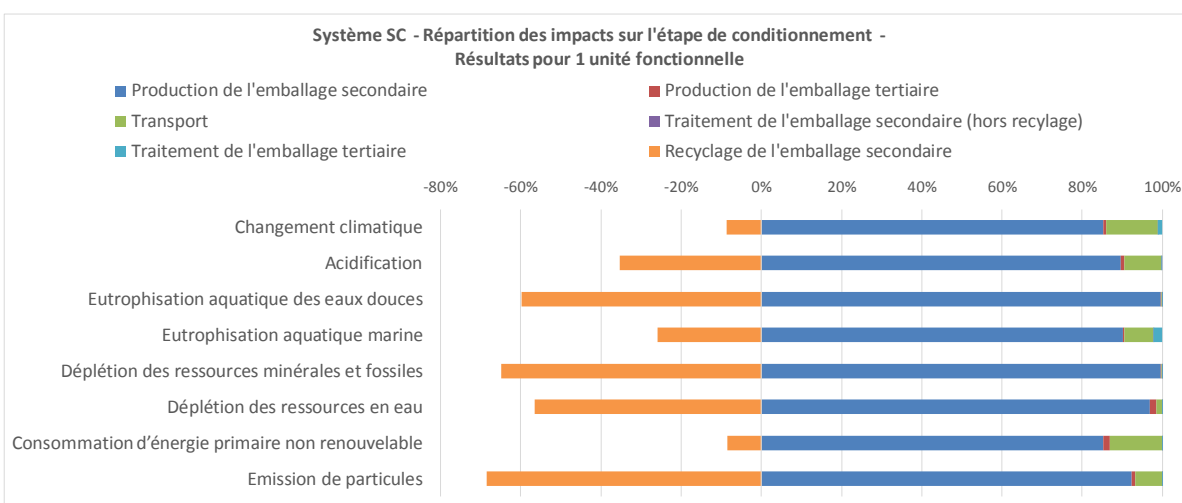


Figure 21 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de conditionnement et de l'étape de traitement en fin de vie (emballages secondaires et tertiaires) pour le système sans consigne (SC) – dispositif METEOR

Les observations suivantes peuvent être faites :

- La production de l'emballage secondaire (boîte carton) est responsable d'au moins 85 % des impacts de l'étape de conditionnement, sur tous les indicateurs environnementaux.
- Le transport (des emballages secondaires et tertiaires vers le site de conditionnement) est le deuxième poste le plus contributeur sur tous les indicateurs.
- La production des emballages tertiaires a un impact très faible sur tous les indicateurs (moins de 2,2 %).
- Enfin, le traitement des emballages secondaires et tertiaires possède un très faible impact (inférieur à 1,1 % sur tous les indicateurs), excepté sur le potentiel d'eutrophisation marine (2,11 %).
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage de la boîte carton représentent entre 69 % et 60 % des impacts potentiels d'émissions de particules, de déplétion des ressources minérales et fossiles et d'eutrophisation des eaux douces. Le gain environnemental est faible pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et le potentiel de réchauffement climatique (moins de 10 %).

2.1.4. Flux élémentaires principaux contribuant aux impacts

L'analyse présentée dans ce paragraphe a pour objectif de relier les résultats d'inventaire aux résultats d'impact. Alors que les paragraphes précédents s'intéressaient principalement aux procédés les plus contributeurs aux impacts, l'analyse suivante permet d'avoir une compréhension fine des sources d'impact (i.e. en termes de substances ponctionnées ou émises dans l'environnement), et des procédés (activités) auxquels ces sources d'impact sont liées.

Le Tableau 43 présente les flux élémentaires de l'inventaire du cycle de vie les plus contributeurs aux impacts du système avec consigne :

Tableau 43 : Analyse des flux contributeurs du système sans consigne par catégorie d'impact – dispositif METEOR

| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|--|
| Changement climatique | <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de CO₂ fossile : Ce sont les émissions directes de la fabrication du verre. Cela concerne la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre. De plus, une part des émissions de CO₂ provient de la décarbonatation des matières premières en four verrier. • Emissions de méthane liées à l'utilisation de gaz naturel lors de la production du verre. Elles sont principalement causées par les fuites du réseau d'approvisionnement en gaz |
| Acidification | <p>Les émissions de SO₂, d'oxydes d'azote et d'ammoniac, principales causes du potentiel d'acidification, sont issues de l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Les émissions de SO₂ sont issues de la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre</p> |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | <p>Les émissions de phosphates dans l'eau sont les plus importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Elles sont produites principalement</p> |



| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|--|
| | lors de la fabrication du carbonate de sodium, qui est une matière première du verre. |
| Eutrophisation aquatique marine | Les émissions d'oxydes d'azote dans l'air sont les plus importantes uniquement sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager, lors de la consommation d'énergie via la combustion de gaz dans les fours pour la production du verre. |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | La consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) est un des principaux flux contributeurs. La consommation d'indium contribue également de façon significative aux impacts, via la consommation de produits chimiques pour la production du verre. Pour préparer ces produits, du zinc est utilisé, et l'indium est un coproduit de l'extraction du zinc. |
| Déplétion des ressources en eau | La production de carbonate de sodium et de silice, qui sont des matières premières pour la fabrication du verre, est responsable de la déplétion des ressources en eau. |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | La consommation de pétrole, la combustion de gaz et la consommation d'uranium pour l'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) sont les principaux contributeurs, notamment sur l'étape de production de l'emballage ménager. |
| Émissions de particules | La production de carbonate de sodium (matière première du verre) et la fabrication du verre sont responsables des émissions de particules les plus significatives. |

Les flux contribuant le plus aux impacts proviennent majoritairement de la fabrication du verre du système sans consigne.

2.2. Résultats de l'analyse environnementale sur le système avec réemploi/réutilisation

2.2.1. Résultats sur l'ensemble du cycle de vie et répartition par principale étape

Le Tableau 44 fournit les résultats de l'analyse environnementale du système avec réemploi/réutilisation et la contribution relative de chacune des sept étapes du cycle de vie du système avec consigne à chacun des enjeux environnementaux considérés. La Figure 22 traduit ces contributions sous forme graphique.

Tableau 44 : Résultats et contribution relative des principales étapes du cycle de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Consommation | Déconsignation | Lavage | Collecte des déchets | Fin de vie |
|------------------------------|------------|-------|-------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|--------|----------------------|------------|
| Changement climatique | kg éq. CO2 | 74 | 35 | 9,3 | 5,9 | 0,063 | 0,97 | 29 | 1,7 | -7,7 |



| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Consommation | Déconsignation | Lavage | Collecte des déchets | Fin de vie |
|---|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|----------|----------------------|------------|
| | % | | 43 % | 11 % | 7,2 % | 0,076 % | 1,2 % | 35 % | 2,1 % | -9,4 % |
| Acidification | mole H+ émis | 3,16E-01 | 2,23E-01 | 3,90E-02 | 2,22E-02 | 2,27E-04 | 4,82E-03 | 9,79E-02 | 8,33E-03 | -7,94E-02 |
| | % | | 56 % | 10 % | 5,6 % | 0,057 % | 1,2 % | 25 % | 2,1 % | -20 % |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 1,04E-02 | 1,13E-02 | 1,83E-03 | 6,56E-05 | 8,07E-07 | 2,13E-04 | 2,37E-03 | 1,22E-05 | -5,32E-03 |
| | % | | 72 % | 12 % | 0,42 % | 0,0051 % | 1,4 % | 15 % | 0,078 % | -34 % |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 7,44E-02 | 3,81E-02 | 6,62E-03 | 7,39E-03 | 7,15E-05 | 9,76E-04 | 2,64E-02 | 3,27E-03 | -8,44E-03 |
| | % | | 46 % | 8,0 % | 8,9 % | 0,086 % | 1,2 % | 32 % | 3,9 % | -10 % |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 4,13E-04 | 5,52E-04 | 3,26E-05 | 1,11E-06 | 1,35E-08 | 4,26E-05 | 5,38E-05 | 3,00E-07 | -2,69E-04 |
| | % | | 81 % | 4,8 % | 0,16 % | 0,0020 % | 6,2 % | 7,9 % | 0,044 % | -39 % |
| Déplétion des ressources en eau | m3 éq. | 34 | 1,52E+01 | 2,54E+00 | 1,75E-01 | 2,23E-03 | 1,01E+00 | 2,28E+01 | 2,68E-02 | -7,29E+00 |
| | % | | 36 % | 6,1 % | 0,42 % | 0,0053 % | 2,4 % | 55 % | 0,064 % | -17 % |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 1 556 | 656 | 285 | 89 | 0,969 | 105 | 528 | 25 | -133 |
| | % | | 39 % | 17 % | 5,3 % | 0,057 % | 6,2 % | 31 % | 1,5 % | -7,9 % |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 3,04E-02 | 2,65E-02 | 3,84E-03 | 2,59E-03 | 2,38E-05 | 4,13E-04 | 5,17E-03 | 1,91E-03 | -1,01E-02 |
| | % | | 66 % | 9,5 % | 6,4 % | 0,059 % | 1,0 % | 13 % | 4,7 % | -25 % |



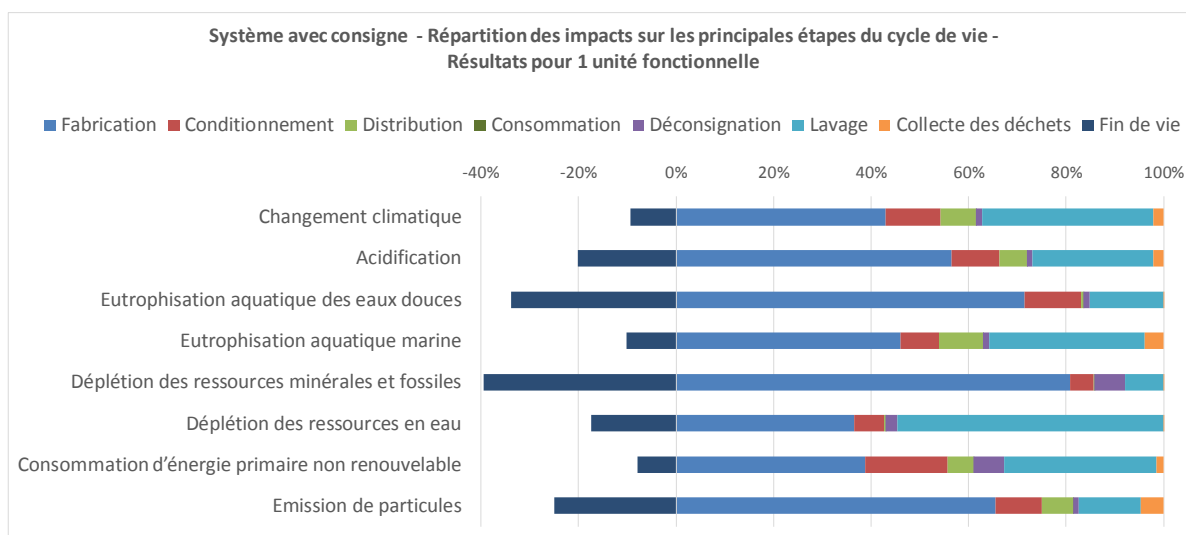


Figure 22 : Répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif METEOR

Les observations suivantes peuvent être faites :

- L'étape de fabrication est le poste le plus contributeur et responsable à elle seule d'au moins 36 % des impacts du cycle de vie du système avec consigne, sur tous les indicateurs environnementaux.
- En considérant la fabrication et la fin de vie, cela représente au moins 19 % des impacts sur tous les indicateurs environnementaux. Il est plus pertinent de ne pas dissocier les deux étapes de cycle de vie en raison de la prise en compte des bénéfices du recyclage en fin de vie.
- L'étape de lavage contribue à elle seule sur les impacts environnementaux à 55 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau, puis à 35 % sur le potentiel de réchauffement climatique et à 31 % sur la consommation d'énergie primaire non renouvelable.
- La phase de conditionnement est le 3^{ème} contributeur le plus important aux impacts potentiels du système avec consigne : cette phase contribue entre 4,8 % et 17 % selon les indicateurs.
- L'étape de distribution (transport du site de conditionnement vers le magasin) contribue à 8,99 % sur le potentiel d'eutrophisation marine et à 7,22 % sur l'indicateur de changement climatique. Les autres indicateurs contribuent à moins de 6,4 %.
- L'étape de déconsignation avec l'utilisation de la machine contribue à plus de 6,2 % sur le potentiel de déplétion des ressources abiotiques et 6,1 % sur la consommation d'énergie primaire non renouvelable. Les autres indicateurs ont une contribution de second ordre (moins de 2 %).
- La phase de consommation contribue très faiblement également avec moins de 0,1 % sur tous les indicateurs environnementaux.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage de la bouteille en verre et de l'acier issu des mâchefers d'incinération représentent 39 % du potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles, 34 % du potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces. Les bénéfices environnementaux proviennent principalement du recyclage de la bouteille en verre.

Des analyses plus détaillées sont réalisées ci-dessous sur les étapes principalement contributrices aux impacts : l'étape de fabrication (emballage ménager) et l'étape de lavage.



2.2.2. Focus sur l'étape de fabrication (emballage ménager) et sur la fin de vie

Le Tableau 45 et la Figure 23 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et de la fin de vie sous forme chiffrée puis graphique :

Tableau 45 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|---|--------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 23,7 | 1,84 | 0,44 | 7,35 | 1,99 | -12 |
| Acidification | mole H+ émis | 1,64E-01 | 1,10E-02 | 1,64E-03 | 4,06E-02 | 6,77E-03 | -7,96E-02 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 2,38E-03 | 1,23E-03 | 6,01E-05 | 7,58E-03 | 2,26E-05 | -5,34E-03 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 2,55E-02 | 3,09E-03 | 2,79E-04 | 7,13E-03 | 2,09E-03 | -9,54E-03 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 9,60E-05 | 3,74E-05 | 5,89E-07 | 4,18E-04 | 3,83E-07 | -2,69E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 1,00E+01 | 2,81E+00 | 2,93E-01 | 2,05E+00 | 6,07E-02 | -7,30E+00 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 497 | 30,58 | 16,19 | 81,07 | 31 | -133 |
| Émissions de particules | kg éq. PM _{2.5} | 1,24E-02 | 4,94E-03 | 1,82E-04 | 8,17E-03 | 8,36E-04 | -1,01E-02 |



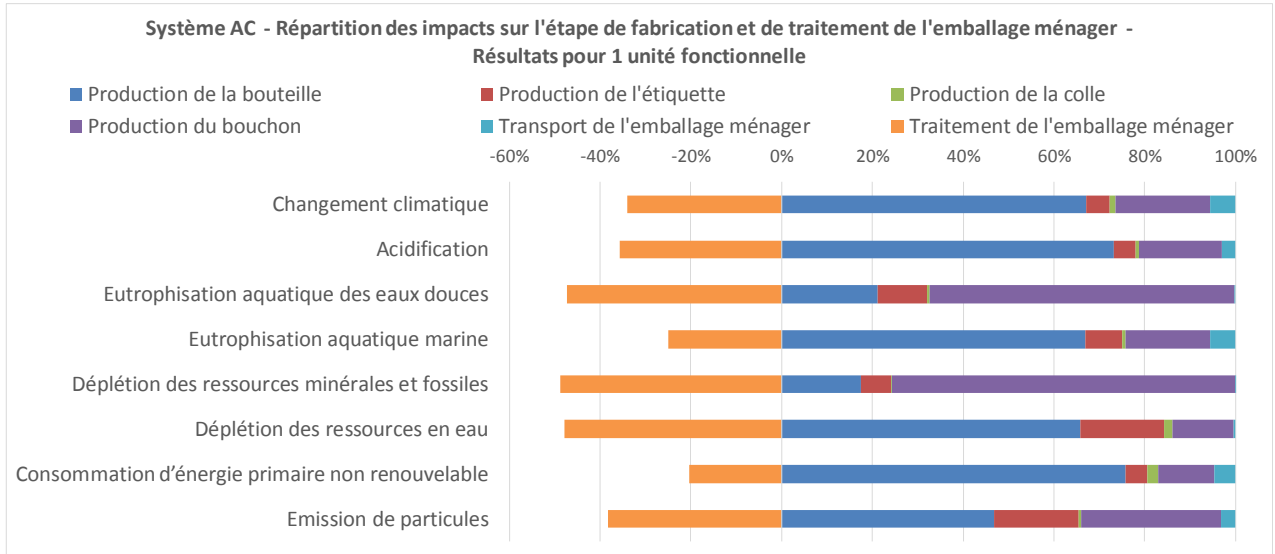


Figure 23 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l'emballage ménager et de la fin de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif METEOR

Les analyses et observations sont similaires à celles réalisées sur la fabrication de l'emballage ménager pour le système sans consigne.

Le poste le plus contributeur est la fabrication de la bouteille en verre. Cette fois-ci, la contribution aux impacts de la production du bouchon ressort davantage que pour le système sans consigne car contrairement à la bouteille en verre le bouchon n'est pas réutilisé donc il faut en produire 1333 par UF, d'où une contribution proportionnellement plus importante que pour le système sans consigne.

2.2.3. Focus sur l'étape de lavage

Le Tableau 46 et la Figure 24 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de lavage de l'emballage ménager sous forme chiffrée puis graphique :

Tableau 46 : Résultats et contribution de l'étape de lavage du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Consommation d'électricité | Consommation de gaz | Consommation et traitement de l'eau | Production de soude | Production du solvant | Traitement de l'étiquette |
|---|------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 0,66 | 27 | 0,39 | 0,43 | 3,54E-04 | 1,69E-02 |
| Acidification | mole H+ émis | 3,16E-03 | 8,70E-02 | 5,25E-03 | 2,47E-03 | 2,07E-06 | 4,37E-06 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 1,03E-04 | 7,67E-04 | 1,18E-03 | 3,18E-04 | 2,78E-07 | 1,16E-07 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 6,59E-04 | 4,39E-03 | 2,09E-02 | 4,20E-04 | 3,04E-07 | 2,17E-05 |



| Catégorie d'impact | Unité | Consommation d'électricité | Consommation de gaz | Consommation et traitement de l'eau | Production de soude | Production du solvant | Traitement de l'étiquette |
|--|--------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,89E-05 | 6,05E-06 | 1,49E-05 | 4,01E-06 | 1,66E-08 | 2,03E-09 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 7,05E-01 | 2,06E-01 | 2,13E+01 | 4,89E-01 | 2,95E-02 | 2,75E-04 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 78 | 436 | 7,23 | 7,76 | 6,67E-03 | 4,39E-03 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 2,75E-04 | 4,44E-03 | 2,47E-04 | 2,07E-04 | 1,52E-07 | 3,37E-07 |

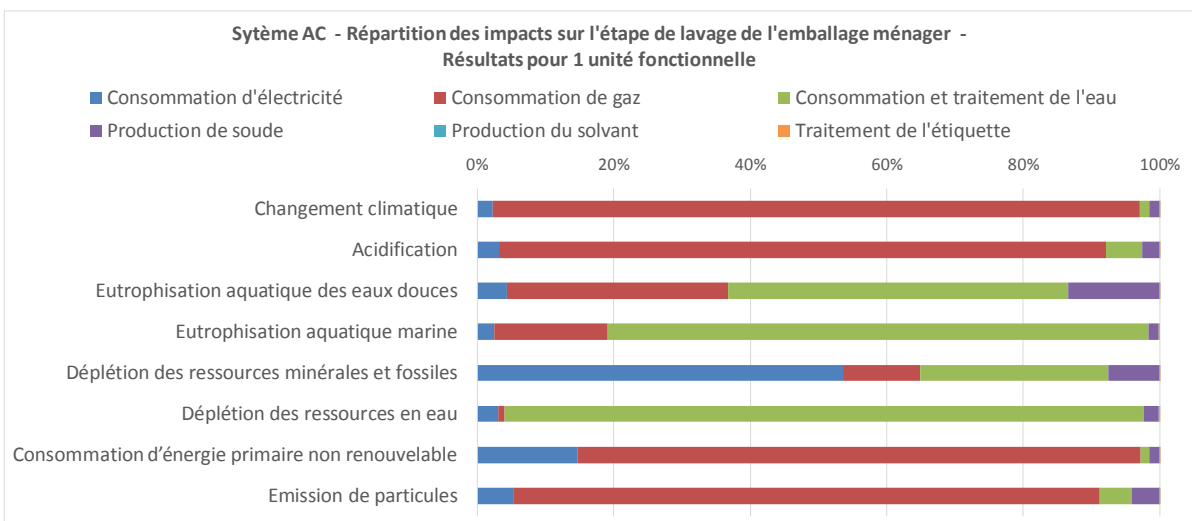


Figure 24 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de lavage de l'emballage ménager pour le système avec consigne (AC) – dispositif METEOR

Les observations suivantes peuvent être faites :

- La consommation de gaz est responsable d'au moins 82 % des impacts du cycle de vie du système avec consigne, sur le potentiel de réchauffement climatique, le potentiel d'acidification, l'indicateur émissions de particules et la consommation d'énergie primaire non renouvelable.
- La consommation d'eau contribue à plus de 94 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau et à plus de 50 % sur les potentiels d'eutrophisation (aquatique et marine). En effet, la consommation d'eau ramenée à l'unité fonctionnelle est assez importante (plus de 1 000 litres d'eau).
- La consommation d'électricité est le poste le plus contributeur sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles (près de 54 %).
- La production de soude présente un impact environnemental de 13 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces.



- Enfin, la production de solvant pour l'utilisation de soude et le traitement de l'étiquette papier ont un impact très faible sur tous les indicateurs (moins de 0,2 %, respectivement).

2.2.4. Flux élémentaires principaux contribuant aux impacts

Le Tableau 47 présente les flux élémentaires de l'inventaire du cycle de vie les plus contributeurs aux impacts du système avec consigne :

Tableau 47 : Analyse de la contribution des flux du système avec consigne par catégorie d'impact – dispositif METEOR

| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|---|
| Changement climatique | <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de CO₂ fossile : émissions directes de fabrication du verre. Cela concerne la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre. De plus, une part des émissions de CO₂ provient de la décarbonatation des matières premières en four verrier. • Emissions de protoxyde d'azote dues à la consommation d'électricité lors de la production du verre. • Emissions de méthane correspondant à l'utilisation de gaz naturel pour la production du verre. <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape lavage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de CO₂ fossile : correspondent à la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire aux procédés de lavage (ce sont des chaudières à gaz) pour le CO₂ fossile. • Emissions de méthane : cela correspond principalement aux fuites du réseau d'approvisionnement en gaz |
| Acidification | <p>Les émissions de SO₂ et d'oxydes d'azote, principales causes du potentiel d'acidification, sont issues de l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Les émissions de SO₂ sont dues à la combustion de gaz pour la production de verre tandis que les émissions d'oxydes d'azotes proviennent de la fabrication de carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> <p>Sur le lavage, les émissions de SO₂ et de d'oxydes d'azote sont liées à la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire aux procédés de lavage (alimentation de la chaudière par le gaz).</p> |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | <p>Les émissions de phosphates dans l'eau sont les plus importantes uniquement sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager.</p> <p>Elles proviennent principalement du lixiviat de l'extraction de la lignite utilisée pour produire l'électricité, qui servira à la fabrication des bouchons en acier. Les phosphates sont également émis lors de la production de carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> |
| Eutrophisation aquatique marine | <p>Les émissions d'oxyde d'azote dans l'air et de nitrate dans l'eau ont des contributions similaires et sont les plus importantes, et proviennent de l'étape de fabrication de l'emballage ménager.</p> <p>Les émissions d'oxyde d'azote ont lieu lors de la fabrication du verre, lors de la consommation d'énergie dans les fours.</p> |



| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|---|
| | Les nitrates sont principalement émis dans l'eau lors de la production de chlorure de sodium pour la fabrication de carbonate de sodium, qui est une matière première du verre. |
| Déplétion des ressources en eau | La consommation d'eau lors du lavage est la principale cause du potentiel de déplétion des ressources en eau. La production de carbonate de sodium et de silice, matières premières pour la fabrication du verre, est également un poste contribuant significativement au potentiel de déplétion des ressources en eau. |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | La consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) est le premier flux contributeur aux impacts. La consommation d'indium contribue également de façon significative aux impacts, via la consommation de produits chimiques utilisés pour la production du verre. Pour préparer ces produits, du zinc est utilisé, or l'indium est un coproduit de l'extraction du zinc. |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | La combustion de gaz pour l'électricité (mix électrique français) pour la fabrication de l'emballage primaire et le fonctionnement de la laveuse, la consommation de pétrole pour la fabrication du verre sont les principaux responsables de ces impacts. |
| Emissions de particules | La production de carbonate de sodium (matière première du verre) et la fabrication du verre sont responsables des émissions de particules les plus significatives. Sur la collecte des déchets, l'émission de particules est issue du transport des camions routiers. |

Les principales sources d'impact sont liées à la production de la bouteille en verre. Concernant la phase de lavage, ce sont les flux liés à la combustion dans la chaudière.

2.3. Résultats de l'analyse environnementale : Comparaison des systèmes

2.3.1. Introduction sur la présentation des résultats

Les résultats comparatifs du système avec et sans consigne en histogramme sont présentés en valeurs relatives, la référence (100 %) correspondant à l'impact total du cycle de vie du système sans consigne pour l'enjeu environnemental considéré.

2.3.2. Comparaison des impacts des deux systèmes sur tous les indicateurs

Le Tableau 48 fournit l'impact sur le cycle de vie du système avec et sans consigne pour chaque enjeu environnemental considéré :

Tableau 48 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR

| Catégorie d'impact | Unité | Système à usage unique sans consigne | Système avec réemploi/réutilisation | Écart significatif ? |
|--------------------|-------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
|--------------------|-------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|



| | | | | |
|---|------------------------|----------|----------|-----|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 320 | 74 | oui |
| Acidification | mole H+ émis | 2,0 | 0,32 | oui |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 3,0E-02 | 1,0E-02 | oui |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 4,2E-01 | 7,4E-02 | oui |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,5E-03 | 4,1E-04 | oui |
| Déplétion des ressources en eau | éq. m ³ | 7,0E+01 | 3,4E+01 | non |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 7 532 | 1556 | oui |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | 1,75E-01 | 3,04E-02 | oui |

L'évaluation de l'incertitude suivant la méthode présentée au §IV§.3.2 conduit à constater, comme présenté dans le tableau ci-dessus, que **l'ensemble des écarts sont significatifs excepté pour le potentiel de déplétion des ressources en eau**. L'historique (Figure 25) présente les résultats du système sans consigne en référence par rapport au système avec consigne :

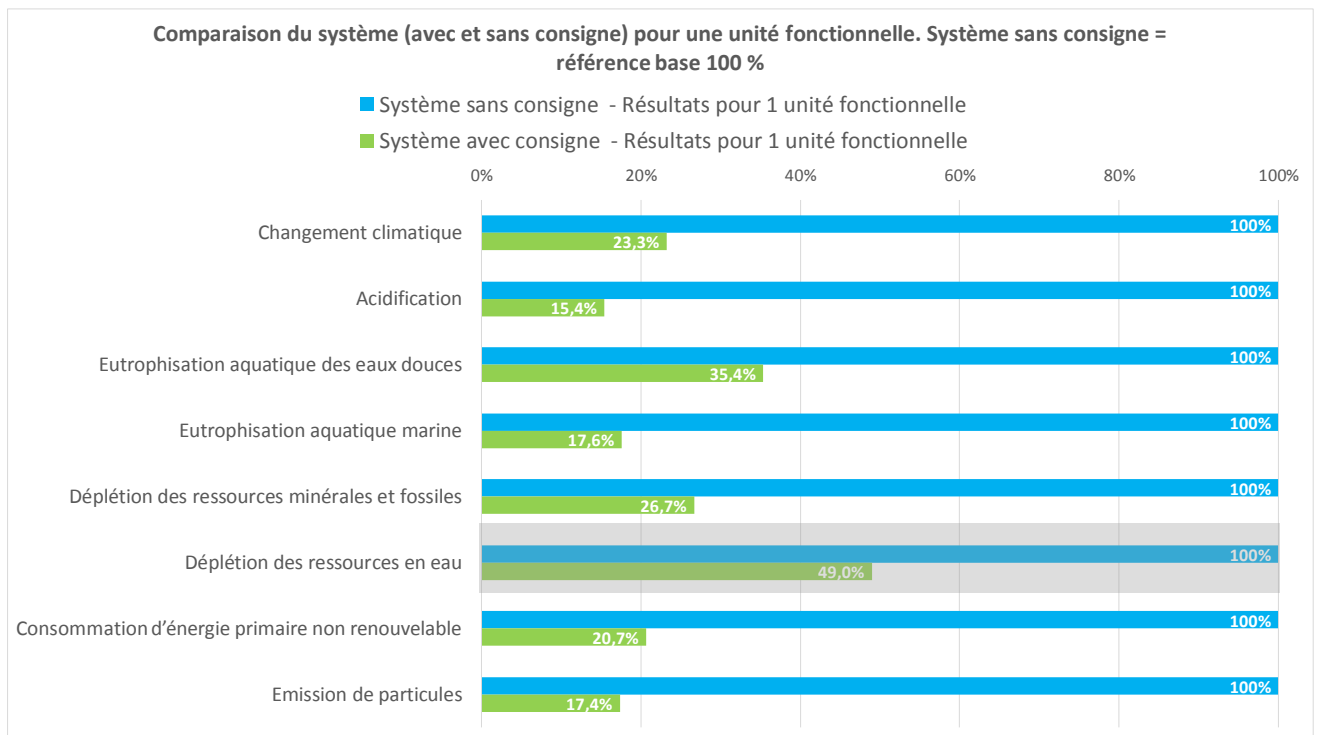


Figure 25 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – Tenant compte de l'incertitude sur les résultats, tous les écarts sont jugés significatifs, excepté sur un indicateur (déplétion des ressources en eau) – dispositif METEOR

Pour toutes les catégories d'impact excepté la déplétion des ressources en eau, le système avec consigne est plus favorable au point de vue environnemental que le système sans consigne. L'écart est le plus important sur le potentiel d'acidification, puis sur le potentiel d'émissions de particules. Malgré l'écart en valeur sur le potentiel de déplétion des ressources en eau, l'écart entre les 2 systèmes n'est pas significatif.



L'histogramme Figure 26 présente les résultats des systèmes avec et sans consigne par étape du cycle de vie. Pour rappel, certaines étapes sont propres au système avec consigne, comme la consommation, le lavage et la déconsignation.

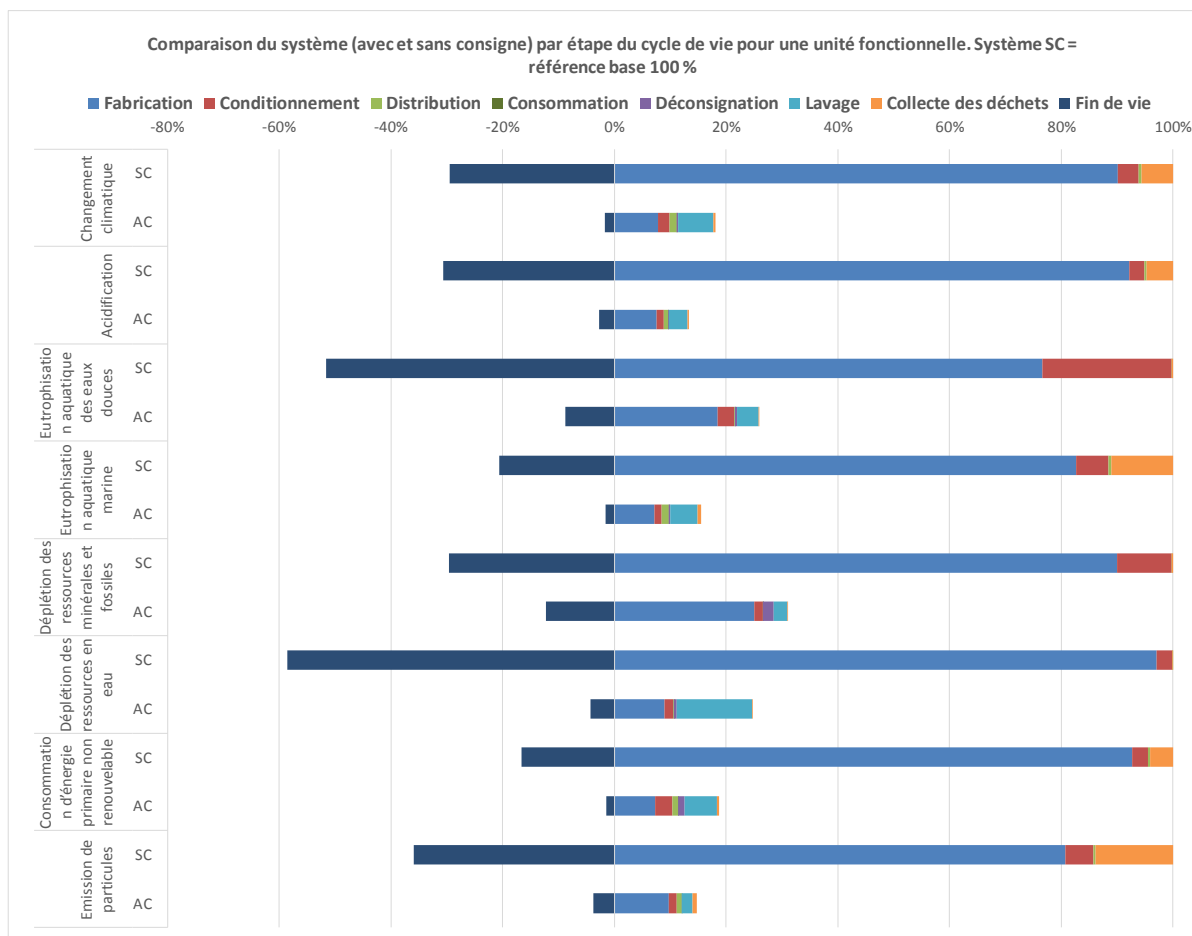


Figure 26 : Comparaison des impacts sur les principales étapes du cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Pour toutes les catégories d'impact, la contribution absolue de l'étape de fabrication de l'emballage ménager du système sans consigne est, en ordre de grandeur, supérieure aux impacts du cycle de vie du système avec consigne. Pour cette étape du cycle de vie, le nombre d'utilisations de la bouteille en verre est le facteur qui conditionne les écarts entre les deux systèmes et qui induit un bénéfice environnemental pour le système avec consigne en comparaison avec le système sans consigne.
- L'étape de conditionnement est un enjeu environnemental sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces et le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles pour le système sans consigne, tandis que ce poste a une très faible contribution sur le système avec consigne. En effet, le système sans consigne utilise un emballage secondaire non réutilisable (la production de la boîte carton) contrairement au système avec consigne qui utilise une caisse réutilisable.
- Sur l'étape de distribution (transport de la bouteille du site de conditionnement vers le magasin), la contribution absolue des deux systèmes est assez similaire. En effet, la réutilisation de la bouteille n'est pas un facteur de différenciation sur cette étape du cycle. Il est nécessaire de transporter 1 333 bouteilles par unité fonctionnelle pour les deux systèmes. Néanmoins, le système sans consigne a un impact inférieur au système avec consigne sur cette étape.



Sur le trajet aller, les impacts sont assez similaires sur les deux systèmes. Or, au retour, il existe un taux de distance à vide générique de 20 % pour le système sans consigne, alors que le système avec consigne possède un taux de remplissage de 41 % avec le retour des bouteilles au site de lavage et un taux nul de distance à vide. Ainsi, le système sans consigne est moins contributeur que le système avec consigne.

- Concernant la collecte, la différence entre les deux systèmes est liée au nombre d'utilisations de la bouteille. En effet, la réutilisation permet d'éviter la production de déchet par rapport à un système sans consigne. Plus le nombre de réutilisations est élevé, plus les impacts sur la collecte et la fin de vie seront réduits.

En conclusion, sur tous les indicateurs analysés, le système avec consigne présente un bénéfice environnemental par rapport au système sans consigne, excepté pour un le potentiel de déplétion des ressources en eau pour lequel les écarts ne sont pas significatifs.

2.4. Évaluation de la qualité des données

Les données brutes et données d'inventaire sont évaluées selon les critères présentés au paragraphe IV.4.2. On s'intéresse à toutes les phases du cycle de vie.

Le Tableau 49 présente les acronymes utilisés pour définir les catégories d'impacts utilisées dans l'évaluation de la qualité des données.

Tableau 49 : Acronymes utilisés pour la qualité des données

| Acronyme | Catégorie d'impact |
|--------------|--|
| CC | Changement climatique |
| EP | Émissions de particules |
| Ac | Acidification |
| Eut.T | Eutrophisation aquatique des eaux douces |
| Eut.M | Eutrophisation aquatique marine |
| Drmf | Déplétion des ressources minérales et fossiles |
| Dre | Déplétion des ressources en eau |
| Cep | Consommation d'énergie primaire non renouvelable |

A noter que dans cette analyse de la qualité des données, on considère les impacts potentiels liés à l'étape de production et de fin de vie de façon séparée : les bénéfices et impacts dûs au recyclage du verre ne sont pas inclus dans l'étape de production. Ainsi dans ce tableau, les contributions en relatif des autres étapes, notamment le lavage, sont minimisées.



2.4.1. Système sans consigne

| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|---|--------------|------------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--------------------|---------------------|-------------|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 1 - Fabrication de l'emballage ménager | | | | | | | | | | | | | |
| Production du verre | Consommation d'énergie | 1 | Cep, Drmf, Eut.T | | | | | | | | | | |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | [VERRE09] permet de réaliser une bonne extrapolation de la consommation d'énergie, des émissions dans l'air de la production du verre à 0 % de calcin | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| | Emissions dans l'air, de Nox et de poussières | 1 | CC, Ac, Eut.M, EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | N/A | N/A | N/A | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Extraction des matières premières constituant le verre | Tous les indicateurs | 1 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | Sur la quantité des matières premières, nous connaissons le rendement entre un kilogramme de verre vierge à 0 % de calcin et de verre recyclé à 100 % de calcin, ce qui permet d'adapter la quantité de matières premières | 2 | 2 | 2 | Le module "Solid unbleached board {GLO} market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été supprimé |
| | | 2 | CC, Ac, Eut.M, Cep, EP | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | Nous n'avons pas eu de données spécifiques sur les distances de transport amont du verre mais grâce à l'ACV [DEROCHE09]. Ces données ont été confirmées par METEOR. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Autres | 1 | Eut.T, Drmf | | | | | | | | | | |
| | | 2 | CC, Dre, EP | | | | | | | | | | |
| Production des autres matières premières | Autres | 1 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | Les quantités des emballages constituant l'emballage primaire ont bien été confirmées par METEOR mais cela se base sur un système fictif | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles. Prise en compte du procédé de mise en forme pour le bouchon |
| | | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages constituant l'emballage primaire n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| 2 - Conditionnement | | | | | | | | | | | | | |
| Production des emballages secondaires ou tertiaires | Autres | 1 | Eut.T | | | | | | | | | | |
| | | 2 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | Les quantités de matériaux des emballages secondaires et tertiaires constituant l'emballage primaire ont bien été confirmées par METEOR mais cela se base sur un système fictif | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles sauf pour le matériau carton : Inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3 pour le module "corrugated board, fresh fibre, single wall, at plant {RER} Alloc Rec, U" |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Tous les indicateurs | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages secondaires et tertiaires n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|--|------------|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--------------------|---------------------|-------------|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 3 - Distribution | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des emballages conditionnés vers le magasin | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | La distance moyenne a été calculée grâce aux données de METEOR. Le chargement du camion a été spécifié pour chaque système. La consommation de carburant a été adaptée avec le parc roulant français en 2015. | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| 4 - Collecte des déchets | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport de l'emballage ménager vers les OMR. Le taux de chargement n'a pas été spécifié | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | | 1 | EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport de l'emballage ménager vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre le PAV/bac de recyclage au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| | | 2 | CC, Ac, Cep, Eut.M | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM. Le taux de chargement est une valeur par défaut issue de la base de données Ecoinvent | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| 6 - Fin de vie | | | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager en UIOM | | 2 | Drmf | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages de la fin de vie de l'emballage primaire ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16]. | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 % et de 100 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager chez le recycleur | Traitement | 1 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | Le module "Solid unbleached board (GLO) market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été supprimé |
| Fin de vie des emballages secondaire et tertiaires en ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires (boîte carton) chez le recycleur | | 1 | Eut.T | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages des emballages secondaires et tertiaires ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles sauf pour le matériau carton : inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3 pour le module "corrugated board, recycling fibre, single wall, at plant (RER) Alloc Rec, U" |
| | | 2 | Drmf, EP | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |



2.4.2. Système avec consigne

| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | | |
|---|--|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--------------------|---------------------|-------------|--|-----|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | | |
| 1 - Fabrication de l'emballage ménager | | | | | | | | | | | | | | |
| Production du verre | Consommation d'énergie | 1 | Cep | | | | | | | | | | Le module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. | |
| | | 2 | Autres | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Eut.M | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | [VERRE09] permet de réaliser une bonne extrapolation de la consommation d'énergie, des émissions dans l'air de la production du verre à 0 % de calcin, afin d'avoir des données plus récentes | 2 | 1 | 1 | | |
| | Emissions dans l'air, de Nox et de poussières | 1 | CC, Ac, Eut.M | | | | | | | | | | | N/A |
| | | 2 | EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | | |
| Extraction des matières premières constituant le verre | | 1 | Ac, Eut.T, Dre, EP | | | | | | | | | | Le module "Solid unbleached board (GLO) market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été supprimé | |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | Sur la quantité des matières premières, nous connaissons le rendement entre un kilogramme de verre vierge à 0 % de calcin et de verre recyclé à 100 % de calcin, ce qui permet d'adapter la quantité de matières premières | 2 | 2 | 2 | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport du verre | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | Nous n'avons pas eu de données spécifiques sur les distances de transport amont du verre mais grâce à l'ACV [DEROCHE09]. Ces données ont été confirmées par METEOR. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| Production des autres matières premières | Production des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 1 | Autres | | | | | | | | | | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles. Prise en compte du procédé de mise en forme pour le bouchon | |
| | | 2 | Cep | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les quantités des emballages constituant l'emballage primaire ont bien été confirmées par METEOR | 2 | 2 | 1 | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages constituant l'emballage primaire n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|----------------------------|--------------|------------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--------------------|---------------------|-------------|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 2 - Conditionnement | | | | | | | | | | | | | |
| Production des emballages secondaires ou tertiaires | | 1 | Eut.T | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les quantités des emballages constituant les emballages secondaires et tertiaires ont bien été confirmées par METEOR | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| | | 2 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages secondaires et tertiaires n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| 3 - Distribution | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des emballages conditionnés vers le magasin | | 2 | CC, Ac, Eut.M, Cep, EP | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | La distance moyenne a été calculée grâce aux données de METEOR. Le chargement du camion a été spécifié pour chaque système. La consommation de carburant a été adaptée avec le parc roulant français en 2015. | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| 4 - Consommation | | | | | | | | | | | | | |
| Transport du magasin vers le domicile | Bouteilles pleine | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | La distance de transport et le scénario ont été spécifiés par l'étude [ADEME_18] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Transport du domicile vers le magasin | Bouteille vide | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | La distance de transport et le scénario ont été spécifiés par l'étude [ADEME_18] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| 5 - Déconsignation | | | | | | | | | | | | | |
| Utilisation de la machine de déconsignation | Consommation d'électricité | 2 | Drmf, Dre, Cep | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données de consommation d'énergie ont été collectées avec le fabricant des machines de déconsignation. L'allocation de la consommation d'énergie a été effectuée en prenant en compte le nombre de machines de déconsignation, leur typologie et le nombre de bouteilles récupérées par "petit" ou "grand" magasin. Ce travail a permis d'avoir des données robustes sur la consommation d'électricité | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles, mais prise en compte du mix français |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| | Consommation de papier | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données de consommation de papier ont été collectées avec le fabricant des machines de déconsignation. L'allocation de la consommation de papier a été effectuée en prenant en compte le nombre de machines de déconsignation, leur typologie et le nombre de bouteilles récupérées par "petit" ou "grand" magasin. Ce travail a permis d'avoir des données robustes sur la consommation de papier. | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Commentaire | Inventaires du cycle de vie | | | Commentaire |
|--|----------------------------------|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|------------------|--|-----------------------------|---------------------|---|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Repr. Temporelle | | Repr. Géographique | Repr. Technologique | | |
| 6 - Lavage | | | | | | | | | | | | | |
| Consommation d'énergie de la laveuse | Consommation d'électricité | 2 | Drmf, Cep | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par METEOR sur l'année 2016 sur les différentes consommations d'énergie | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles, mais prise en compte du mix français |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| | Consommation de gaz | 1 | CC, Ag, Cep, EP | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 2 | | Eut.M, Eut.T | | | | | | | | | | | |
| Consommation des autres entrants | Consommation d'eau | 1 | Dre | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par METEOR sur l'année 2016 sur la consommation d'eau | 2 | 1 | 2 | Prise en compte du flux régionalisé : remplacement de « Water, Europe without Switzerland » par « Water, FR » |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| | Consommation de produit chimique | 2 | Eut.T | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par METEOR sur l'année 2016 sur la consommation de soude à 30 % | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles mais prise en compte de la concentration de soude dans la modélisation |
| 3 | | Autres | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie | Traitement de l'étiquette | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | METEOR nous a expliqué la fin de vie des étiquettes en papier récupérées dans la laveuse. Ces étiquettes partent avec les DIB | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| | | 1 | Eut.M | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | | | | | |
| | 2 | Dre, Eut.T | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | Le traitement de l'eau est issu des données de consommation d'eau en entrée, fournies par METEOR | | | | |
| 7 - Collecte des déchets | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport de l'emballage ménager vers les OMR. Le taux de chargement n'a pas été spécifié | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | | 2 | Eut.M, EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport de l'emballage ménager vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre le PAV/bac de recyclage au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM. Le taux de chargement est une valeur par défaut issue de la base de données Ecoinvent | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| 8 - Fin de vie | | | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager en UIOM | Traitement | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages de la fin de vie de l'emballage primaire ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage avec [ECOEMB16]. Nous avons émis l'hypothèse que le recyclage est à 100 % pour les bouteilles refusées chez le brasseur | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 % et de 100 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| | | 1 | Autres | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | | | | |
| 2 | Cep | | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager chez le recycleur | | 2 | CC | | | | | | Les pourcentages des emballages secondaires et tertiaires ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires en ITOM | | 3 | Autres | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | | | | |

Les points d'attention concernant la qualité des données sont les suivants, par ordre d'importance décroissante pour les deux systèmes :

- Concernant la fabrication du verre, qui a une contribution forte sur tous les indicateurs environnementaux, les données des modules ecoinvent constituant l'ensemble du module final de production du verre datent de 1997 et sont extrapolées par ecoinvent à 2016. Ainsi, la représentativité temporelle de l'ICV issu d'ecoinvent peut être améliorée, même si un travail d'adaptation des données d'activité d'énergie, de consommations de matières et des émissions directes a été réalisé. Plus loin, une analyse de sensibilité est proposée permettant d'évaluer l'influence sur les résultats de l'utilisation d'un ICV plus récent et issu d'une autre source, i.e. l'ICV établi par la FEVE (Federation of European manufacturers of glass containers and machine-made glass tableware).
- La précision des distances de transport des autres constituants de l'emballage primaire (étiquette et colle) nécessite une amélioration même si la contribution sur tous les indicateurs environnementaux est faible.



3. METEOR : analyses de sensibilité

Les analyses de sensibilité suivantes sont présentées dans cette section :

1. Une analyse de sensibilité a été réalisée sur le taux de renouvellement annuel des bouteilles pour le système avec consigne (lié au nombre d'utilisations de la bouteille), ce paramètre étant bien entendu très influent sur les résultats. Cette analyse permet d'avoir un premier élément d'appréciation sur les conditions nécessaires pour que le système avec consigne soit intéressant sur le plan environnemental par rapport au système sans consigne.
2. Une 2^{ème} analyse de sensibilité a été réalisée en utilisant l'ICV de la FEVE (Federation of European manufacturers of glass containers and machine-made glass tableware), afin de voir l'influence de l'utilisation d'un inventaire d'une source de données différente, jugée fiable et robuste, sur les écarts d'impact et les conclusions de l'étude, dans le cas de METEOR.

3.1. Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations des bouteilles

3.1.1. Objectif et description de l'analyse

Le taux de renouvellement des bouteilles est un paramètre clé de la comparaison des performances environnementales des systèmes avec et sans consigne. Le taux de renouvellement des bouteilles est la résultante de deux facteurs : 1/ le fait que toutes les bouteilles ne sont pas rapportées à la déconsignation par les consommateurs après usage, et 2/ le fait qu'une partie des bouteilles est écartée de la réutilisation chez le brasseur en raison de leur état. Un taux de renouvellement des bouteilles plus important correspond à un nombre d'utilisations moyen des bouteilles plus faible et des gains environnementaux du système avec consigne par rapport au système sans consigne également plus faibles.

Cette analyse vise à connaître le nombre minimum d'utilisations moyen minimal permettant au système avec consigne d'être plus performant que le système sans consigne sur le plan environnemental.

Dans cette analyse, on fait varier le taux de renouvellement à la hausse (ce qui implique une baisse du nombre d'utilisations de la bouteille). On recherche ici le point de bascule, i.e. le nombre d'utilisations en-dessous duquel le système avec consigne est moins performant sur le plan environnemental que le système sans consigne. Concrètement, le point de bascule est obtenu en partant de la situation du scénario de référence et en diminuant le nombre d'utilisations jusqu'à obtenir un système AC équivalent au système SC **sur un indicateur environnemental**.

Le Tableau 50 présente les principaux paramètres d'entrée de l'analyse. Le scénario 1 décrit ci-dessous permet d'atteindre le point de bascule.

Tableau 50 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations des bouteilles – Principaux paramètres – dispositif METEOR

| Paramètre | Unité | Système SC – Référence (Ref) | Système AC – Référence (Ref) | Système AC – Scénario 1 (Sc1) |
|---|----------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Nombre de bouteilles mises sur le marché par an | UVC / an | - | 5 300 000 | 5 300 000 |



| Paramètre | Unité | Système SC – Référence (Ref) | Système AC – Référence (Ref) | Système AC – Scénario 1 (Sc1) |
|---|--------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Nombre total de bouteilles renouvelées par an | UVC / an | - | 275 000 | 3 425 000 |
| Taux de retour | % | - | 94,8 % | 35,4 % |
| Taux de renouvellement | % | - | 5,2 % | 64,6 % |
| Nombre de cycles moyen / bouteille (nombre d'utilisations) | utilisations | - | 19,27 | 1,55 |

3.1.2. Résultats et interprétations

Le Tableau 51 présente les impacts potentiels sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour le scénario de référence et le scénario 1 (seul le système avec consigne est modifié dans cette analyse) correspondant au point de bascule.

Tableau 51 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations des bouteilles – Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque scénario - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Système SC - Réf | Système AC – Ref | Système AC – Sc1 |
|---|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 320 | 74 | 270 |
| Acidification | mole H+ émis | 2,0 | 0,32 | 1,62 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 2,95E-02 | 1,0E-02 | 2,18E-02 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 4,2E-01 | 7,4E-02 | 3,3E-01 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,5E-03 | 4,1E-04 | 1,3E-03 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 70,4 | 34,5 | 70,5 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 7 532 | 1 556 | 6 452 |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | 1,75E-01 | 3,04E-02 | 1,29E-01 |



La Figure 27 présente les résultats de l'analyse.

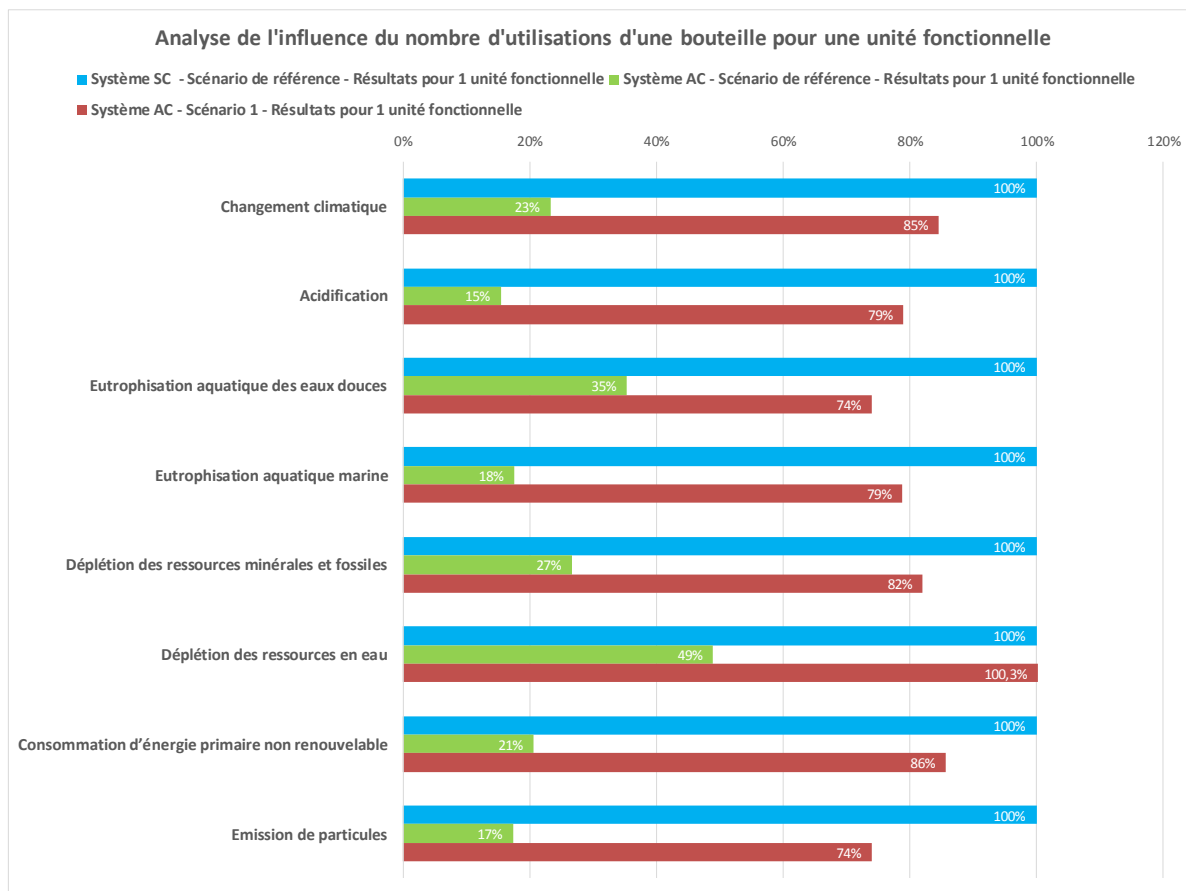


Figure 27 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations des bouteilles – Comparaison des impacts sur le cycle de vie du scénario 1 pour une unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles

Pour tous les enjeux environnementaux, le scénario précédemment défini engendre une hausse importante des impacts et correspond à un point de bascule sur le potentiel de déplétion des ressources en eau. Il est également à noter que la contribution atteint 86 % pour l'indicateur consommation d'énergie primaire non renouvelable et 85 % pour le potentiel de réchauffement climatique.

En conclusion, à partir d'un nombre d'utilisations moyen de 1,55, le système avec consigne METEOR présente toujours des valeurs d'impact chiffrées inférieures à celles du système sans consigne sur tous les indicateurs environnementaux (système AC plus performant que le système SC) - sans vérification du caractère significatif de cette différence.

3.2. Analyse de sensibilité sur l'utilisation de l'inventaire de cycle de vie de la FEVE

3.2.1. Objectif et description de l'analyse

La représentativité temporelle de l'ICV utilisé pour calculer les impacts de la production du verre étant ressortie comme un point faible du jeu de données lors de l'évaluation de la qualité des données, on teste dans ce scénario l'influence sur les résultats de l'utilisation de l'inventaire de cycle de vie de production de la bouteille en verre de la FEVE.



Ne pouvant obtenir un ICV désagrégé permettant de faire les modifications nécessaires à l'obtention d'un ICV de verre 100 % vierge et un ICV de verre 100 % recyclé, cette analyse de sensibilité est effectuée sans tenir compte des bénéfices du recyclage sur tous les scénarios (on applique dans cette analyse de sensibilité la méthode des stocks). L'ICV fourni par la FEVE est agrégé, donc il ne peut pas être modifié pour obtenir des inventaires de production avec 0 et 100 % de calcin. Par conséquent, pour assurer la comparabilité avec cet ICV, la méthode des stocks a été appliquée sur l'ensemble des matériaux pour le modèle utilisant les ICV ecoinvent, contrairement au scénario de référence.

Le scénario de référence pour les systèmes avec et sans consigne utilise le module ecoinvent de packaging glass modifié avec les adaptations suivantes :

- Les modules de transport du module « Glass cullet, sorted {GLO}| market for | Alloc Rec, U » inclus dans le module de packaging glass a été supprimé. En effet, nous avons comptabilisé le transport du centre de transfert vers le recycleur non pas en amont du cycle de vie mais en aval.
- Le mix énergétique a été adapté pour tenir compte d'une production du verre en France (remplacement de l'ICV « Electricity, medium voltage {DE}| market for | Alloc Rec, U » par « Electricity, medium voltage {FR}| market for | Alloc Rec, U » et remplacement de l'ICV « Natural gas, high pressure {DE}| market for | Alloc Rec, U » par « Natural gas, high pressure {FR}| market for | Alloc Rec, U »). En effet, comme déjà mentionné, le verrier alimentant METEOR se situe en France.

3.2.2. Résultats et interprétations

Le Tableau 52 et le Tableau 63 présentent les impacts potentiels sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour le scénario de référence et le scénario « FEVE ». A titre indicatif, la significativité des écarts est également présentée.

Tableau 52 : Analyse de sensibilité sur l'utilisation de l'inventaire de cycle de vie de la FEVE - Résultats d'impact du cycle de vie du système sans consigne - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Système SC - Réf | Système SC – FEVE | Ecart significatif ? |
|---|------------------------|------------------|-------------------|----------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 327 | 618 | Oui |
| Acidification | mole H+ émis | 1,9 | 3,0 | Oui |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 3,0E-02 | 1,66E-02 | Oui |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 4,2E-01 | 4,09E-01 | Non |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,7E-03 | 2,59E-03 | Oui |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 5,2E+01 | 2,35E+02 | Oui |



| Catégorie d'impact | Unité | Système SC - Réf | Système SC – FEVE | Ecart significatif ? |
|---|--------------|------------------|-------------------|----------------------|
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 6 245 | 8 957 | Oui |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | 1,66E-01 | 1,63E-01 | Non |

Tableau 53 : Analyse de sensibilité sur l'utilisation de l'ICV de la FEVE - Résultats d'impact du cycle de vie du système avec consigne - Résultats pour 1 unité fonctionnelle - dispositif METEOR - 19,27 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Système AC – Réf | Système AC – FEVE | Ecart significatif ? |
|---|------------------------|------------------|-------------------|----------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 79 | 98 | Non |
| Acidification | mole H+ émis | 0,3 | 0,4 | Non |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 1,44E-02 | 1,35E-02 | Non |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 7,87E-02 | 7,77E-02 | Non |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 6,62E-04 | 7,16E-04 | Non |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 3,45E+01 | 4,61E+01 | Non |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 1 521 | 1 692 | Non |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | 3,46E-02 | 3,44E-02 | Non |

Le Tableau 54 présente la significativité des écarts entre les deux systèmes « FEVE ».



Tableau 54 : Analyse de sensibilité sur l'utilisation de l'ICV de la FEVE - Résultats d'impact du cycle de vie du système avec et sans consigne - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif METEOR - 19,27 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Système SC – FEVE | Système AC – FEVE | Ecart significatif ? |
|---|------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 618 | 98 | Oui |
| Acidification | mole H+ émis | 3,0 | 0,4 | Oui |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 1,66E-02 | 1,35E-02 | Non |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 4,09E-01 | 7,77E-02 | Oui |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,59E-03 | 7,16E-04 | Oui |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 2,35E+02 | 4,61E+01 | Oui |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 8 957 | 1692 | Oui |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | 1,63E-01 | 3,44E-02 | Oui |



La Figure 28 présente les résultats des 2 systèmes pour chaque scénario.

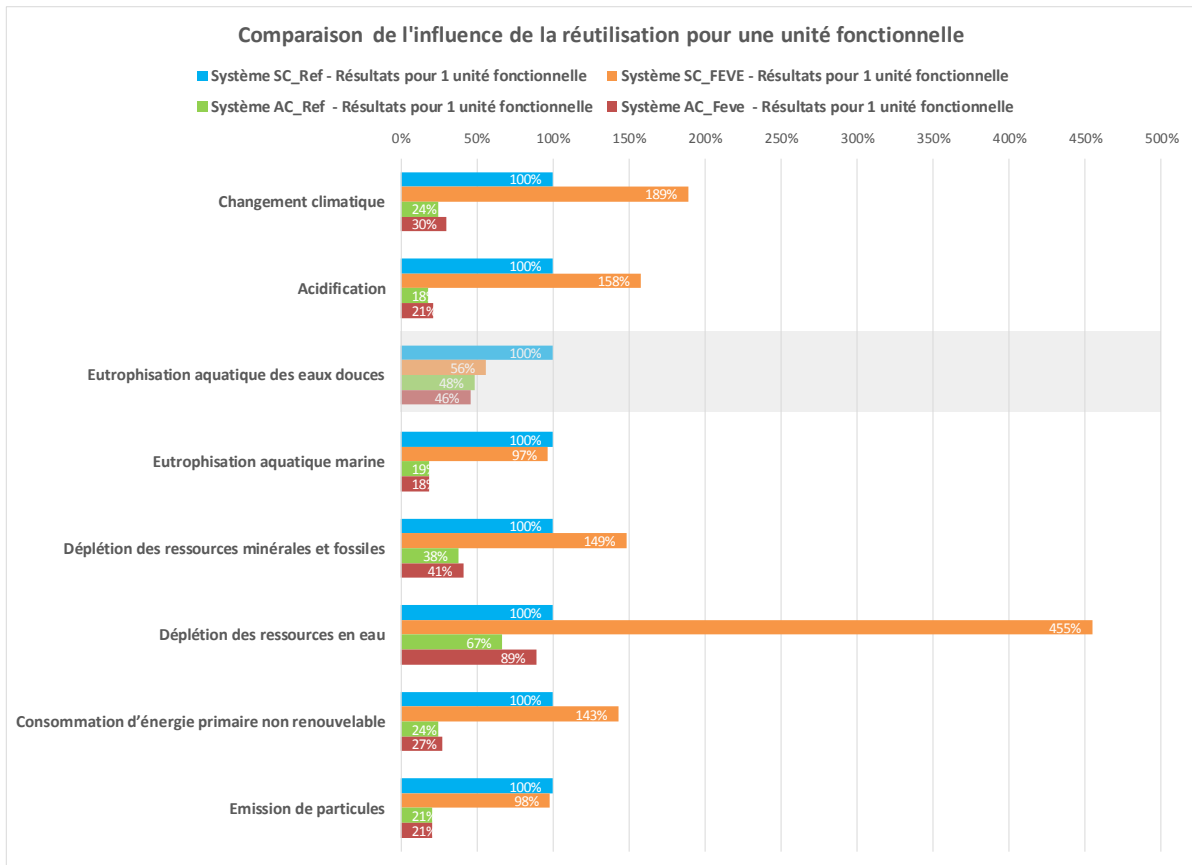


Figure 28 : Analyse de sensibilité sur l'utilisation de l'ICV de la FEVE - Comparaison des impacts sur le cycle de vie des différents scénarios – dispositif METEOR

Pour chacun des systèmes avec et sans consigne, l'utilisation de l'ICV de la FEVE joue sur les résultats :

- Pour le système sans consigne, l'utilisation l'ICV de la FEVE entraîne des variations d'impacts environnementaux importantes, à la hausse ou à la baisse : par exemple les impacts sont quasiment multipliés par 2 pour le potentiel de réchauffement climatique et par 5 pour l'indicateur déplétion des ressources en eau. Le potentiel d'eutrophisation des eaux douces est approximativement 2 fois plus faible.
- Pour le système avec consigne, les variations d'impact dues à l'utilisation de l'ICV de la FEVE sont plus réduites (jugées non significatives pour l'ensemble des indicateurs alors que pour le système sans consigne les variations sur 6 des 8 indicateurs sont jugées significatives). Cela s'explique par le fait que la production du verre a une contribution relative aux impacts en cycle de vie plus faible pour le système avec consigne que pour le système sans consigne.

En revanche, la performance environnementale du système avec consigne reste meilleure que celle du système sans consigne sur l'ensemble des impacts potentiels, et les pourcentages d'écart entre système avec consigne et système sans consigne évoluent peu excepté pour le potentiel de déplétion des ressources en eau pour lequel le gain augmente de 47 % : les gains environnementaux du système avec consigne par rapport au système sans consigne varient de moins de 11 % (passant par exemple pour le changement climatique de 76 % à 84 %). L'écart entre les systèmes avec et sans consigne devient significatif sur le potentiel de déplétion des ressources en eau tandis qu'il devient non significatif sur le potentiel d'eutrophisation des eaux douces. Les écarts restent significatifs pour l'ensemble des autres catégories d'impact.



En conclusion, alors que les impacts potentiels de chaque système varient significativement lorsque l'on change de données pour la production du verre, le système AC est toujours plus performant que le système SC, excepté pour le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces où les écarts ne sont pas significatifs avec l'ICV de la FEVE¹³. A noter, à nouveau, que l'utilisation de l'ICV de la FEVE ne permet d'adapter ni les mix énergétiques pour améliorer la représentativité géographique de l'ICV ni le taux de calcin, et ne permet donc pas de tenir compte des bénéfices liés au recyclage dans l'analyse.

4. METEOR : conclusions et limites

4.1. Conclusions

Les conclusions suivantes peuvent être établies :

- Pour le système avec consigne, la phase la plus contributrice au bilan environnemental est la phase de fabrication, contribuant à elle seule à plus de 36 % des impacts environnementaux potentiels. La prise en compte des bénéfices du recyclage permet d'avoir un gain environnemental globalement situé entre 7,9 % et 34 % et au maximum de 39 % sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles.
- Pour le système avec consigne, la phase de lavage a une contribution également importante, entre 7,9 % et 35 % hors potentiel de déplétion des ressources en eau, et de 55 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau.
- Pour le système sans consigne, la phase la plus contributrice est la phase de fabrication de l'emballage ménager qui contribue à plus de 77 % sur tous les indicateurs en ne comptabilisant pas les bénéfices du recyclage. La prise en compte des bénéfices du recyclage permet d'avoir un gain environnemental globalement situé entre 17 % et 52 % et au maximum de 58 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau.
- Le système avec consigne engendre toujours moins d'impacts environnementaux potentiels que le système sans consigne (entre 51 % et 84 % de gains environnementaux sur tous les indicateurs étudiés par rapport au système sans consigne), tous les écarts étant jugés significatifs, excepté sur le potentiel de déplétion des ressources en eau.
- Une analyse de sensibilité a montré que le nombre d'utilisations de la bouteille était un paramètre jouant fortement sur les impacts environnementaux potentiels du système avec consigne. Néanmoins, à partir de 2 utilisations, le système avec consigne est plus favorable que le système sans consigne sur l'ensemble des impacts potentiels (sans considérer les incertitudes liées aux résultats).
- L'analyse de sensibilité sur l'utilisation de l'ICV de la FEVE de production du verre a montré que les résultats pouvaient évoluer significativement individuellement pour chacun des deux systèmes, sans toutefois remettre en cause la conclusion principale de l'étude du cas METEOR qui est que le système avec consigne est plus performant que le système sans consigne à l'exception d'un indicateur pour lequel la différence n'est pas significative (le potentiel de déplétion des ressources en eau pour lorsque l'on utilise l'ICV ecoinvent pour la production du verre et le potentiel d'eutrophisation des eaux douces lorsque l'on utilise l'ICV de la FEVE).

¹³ On rappelle que dans le scénario de référence, avec l'utilisation des données ecoinvent pour la production du verre, les écarts entre le système avec consigne et le système sans consigne sont tous significatifs (y compris pour le potentiel d'eutrophisation en eaux douces) excepté pour le potentiel de déplétion des ressources en eau.



4.2. Limites

Tout d'abord, concernant la qualité des données, l'élément principal à améliorer est la représentativité temporelle de l'ICV de production du verre. Néanmoins comme mentionné précédemment, l'analyse de sensibilité sur l'utilisation de l'ICV de la FEVE de production du verre a montré que fonder l'évaluation sur l'ICV de la FEVE plutôt que l'ICV ecoinvent (adapté) ne remettait pas en cause la conclusion principale de ce cas d'étude, à savoir le fait que le système avec consigne est plus performant que le système sans consigne sur l'ensemble des impacts potentiels à l'exception d'un indicateur environnemental, ce qui permet de valider l'utilisation de l'ICV d'ecoinvent telle que proposée dans cette étude.

Par ailleurs, une limite du cadre de modélisation retenu est la non prise en compte des bénéfices liés au recyclage (application de la méthode des stocks) pour l'évaluation de la fin de vie des emballages secondaires et tertiaires, excepté pour le matériau carton où les bénéfices de recyclage ont été considérés puisque le taux de recyclage est très élevé (près de 100 %). Cependant, la contribution de l'étape de conditionnement est de second ordre (moins de 17 % du système avec consigne sur un seul indicateur), donc l'utilisation de la méthode des stocks pour les emballages secondaires et tertiaires est raisonnable.



VI. Evaluation environnementale du dispositif Coat Albret

1. Coat Albret : données d'activité

Données à caractère confidentiel.

2. Coat Albret : évaluation et interprétation de l'impact du cycle de vie

Cette section présente tout d'abord les résultats d'impact par système du dispositif Coat Albret : répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie, focus sur les étapes les plus contributrices et analyse de la contribution des flux de l'inventaire. Ensuite, une comparaison est effectuée entre les deux systèmes.

Les résultats d'impact présentés et analysés dans ce chapitre sont les indicateurs environnementaux décrits précédemment au chapitre (III.8.1).

2.1. Résultats de l'analyse environnementale sur le système sans consigne

2.1.1. Résultats sur l'ensemble du cycle de vie et répartition par principale étape

Le Tableau 55 fournit les résultats de l'analyse environnementale et la contribution relative de chacune des cinq étapes du cycle de vie du système sans consigne à chacun des impacts considérés. La Figure 29 traduit ces contributions sous forme graphique.

Tableau 55 : Résultats et contribution des étapes du cycle de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret

| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Collecte des déchets | Fin de vie |
|--|--------------------------|-------|-------------|-----------------|--------------|----------------------|------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 486 | 595 | 8,5 | 12 | 34 | -163 |
| | % | | 92 % | 1,3 % | 1,8 % | 5,2 % | -25 % |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 2,92 | 3,77E+00 | 3,61E-02 | 3,70E-02 | 1,84E-01 | -1,11E+00 |
| | % | | 94 % | 0,90 % | 0,92 % | 4,6 % | -27 % |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 0,06 | 9,04E-02 | 1,81E-03 | 1,36E-04 | 1,86E-04 | -3,30E-02 |
| | % | | 98 % | 2,0 % | 0,15 % | 0,20 % | -36 % |
| | kg éq. N | 0,60 | 6,35E-01 | 5,75E-03 | 1,06E-02 | 7,53E-02 | -1,25E-01 |



| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Collecte des déchets | Fin de vie |
|--|--------------------|----------|-------------|-----------------|--------------|----------------------|------------|
| Eutrophisation aquatique marine | % | | 87 % | 0,79 % | 1,5% | 10 % | -17 % |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,18E-03 | 3,06E-03 | 3,22E-05 | 2,31E-06 | 5,81E-06 | -9,18E-04 |
| | % | | 99 % | 1,0 % | 0,074 % | 0,19 % | -30 % |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 121 | 2,38E+02 | 2,50E+00 | 3,63E-01 | 3,27E-01 | -1,20E+02 |
| | % | | 99 % | 1,0 % | 0,15 % | 0,14 % | -50 % |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 10 914 | 11 830 | 273 | 185 | 491 | -1 863 |
| | % | | 93 % | 2,1 % | 1,5 % | 3,8 % | -15 % |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 0,26 | 3,15E-01 | 3,44E-03 | 2,97E-03 | 4,81E-02 | -1,14E-01 |
| | % | | 85 % | 0,93 % | 0,80 % | 13 % | -31 % |

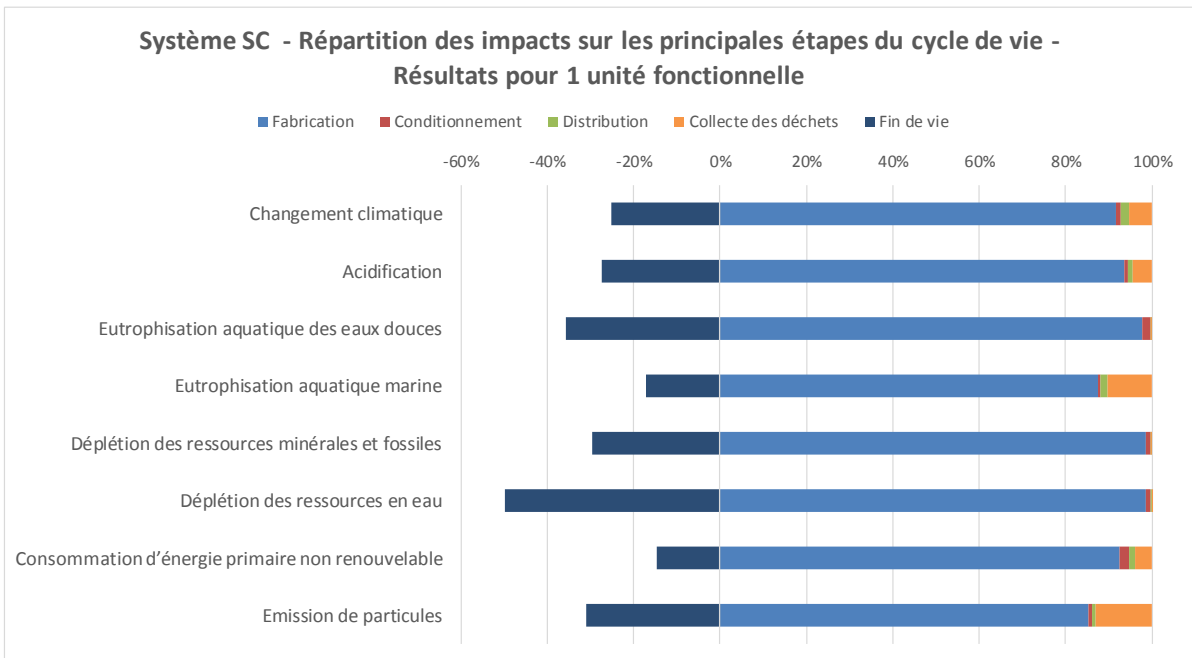


Figure 29 : Répartition des impacts sur les étapes du cycle de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Coat Albret – 3,98 cycles

Les observations suivantes peuvent être faites :



- L'étape de fabrication de l'emballage ménager est responsable d'au moins 85 % des impacts potentiels du cycle de vie du système sans consigne, sur l'ensemble des indicateurs environnementaux. Mais, considérant la fabrication et la fin de vie, ces deux étapes représentent au moins 49 % des impacts sur tous les indicateurs environnementaux. Il est plus pertinent de considérer ces deux étapes ensemble lors de l'interprétation des résultats, la méthode de prise en compte des bénéfices du recyclage fournissant des résultats sur l'ensemble de la production et de la gestion en fin de vie des matériaux.
- L'étape de collecte des déchets a une contribution secondaire. Elle contribue à 13 % sur l'indicateur émissions de particules et de 10 % sur l'indicateur d'eutrophisation aquatique marine. Elle contribue également faiblement à l'indicateur changement climatique (5,22 %) et acidification (4,6 %). Cette contribution correspond majoritairement à l'impact du transport du verre du centre de transfert vers le recycleur, la distance de ce trajet est assez élevée (229 km).
- La phase de conditionnement contribue à moins de 2,2 % aux indicateurs de changement climatique, d'eutrophisation aquatique des eaux douces et consommation d'énergie primaire non renouvelable.
- La phase de distribution (transport du site de conditionnement vers le marché des Lices principalement) ne contribue pas significativement aux impacts du système sans consigne (moins de 1,9 %). En effet, la distance moyenne de transport est plutôt faible (25 km) entre le site de conditionnement et le marché des Lices comparativement aux autres étapes de transport.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre représentent entre 50 % et 27 % des impacts sur le potentiel de déplétion des ressources en eau, d'eutrophisation aquatique des eaux douces, d'acidification et sur l'indicateur émission de particules. Ils représentent également 25 % du potentiel de réchauffement climatique. Pour rappel, le bénéfice environnemental provient du recyclage de la bouteille en verre et du muselet en acier issus des mâchefers d'incinération.

Des analyses plus détaillées sont réalisées ci-dessous sur les étapes principalement contributrices aux impacts : étape de fabrication (emballage ménager) et étape de fin de vie d'une part et étape de collecte des déchets d'autre part.

2.1.2. Focus sur l'étape de fabrication (emballage ménager) et sur la fin de vie

Le Tableau 56 et la Figure 30 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de fabrication de l'emballage ménager sous forme chiffrée puis graphique avec la contribution de la fin de vie. En effet, l'étape de production et la fin de vie doivent être considérées ensemble vu qu'on prend en compte les bénéfices liés au recyclage avec une méthode considérant les phases de production et gestion en fin de vie des matériaux dans leur ensemble. Il est donc plus pertinent d'étudier ces deux postes simultanément :

Tableau 56 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret



| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon (bouchon en liège et muselet) | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|---|--------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 464 | 1,84 | 0,44 | 55 | 73 | -164 |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 3,2 | 1,10E-02 | 1,64E-03 | 3,02E-01 | 2,49E-01 | -1,1 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 4,67E-02 | 1,23E-03 | 6,01E-05 | 4,17E-02 | 8,32E-04 | -3,30E-02 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 0,50 | 3,09E-03 | 2,79E-04 | 5,49E-02 | 7,69E-02 | -0,13 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,88E-03 | 3,74E-05 | 5,89E-07 | 1,12E-03 | 1,41E-05 | -9,18E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 1,97E+02 | 2,8 | 0,29 | 36 | 2,23E+00 | -120 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 9 755 | 31 | 16 | 902 | 1 126 | -1 863 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 0,24 | 4,94E-03 | 1,82E-04 | 3,58E-02 | 3,07E-02 | -0,11 |



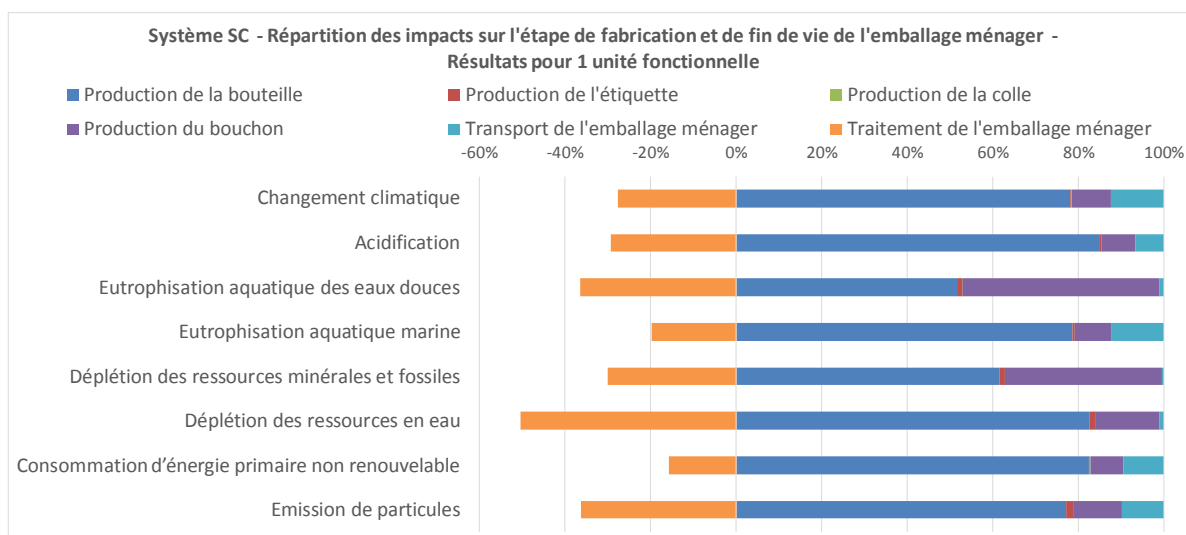


Figure 30 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l'emballage ménager et de sa fin de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Coat Albret – 3,98 cycles

Les observations suivantes peuvent être faites :

- La production de la bouteille en verre (vierge) est responsable d'au moins 52 % des impacts de la fabrication du système sans consigne, sur tous les indicateurs environnementaux.
- La production du bouchon, c'est-à-dire l'ensemble bouchon en liège et muselet en acier, est le contributeur secondaire sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces (46 %). Cela est principalement dû à la fabrication du bouchon en liège. Cette étape contribue également de façon significative au potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles (37 %) via la production du muselet en acier, mais cette contribution reste faible par rapport à la production du verre.
- Le transport amont des constituants de l'emballage ménager contribue significativement moins aux impacts de la phase de fabrication que la production du verre, notamment sur le potentiel d'eutrophisation aquatique marine (12 %), sur le potentiel de réchauffement climatique (12 %), sur l'indicateur émissions de particules et de consommation d'énergie primaire non renouvelable (10 %) et sur le potentiel d'acidification (6,6 %).
- La production de l'étiquette et de la colle, avec une très faible masse par UVC, représente respectivement moins de 1,7 % et 0,2 % d'impact sur tous les indicateurs environnementaux.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre et de l'acier du muselet issus des mâchefers d'incinération représentent entre 28 % et 50 % des impacts potentiels pour la déplétion des ressources en eau, l'eutrophisation aquatique des eaux douces, l'indicateur émissions de particules et le potentiel de réchauffement climatique. Pour rappel, les bénéfices proviennent majoritairement du recyclage du verre puis du muselet en acier issus des mâchefers d'incinération.

2.1.3. Focus sur l'étape de collecte des déchets

Le Tableau 57 et la Figure 31 traduisent les impacts potentiels et la contribution relative des différents procédés de l'étape de conditionnement.



Tableau 57 : Résultats et contribution de l'étape de collecte des déchets- Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret

| Catégorie d'impact | Unité | Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur |
|---|------------------------|--|---|--|--|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 2,9 | 28,1 | 3,0 | 5,01E-03 |
| Acidification | mole H+ émis | 1,76E-02 | 1,56E-01 | 0,010 | 1,85E-05 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 7,72E-06 | 1,44E-04 | 3,43E-05 | 5,58E-08 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 7,59E-03 | 6,45E-02 | 3,17E-03 | 6,09E-06 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 4,68E-07 | 4,76E-06 | 5,81E-07 | 9,49E-10 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | -1,26E-03 | 2,45E-01 | 9,21E-02 | 1,49E-04 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 41 | 403 | 46 | 7,60E-02 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 5,42E-03 | 4,14E-02 | 1,27E-03 | 2,15E-06 |



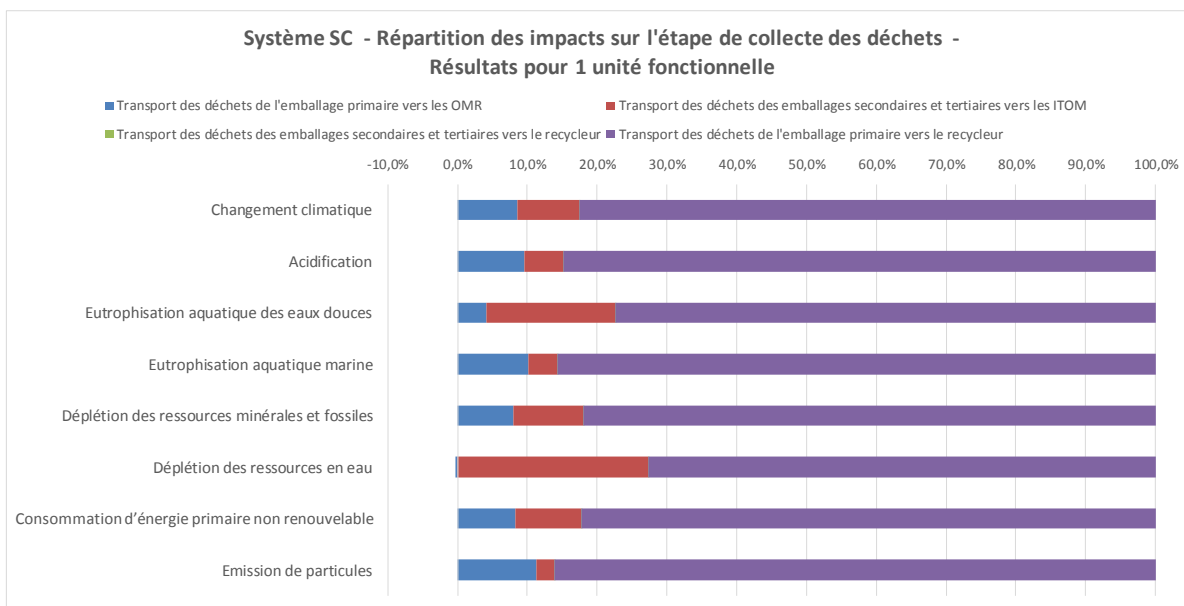


Figure 31 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de l'étape de collecte des déchets pour le système sans consigne (SC) – dispositif Coat Albret – 3,98 cycles

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Le transport des déchets du verre du centre de transfert vers le recycleur est le premier poste contributeur avec au moins 73 % sur tous les indicateurs. En effet, la distance et le poids transporté (le verre représente la masse principale transportée par rapport aux emballages secondaires ou tertiaires ramenée à l'unité fonctionnelle) sont élevés pour ce trajet (229 km).
- Le transport des déchets des emballages secondaires (ici les caisses) vers les ITOM est le deuxième poste contributeur avec 27 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau et 18 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces.
- Le troisième contributeur est le transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR. Le léger bénéfice apporté par cette étape au niveau de la déplétion des ressources en eau provient du rejet d'eau douce lors de l'extraction du pétrole pour la production de carburant. Lors de l'extraction du pétrole, une grande quantité d'eau salée est prélevée, puis rejetée sous forme d'eau douce. Pour un litre d'eau salée prélevée, 0,85 litres d'eau douce sont rejetés dans l'environnement. A noter que cet indicateur ne tient pas compte de la qualité de l'eau rejetée (ici, de nombreuses substances chimiques sont également rejetées en même temps que l'eau douce).
- Le transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur a une contribution très faible, moins de 0,1 % sur tous les indicateurs.

2.1.4. Flux élémentaires principaux contribuant aux impacts

L'analyse présentée dans ce paragraphe a pour objectif de relier les résultats d'inventaire aux résultats d'impact. Alors que les paragraphes précédents s'intéressaient principalement aux procédés les plus contributeurs aux impacts potentiels, l'analyse suivante permet d'avoir une compréhension fine des sources d'impact (i.e. en termes de substances ponctionnées ou émises dans l'environnement), et des procédés (activités) auxquels ces sources d'impact sont liées.

Le Tableau 58 présente les flux élémentaires de l'inventaire du cycle de vie les plus contributeurs aux impacts du système avec consigne :



Tableau 58 : Analyse des flux contributeurs du système sans consigne par catégorie d'impact – dispositif Coat Albret

| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|--|
| Changement climatique | <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager :</p> <ul style="list-style-type: none"> Emissions de CO₂ fossile : Ce sont les émissions directes de la fabrication du verre. Cela concerne la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre. De plus, une part des émissions de CO₂ provient de la décarbonatation des matières premières en four verrier. Emissions de méthane liées à l'utilisation de gaz naturel lors de la production du verre. Elles sont principalement causées par les fuites du réseau d'approvisionnement en gaz |
| Acidification | <p>Les émissions de SO₂, d'oxydes d'azote et d'ammoniac, principales causes du potentiel d'acidification, sont issues de l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Les émissions de SO₂ sont issues de la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre</p> |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | <p>Les émissions de phosphates dans l'eau sont les plus importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Elles sont produites principalement lors de la fabrication du carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> |
| Eutrophisation aquatique marine | <p>Les émissions d'oxydes d'azote dans l'air sont les plus importantes uniquement sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager, lors de la consommation d'énergie via la combustion de gaz dans les fours pour la production du verre.</p> |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | <p>La consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) est un des principaux flux contributeurs.</p> <p>La consommation d'indium contribue également de façon significative aux impacts, via la consommation de produits chimiques pour la production du verre. Pour préparer ces produits, du zinc est utilisé, or l'indium est un coproduit de l'extraction du zinc.</p> |
| Déplétion des ressources en eau | <p>La production de carbonate de sodium et de silice, qui sont des matières premières pour la fabrication du verre, est responsable de la déplétion des ressources en eau.</p> |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | <p>La consommation de pétrole, la combustion de gaz et la consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) sont les principaux contributeurs, notamment sur l'étape de production de l'emballage ménager.</p> |
| Émissions de particules | <p>La production de carbonate de sodium (matière première du verre) et la fabrication du verre sont responsables des émissions de particules les plus significatives.</p> |

En résumé, les flux contribuant aux impacts correspondent majoritairement à la fabrication du verre du système sans consigne.



2.2. Résultats de l'analyse environnementale sur le système avec réemploi/réutilisation

2.2.1. Résultats sur l'ensemble du cycle de vie et répartition par principale étape

Le Tableau 59 fournit les résultats d'impacts potentiels de l'analyse environnementale du système avec réemploi/réutilisation et la contribution relative de chacune des sept étapes du cycle de vie du système avec consigne à chacun des enjeux environnementaux considérés. A noter que l'étape de déconsignation est manuelle pour le porteur de projet Coat Albret. Aucun procédé n'a donc été pris en compte pour cette étape et elle n'apparaît pas dans les résultats. La Figure 32 traduit ces contributions sous forme graphique

Tableau 59 : Résultats et contribution relative des principales étapes du cycle de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret - 3,98 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Consommation | Lavage | Collecte des déchets | Fin de vie |
|--|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|--------------|----------|----------------------|------------|
| Changement climatique | kg éq. CO2 | 207 | 194 | 8,5 | 29 | 0,13 | 7,6 | 8,1 | -40 |
| | % | | 79 % | 3,4 % | 12 % | 0,053 % | 3,1 % | 3,3 % | -16 % |
| Acidification | mole H+ émis | 1,13E+00 | 1,19E+00 | 3,61E-02 | 8,13E-02 | 4,79E-04 | 9,10E-02 | 4,51E-02 | -3,10E-01 |
| | % | | 82 % | 2,5 % | 5,6 % | 0,033 % | 6,3 % | 3,1 % | -22 % |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 4,61E-02 | 5,49E-02 | 1,81E-03 | 3,21E-04 | 1,47E-06 | 4,19E-03 | 4,04E-05 | -1,52E-02 |
| | % | | 90 % | 2,9 % | 0,52 % | 0,0024 % | 6,8 % | 0,066 % | -25 % |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 2,89E-01 | 2,05E-01 | 5,75E-03 | 2,19E-02 | 1,56E-04 | 7,04E-02 | 1,87E-02 | -3,24E-02 |
| | % | | 64 % | 1,8 % | 6,8 % | 0,048 % | 22 % | 5,8 % | -10, % |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,09E-03 | 1,64E-03 | 3,22E-05 | 5,45E-06 | 2,51E-08 | 8,27E-05 | 1,37E-06 | -6,74E-04 |
| | % | | 93 % | 1,8 % | 0,31 % | 0,0014 % | 4,7 % | 0,078 % | -38 % |
| Déplétion des ressources en eau | m3 éq. | 128 | 8,89E+01 | 2,50E+00 | 8,58E-01 | 3,95E-03 | 6,65E+01 | 6,38E-02 | -3,07E+01 |
| | % | | 56 % | 1,6 % | 0,54 % | 0,0025 % | 42 % | 0,040 % | -19 % |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 4 774 | 3 703 | 273 | 436 | 2,0 | 759 | 116 | -515 |
| | % | | 70 % | 5,2 % | 8,3 % | 0,038 % | 14 % | 2,2 % | -9,7 % |



| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Consommation | Lavage | Collecte des déchets | Fin de vie |
|-------------------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|--------------|----------|----------------------|------------|
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 1,03E-01 | 1,10E-01 | 3,44E-03 | 6,50E-03 | 4,88E-05 | 6,42E-03 | 1,21E-02 | -3,60E-02 |
| | % | | 79 % | 2,5 % | 4,7 % | 0,035 % | 4,6 % | 8,7 % | -26 % |

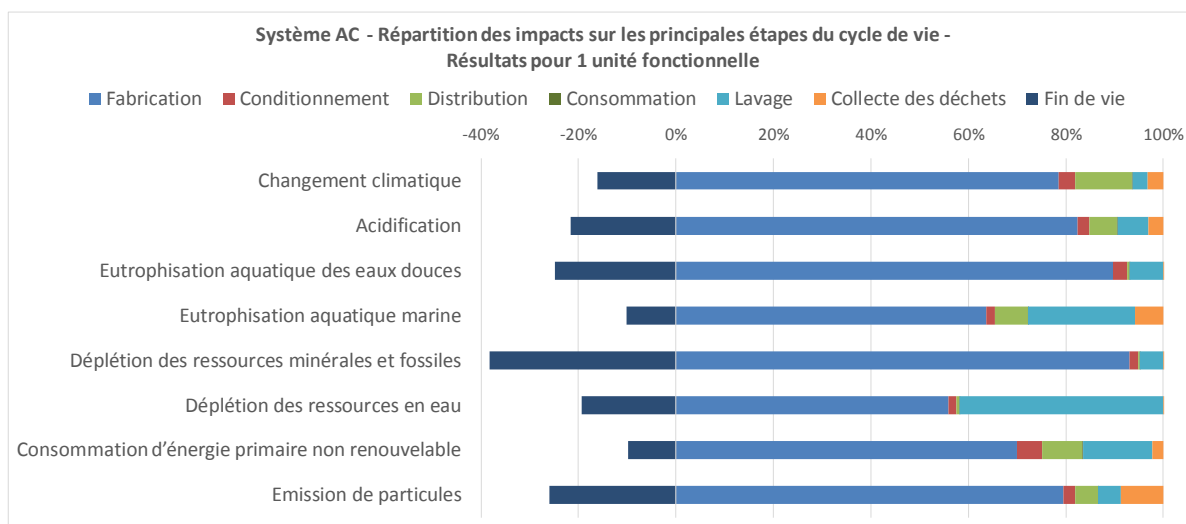


Figure 32 : Répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Coat Albret

Les observations suivantes peuvent être faites :

- L'étape de fabrication est le poste le plus contributeur et responsable à elle seule d'au moins 56 % des impacts potentiels du cycle de vie du système avec consigne, sur tous les indicateurs environnementaux.
- En considérant la fabrication et la fin de vie, cela représente au moins 37 % des impacts sur tous les indicateurs environnementaux. Il est aussi pertinent de ne pas dissocier les deux étapes de cycle de vie en raison de l'approche de fin de vie appliquée qui considère les phases de production et de gestion en fin de vie des matériaux dans leur ensemble.
- L'étape de lavage contribue significativement sur certains impacts potentiels : 42 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau, puis à 22 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique marine et à 14 % sur l'indicateur consommation d'énergie primaire non renouvelable via principalement la consommation de fioul pour le fonctionnement de la laveuse.
- L'étape de distribution (transport du site de conditionnement vers le marché) contribue à 8,3 % sur l'indicateur consommation d'énergie primaire non renouvelable et à 12 % sur l'indicateur de changement climatique. Ces impacts sont limités car la distance considérée est faible (25 km). Les autres indicateurs contribuent à moins de 6,8 %.
- L'étape de collecte des déchets a une contribution significative sur l'indicateur émissions de particules (8,7 %), et contribue également à 5,8 % au potentiel d'eutrophisation aquatique marine. Les autres indicateurs ont une contribution de second ordre (moins de 3,5 %).
- La phase de conditionnement ne contribue pas significativement aux impacts du système avec consigne (cette phase contribue au maximum à 5,2 % et 3,4 % des impacts sur le potentiel de consommation d'énergie primaire non renouvelable et le potentiel de réchauffement climatique respectivement). En effet, les emballages secondaires et tertiaires sont réemployés plusieurs fois, ce qui diminue l'impact lié à la production de ces emballages.



- La phase de consommation contribue très faiblement également, avec moins de 0,1 % sur tous les indicateurs environnementaux.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre et de l'acier représentent entre 9,7 % et 38 % du total des impacts potentiels algébriquement positifs.

Des analyses plus détaillées sont réalisées ci-dessous sur les étapes principalement contributrices aux impacts potentiels : : l'étape de fabrication (emballage ménager) et l'étape de lavage.

2.2.2. Focus sur l'étape de fabrication (emballage ménager) et sur la fin de vie

Le Tableau 60 et la Figure 33 présentent les impacts potentiels et la contribution relative des différents procédés de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et de la fin de vie.

Tableau 60 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret - 3,98 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|---|--------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 117 | 1,9 | 0,44 | 55 | 20 | -44 |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 8,07E-01 | 1,10E-02 | 1,64E-03 | 3,02E-01 | 6,64E-02 | -3,10E-01 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 1,17E-02 | 1,23E-03 | 6,01E-05 | 4,17E-02 | 2,22E-04 | -1,52E-02 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 1,26E-01 | 3,09E-03 | 2,79E-04 | 5,49E-02 | 2,05E-02 | -3,28E-02 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 4,74E-04 | 3,74E-05 | 5,89E-07 | 1,12E-03 | 3,76E-06 | -6,74E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 4,94E+01 | 2,81E+00 | 2,93E-01 | 3,58+01 | 5,95E-01 | -3,07E+01 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 2 453 | 31 | 16 | 902 | 300 | -515 |
| Émissions de particules | kg éq. PM _{2.5} | 6,12E-02 | 4,94E-03 | 1,82E-04 | 3,58E-02 | 8,21E-03 | -3,60E-02 |



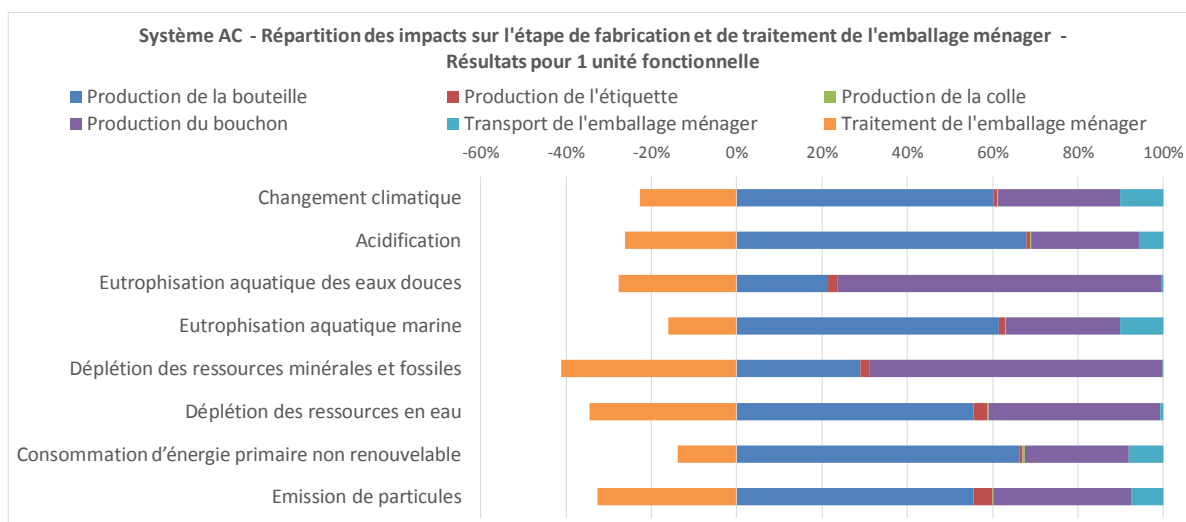


Figure 33 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l'emballage ménager et de la fin de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Coat Albret

Les analyses et observations sont similaires à celles réalisées sur la fabrication de l'emballage ménager pour le système sans consigne. En effet, les poids de chaque élément de l'emballage primaire sont identiques entre les systèmes avec et sans consigne. Il existe néanmoins une différence au niveau du taux de recyclage avec le système sans consigne. En effet, pour le système avec consigne, une partie des bouteilles, celles qui « sortent » de la boucle de réutilisation depuis chez le brasseur part intégralement en recyclage (taux de recyclage à 100 %). Cette fois-ci, la contribution aux impacts de la production du bouchon ressort davantage que pour le système sans consigne car contrairement à la bouteille en verre le bouchon n'est pas réutilisé donc il faut en produire 1333 par UF, d'où une contribution proportionnellement plus importante que pour le système sans consigne.

2.2.3. Focus sur l'étape de lavage

Le Tableau 61 et la Figure 34 présentent les impacts potentiels et la contribution relative des différents procédés de l'étape de lavage de l'emballage ménager.

Tableau 61 : Résultats et contribution de l'étape de lavage du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret - 3,98 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Consommation d'électricité | Consommation de fioul | Consommation et traitement de l'eau | Production de soude | Production du solvant | Traitement de l'étiquette |
|---|------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 6,36E-01 | 5,55E+00 | 1,17E+00 | 2,34E-01 | 1,93E-04 | 1,35E-03 |
| Acidification | mole H+ émis | 3,05E-03 | 7,08E-02 | 1,58E-02 | 1,35E-03 | 1,13E-06 | 3,51E-07 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 9,91E-05 | 3,59E-04 | 3,56E-03 | 1,74E-04 | 1,52E-07 | 9,28E-09 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 6,35E-04 | 6,56E-03 | 6,30E-02 | 2,29E-04 | 1,66E-07 | 1,74E-06 |



| | | | | | | | |
|---|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,78E-05 | 7,87E-06 | 4,48E-05 | 2,19E-06 | 9,08E-09 | 1,63E-10 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 6,79E-01 | 1,28E+00 | 6,42E+01 | 2,67E-01 | 1,61E-02 | 2,21E-05 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 75 | 658 | 2,18E+01 | 4,2 | 3,64E-03 | 3,52E-04 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 2,65E-04 | 5,30E-03 | 7,43E-04 | 1,13E-04 | 8,31E-08 | 2,70E-08 |

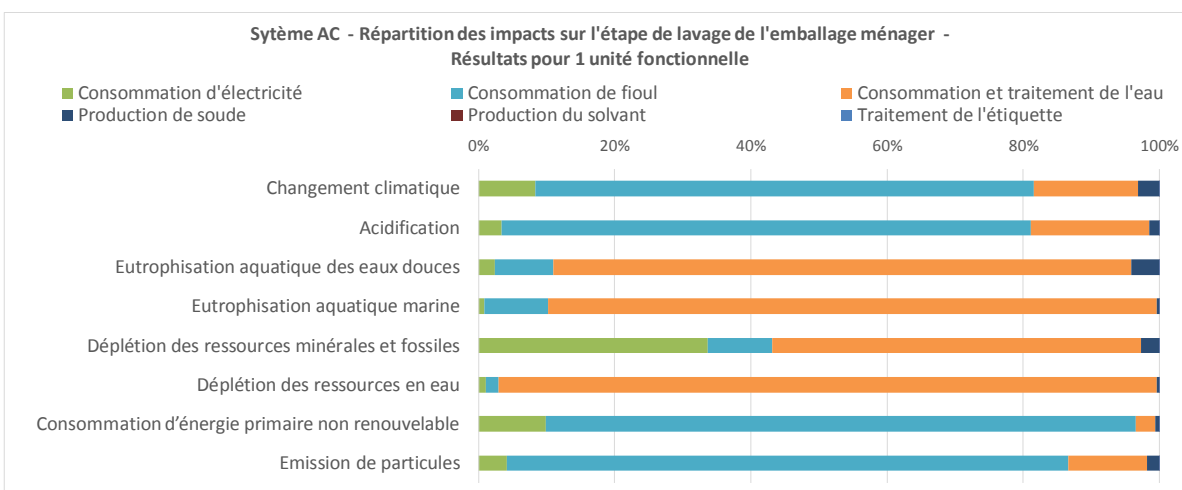


Figure 34 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de lavage de l'emballage ménager pour le système avec consigne (AC) – dispositif Coat Albret

Les observations suivantes peuvent être faites :

- La consommation de fioul est responsable d'au moins 73 % des impacts potentiels du cycle de vie du système avec consigne, sur 4 indicateurs : le potentiel de réchauffement climatique, le potentiel d'acidification, l'indicateur émissions de particules et la consommation d'énergie primaire non renouvelable.
- La consommation d'eau contribue à 97 % au potentiel de déplétion des ressources en eau et à plus de 85 % et 89 % sur les potentiels d'eutrophisation (aquatique et marine respectivement). En effet, la consommation d'eau est importante (plus de 3 000 L/UF). De plus, elle contribue également à 54 % au potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles.
- La consommation d'électricité est le second poste le plus contributeur sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles (environ 34 %).
- La production de soude présente un impact environnemental potentiel de 4,1 % sur l'eutrophisation aquatique des eaux douces, et moins de 3,1 % sur les autres catégories d'impact.
- Enfin, la production de solvant pour l'utilisation de soude et le traitement de l'étiquette papier ont un impact potentiel très faible sur tous les indicateurs (moins de 0,03 %, respectivement).



2.2.4. Flux élémentaires principaux contribuant aux impacts

Le Tableau 62 présente les flux élémentaires de l'inventaire du cycle de vie les plus contributeurs aux impacts du système avec consigne :

Tableau 62 : Analyse de la contribution des flux du système avec consigne par catégorie d'impact – dispositif Coat Albret

| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|---|
| Changement climatique | <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager :</p> <ul style="list-style-type: none"> Emissions de CO₂ fossile : émissions directes issues du module de fabrication du verre. Cela concerne la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre. De plus, une part des émissions de CO₂ provient de la décarbonatation des matières premières en four verrier Emissions de méthane correspondant à l'utilisation de gaz naturel pour la production du verre |
| Acidification | <p>Les émissions de SO₂, NO_x et d'ammoniac, principales causes du potentiel d'acidification, sont issues de l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Les émissions de SO₂ sont dues à la combustion de gaz pour la production de verre tandis que les émissions d'oxydes d'azote proviennent de la fabrication de carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> <p>Sur le lavage, les émissions de SO₂ sont liées à la combustion de fioul pour produire l'énergie nécessaire au fonctionnement de la laveuse.</p> |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | <p>Les émissions de phosphates dans l'eau sont les plus importantes uniquement sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager.</p> <p>Elles proviennent principalement du lixiviat de l'extraction de la lignite utilisée pour produire l'électricité, qui servira à la fabrication du bouchon en liège et de l'acier du muselet. Les phosphates sont également émis lors de la production de carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> |
| Eutrophisation aquatique marine | <p>Les émissions d'oxyde d'azote dans l'air et de nitrate dans l'eau ont des contributions similaires et sont les plus importantes et proviennent de l'étape de fabrication de l'emballage ménager.</p> <p>Les émissions d'oxyde d'azote ont lieu lors de la fabrication du verre, lors de la consommation d'énergie dans les fours.</p> <p>Les nitrates sont principalement émis dans l'eau lors de la production de chlorure de sodium pour la fabrication de carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> |
| Déplétion des ressources en eau | <p>La consommation d'eau lors du lavage est la principale cause du potentiel de déplétion des ressources en eau.</p> <p>La production de carbonate de sodium, matière première pour la fabrication du verre, est responsable de la déplétion des ressources en eau à l'étape de fabrication.</p> |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | <p>La consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) est le premier flux contributeur aux impacts.</p> |



| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|---|
| | La consommation d'indium contribue également de façon significative aux impacts, via la consommation de produits chimiques pour la production du verre. Pour préparer ces produits, du zinc est utilisé, or l'indium est un coproduit de l'extraction du zinc. |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | La consommation de pétrole pour la fabrication du verre et le fioul léger pour le fonctionnement de la laveuse sont les principales substances responsables de ces impacts. |
| Emissions de particules | La production de carbonate de sodium (matière première du verre) et la fabrication du verre sont responsables des émissions de particules les plus significatives. Sur la collecte des déchets, l'émission de particules est issue de la phase de transport par l'utilisation de camions routiers. |

Les principales sources d'impact sont liées à la production de la bouteille en verre. Concernant la phase de lavage, ce sont les flux liés à la combustion du fioul dans la chaudière.

2.3. Comparaison des systèmes avec et sans consigne

2.3.1. Introduction sur la présentation des résultats

Les résultats comparatifs du système avec et sans consigne en histogramme sont présentés en valeurs relatives, la référence (100 %) correspondant à l'impact total du cycle de vie du système sans consigne pour l'enjeu environnemental considéré.

2.3.2. Comparaison des impacts des deux systèmes sur tous les indicateurs

Le Tableau 63 fournit l'impact sur le cycle de vie du système avec et sans consigne pour chaque enjeu environnemental considéré :

Tableau 63 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret

| Catégorie d'impact | Unité | Système à usage unique sans consigne | Système avec réemploi/réutilisation- 3,98 cycles | Écart significatif ? |
|---|--------------------------|--------------------------------------|--|----------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 4,86E+02 | 2,07E+02 | oui |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 2,92E+00 | 1,13E+00 | oui |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 5,96E-02 | 4,61E-02 | non |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 6,02E-01 | 2,89E-01 | oui |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,18E-03 | 1,09E-03 | oui |
| Déplétion des ressources en eau | éq. m ³ | 1,21E+02 | 1,28E+02 | non |



| Catégorie d'impact | Unité | Système à usage unique sans consigne | Système avec réemploi/réutilisation- 3,98 cycles | Écart significatif ? |
|--|--------------|--------------------------------------|--|----------------------|
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 1,09E+04 | 4,77E+03 | oui |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | 2,55E-01 | 1,03E-01 | non |

L'évaluation de l'incertitude suivant la méthode présentée au §I.3.2 conduit à constater, comme présenté dans le tableau ci-dessus, que **l'ensemble des écarts sont significatifs sauf pour la déplétion des ressources en eau, l'eutrophisation aquatique des eaux douces et les émissions de particules**. La Figure 35 illustre ces résultats (système sans consigne pris comme référence).

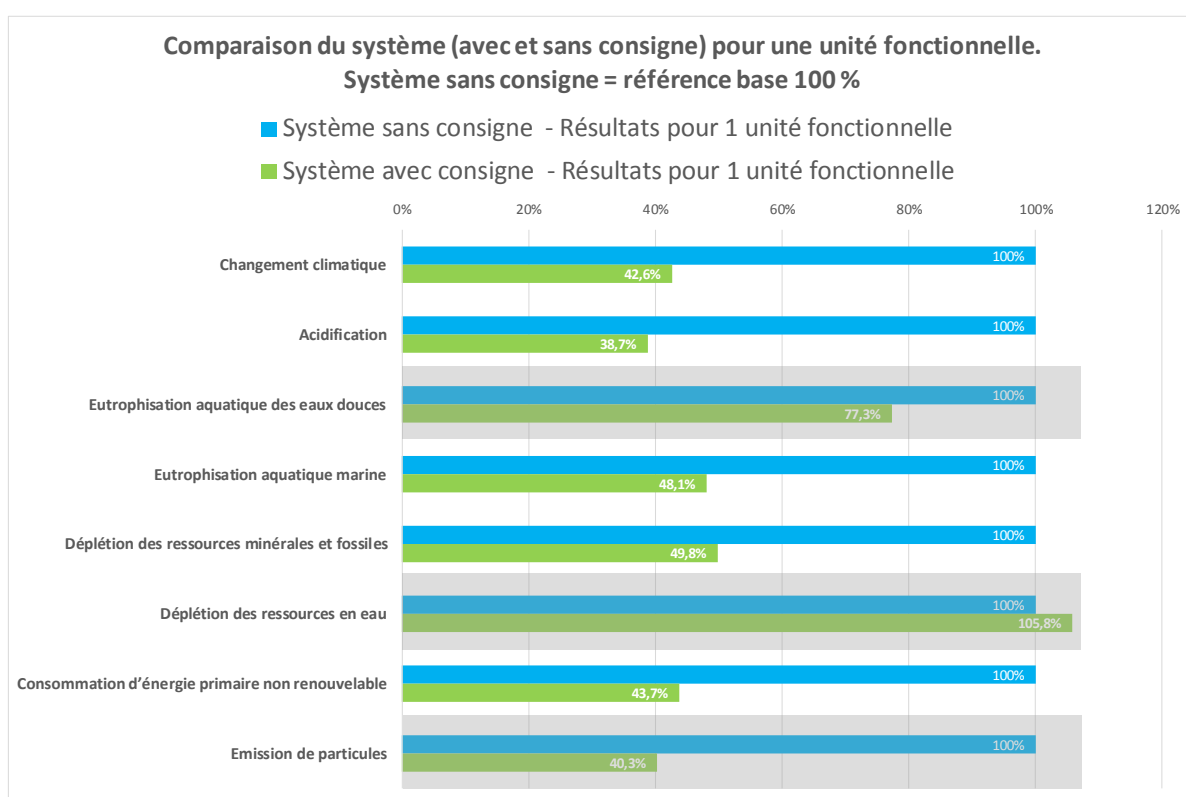


Figure 35 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – Tenant compte de l'incertitude sur les résultats, les écarts sur 5 indicateurs sur 8 sont jugés significatifs – dispositif Coat Albret

Pour toutes les catégories d'impact, le système avec consigne est plus favorable au point de vue environnemental que le système sans consigne, sauf pour l'indicateur de potentiel de déplétion des ressources en eau, l'indicateur d'eutrophisation aquatique des eaux douces et l'indicateur d'émission de particules, où l'écart entre les deux systèmes n'est pas significatif. L'écart est le plus important sur le potentiel d'acidification.

La Figure 36 présente les résultats du système avec et sans consigne par étape du cycle de vie. Pour rappel, certaines étapes sont propres au système avec consigne, comme la consommation et le lavage. Pour rappel, l'étape de désignation, propre au système avec consigne, est manuelle pour le dispositif Coat Albret. Aucun procédé n'a donc été pris en compte pour cette étape et elle n'apparaît pas dans les résultats.



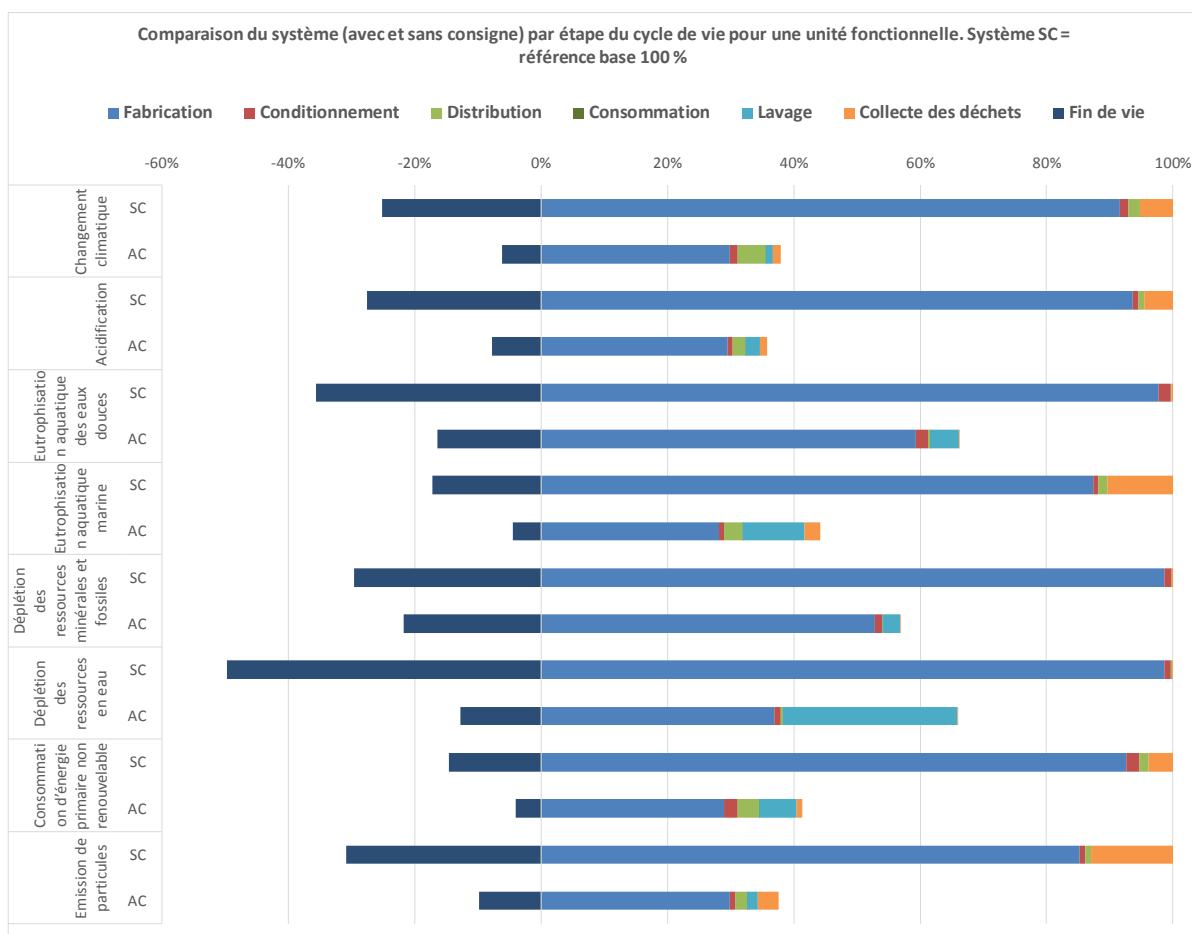


Figure 36 : Comparaison des impacts sur les principales étapes du cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret - 3,98 cycles

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Pour toutes les catégories d'impact, la contribution absolue de l'étape de fabrication de l'emballage ménager du système sans consigne est supérieure aux impacts du cycle de vie du système avec consigne. Pour cette étape du cycle de vie, le nombre d'utilisations de la bouteille en verre est le facteur qui conditionne les écarts entre les deux systèmes et qui induit un bénéfice environnemental pour le système avec consigne par rapport au système sans consigne.
- L'étape de collecte des déchets est un enjeu environnemental sur les potentiels d'eutrophisation marine et d'émission de particules pour le système sans consigne, tandis que ce poste a une très faible contribution sur le système avec consigne. En effet, la réutilisation permet de réduire la production de déchets et donc le nombre de collectes par rapport à un système sans consigne.
- Sur l'étape de conditionnement, les résultats sont identiques. En effet, les données du système avec consigne ont été reprises pour le système sans consigne.
- Sur l'étape de distribution (transport de la bouteille du site de conditionnement vers le magasin), la contribution absolue des deux systèmes est modérée. La réutilisation de la bouteille n'est pas un facteur de différenciation sur cette étape du cycle (en effet il est nécessaire de transporter 1 333 bouteilles par UF pour les deux systèmes). Sur le trajet aller-retour, les impacts sont différents sur les deux systèmes et en défaveur du système avec consigne (le taux de retour à vide est à 0 % et le taux de remplissage est différent à l'aller et au retour). Concernant le système sans consigne, par manque de données spécifiques, un taux de distance à vide de 20 % a été considéré avec le même chargement à l'aller que le système avec consigne. Ainsi, le système sans consigne est moins contributeur que le système avec consigne sur l'étape de distribution.



2.4. Évaluation de la qualité des données

Les données brutes et données d'inventaire sont évaluées selon les critères présentés au paragraphe I.4.2. On s'intéresse à toutes les phases du cycle de vie.

Le tableau ci-dessous présente les acronymes utilisés pour définir les catégories d'impacts utilisées dans l'évaluation de la qualité des données.

| Acronyme | Catégorie d'impact |
|----------|--|
| CC | Changement climatique |
| EP | Émissions de particules |
| Ac | Acidification |
| Eut.T | Eutrophisation aquatique des eaux douces |
| Eut.M | Eutrophisation aquatique marine |
| Drmf | Déplétion des ressources minérales et fossiles |
| Dre | Déplétion des ressources en eau |
| Cep | Consommation d'énergie primaire non renouvelable |

A noter que dans cette analyse de la qualité des données, on considère les impacts potentiels liés à l'étape de production et de fin de vie de façon séparée : les bénéfices et impacts dus au recyclage du verre ne sont pas inclus dans l'étape de production. Ainsi dans ce tableau, les contributions en relatif des autres étapes, notamment le lavage, sont minimisées.



2.4.1. Système sans consigne

| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Commentaire | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|--|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|------------------|--|-----------------------------|---------------------|-------------|--|---|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Repr. Temporelle | | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | | |
| 1 - Fabrication de l'emballage ménager | | | | | | | | | | | | | | |
| Production du verre | Consommation d'énergie | 1 | Cep, Drmf | | | | | | | | | | Le module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. | |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | [VERRE09] permet de réaliser une bonne extrapolation de la consommation d'énergie, des émissions dans l'air de la production du verre à 0 % de calcin | 2 | 1 | 1 | | |
| | Emissions dans l'air, de Nox et de poussières | 1 | CC, Ac, Eut.M, EP | | | | | | | | | | | N/A |
| | | 3 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| | Extraction des matières premières constituant le verre | Autres | 1 | | | | | | | | | | | Le module "Solid unbleached board (GLO) market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été supprimé |
| 2 | | | Cep | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | Sur la quantité des matières premières, nous connaissons le rendement entre un kilogramme de verre vierge à 0 % de calcin et de verre recyclé à 100 % de calcin, ce qui permet d'adapter la quantité de matières premières | 2 | 2 | 2 | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport du verre | 1 | CC, Eut.M | | | | | | | | | | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| | | 2 | Ac, Cep, Ep | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport amont du verre a été fournie par Coat Albret. De plus, la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | | |
| Production des autres matières premières | Production des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 1 | Eut.T, Drmf, Dre, Ep | | | | | | | | | | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles. | |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | Les quantités des emballages constituant l'emballage primaire ont bien été confirmées par Coat Albret mais cela se base sur un système fictif sans consigne | 2 | 2 | 1 | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport des matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages constituant l'emballage primaire n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| 2 - Conditionnement | | | | | | | | | | | | | | |
| Production des emballages secondaires ou tertiaires | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | Les quantités de matériaux des emballages secondaires et tertiaires constituant l'emballage primaire ont bien été confirmées par Coat Albret mais cela se base sur un système fictif | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages secondaires et tertiaires n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Commentaire | Inventaires du cycle de vie | | | |
|--|------------|--------------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------|------------------|---|-----------------------------|---------------------|-------------|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Repr. Temporelle | | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 1 - Fabrication de l'emballage ménager | | | | | | | | | | | | | |
| 3 - Distribution | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des emballages conditionnés vers le magasin | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | La distance moyenne a été calculée grâce aux données de Coat Albret. Le chargement du camion a été spécifié pour chaque système. La consommation de carburant a été adaptée avec le parc roulant français en 2015. | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| 4 - Collecte des déchets | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport de l'emballage ménager vers les OMR. Le taux de chargement n'a pas été spécifié | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | | 3 | 1 | EP | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport de l'emballage ménager vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre le PAV/bac de recyclage au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifiée entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| | | | 2 | CC, Ac, Eut.M, Cep | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM. Le taux de chargement est une valeur par défaut issue de la base de données Ecoinvent | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| 6 - Fin de vie | | | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager en UIOM | Traitement | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages de la fin de vie de l'emballage primaire ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16]. | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 % et de 100 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| Fin de vie de l'emballage ménager chez le recycleur | | 1 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | Le module "Solid unbleached board {GLO} market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été supprimé |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires en ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages des emballages secondaires et tertiaires ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |



2.4.2. Système avec consigne

| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|--|--------------|-------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--|---------------------|-------------|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 1 - Fabrication de l'emballage ménager | | | | | | | | | | | | | |
| Production du verre | Consommation d'énergie | 1 | Cep, Drmf | | | | | | | | | | Le module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | [VERRE09] permet de réaliser une bonne extrapolation de la consommation d'énergie, des émissions dans l'air de la production du verre à 0 % de calcin, afin d'avoir des données plus récentes | 2 | 1 | 1 | |
| | Emissions dans l'air, de Nox et de poussières | 1 | CC, Ac, Eut.M | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | Sur la quantité des matières premières, nous connaissons le rendement entre un kilogramme de verre vierge à 0 % de calcin et de verre recyclé à 100 % de calcin, ce qui permet d'adapter la quantité de matières premières | N/A | N/A | N/A | |
| | | 2 | EP | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| | Extraction des matières premières constituant le verre | 1 | CC, Ac, Eut.T, Eut.M, Dre, EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | |
| 2 | | Autres | | | | | | | | | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport du verre | 1 | CC, Eut.M, Ep | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | | La distance de transport amont du verre a été fournie par Coat Albret. De plus, la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 |
| | | 2 | Ac, Cep | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Production des autres matières premières | Production des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 1 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les quantités des emballages constituant l'emballage primaire ont bien été confirmées par Coat Albret | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles. Prise en compte du procédé de mise en forme pour le bouchon |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages constituant l'emballage primaire n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| 2 - Conditionnement | | | | | | | | | | | | | |
| Production des emballages secondaires ou tertiaires | | 2 | CC, Ac, Eut.T, Cep, EP | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les quantités des emballages constituant les emballages secondaires et tertiaires ont bien été confirmées par Coat Albret | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages secondaires et tertiaires n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|----------------------------|--------------|----------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|------------|---|--|--------------------|---------------------|--|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 3 - Distribution | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des emballages conditionnés vers le magasin | | 2 | CC, Ac, Eut.M, Cep | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | La distance moyenne a été calculée grâce aux données de Coat Albret. Le chargement du camion a été spécifié pour chaque système. La consommation de carburant a été adaptée avec le parc roulant français en 2015. | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| 4 - Consommation | | | | | | | | | | | | | |
| Transport du magasin vers le domicile | Bouteilles pleine | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | La distance de transport et le scénario a été spécifié par l'étude [ADEME_18] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Transport du domicile vers le magasin | Bouteille vide | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | La distance de transport et le scénario a été spécifié par l'étude [ADEME_18] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| 5 - Déconsignation | | | | | | | | | | | | | |
| Déconsignation manuelle | Consommation d'électricité | | NA | Déconsignation manuelle | | | | | | | | | |
| | Consommation de papier | | NA | | | | | | | | | | |
| 6 - Lavage | | | | | | | | | | | | | |
| Consommation d'énergie de la laveuse | Consommation d'électricité | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par Coat Albret sur l'année 2016 sur les différentes consommations d'énergie | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles, mais prise en compte du mix français |
| | Consommation de fioul | 1 | Cep | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| | | 2 | CC, Ac, EP | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| Consommation des autres entrants | Consommation d'eau | 1 | Dre | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par Coat Albret sur l'année 2016 sur la consommation d'eau | 2 | 1 | 2 | Prise en compte du flux régionalisé : remplacement de « Water, Europe without Switzerland » par « Water, FR » |
| | | 2 | Drmf | | | | | | | | | | |
| | 3 | Autres | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par Coat Albret sur l'année 2016 sur la consommation de soude à 30 % | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles mais prise en compte de la concentration de soude dans la modélisation | |
| Fin de vie | Traitement de l'étiquette | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | La même hypothèse que pour METEOR a été utilisée pour la fin de vie des étiquettes en papier récupérées dans la laveuse. Ces étiquettes partent avec les DIB | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| | Traitement de l'eau | 1 | Eut.M | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Le traitement de l'eau est issu des données de consommation d'eau en entrée, fournies par Coat Albret | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| | | 2 | Eut.T | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|--|------------|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--------------------|---------------------|-------------|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 7 - Collecte des déchets | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport de l'emballage ménager vers les OMR. Le taux de chargement n'a pas été spécifié | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | | 2 | CC, Ac, Eut.M, EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport de l'emballage ménager vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre le PAV/bac de recyclage au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM. Le taux de chargement est une valeur par défaut issue de la base de données Ecoinvent | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| 8 - Fin de vie | | | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager en UIOM | Traitement | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages de la fin de vie de l'emballage primaire ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage avec [ECOEMB16]. Nous avons émis l'hypothèse que le recyclage est à 100 % pour les bouteilles refusées chez le brasseur | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 % et de 100 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| Fin de vie de l'emballage ménager chez le recycleur | | 1 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | Le module "Solid unbleached board {GLO} market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été supprimé |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires en ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |



Les points d'attention concernant la qualité des données sont les suivants, par ordre d'importance décroissante pour les deux systèmes :

- Concernant la fabrication du verre, qui a une contribution forte sur tous les indicateurs environnementaux, les données des modules ecoinvent constituant l'ensemble du module final de production du verre datent de 1997 et sont extrapolées par ecoinvent à 2016. Ainsi, la représentativité temporelle de l'ICV issu d'ecoinvent peut être améliorée, même si un travail d'adaptation des données d'activité d'énergie, de consommations de matières et des émissions directes a été réalisé.
- La précision des distances de transport amont des autres constituants de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) nécessite une amélioration même si la contribution sur tous les indicateurs environnementaux est faible.

3. Coat Albret : analyses de sensibilité

3.1. Analyse de sensibilité sur la consommation d'eau pour le lavage

3.1.1. Objectif et description de l'analyse

La consommation d'eau par Unité Fonctionnelle de l'étape de lavage pour Coat Albret est élevée par rapport à la consommation d'eau du dispositif METEOR. L'écart entre le système avec consigne et le système sans consigne sur le potentiel de déplétion des ressources en eau n'est pas significatif. L'objectif de cette analyse est d'évaluer si une optimisation de la consommation d'eau pour le lavage permettrait au système avec consigne de ressortir comme meilleur que le système sans consigne sur l'indicateur de déplétion des ressources en eau.

Pour cela, on fait varier la quantité d'eau consommée pour le lavage à la baisse en appliquant la consommation d'eau par bouteille utilisée par METEOR, cette consommation à l'échelle industrielle étant la plus fiable et robuste en termes de données spécifiques sur l'ensemble des dispositifs. La consommation d'eau par an de la laveuse passe ainsi de 90 909 L/an à 23 400 L/an.

3.1.2. Résultats et interprétations

Le Tableau 64 présente les impacts potentiels des systèmes avec et sans consigne pour le scénario de référence et le scénario alternative (« Sc1 ») avec la consommation d'eau optimisée.

Tableau 64 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque scénario - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret - 3,98 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Système SC - Réf | Système AC – Ref | Système AC – Sc1 | Variation relative pour AC | Ecart significatif AC-Sc1 / SC ? |
|---|------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 486 | 216 | 206 | -4,7 % | oui |
| Acidification | mole H+ émis | 2,9 | 1,2 | 1,1 | -5,7 % | oui |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 5,96E-02 | 4,6E-02 | 4,34E-02 | -5,9 % | non |



| | | | | | | |
|---|--------------------|----------|----------|----------|--------|-----|
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 6,0E-01 | 3,1E-01 | 2,4E-01 | -22 % | oui |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,2E-03 | 1,1E-03 | 1,1E-03 | -3,2 % | oui |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 121 | 128 | 80 | -37 % | non |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 10 914 | 4 918 | 4 758 | -3,3 % | oui |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | 2,55E-01 | 1,11E-01 | 1,02E-01 | -7,6 % | non |

La Figure 37 illustre ces résultats pour chaque scénario.

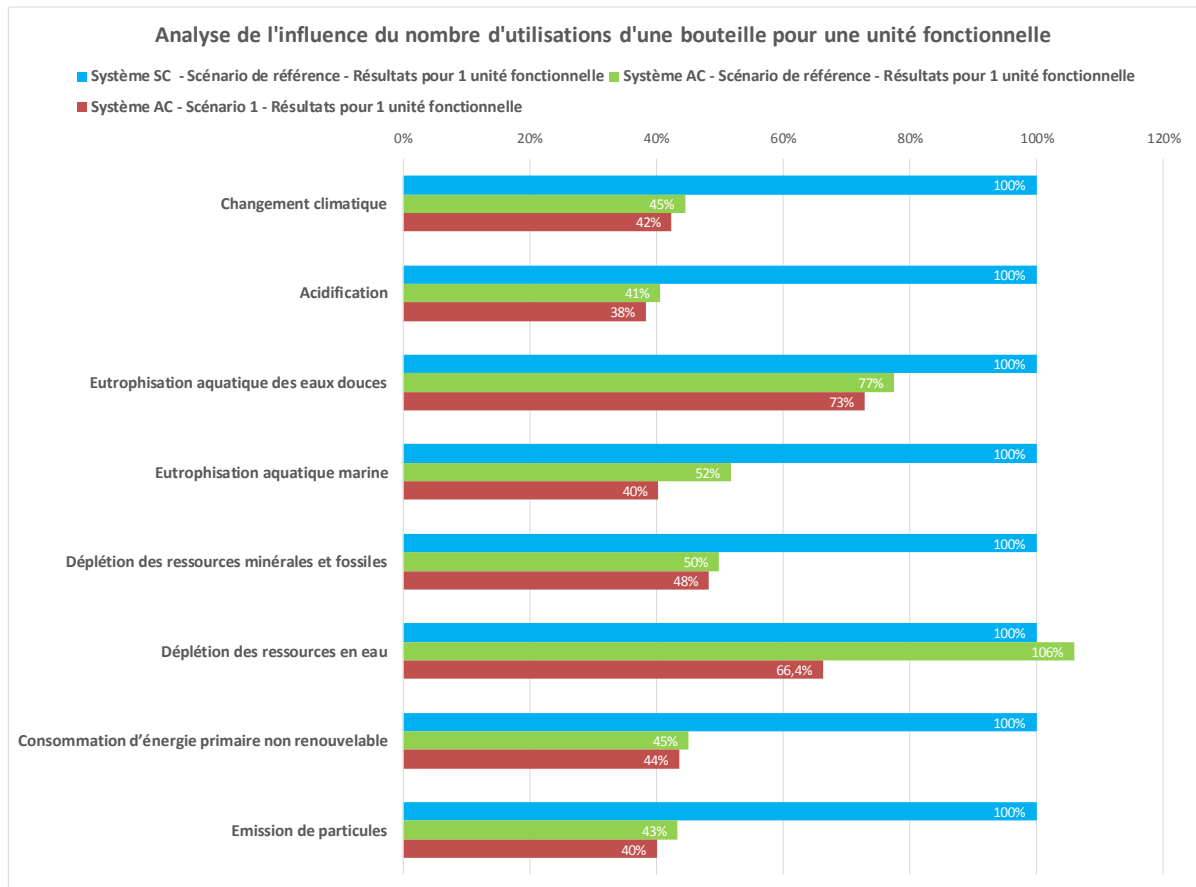


Figure 37 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie du scénario 1 pour une unité fonctionnelle – dispositif Coat Albret - 3,98 cycles

Le scénario précédemment défini engendre une baisse de 37 % du potentiel de déplétion des ressources en eau sur l'ensemble du cycle de vie. L'écart pour cet indicateur avec le système sans consigne reste non significatif. Il faudrait une baisse encore plus importante de la consommation d'eau pour avoir une performance significativement meilleure que le système sans consigne.



On note également que pour le système avec consigne, la diminution de la consommation d'eau lors du lavage des bouteilles réduit également, dans une moindre mesure, l'impact du système avec consigne sur le potentiel d'eutrophisation aquatique marine (22 %).

3.2. Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations et la distance entre le site de conditionnement et le site de distribution

3.2.1. Objectif et description de l'analyse

Dans ce scénario, on fait varier le taux de renouvellement de la bouteille (pour le système avec consigne) et la distance de transport entre le site de conditionnement et le site de distribution (pour les systèmes avec et sans consigne). En faisant varier ces deux paramètres, on peut déterminer les plages de valeurs de ces paramètres où le système avec consigne est plus performant que le système sans consigne sur l'ensemble des indicateurs, sur une partie des indicateurs, ou moins performant que le système sans consigne.

Cette analyse a été réalisée sur le dispositif Coat Albret qui est représentatif d'un type de dispositif dit « internalisé », c'est-à-dire qui est directement géré par le producteur de boisson où le lavage est réalisé en interne sur le site de conditionnement. Coat Albret a donc un fonctionnement proche de METEOR, mais moins optimisé. Il est intéressant de voir, pour un système avec un niveau d'optimisation moindre, le nombre d'utilisations de la bouteille à partir duquel le système avec consigne est plus performant, ainsi que la distance conditionnement-magasin maximale pour laquelle le système avec consigne reste plus intéressant d'un point de vue environnemental que le système sans consigne. A noter que l'augmentation du nombre d'utilisations de la bouteille augmente le flux de bouteilles captées, ce qui peut nécessiter, à partir d'un certain nombre de réutilisations, l'utilisation d'une machine de déconsignation. Ce passage d'une déconsignation manuelle à une déconsignation automatique n'a pas été considéré dans l'analyse de sensibilité.

Les plages de variation suivantes sont retenues :

- Le nombre d'utilisations de la bouteille varie de 1 à 20. Le maximum se base sur l'expérience de METEOR, où le nombre d'utilisations atteint 19,4 cycles. Dans la littérature, des ACV étudiant des dispositifs avec des nombres d'utilisations plus importants (allant jusqu'à 30 ou 35), mais nous verrons que la plage de variation retenue est suffisante au vu des résultats. Dans le cas de Coat Albret, la masse de la bouteille est identique pour les systèmes avec et sans consigne. Or il est possible qu'à partir d'un certain nombre de cycles, il soit nécessaire d'utiliser des bouteilles plus résistantes et donc plus lourdes. Cette hypothèse n'a pas été appliquée pour cette analyse.
- La distance de transport entre le site de conditionnement et le magasin varie de 25 à 3000 km, qui correspond à une échelle européenne. On note que l'ensemble des dispositifs étudiés sont des dispositifs de consigne locaux ou régionaux. Sur la base de la configuration de Coat Albret, l'objectif de l'analyse est d'apporter un éclairage sur la mise en place de dispositifs de consigne à l'échelle nationale voire continentale. On considère que l'ensemble du trajet est fait en camion quelle que soit la distance, ce qui est une approche conservatrice (i.e. en défaveur du système avec consigne) par rapport à l'emploi potentiel du rail pour les distances les plus élevées. Cette hypothèse simplificatrice est en défaveur du système avec consigne car l'impact du trajet retour (magasin > conditionnement) est plus élevé pour le système avec consigne donc toute baisse de la distance ou du facteur d'impact de cette phase de transport (typiquement en passant du camion au train) va plus diminuer les impacts du système avec consigne que du système sans consigne.

3.2.2. Résultats et interprétations

Le Tableau 65 indique le nombre d'indicateurs pour lesquels la différence entre le système sans consigne et le système avec consigne est significative.



Lorsque la différence pour un indicateur d'impact est significative la valeur 1 ou -1 est attribuée : -1 lorsque le système avec consigne présente un impact potentiel plus élevé que le système sans consigne (AC > SC) et 1 lorsque le système avec consigne présente un impact potentiel plus faible sur la catégorie d'impact choisie (AC < SC).

Afin de donner un premier aperçu des résultats de l'analyse, la somme des indices pour tous les indicateurs est présentée pour chaque couple de valeurs (distance de conditionnement-magasin ; nombre d'utilisations de la bouteille). Ainsi pour une distance et un nombre d'utilisations donnés, la valeur associée à cette configuration peut varier de -8 (où tous les indicateurs sont significativement plus élevés pour le système avec consigne que pour le système sans consigne) à 8.

A noter qu'en aucun cas ce résultat ne se substitue à l'évaluation d'un score environnemental agrégé, mais vise à donner une indication du nombre d'indicateurs favorables (ou défavorables) au système avec consigne. Il ne s'agit donc en aucun cas d'un positionnement absolu.

Les résultats suivants sont obtenus (Tableau 65).

Tableau 65 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations de la bouteille et la distance conditionnement-magasin : indice du nombre d'indicateurs en faveur ou défaveur du système avec consigne – dispositif Coat Albret

| Distance conditionnement - magasin (km) | Nombre d'utilisations de la bouteille | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| 25 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 50 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 100 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 200 | 2 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 400 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 600 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 800 | -1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1000 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1200 | -2 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1400 | -3 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1600 | -3 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 1800 | -3 | -2 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 2000 | -3 | -2 | -2 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 2500 | -3 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 |
| 3000 | -4 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------|
| AC < SC | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | -3 | -4 | -5 | -6 | -7 | -8 | AC > SC |
| | scénario de référence | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Ce tableau montre que les deux paramètres étudiés ont une influence significative sur les résultats. De façon générale, et comme attendu :

- Pour une même distance conditionnement-magasin, plus le nombre d'utilisations augmente et plus le système avec consigne présente une performance environnementale favorable par rapport au système sans consigne.
- Pour un même nombre d'utilisations, lorsque les distances de transport diminuent, le système avec consigne devient plus intéressant que le système sans consigne d'un point de vue environnemental, pour les catégories d'impact étudiées.

Le tableau ci-dessus peut être lu directement pour connaître le nombre d'indicateurs pour lesquels le système avec consigne présente significativement moins d'impacts, ou plus d'impacts que le système sans consigne.

Pour Coat Albret, sur la plage du nombre d'utilisations considérée, on constate que même dans un cas de système optimisé avec 20 utilisations et 25 km de distance conditionnement-magasin, le système avec consigne est significativement plus performant que le système sans consigne sur 6 indicateurs uniquement parmi les 8 évalués. Les deux indicateurs non-significatifs sont l'eutrophisation aquatique des eaux douces et la déplétion des ressources en eau.



L'explication en est la suivante : l'analyse des flux a montré que les résultats d'impact sur ces deux indicateurs étaient principalement impactés par la consommation d'eau lors du lavage et la production de bouchons et muselets. Ces paramètres ne sont pas affectés par le nombre de réutilisations et par la distance.

Le tableau ci-dessus permet de dégager une tendance générale mais son interprétation reste difficile, puisqu'il s'agit d'une vision consolidée sur l'ensemble des indicateurs d'impact. On propose donc de focaliser ci-dessous sur le potentiel de changement climatique. En effet, le taux de retour joue principalement sur la quantité de verre produite par unité fonctionnelle et donc la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre (GES) associées, et la distance de transport influe sur la quantité de carburant consommée par unité fonctionnelle. L'indicateur de potentiel de changement climatique est donc une bonne métrique pour évaluer la sensibilité de la performance environnementale des systèmes aux paramètres testés. De plus, le potentiel de changement climatique est un enjeu bien appréhendé et important pour l'ADEME.

Le Tableau 66 présente le détail des résultats pour l'indicateur sur le potentiel de changement climatique :

- La valeur 1 indique que le système avec consigne contribue plus faiblement à cet indicateur que le système sans consigne, de façon significative.
- La valeur 0 indique que la différence entre les deux systèmes n'est pas significative.
- La valeur -1 indique que le système avec consigne contribue plus fortement à cet indicateur que le système sans consigne, de façon significative.

Tableau 66 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations de la bouteille et la distance conditionnement-magasin : positionnement du système avec consigne sur le potentiel de changement climatique selon le nombre d'utilisations de la bouteille et la distance conditionnement-magasin – Dispositif Coat Albret

| Distance conditionnement - magasin (km) | Nombre d'utilisations de la bouteille | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | |
| 25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 100 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 200 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 600 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 800 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1000 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |
| 1200 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |
| 1400 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |
| 1600 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |
| 1800 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |
| 2000 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |
| 2500 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |
| 3000 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |

différence non
significative

| | | | | |
|---------|---|---|----|---------|
| AC < SC | 1 | 0 | -1 | AC > SC |
|---------|---|---|----|---------|

scénario de référence

Sur le potentiel de changement climatique, le nombre d'utilisations nécessaires pour que le système avec consigne ait moins d'impact que le système sans consigne augmente avec la distance de transport : par exemple, le système avec consigne est significativement plus performant dès 3 utilisations lorsque la distance conditionnement-magasin ne dépasse pas 200 km. Pour une distance supérieure à 400 km, même avec 20 utilisations, le système avec consigne n'est pas plus performant que le système sans consigne. À partir de 1000 km, le système avec consigne est moins performant que le système sans consigne en-dessous de 20 utilisations sur le changement climatique. Ainsi dans le cas d'un transport en camion à l'échelle européenne, le système sans consigne a un impact équivalent à un système avec consigne pour un nombre d'utilisations inférieur ou égal à 20.



4. Coat Albret : conclusions et limites

4.1. Conclusions

Les conclusions suivantes peuvent être établies :

- Pour le système avec consigne, la phase la plus contributrice au bilan environnemental est la phase de fabrication, contribuant à elle seule à plus de 56 % des impacts environnementaux. La prise en compte des bénéfices du recyclage permet d'avoir un gain environnemental globalement situé entre 9,7 % et 26 % et au maximum de 38 % sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles.
- Pour le système avec consigne, la phase de lavage a une contribution également importante, i.e. généralement comprise entre 3,1 % et 22 %, avec un maximum de 42 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau.
- Pour le système sans consigne, la phase la plus contributrice est la phase de fabrication de l'emballage ménager qui contribue à plus de 85 % sur tous les indicateurs en ne comptabilisant pas les bénéfices du recyclage. La prise en compte des bénéfices du recyclage permet d'avoir un gain environnemental globalement situé entre 15 % et 50 % (maximum atteint sur le potentiel de déplétion des ressources en eau).
- Le système avec consigne engendre toujours moins d'impacts environnementaux potentiels que le système sans consigne (entre 23 % à 61 % de gains environnementaux sur tous les indicateurs étudiés), excepté pour la déplétion des ressources en eau, l'eutrophisation aquatique des eaux douces et les émissions de particules pour lesquels les systèmes avec et sans consigne ont une performance équivalente (i.e. non significativement différente en valeur absolue).
- Une analyse de sensibilité a montré qu'une optimisation de la consommation d'eau pour le lavage pouvait potentiellement permettre d'atteindre une baisse significative du potentiel de déplétion des ressources en eau sur l'ensemble du cycle de vie du système avec consigne (37 % de réduction de l'impact en supposant une consommation d'eau au même niveau que celle du cas METEOR). La différence pour cet indicateur avec le système sans consigne reste non significative. Il faudrait une baisse encore plus importante de la consommation d'eau pour avoir une performance significativement meilleure que le système sans consigne.
- Une analyse de sensibilité a été réalisée conjointement sur la distance conditionnement-magasin et le nombre d'utilisations de la bouteille. On constate les points suivants :
 - ✓ Pour une même distance conditionnement-magasin, plus le nombre d'utilisations augmente et plus le système avec consigne Coat Albret présente une performance environnementale favorable par rapport au système sans consigne.
 - ✓ Pour un même nombre d'utilisations, lorsque les distances de transport diminuent, le système avec consigne Coat Albret devient plus intéressant que le système sans consigne d'un point de vue environnemental, pour les catégories d'impact étudiées.
 - ✓ Même à 20 utilisations et 25 km de distance magasin-conditionnement, le système avec consigne Coat Albret n'est pas significativement plus performant que le système sans consigne pour deux indicateurs, la déplétion des ressources en eau et l'eutrophisation aquatique des eaux douces. Cela appuie les conclusions de la précédente analyse de sensibilité sur la consommation d'eau pour le lavage : cette étape est bien un point d'amélioration important pour Coat Albret.
 - ✓ Sur le potentiel de changement climatique, le système avec consigne Coat Albret est significativement plus performant dès 3 utilisations lorsque la distance conditionnement-magasin ne dépasse pas 200 km.



Pour une distance supérieure à 400 km, même avec 20 utilisations, le système avec consigne n'est pas plus performant que le système sans consigne. À partir de 1000 km, le système avec consigne est moins performant que le système sans consigne en-dessous de 20 utilisations sur le changement climatique

4.2. **Limites**

Tout d'abord, concernant la qualité des données, l'élément principal à améliorer est la représentativité temporelle de l'ICV de production du verre. Néanmoins les données de l'ensemble du module final de production du verre datent de 1997 et sont extrapolées par ecoinvent à 2016. Ainsi, la représentativité temporelle de l'ICV issu d'ecoinvent peut être améliorée, même si un travail d'adaptation des données d'activité d'énergie, de consommations de matières et des émissions directes a été réalisé. La précision des distances de transport amont des autres constituants de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) nécessite une amélioration même si la contribution sur tous les indicateurs environnementaux est faible.

Par ailleurs, une limite du cadre de modélisation retenu est la non prise en compte des bénéfices liés au recyclage (application de la méthode des stocks) pour l'évaluation de la fin de vie des emballages secondaires et tertiaires, ce qui n'est pas en phase avec le mode de comptabilisation des impacts et bénéfices pour les matériaux principaux (verre et acier). Cependant, la contribution de l'étape de conditionnement est faible (moins de 2,1 % pour le système sans consigne et moins de 5,2 % pour le système avec consigne pour tous les indicateurs environnementaux), donc l'utilisation de la méthode des stocks pour les emballages secondaires et tertiaires est raisonnable.

VII. **Evaluation environnementale du dispositif Tof&Co**

1. Tof&Co : données d'activité

Données à caractère confidentiel.

2. Tof&Co : évaluation et interprétation de l'impact du cycle de vie

Cette section présente tout d'abord les résultats d'impact par système du dispositif Tof&Co : répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie, focus sur les étapes les plus contributrices et analyse de la contribution des flux de l'inventaire. Ensuite, une comparaison est effectuée entre les deux systèmes.

Les résultats d'impact présentés et analysés dans ce chapitre sont les indicateurs environnementaux décrits précédemment au chapitre III.8.1.



2.1. Résultats de l'analyse environnementale sur le système sans consigne

2.1.1. Résultats sur l'ensemble du cycle de vie et répartition par principale étape

Le Tableau 67 fournit les résultats de l'analyse environnementale et la contribution relative de chacune des cinq étapes du cycle de vie du système sans consigne à chacun des impacts potentiels considérés. La figure suivante traduit ces contributions sous forme graphique.

Tableau 67 : Résultats et contribution des étapes du cycle de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Tof&Co

| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Collecte des déchets | Fin de vie |
|--|--------------------------|----------|-------------|-----------------|--------------|----------------------|------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 460 | 604 | 16 | 8,0 | 36 | -204 |
| | % | | 91 % | 2,4 % | 1,2 % | 5,3 % | -31 % |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 2,93 | 4,01E+00 | 7,83E-02 | 2,61E-02 | 1,98E-01 | -1,38E+00 |
| | % | | 93 % | 1,8 % | 0,61 % | 4,6 % | -32 % |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 4,26E-02 | 7,47E-02 | 1,50E-02 | 1,27E-04 | 1,76E-04 | -4,74E-02 |
| | % | | 83 % | 17 % | 0,14 % | 0,20 % | -53 % |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 0,58 | 6,28E-01 | 3,07E-02 | 7,85E-03 | 8,23E-02 | -1,64E-01 |
| | % | | 84 % | 4,1 % | 1,1 % | 11 % | -22 % |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,28E-03 | 3,15E-03 | 2,30E-04 | 1,99E-06 | 5,99E-06 | -1,11E-03 |
| | % | | 93 % | 6,8 % | 0,059 % | 0,18 % | -33 % |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 100 | 2,37E+02 | 4,86E+00 | 2,58E-01 | 2,75E-01 | -1,43E+02 |
| | % | | 98 % | 2,0 % | 0,11 % | 0,11 % | -59 % |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 10 753 | 12 245 | 243 | 116 | 508 | -2 359 |
| | % | | 93 % | 1,9 % | 0,88 % | 3,9 % | -18 % |
| Émissions de particules | kg éq. PM _{2.5} | 0,24 | 3,15E-01 | 1,36E-02 | 2,82E-03 | 5,32E-02 | -1,41E-01 |
| | % | | 82 % | 3,5 % | 0,73 % | 14 % | -37 % |



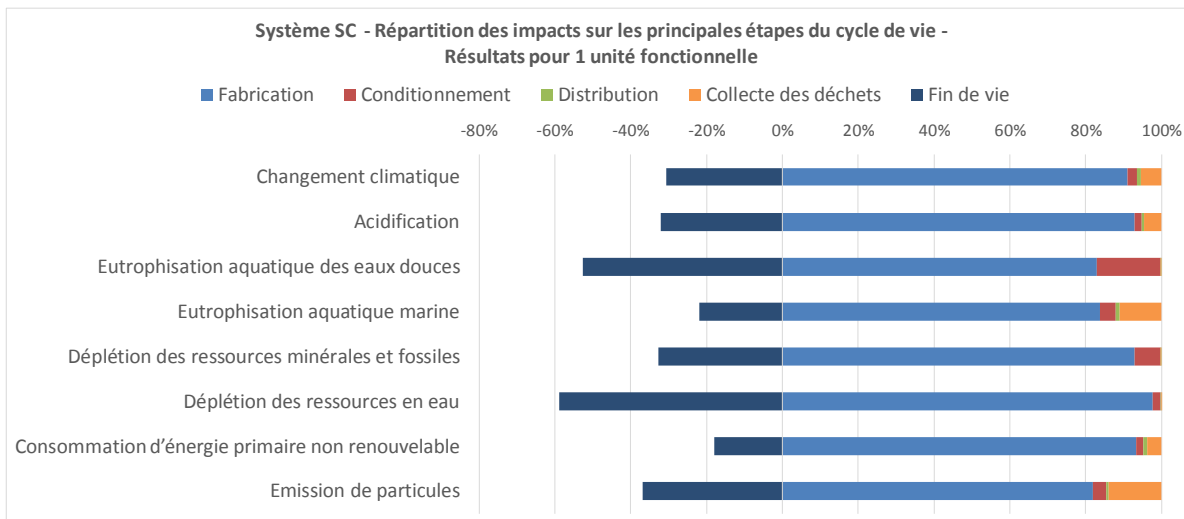


Figure 38 : Répartition des impacts sur les étapes du cycle de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Tof&Co

Les observations suivantes peuvent être faites :

- L'étape de fabrication de l'emballage ménager représente au moins 82 % des impacts potentiels du cycle de vie du système sans consigne, sur l'ensemble des indicateurs environnementaux. Néanmoins, en considérant la fabrication et l'étape de fin de vie, ces deux étapes sont responsables d'au moins 39 % des impacts sur tous les indicateurs environnementaux. Il est plus pertinent de considérer ces deux étapes ensemble lors de l'interprétation des résultats, la méthode de prise en compte des bénéfices du recyclage fournissant des résultats sur l'ensemble de la production et de la gestion en fin de vie des matériaux.
- La phase de conditionnement a une contribution significative mais secondaire. Elle contribue 17 % au potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces et à environ 6,8 % au potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles. Cette contribution est issue notamment de la fabrication de la boîte en carton.
- L'étape de collecte des déchets a une contribution similaire à l'étape de conditionnement : Elle contribue à 14 % sur l'indicateur émissions de particules et de 11 % sur l'indicateur d'eutrophisation aquatique marine. Elle contribue également de façon modérée à l'indicateur changement climatique (5,3 %) et acidification (4,6 %). Cette contribution correspond majoritairement à l'impact du transport de la bouteille en verre du centre de transfert au recycleur. En effet, la distance et le poids transporté (le verre représente la masse principale transportée par rapport aux emballages secondaires ou tertiaires ramenée à l'unité fonctionnelle) sont élevés pour ce trajet (229 km).
- La phase de distribution (transport de la brasserie du Loir au magasin V et B) ne contribue pas significativement aux impacts du système sans consigne (elle contribue au maximum à 1,2 % sur les indicateurs). En effet, la distance moyenne de transport est très faible (3 km) par rapport aux autres étapes.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre, de l'aluminium issu des mâchefers d'incinération et de la boîte carton représentent 59 % du potentiel de déplétion des ressources en eau, 53 % du potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces, 32 % et 31 % du potentiel d'acidification et de réchauffement climatique respectivement. Ils représentent également 37 % du potentiel d'émissions de particules. Le bénéfice environnemental est issu principalement du recyclage de la bouteille en verre.

Des analyses plus détaillées sont réalisées ci-dessous sur les étapes principalement contributrices aux impacts : étape de fabrication (emballage ménager) et étape de fin de vie d'une part et étape de conditionnement d'autre part.



2.1.2. Focus sur l'étape de fabrication (emballage ménager) et sur la fin de vie et sur la fin de vie

Le Tableau 68 et la Figure 39 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de fabrication de l'emballage ménager sous forme graphique avec la contribution de la fin de vie. En effet, l'étape de production et la fin de vie doivent être considérées ensemble vu qu'on prend en compte les bénéfices liés au recyclage avec une méthode considérant les phases de production et gestion en fin de vie des matériaux dans leur ensemble. Il est donc plus pertinent d'étudier ces deux postes simultanément.

Tableau 68 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Tof&Co

| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|---|--------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 529 | 2,82 | 0,15 | 34 | 38 | -202 |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 3,7 | 1,69E-02 | 5,45E-04 | 2,32E-01 | 1,01E-01 | -1,35E+00 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 5,32E-02 | 1,89E-03 | 2,00E-05 | 1,91E-02 | 4,32E-04 | -3,84E-02 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 0,57 | 4,76E-03 | 9,31E-05 | 2,77E-02 | 2,53E-02 | -1,56E-01 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,15E-03 | 5,75E-05 | 1,96E-07 | 9,38E-04 | 7,34E-06 | -9,56E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 224 | 4,3 | 0,10 | 7,1 | 1,16E+00 | -140 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 11 124 | 47 | 5,4 | 481 | 588 | -2 335 |
| Émissions de particules | kg éq. PM _{2.5} | 0,28 | 7,60E-03 | 6,06E-05 | 2,11E-02 | 8,49E-03 | -1,32E-01 |



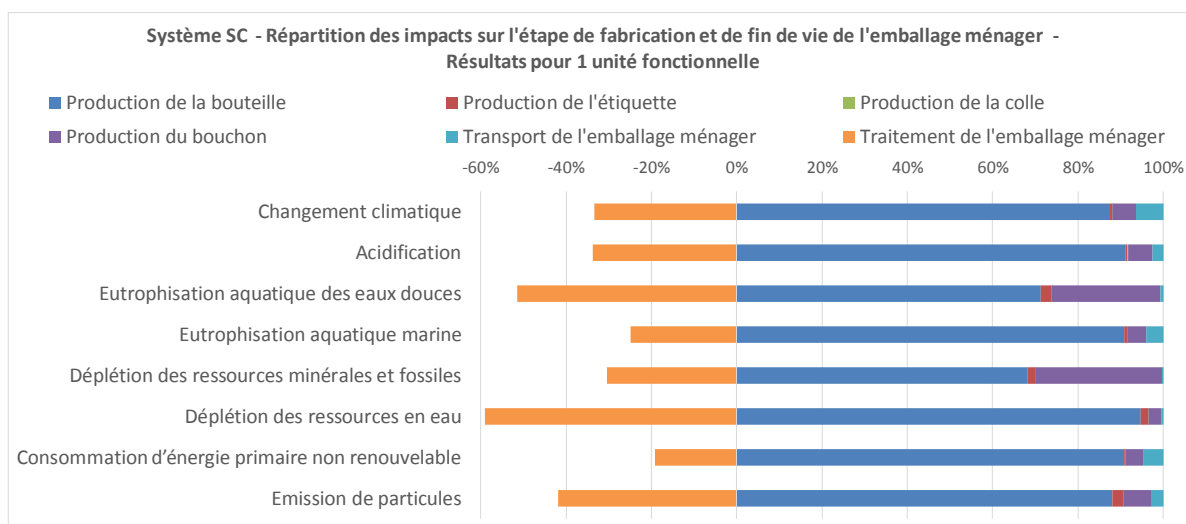


Figure 39 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l'emballage ménager et de sa fin de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Tof&Co

Les observations suivantes peuvent être faites :

- La production de la bouteille en verre (vierge) est responsable d'au moins 68 % des impacts de la fabrication du système sans consigne, sur tous les indicateurs environnementaux.
- La production du bouchon en aluminium, est le contributeur secondaire sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces (26 %) et sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles (30 %). Néanmoins cette contribution reste faible par rapport à la production du verre.
- Le transport amont des constituants de l'emballage ménager contribue significativement moins aux impacts de la phase de fabrication que la production du verre, notamment sur le potentiel d'eutrophisation aquatique marine (4,0 %), sur le potentiel de changement de changement climatique (6,4 %), sur l'indicateur de consommation d'énergie primaire non renouvelable (4,8 %).
- La production de l'étiquette et de la colle avec une très faible masse par UVC représente respectivement moins de 2,6 % d'impact et moins de 0,05 % sur tous les indicateurs environnementaux.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre et de l'aluminium issu des mâchefers d'incinération représentent 59 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau, 51 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces, 42 % sur l'indicateur émissions de particules et 33 % sur le potentiel de réchauffement climatique et l'acidification. La majorité de ces bénéfices proviennent du recyclage du verre.

2.1.3. Focus sur l'étape de conditionnement et de traitement en fin de vie (emballages secondaires)

Le Tableau 69 et la Figure 40 présentent les impacts potentiels et la contribution relative des différents procédés de l'étape de conditionnement et de traitement en fin de vie (emballages secondaires).



Tableau 69 : Résultats et contribution de l'étape de de conditionnement et du traitement en fin de vie (emballages secondaires) du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Tof&Co

| Catégorie d'impact | Unité | Production de l'emballage secondaire | Transport | Traitement des emballages secondaires (hors recyclage) | Recyclage de l'emballage secondaire |
|--|------------------------|--------------------------------------|-----------|--|-------------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 16 | 0,33 | 8,60E-04 | -1,6 |
| Acidification | mole H+ émis | 7,72E-02 | 1,10E-03 | 7,80E-06 | -3,05E-02 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 1,50E-02 | 3,69E-06 | 2,73E-07 | -9,03E-03 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 3,04E-02 | 3,41E-04 | 3,95E-06 | -8,73E-03 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,30E-04 | 6,24E-08 | 4,08E-09 | -1,50E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 4,85E+00 | 9,90E-03 | 6,75E-04 | -2,8 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 238 | 5,0 | 8,12E-03 | -24 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 1,34E-02 | 1,36E-04 | 6,53E-07 | -9,98E-03 |

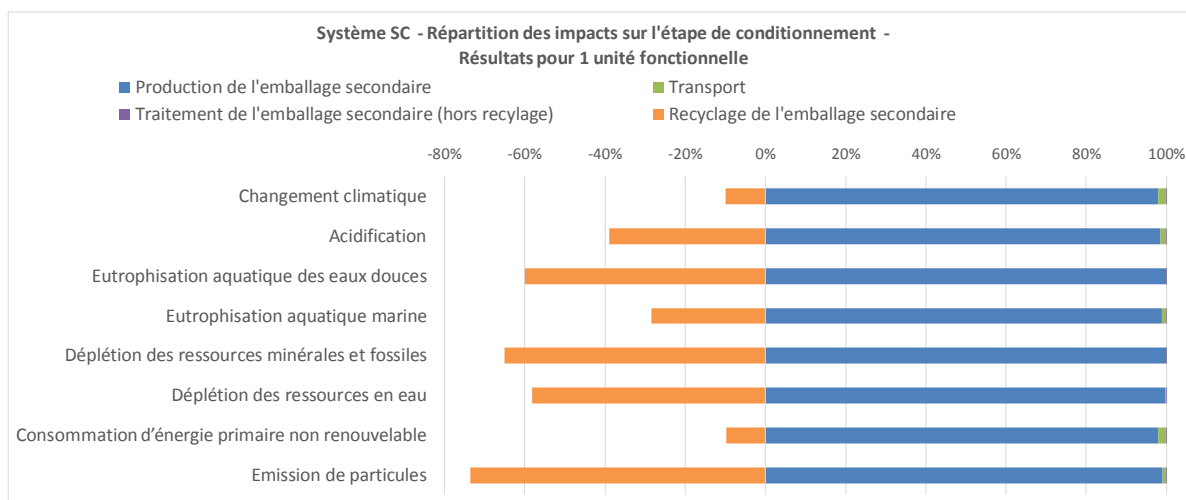


Figure 40 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de conditionnement et de et de traitement en fin de vie (emballages secondaires) pour le système sans consigne (SC) – dispositif Tof&Co

Les observations suivantes peuvent être faites :

- La production de l’emballage secondaire (boîte carton) est responsable de quasiment la totalité des impacts potentiels de l’étape de conditionnement, sur tous les indicateurs environnementaux. Sa contribution varie entre 98 % pour l’indicateur de consommation d’énergie primaire non renouvelable à 100 % pour l’eutrophisation des eaux douces, la déplétion des ressources minérales et fossiles et des ressources en eau.
- Le transport (des emballages secondaires vers le site de conditionnement) et le traitement du carton sont très faiblement contributeurs aux impacts potentiels (moins de 2,1 % et 0,1 % pour le transport et le traitement du carton, respectivement).
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage de la boîte carton représentent entre 60 % et 65 % des impacts sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles et le potentiel d’eutrophisation des eaux douces. Le gain environnemental est faible pour la consommation d’énergie primaire non renouvelable et le potentiel de réchauffement climatique (moins de 10 %).

2.1.4. Flux élémentaires principaux contribuant aux impacts

L’analyse présentée dans ce paragraphe a pour objectif de relier les résultats d’inventaire aux résultats d’impact. Alors que les paragraphes précédents s’intéressaient principalement aux procédés les plus contributeurs aux impacts, l’analyse suivante permet d’avoir une compréhension fine des sources d’impact (i.e. en termes de substances ponctionnées ou émises dans l’environnement), et des procédés (activités) auxquels ces sources d’impact sont liées.

Le Tableau 70 présente les flux élémentaires de l’inventaire du cycle de vie les plus contributeurs aux impacts du système avec consigne.

Tableau 70 : Analyse des flux contributeurs du système sans consigne par catégorie d’impact – dispositif Tof&Co

| Catégorie d’impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d’importance décroissante |
|---|--|
| Changement climatique | <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l’étape de fabrication de l’emballage ménager :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de CO₂ fossile : Ce sont les émissions directes de la fabrication du verre. Cela concerne la combustion de gaz pour produire l’énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre. De plus, une part des émissions de CO₂ provient de la décarbonatation des matières premières en four verrier. • Emissions de méthane liées à l’utilisation de gaz naturel lors de la production du verre. Elles sont principalement causées par les fuites du réseau d’approvisionnement en gaz |
| Acidification | <p>Les émissions de SO₂, d’oxydes d’azote et d’ammoniac, principales causes du potentiel d’acidification, sont issues de l’étape de fabrication de l’emballage ménager. Les émissions de SO₂ sont issues de la combustion de gaz pour produire l’énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre</p> |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | <p>Les émissions de phosphates dans l’eau sont les plus importantes sur l’étape de fabrication de l’emballage ménager. Elles sont produites</p> |



| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|---|
| | principalement lors de la fabrication du carbonate de sodium, qui est une matière première du verre. |
| Eutrophisation aquatique marine | Les émissions d'oxydes d'azote dans l'air sont les plus importantes uniquement sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager, lors de la consommation d'énergie via la combustion de gaz dans les fours pour la production du verre. |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | La consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) est un des principaux flux contributeurs. La consommation d'indium contribue également de façon significative aux impacts, via la consommation de produits chimiques utilisés pour la production du verre. Pour préparer ces produits, du zinc est utilisé, or l'indium est un coproduit de l'extraction du zinc. |
| Déplétion des ressources en eau | La production de carbonate de sodium et de silice, qui sont des matières premières pour la fabrication du verre, est responsable de la déplétion des ressources en eau. |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | La consommation de pétrole, la combustion de gaz et la consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) sont les principaux contributeurs, notamment sur l'étape de production de l'emballage ménager. |
| Émissions de particules | La production de carbonate de sodium (matière première du verre) et la fabrication du verre sont responsables des émissions de particules les plus significatives. |

Les flux contribuant aux impacts correspondent majoritairement à la fabrication du verre du système sans consigne.

2.2. Résultats de l'analyse environnementale sur le système avec réemploi/réutilisation

2.2.1. Résultats sur l'ensemble du cycle de vie et répartition par principale étape

Le tableau suivant Tableau 71 fournit les résultats de l'analyse environnementale du système avec réemploi/réutilisation et la contribution relative de chacune des sept étapes du cycle de vie du système avec consigne à chacun des enjeux environnementaux considérés. A noter que l'étape de déconsignation est réalisée manuellement. Aucun procédé n'a donc été pris en compte pour cette étape et elle n'apparaît pas dans les résultats. La Figure 41 traduit ces contributions sous forme graphique.



Tableau 71 : Résultats et contribution relative des principales étapes du cycle de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Tof&Co - 6,11 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Consommation | Lavage | Collecte des déchets | Fin de vie |
|--|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|--------------|----------|----------------------|------------|
| Changement climatique | kg éq. CO2 | 140 | 131 | 17 | 8,0 | 0,19 | 28 | 5,8 | -50 |
| | % | | 69 % | 8,8 % | 4,2 % | 0,10 % | 15 % | 3,1 % | -26 % |
| Acidification | mole H+ émis | 7,38E-01 | 8,70E-01 | 8,12E-02 | 2,61E-02 | 7,06E-04 | 9,98E-02 | 3,21E-02 | -3,71E-01 |
| | % | | 78 % | 7,3 % | 2,4 % | 0,064 % | 9,0 % | 2,9 % | -33 % |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 2,18E-02 | 2,98E-02 | 1,51E-02 | 1,27E-04 | 2,18E-06 | 1,43E-03 | 3,10E-05 | -2,47E-02 |
| | % | | 64 % | 32 % | 0,27 % | 0,0047 % | 3,1 % | 0,067 % | -53 % |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 1,80E-01 | 1,31E-01 | 3,16E-02 | 7,85E-03 | 2,30E-04 | 4,23E-02 | 1,33E-02 | -4,60E-02 |
| | % | | 58 % | 14 % | 3,5 % | 0,10 % | 19 % | 5,9 % | -20 % |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 8,77E-04 | 1,35E-03 | 2,30E-04 | 1,99E-06 | 3,70E-08 | 8,20E-05 | 9,91E-07 | -7,87E-04 |
| | % | | 81 % | 14 % | 0,12 % | 0,0022 % | 4,9 % | 0,060 % | -47 % |
| Déplétion des ressources en eau | m3 éq. | 40 | 4,84E+01 | 4,90E+00 | 2,58E-01 | 5,82E-03 | 1,62E+01 | 5,29E-02 | -2,97E+01 |
| | % | | 69 % | 7,0 % | 0,37 % | 0,0083 % | 23 % | 0,076 % | -43 % |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 2873 | 2478 | 256 | 116 | 3,0 | 583 | 84 | -647 |
| | % | | 70 % | 7,3 % | 3,3 % | 0,084 % | 17 % | 2,4 % | -18 % |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 7,09E-02 | 7,60E-02 | 1,40E-02 | 2,82E-03 | 7,20E-05 | 1,18E-02 | 8,41E-03 | -4,22E-02 |
| | % | | 67 % | 12 % | 2,5 % | 0,064 % | 10 % | 7,4 % | -37 % |



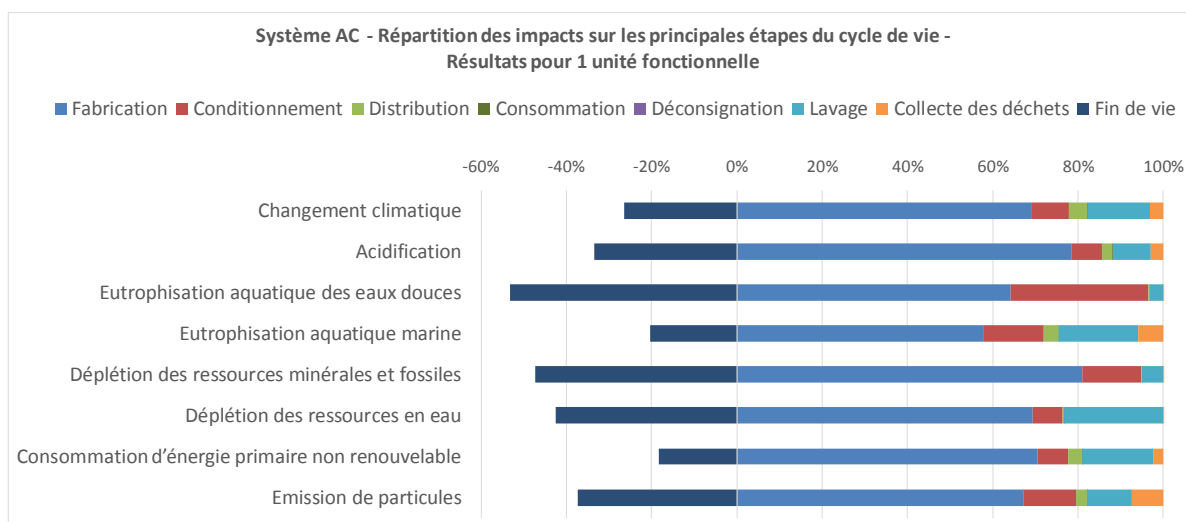


Figure 41 : Répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Tof&Co

Les observations suivantes peuvent être faites :

- L'étape de fabrication est le poste le plus contributeur sur tous les indicateurs environnementaux. Plus particulièrement, la fabrication contribue à elle seule à au moins 58 % des impacts potentiels dont 81 % sur la déplétion des ressources minérales et fossiles.
- En considérant la fabrication et la fin de vie, cela représente au minimum 11 % des impacts sur tous les indicateurs environnementaux, dont 52 % pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable. Il est aussi pertinent de ne pas dissocier les deux étapes de cycle de vie en raison de l'approche de fin de vie appliquée qui considère les phases de production et de gestion en fin de vie des matériaux dans leur ensemble.
- L'étape de lavage est le deuxième poste le plus contributeur. Elle représente 19 % des impacts potentiels sur l'eutrophisation aquatique marine et à 23 % au potentiel de déplétion des ressources en eau via principalement la consommation d'eau utilisée pour le lavage.
- La phase de conditionnement contribue de façon significative à l'eutrophisation aquatique des eaux douces et marine (32 % et 14 % respectivement) et au déplétion des ressources minérales et fossiles (14 %) via la production des boîtes en carton.
- L'étape de collecte des déchets est responsable de 7,4 % d'impact sur l'indicateur émission de particules et contribue également à 5,9 % au potentiel d'eutrophisation aquatique marine.
- L'étape de distribution (transport du site de conditionnement vers le magasin) contribue à 4,2 % sur le potentiel de réchauffement climatique et au maximum à 4,2 % sur les autres indicateurs environnementaux. Les autres indicateurs ont une contribution de second ordre (moins de 3,5 %).
- La phase de consommation ne contribue pas significativement aux impacts du système avec consigne, c'est-à-dire à 0,1 % maximum des impacts sur le cycle de vie, sur tous les indicateurs environnementaux.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre, de l'aluminium et de la boîte en carton représentent, 53 % du potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces, 47 % du potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles et 43 % du potentiel de déplétion des ressources en eau. Le recyclage représente également un bénéfice de 26 % pour l'indicateur changement climatique. Ces bénéfices sont principalement dus au recyclage du verre.

Des analyses plus détaillées sont réalisées ci-dessous sur les étapes principalement contributrices aux impacts : l'étape de fabrication (emballage ménager) et l'étape de lavage.



2.2.2. Focus sur les étapes de fabrication (de l'emballage ménager) et de fin de vie

Le Tableau 72 et la Figure 42 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et de la fin de vie sous forme chiffrée puis graphique :

Tableau 72 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Tof&Co - 6,11 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|---|--------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 87 | 2,82 | 0,15 | 34 | 8,18 | -49 |
| Acidification | mole H+émis | 5,98E-01 | 1,69E-02 | 5,45E-04 | 0,23 | 2,15E-02 | -3,41E-01 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 8,71E-03 | 1,89E-03 | 2,00E-05 | 1,91E-02 | 9,18E-05 | -1,57E-02 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 9,33E-02 | 4,76E-03 | 9,31E-05 | 2,77E-02 | 5,37E-03 | -3,81E-02 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 3,51E-04 | 5,75E-05 | 1,96E-07 | 9,38E-04 | 1,56E-06 | -6,38E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 3,67E+01 | 4,32E+00 | 9,76E-02 | 7,11 | 2,46E-01 | -2,69E+01 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 1 820 | 47 | 5,4 | 481 | 125 | -623 |
| Émissions de particules | kg éq. PM _{2.5} | 4,54E-02 | 7,60E-03 | 6,06E-05 | 2,11E-02 | 1,81E-03 | -3,22E-02 |



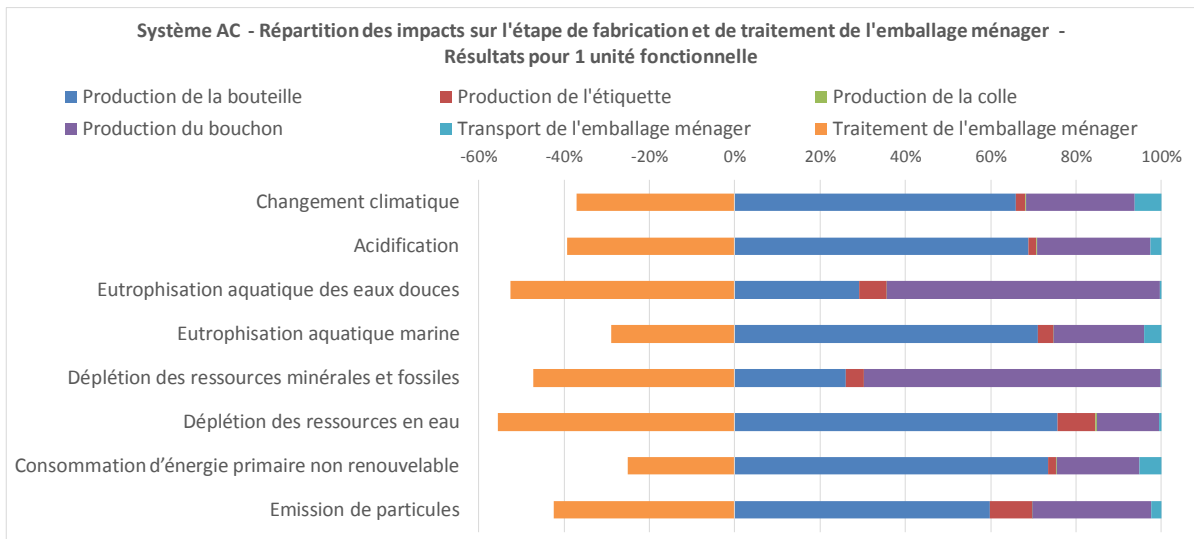


Figure 42 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l'emballage ménager et de la fin de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Tof&Co

Les analyses et observations sont similaires à celles réalisées sur les étapes de fabrication et de fin de vie (de l'emballage ménager) pour le système sans consigne. En effet, la masse de la bouteille en verre et les autres composants de l'emballage ménager sont identiques pour les systèmes avec et sans consigne. La fin de vie de la bouteille varie cependant pour le système avec consigne : dans le système avec consigne, on suppose qu'une partie des bouteilles part intégralement en recyclage (taux de recyclage à 100 %) depuis le site de lavage Tof&Co. Cette fois-ci, la contribution aux impacts de la production du bouchon ressort davantage que pour le système sans consigne car contrairement à la bouteille en verre le bouchon n'est pas réutilisé donc il faut en produire 1333 par UF, d'où une contribution proportionnellement plus importante que pour le système sans consigne. La réutilisation est responsable de la diminution des impacts de la production de la bouteille en verre.

2.2.3. Focus sur l'étape de lavage

Le Tableau 73 et la Figure 43 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de lavage de l'emballage ménager sous forme chiffrée puis graphique :

Tableau 73 : Résultats et contribution de l'étape de lavage du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Tof&Co - 6,11 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Consommation d'électricité | Consommation et traitement de l'eau | Production de soude | Production du solvant | Traitement de l'étiquette | Transport Magasin - Site de Lavage | Transport Site de Lavage - Conditionnement |
|---------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------------|--|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 1,50 | 2,47E-01 | 0,20 | 1,67E-04 | 1,82E-02 | 14 | 12 |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 7,19E-03 | 3,35E-03 | 1,16E-03 | 9,76E-07 | 4,71E-06 | 4,75E-02 | 4,05E-02 |
| Eutrophisation aquatique | kg éq. P | 2,34E-04 | 7,53E-04 | 1,50E-04 | 1,31E-07 | 1,25E-07 | 1,59E-04 | 1,36E-04 |



| Catégorie d'impact | Unité | Consommation d'électricité | Consommation et traitement de l'eau | Production de soude | Production du solvant | Traitement de l'étiquette | Transport Magasin - Site de Lavage | Transport Site de Lavage - Conditionnement |
|---|--------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------------|--|
| des eaux douces | | | | | | | | |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 1,50E-03 | 1,33E-02 | 1,98E-04 | 1,43E-07 | 2,34E-05 | 1,47E-02 | 1,25E-02 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 6,57E-05 | 9,49E-06 | 1,89E-06 | 7,83E-09 | 2,19E-09 | 2,69E-06 | 2,29E-06 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 1,60E+00 | 14 | 2,30E-01 | 1,39E-02 | 2,96E-04 | 4,26E-01 | 3,64E-01 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 177 | 4,6 | 3,65 | 3,14E-03 | 4,73E-03 | 215 | 183 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 6,25E-04 | 1,57E-04 | 9,76E-05 | 7,17E-08 | 3,63E-07 | 5,88E-03 | 5,01E-03 |



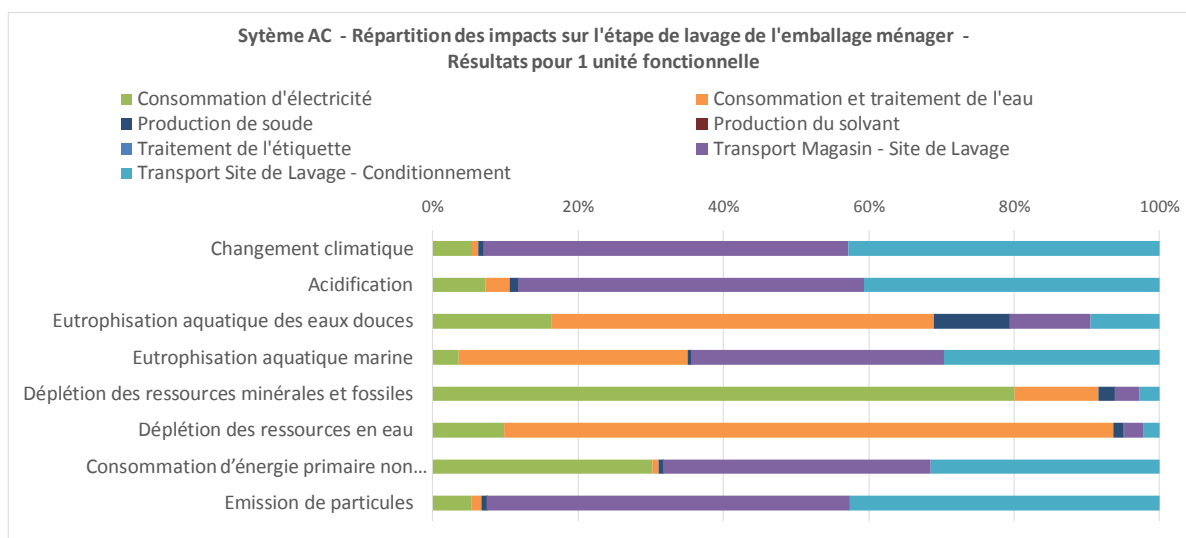


Figure 43 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de lavage de l'emballage ménager pour le système avec consigne (AC) – dispositif Tof&Co

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Le transport des bouteilles du site de désignation vers le site de lavage et du site de lavage vers le site de conditionnement sont responsables à eux deux de 93 % des impacts sur l'indicateur émissions de particules, 93 % du potentiel de réchauffement climatique et 88 % du potentiel d'acidification. L'impact de ces deux étapes est semblable. On peut néanmoins noter que le transport du site de désignation vers le site de lavage est légèrement plus contributeur, du fait d'une distance légèrement plus importante pour ce trajet (81 km) par rapport au trajet site de lavage – conditionnement (70 km).
- La consommation d'eau contribue à 84 % au potentiel de déplétion des ressources en eau, à 53 % et 32 % sur les potentiels d'eutrophisation (aquatique et marine respectivement).
- La consommation d'électricité pour l'utilisation de la laveuse contribue significativement au potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles (80 %) ainsi qu'à la consommation d'énergie primaire non renouvelable (30 %).
- La production de soude présente un impact environnemental de 10 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces, et moins de 2,3 % sur les autres catégories d'impact.
- Enfin, la production de solvant pour l'utilisation de soude et le traitement de l'étiquette papier ont un impact très faible sur tous les indicateurs (moins de 0,09 % et 0,07 % respectivement).

2.2.4. Flux élémentaires principaux contribuant aux impacts

Le Tableau 74 présente les flux élémentaires de l'inventaire du cycle de vie les plus contributeurs aux impacts du système avec consigne.

Tableau 74 : Analyse de la contribution des flux du système avec consigne par catégorie d'impact – dispositif Tof&Co

| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|------------------------------|---|
| Changement climatique | <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de CO₂ fossile : émissions directes issues du module de fabrication du verre. Cela concerne la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre. De |



| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|---|
| | <p>plus, une part des émissions de CO₂ provient de la décarbonatation des matières premières en four verrier</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de méthane correspondant à l'utilisation de gaz naturel pour la production du verre <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape de lavage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de CO₂ fossile et de méthane, provenant du transport de magasin vers le site de lavage et du trajet du site de lavage vers le site de conditionnement. |
| Acidification | <p>Les émissions de SO₂, d'oxydes d'azote et d'ammoniac, principales causes du potentiel d'acidification, sont issues de l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Les émissions de SO₂ sont dues à la combustion de gaz pour la production de verre tandis que les émissions d'oxydes d'azotes proviennent de la fabrication de carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | <p>Les émissions de phosphates dans l'eau sont les plus importantes uniquement sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager.</p> <p>Elles proviennent principalement du lixiviat de l'extraction de la lignite utilisée pour produire l'électricité, qui servira à la fabrication du bouchon en aluminium. Les phosphates sont également émis lors de la production de carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> |
| Eutrophisation aquatique marine | <p>Les émissions d'oxyde d'azote dans l'air et de nitrate dans l'eau ont des contributions similaires et sont les plus importantes et proviennent de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et de l'étape de lavage.</p> <p>Les émissions d'oxyde d'azote ont lieu lors de la fabrication du verre, suite à la consommation d'énergie dans les fours. Concernant l'étape de lavage, ces flux sont émis lors du transport des bouteilles.</p> <p>Les nitrates sont principalement émis dans l'eau lors de la production de chlorure de sodium pour la fabrication de carbonate de sodium, qui est une matière première du verre</p> |
| Déplétion des ressources en eau | <p>La consommation d'eau lors de la production de carbonate de sodium, matière première pour la fabrication du verre, est la principale cause du potentiel de déplétion des ressources en eau.</p> <p>La consommation d'eau pour le lavage est responsable de la déplétion des ressources en eau est également un contributeur significatif au potentiel de déplétion des ressources en eau.</p> |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | <p>La consommation d'indium, via la production du bouchon en aluminium, est le flux le plus contributeur à cette catégorie d'impact. En effet, la production d'oxyde d'aluminium pour le bouchon consomme du zinc dont l'indium est un coproduit.</p> <p>La consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) est le deuxième flux le plus contributeur aux impacts.</p> |



| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|--|
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | La consommation de pétrole pour la fabrication du verre et la consommation du diesel pour le transport des bouteilles vides du magasin vers le site de lavage et du site de lavage vers le site de conditionnement sont les principales substances responsables de ces impacts. |
| Emissions de particules | La production de carbonate de sodium (matière première du verre) et la fabrication du verre sont les principaux responsables de l'impact pour l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Sur l'étape de lavage, l'émission de particules est issue du transport des bouteilles. |

Les principales sources d'impact sont liées à la fabrication de la bouteille en verre (production de calcin) et au transport des bouteilles du magasin au site de lavage et du site de lavage vers le conditionnement.

2.3. Comparaison des systèmes avec et sans consigne

2.3.1. Introduction sur la présentation des résultats

Les résultats comparatifs du système avec et sans consigne en histogramme sont présentés en valeurs relatives, la référence (100 %) correspondant à l'impact total du cycle de vie du système sans consigne pour l'enjeu environnemental considéré.

2.3.2. Comparaison des impacts des deux systèmes sur tous les indicateurs

Le Tableau 75 fournit l'impact sur le cycle de vie du système avec et sans consigne pour chaque enjeu environnemental considéré :

Tableau 75 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle

| Catégorie d'impact | Unité | Système à usage unique sans consigne | Système avec réemploi/réutilisation - 6,11 cycles | Écart significatif ? |
|---|--------------------------|--------------------------------------|---|----------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 460 | 140 | oui |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 2,9 | 0,74 | oui |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 4,3E-02 | 2,2E-02 | oui |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 5,8E-01 | 1,8E-01 | oui |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,3E-03 | 8,8E-04 | oui |
| Déplétion des ressources en eau | éq. m ³ | 1,0E+02 | 4,0E+01 | non |



| Catégorie d'impact | Unité | Système à usage unique sans consigne | Système avec réemploi/réutilisation - 6,11 cycles | Écart significatif ? |
|--|--------------|--------------------------------------|---|----------------------|
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 10 753 | 2 873 | oui |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | 2,43E-01 | 7,09E-02 | oui |

L'évaluation de l'incertitude suivant la méthode présentée au §IV.3.2 conduit à constater, comme présenté dans le tableau ci-dessus, que **l'ensemble des écarts sont significatifs pour tous les indicateurs, excepté pour le potentiel de déplétion des ressources en eau**. L'histogramme (Figure 44) présente les résultats du système sans consigne en référence par rapport au système avec consigne :

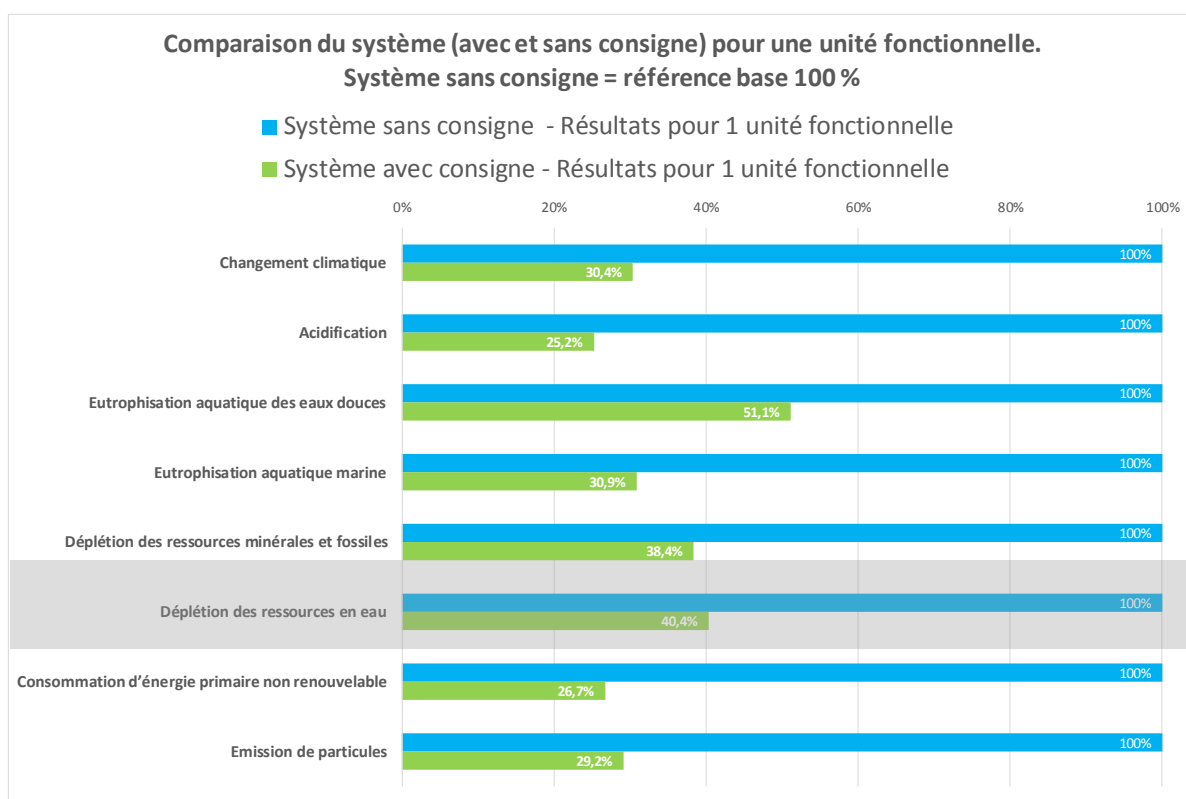


Figure 44 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – Tenant compte de l'incertitude sur les résultats, tous les écarts sont jugés significatifs, excepté pour un indicateur (déplétion des ressources en eau) – dispositif Tof&Co

Le système avec consigne est plus favorable au point de vue environnemental que le système sans consigne avec un écart significatif sur 7 des 8 impacts considérés. L'écart est le plus important sur le potentiel d'acidification et le potentiel de consommation d'énergie primaire non renouvelable.

La Figure 45 présente les résultats du système avec et sans consigne par étape du cycle de vie. Pour rappel, certaines étapes sont propres au système avec consigne, comme la consommation et le lavage. L'étape de déconsignation est également propre au système avec consigne mais cette étape est manuelle pour le porteur de projet Tof&Co. Aucun procédé n'a donc été pris en compte pour cette étape et elle n'apparaît pas dans les résultats.



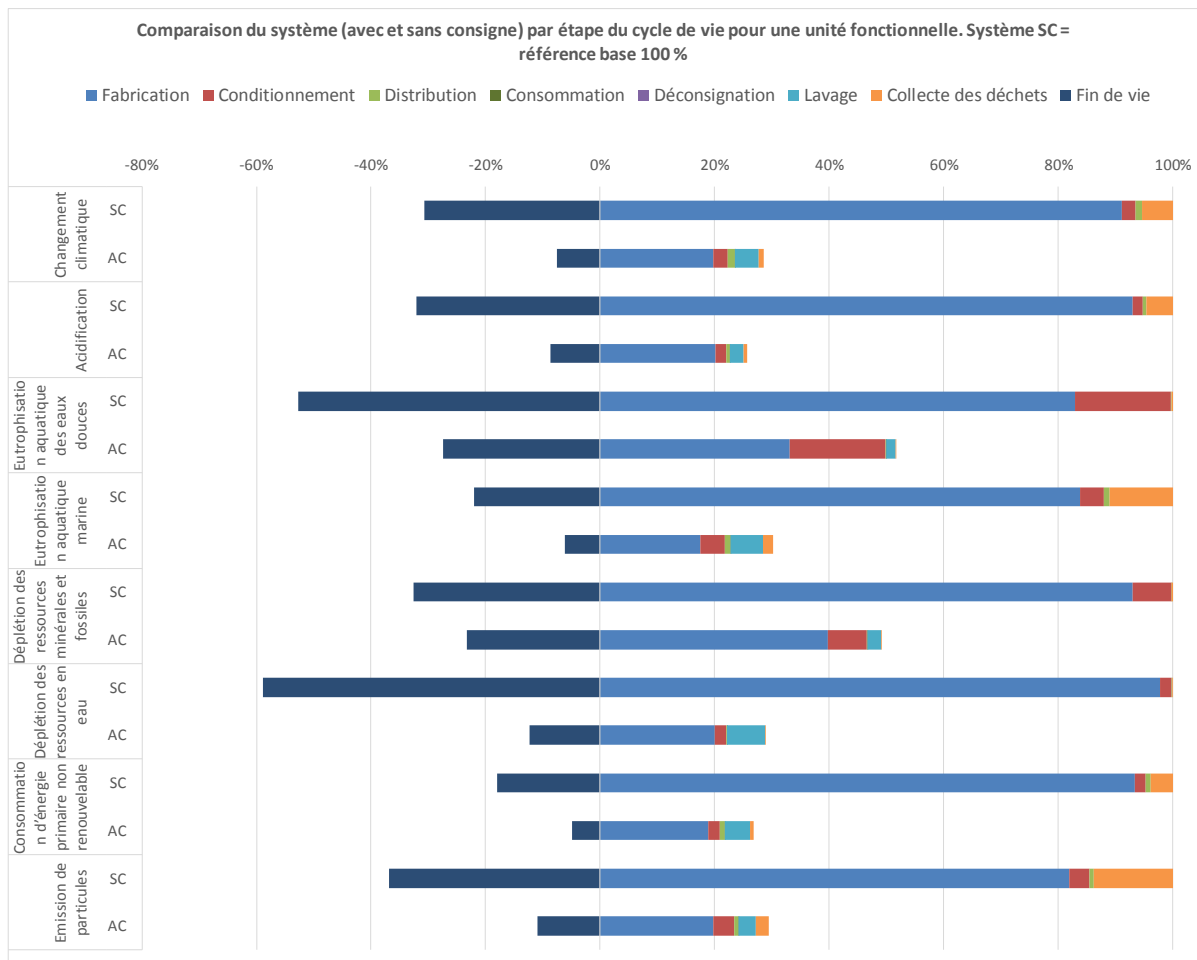


Figure 45 : Comparaison des impacts sur les principales étapes du cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – dispositif Tof&Co - 6,11 cycles

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Pour toutes les catégories d'impact, la contribution absolue de l'étape de fabrication de l'emballage ménager du système sans consigne est, en ordre de grandeur, supérieure aux impacts du cycle de vie du système avec consigne. Pour cette étape du cycle de vie, le nombre d'utilisations de la bouteille en verre est le facteur qui conditionne les écarts entre les deux systèmes et qui induit un bénéfice environnemental pour le système avec consigne en comparaison avec le système sans consigne.
- L'étape de collecte des déchets est un enjeu environnemental significatif sur le potentiel de réchauffement climatique, l'acidification, l'eutrophisation aquatique marine et l'émissions de particules. A contrario, ce poste a une très faible contribution sur le système avec consigne. Cette différence est liée la réutilisation qui permet d'éviter la production de déchets supplémentaires par rapport à un système sans consigne. Ainsi dans un système avec consigne, la quantité de déchets à collecter est plus faible, le nombre de collectes diminue par rapport au système sans consigne et les impacts associés sont plus faibles.
- Sur l'étape de conditionnement, les résultats sont quasi identiques. En effet, les données du système avec consigne ont été reprises pour le système sans consigne¹⁴. Les enjeux se situent sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces.
- Sur l'étape de distribution (transport de la bouteille du site de conditionnement vers le magasin), la contribution absolue des deux systèmes est faible. La réutilisation de la

¹⁴ La production de l'emballage tertiaire complémentaire du site de lavage vers le site de conditionnement du système avec consigne n'a pas été reprise pour le système sans consigne



bouteille n'est pas un facteur de différenciation sur cette étape du cycle. Il est nécessaire de transporter 1 333 bouteilles par unité fonctionnelle pour les deux systèmes, et les trajets sont identiques entre les deux systèmes. Sur les trajets aller-retour, les impacts sont similaires sur les deux systèmes.

En conclusion, le système avec consigne présente un bénéfice environnemental par rapport au système sans consigne avec un écart significatif sur 7 des 8 catégories d'impacts environnementaux étudiés.

2.4. Évaluation de la qualité des données

Les données brutes et données d'inventaire sont évaluées selon les critères présentés au paragraphe IV.4.2.I.4.2. On s'intéresse à toutes les phases du cycle de vie.

Le tableau ci-dessous présente les acronymes utilisés pour définir les catégories d'impacts utilisées dans l'évaluation de la qualité des données.

| Acronyme | Catégorie d'impact |
|----------|--|
| CC | Changement climatique |
| EP | Émissions de particules |
| Ac | Acidification |
| Eut.T | Eutrophisation aquatique des eaux douces |
| Eut.M | Eutrophisation aquatique marine |
| Drmf | Déplétion des ressources minérales et fossiles |
| Dre | Déplétion des ressources en eau |
| Cep | Consommation d'énergie primaire non renouvelable |

A noter que dans cette analyse de la qualité des données, on considère les impacts potentiels liés à l'étape de production et de fin de vie de façon séparée : les bénéfices et impacts dus au recyclage du verre ne sont pas inclus dans l'étape de production. Ainsi dans ce tableau, les contributions en relatif des autres étapes, notamment le lavage, sont minimisées.



2.4.1. Système sans consigne

| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Commentaire | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|---|--------------|------------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|------------------|--|-----------------------------|---------------------|-------------|--|-----|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Repr. Temporelle | | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | | |
| 1 - Fabrication de l'emballage ménager | | | | | | | | | | | | | | |
| Production du verre | Consommation d'énergie | 1 | Eut. T,Cep, Drmf | | | | | | | | | | Le module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. | |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | [VERRE09] permet de réaliser une bonne extrapolation de la consommation d'énergie, des émissions dans l'air de la production du verre à 0 % de calcin | 2 | 1 | 1 | | |
| | Emissions dans l'air, de Nox et de poussières | 1 | CC, Ac, Eut.M, EP | | | | | | | | | | | N/A |
| | | 3 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| Extraction des matières premières constituant le verre | Tous les indicateurs | 1 | | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | Sur la quantité des matières premières, nous connaissons le rendement entre un kilogramme de verre vierge à 0 % de calcin et de verre recyclé à 100 % de calcin, ce qui permet d'adapter la quantité de matières premières | 2 | 2 | 2 | Le module "Solid unbleached board (GLO) market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été supprimé | |
| | | 2 | CC, Ac, Eut.M, Cep, EP | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport amont du verre a été fournie par la brasserie du Loir. De plus, la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Autres | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | Les quantités des emballages constituant l'emballage primaire ont bien été fournies par la brasserie du Loir mais cela se base sur un système fictif sans consigne | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles. | |
| | | 3 | | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | La donnée de distance d'approvisionnement du bouchon a été fournie par la brasserie du loir. Pour l'étiquette et la colle des hypothèses ont été appliquées. Néanmoins, la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Tous les indicateurs | 3 | | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | | 1 | 2 | 2 | | |
| 2 - Conditionnement | | | | | | | | | | | | | | |
| Production des emballages secondaires ou tertiaires | Cep, Ac, Dre | 1 | Eut.T | | | | | | | | | | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles sauf pour le matériau carton : Inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3 pour le module "corrugated board, fresh fibre, single wall, at plant (RER) Alloc Rec, U" | |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | Les quantités de matériaux des emballages secondaires constituant l'emballage secondaire ont été confirmées par la brasserie du Loir mais cela se base sur un système fictif sans consigne | 2 | 2 | 2 | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Tous les indicateurs | 1 | | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | La donnée de distance d'approvisionnement des emballages secondaires a été spécifiée par la brasserie du Loir. De plus, la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| | | 3 | | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | | 1 | 2 | 2 | | |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | | |
|--|------------|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|---|--------------------|---------------------|-------------|--|---|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | | |
| 3 - Distribution | | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des emballages conditionnés vers le magasin | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | La distance moyenne a été calculée grâce aux données de ToF&Co. Le chargement du camion a été spécifié pour chaque système. La consommation de carburant a été adaptée avec le parc roulant français en 2015. | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement | |
| 4 - Collecte des déchets | | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport de l'emballage ménager vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre le PAV/bac de recyclage au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifiée entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | | 1 | EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport de l'emballage ménager vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre le PAV/bac de recyclage au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifiée entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement | |
| | | | 2 | | | | | | | | | | | Eut.M, CC, Ac, Cep |
| | | | 3 | | | | | | | | | | | Autres |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM. Le taux de chargement est une valeur par défaut issue de la base de données Ecoinvent | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement | |
| 6 - Fin de vie | | | | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager en UIOM | Traitement | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages de la fin de vie de l'emballage primaire ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16]. | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 % et de 100 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. | |
| Fin de vie de l'emballage ménager chez le recycleur | | 1 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | | Le module "Solid unbleached board {GLO} market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été supprimé |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires en ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages des emballages secondaires et tertiaires ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles | |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires (boîte carton) chez le recycleur | | 2 | Eut.T, Drmf, EP | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles sauf pour le matériau carton : inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3 pour le module "corrugated board, recycling fibre, single wall, at plant {RER} Alloc Rec, U" | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | | |



2.4.2. Système avec consigne

| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Commentaire | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|--|--------------|---------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|--|--|-----------------------------|---------------------|-------------|---|---|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Repr. Temporelle | | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | | |
| 1 - Fabrication de l'emballage ménager | | | | | | | | | | | | | | |
| Production du verre | Consommation d'énergie | 1 | Cep | | | | | | | | | | Le module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. | |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | [VERRE09] permet de réaliser une bonne extrapolation de la consommation d'énergie, des émissions dans l'air de la production du verre à 0 % de calcin, afin d'avoir des données plus récentes | 2 | 1 | 1 | | |
| | Emissions dans l'air, de Nox et de poussières | 1 | CC, Ac, Eut.M | | | | | | | | | | | N/A |
| | | 2 | EP | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| | Extraction des matières premières constituant le verre | 1 | CC, Ac, Eut. M, Eut. T, Dre, EP | | | | | | | | | | | Le module "Solid unbleached board (GLO) market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été supprimé |
| 2 | | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | Sur la quantité des matières premières, nous connaissons le rendement entre un kilogramme de verre vierge à 0 % de calcin et de verre recyclé à 100 % de calcin, ce qui permet d'adapter la quantité de matières premières | 2 | 2 | 2 | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport du verre | 2 | CC, Eut.M, Cep | | | | | | | | | | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| | | 3 | Autres | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | La distance de transport amont du verre a été fournie par la Brasserie du Loir. De plus, la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | | |
| Production des autres matières premières | Production des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 1 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les quantités des emballages constituant l'emballage primaire ont bien été confirmées par la Brasserie du Loir | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles. Prise en compte du procédé de mise en forme pour le bouchon | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages constituant l'emballage primaire n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| 2 - Conditionnement | | | | | | | | | | | | | | |
| Production des emballages secondaires ou tertiaires | | 1 | Eut.T, Eut.M, Drmf, EP | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les quantités des emballages constituant les emballages secondaires et tertiaires ont bien été confirmées par Tof&Co | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles sauf pour le matériau carton : inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3 pour le module "corrugated board, fresh fibre, single wall, at plant (RER) Alloc Rec, U" | |
| | | 2 | Autres | | | | | | | | | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages secondaires ont été spécifiées par la brasserie du Loir. De plus, la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|---|---------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|---|--|---------------------|-------------|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 3 - Distribution | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des emballages conditionnés vers le magasin | | 2 | Autres | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | La distance moyenne a été calculée grâce aux données de la Brasserie du Loir. Le chargement du camion a été spécifié pour chaque système. La consommation de carburant a été adaptée avec le parc roulant français en 2015. | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| | | 3 | Eut.T, Dre, Drmf | | | | | | | | | | |
| 4 - Consommation | | | | | | | | | | | | | |
| Transport du magasin vers le domicile | Bouteilles pleine | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | La distance de transport et le scénario ont été spécifiés par l'étude [ADEME_18] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Transport du domicile vers le magasin | Bouteille vide | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | La distance de transport et le scénario ont été spécifiés par l'étude [ADEME_18] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| 5 - Déconsignation | | | | | | | | | | | | | |
| Déconsignation manuelle | Consommation d'électricité | | NA | Déconsignation manuelle | | | | | | | | | |
| | Consommation de papier | | NA | | | | | | | | | | |
| 6 - Lavage | | | | | | | | | | | | | |
| Consommation d'énergie de la laveuse | Consommation d'électricité | 2 | Drmf, Dre, Cep | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par Tof&Co sur l'année 2017 concernant la consommation d'énergie en extrapolant les données fournies par son fournisseur d'électricité. Néanmoins la | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles, mais prise en compte du mix français |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Consommation des autres entrants | Consommation d'eau | 1 | Dre | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par Tof&Co sur l'année 2017 sur la consommation d'eau | 2 | 1 | 2 | Prise en compte du flux régionalisé : remplacement de « Water, Europe without Switzerland » par « Water, FR » |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Fin de vie | Consommation de produit chimique | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par Tof&Co sur l'année 2017 sur la consommation de soude à 30 %. Néanmoins la donnée a été recalculée pour le nombre de bouteilles collectées. | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles mais prise en compte de la concentration de soude dans la modélisation |
| | | Traitement de l'étiquette | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | La même hypothèse que pour METEOR a été utilisée pour la fin de vie des étiquettes en papier récupérées dans la laveuse. Ces étiquettes partent avec les DIB | 2 | 2 | 2 |
| Transport | Transport du magasin vers le site de lavage | 2 | Eut.M, Ac, CC, Cep, EP | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport a été fournie par Tof&Co. Le chargement du camion est générique, car Tof&Co passe dans plusieurs magasins avant d'arriver au site de lavage | 2 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement moyen |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport | Transport du site de lavage vers le site de conditionnement | 2 | Eut.M, Ac, CC, Cep, EP | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport a été fournie par Tof&Co, avec un taux de chargement générique. | 2 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement moyen |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|--|------------|--------------------------|------------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--------------------|---------------------|-------------|---|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 7 - Collecte des déchets | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport de l'emballage ménager vers les OMR. Le taux de chargement n'a pas été spécifié | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | | 2 | CC, Ac, Eut.M, Cep, EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport de l'emballage ménager vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre le PAV/bac de recyclage au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM. Le taux de chargement est une valeur par défaut issue de la base de données Ecoinvent | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| 8 - Fin de vie | | | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager en UIOM | Traitement | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages de la fin de vie de l'emballage primaire ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage avec [ECOEMB16]. Nous avons émis l'hypothèse que le recyclage est à 100 % pour les bouteilles refusées chez le brasseur | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcul de 0 % et de 100 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| Fin de vie de l'emballage ménager chez le recycleur | | 1 | Autres | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | | | | |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires en ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages des emballages secondaires et tertiaires ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires (boîte carton) chez le recycleur | | 1 | Eut.T | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | | | | |
| | 2 | Ac, Eut.M, Dre, Drmf, EP | | | | | | | | | | | |
| 3 | Autres | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |



Les points d'attention concernant la qualité des données sont les suivants, par ordre d'importance décroissante pour les deux systèmes :

- Concernant la fabrication du verre, qui a une contribution forte sur tous les indicateurs environnementaux, les données des modules ecoinvent constituant l'ensemble du module final de production du verre datent de 1997 et sont extrapolées par ecoinvent à 2016. Ainsi, la représentativité temporelle de l'ICV issu d'ecoinvent peut être améliorée, même si un travail d'adaptation des données d'activité d'énergie, de consommations de matières et des émissions directes a été réalisé.
- La précision des distances de transport amont des autres constituants de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) pourrait être améliorée, mais sa contribution sur tous les indicateurs environnementaux est faible.
- A l'étape du lavage, la consommation d'électricité et de soude ont été recalculées pour le nombre de bouteilles collectées.

3. Tof&Co : conclusions et limites

3.1. Conclusions

Les conclusions suivantes peuvent être établies :

- Pour le système avec consigne, la phase la plus contributrice au bilan environnemental est la phase de fabrication, contribuant à elle seule à plus de 58 % des impacts environnementaux. La prise en compte des bénéfices du recyclage permet d'avoir un gain environnemental globalement situé entre 18 % et 43 % et au maximum de 47 % sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles.
- Pour le système avec consigne, la phase de lavage a une contribution également importante, globalement entre 3,1 % et 19 %, avec un maximum de 23 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau.
- Pour le système sans consigne, la phase la plus contributrice est la phase de fabrication de l'emballage ménager qui contribue à plus de 82 % sur tous les indicateurs en ne comptabilisant pas les bénéfices du recyclage. La prise en compte des bénéfices du recyclage permet d'avoir un gain environnemental globalement situé entre 18 % et 53 % et au maximum de 59 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau.
- Le système avec consigne engendre toujours moins d'impacts environnementaux potentiels que le système sans consigne (entre 49 % à 75 % de gains environnementaux sur tous les indicateurs étudiés par rapport au système sans consigne). Tous les écarts sont jugés significatifs, excepté pour le potentiel de déplétion des ressources en eau.

3.2. Limites

Tout d'abord, concernant la qualité des données, l'élément principal à améliorer est la représentativité temporelle de l'ICV de production du verre. Néanmoins les données de l'ensemble du module final de production du verre datent de 1997 et sont extrapolées par ecoinvent à 2016. Ainsi, la représentativité temporelle de l'ICV issu d'ecoinvent peut être améliorée, même si un travail d'adaptation des données d'activité d'énergie, de consommations de matières et des émissions directes a été réalisé. La précision des distances de transport amont des autres constituants de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) nécessite une amélioration même si la contribution sur tous les indicateurs environnementaux est faible.



Par ailleurs, une limite du cadre de modélisation retenu est la non prise en compte des bénéfices liés au recyclage (application de la méthode des stocks) pour l'évaluation de la fin de vie des emballages tertiaires, ce qui n'est pas en phase avec le mode de comptabilisation des impacts et bénéfices pour les matériaux principaux (verre et acier) et l'emballage secondaire (carton). Cependant, la contribution de la fabrication des emballages tertiaires est de second ordre, donc l'utilisation de la méthode des stocks pour les emballages tertiaires est raisonnable.

VIII. Evaluation environnementale du dispositif Jean Bouteille

1. Jean Bouteille : données d'activité

Données à caractère confidentiel.

2. Jean Bouteille : évaluation et interprétation de l'impact du cycle de vie

Cette section présente tout d'abord les résultats d'impact par système du dispositif Jean Bouteille : La répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie, focus sur les étapes les plus contributrices et analyse de la contribution des flux de l'inventaire sont présentés. Ensuite, une comparaison est effectuée entre les deux systèmes.

Les résultats d'impact présentés et analysés dans ce chapitre sont les indicateurs environnementaux décrits précédemment au chapitre (III.8.1).

2.1. Résultats de l'analyse environnementale sur le système sans consigne

2.1.1. Résultats sur l'ensemble du cycle de vie et répartition par principale étape

Le Tableau 76 fournit les résultats de l'analyse environnementale et la contribution relative de chacune des cinq étapes du cycle de vie du système sans consigne à chacun des impacts considérés. La Figure 46 traduit ces contributions sous forme graphique.

Tableau 76 : Résultats et contribution des étapes du cycle de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille

| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Collecte des déchets | Fin de vie |
|-----------------------|--------------------------|-------|-------------|-----------------|--------------|----------------------|------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 544 | 632 | 11 | 10 | 33 | -142 |
| | % | | 92 % | 1,6 % | 1,5 % | 4,8 % | -21 % |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 2,80 | 3,58E+00 | 5,16E-02 | 2,71E-02 | 1,83E-01 | -1,05E+00 |
| | % | | 93 % | 1,3 % | 0,71 % | 4,8 % | -27 % |



| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Collecte des déchets | Fin de vie |
|--|--------------------|----------|-------------|-----------------|--------------|----------------------|------------|
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 0,04 | 6,42E-02 | 9,06E-03 | 1,18E-04 | 1,64E-04 | -2,93E-02 |
| | % | | 87 % | 12 % | 0,16 % | 0,22 % | -40 % |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 0,60 | 6,10E-01 | 1,98E-02 | 6,62E-03 | 7,59E-02 | -1,17E-01 |
| | % | | 86 % | 2,8 % | 0,9 % | 11 % | -16 % |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,48E-03 | 2,77E-03 | 1,38E-04 | 2,01E-06 | 5,55E-06 | -4,35E-04 |
| | % | | 95 % | 4,7 % | 0,069 % | 0,19 % | -15 % |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 102 | 2,19E+02 | 3,02E+00 | 3,16E-01 | 2,60E-01 | -1,21E+02 |
| | % | | 98 % | 1,4 % | 0,14 % | 0,12 % | -54 % |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 10 294 | 11 185 | 168 | 161 | 471 | -1 691 |
| | % | | 93 % | 1,4 % | 1,3 % | 3,9 % | -14 % |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 0,24 | 2,89E-01 | 8,74E-03 | 2,15E-03 | 4,91E-02 | -1,08E-01 |
| | % | | 83 % | 2,5 % | 0,62 % | 14 % | -31 % |

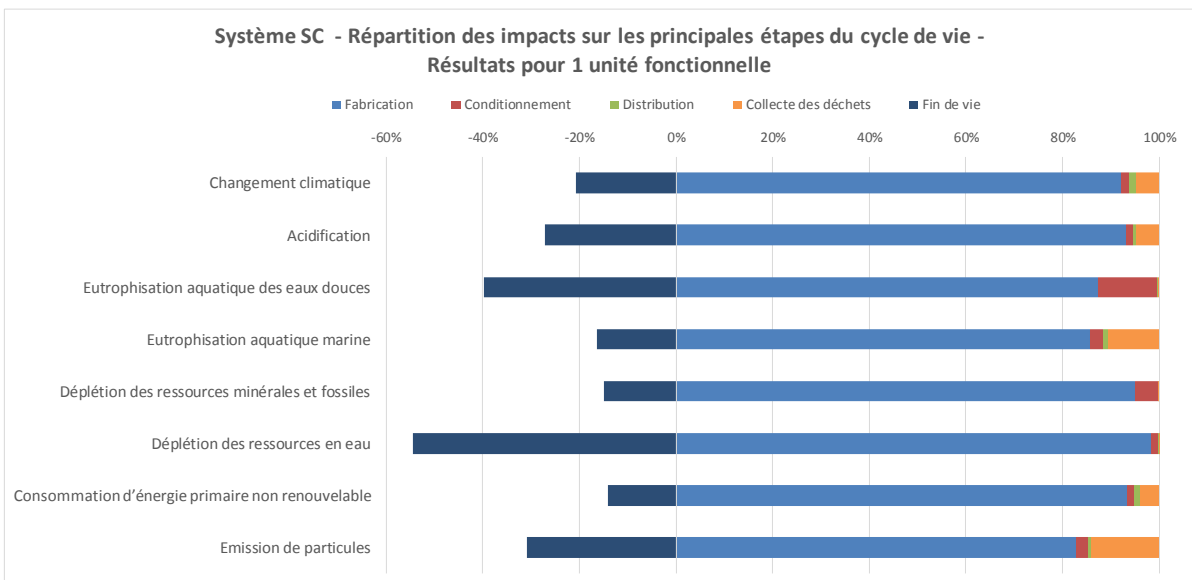


Figure 46 : Répartition des impacts sur les étapes du cycle de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Jean Bouteille



Les observations suivantes peuvent être faites :

- L'étape de fabrication de l'emballage ménager représente au moins 83 % des impacts potentiels du cycle de vie du système sans consigne, sur l'ensemble des indicateurs environnementaux. Néanmoins, en considérant la fabrication et l'étape de fin de vie, ces deux étapes sont responsables d'au moins 44 % des impacts sur tous les indicateurs environnementaux. Il est plus pertinent de considérer ces deux étapes ensemble lors de l'interprétation des résultats, la méthode de prise en compte des bénéfices du recyclage fournissant des résultats sur l'ensemble de la production et de la gestion en fin de vie des matériaux.
- L'étape de collecte des déchets a une contribution significative mais secondaire. Elle contribue à 14 % aux émissions de particules et à 11 % au potentiel d'eutrophisation aquatique marine. Cette contribution est issue principalement du transport de la bouteille en verre du centre de transfert au recycleur (229 km).
- La phase de conditionnement contribue à 12 % sur l'indicateur d'eutrophisation aquatique des eaux douces, et à moins de 5 % aux impacts potentiels sur les autres indicateurs.
- La phase de distribution (transport du site de conditionnement au magasin) ne contribue pas significativement aux impacts du système sans consigne (elle contribue au maximum à 1,5 % sur l'indicateur changement climatique).
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre représentent 54 % du potentiel de déplétion des ressources en eau, 40 % du potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces. Ils représentent également 31 % des émissions potentielles de particules.

Des analyses plus détaillées sont réalisées ci-dessous sur les étapes principalement contributrices aux impacts : étape de fabrication (emballage ménager) et étape de fin de vie d'une part et étape de collecte des déchets d'autre part.

2.1.2. Focus sur l'étape de fabrication (emballage ménager) et sur la fin de vie et sur la fin de vie

Le Tableau 77 et la Figure 47 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de fabrication de l'emballage ménager sous forme chiffrée puis graphique avec la contribution de la fin de vie. En effet, l'étape de production et la fin de vie doivent être considérées ensemble vu qu'on prend en compte les bénéfices liés au recyclage avec une méthode considérant les phases de production et gestion en fin de vie des matériaux dans leur ensemble. Il est donc plus pertinent d'étudier ces deux postes simultanément. Il est donc plus pertinent d'étudier ces deux postes simultanément:

Tableau 77 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille

| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|--|--------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 499 | 1,41 | 0,44 | 68 | 63 | -141 |
| Acidification | mole H ⁺ émés | 3,1 | 8,45E-03 | 1,64E-03 | 2,82E-01 | 2,14E-01 | -1,03 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 4,68E-02 | 9,47E-04 | 6,01E-05 | 1,57E-02 | 7,16E-04 | -2,39E-02 |



| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|--|--------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 0,50 | 2,38E-03 | 2,79E-04 | 4,61E-02 | 6,61E-02 | -1,12E-01 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,47E-03 | 2,87E-05 | 5,89E-07 | 2,63E-04 | 1,21E-05 | -3,46E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 193 | 2,2 | 0,29 | 22,14 | 1,92E+00 | -120 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 8 008 | 24 | 16 | 2 169 | 969 | -1 676 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 0,23 | 3,80E-03 | 1,82E-04 | 2,59E-02 | 2,65E-02 | -1,02E-01 |

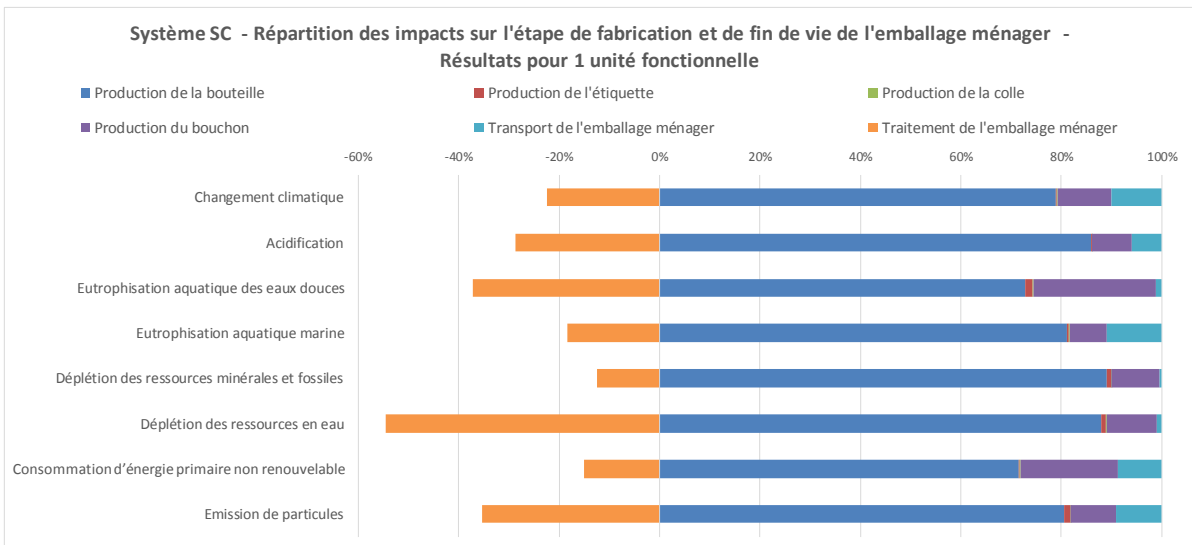


Figure 47 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l'emballage ménager et de sa fin de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Jean Bouteille

Les observations suivantes peuvent être faites :

- La production de la bouteille en verre (vierge) est responsable d'au moins 72 % des impacts de la fabrication du système sans consigne, sur tous les indicateurs environnementaux.
- La production du bouchon de 17g en plastique PP est responsable de 24 % des impacts sur l'eutrophisation aquatique des eaux douces, de 19 % sur le potentiel de consommation d'énergie primaire non renouvelable et de 11 % sur le potentiel de réchauffement climatique. Le bouchon est le second contributeur sur ces indicateurs environnementaux.



- Le transport amont des constituants de l’emballage ménager est le deuxième contributeur sur le potentiel d’eutrophisation marine (11 %) et sur l’indicateur de consommation émission de particules (9,1 %) et est le troisième contributeur sur le potentiel de changement de changement climatique (10 %). En effet, la distance du verrier vers le site de conditionnement est élevée (400 km). Néanmoins cette contribution reste faible par rapport à la production du verre.
- La production de l’étiquette et de la colle avec une très faible masse par UVC représente respectivement moins de 1,6 % et moins de 0,15 % sur tous les indicateurs environnementaux.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre représentent 55 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau, 37 % sur le potentiel d’eutrophisation aquatique des eaux douces, 35 % sur l’indicateur émissions de particules et 29 % sur le potentiel d’acidification.

2.1.3. Focus sur l’étape de collecte des déchets

Le Tableau 78 et la Figure 48 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l’étape de collecte des déchets sous forme chiffrée puis graphique.

Tableau 78 : Résultats et contribution de l’étape de collecte des déchets– Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille

| Catégorie d'impact | Unité | Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur |
|---|------------------------|--|---|--|--|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 2,9 | 30 | 1,02E-01 | 0,31 |
| Acidification | mole H+ émis | 1,74E-02 | 1,64E-01 | 3,45E-04 | 1,18E-03 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 7,62E-06 | 1,52E-04 | 1,15E-06 | 3,51E-06 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 7,49E-03 | 6,79E-02 | 1,07E-04 | 3,91E-04 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 4,62E-07 | 5,01E-06 | 1,95E-08 | 5,96E-08 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | -1,24E-03 | 2,58E-01 | 3,09E-03 | 9,42E-03 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 40 | 424 | 1,56E+00 | 4,8 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 5,35E-03 | 4,35E-02 | 4,26E-05 | 1,45E-04 |



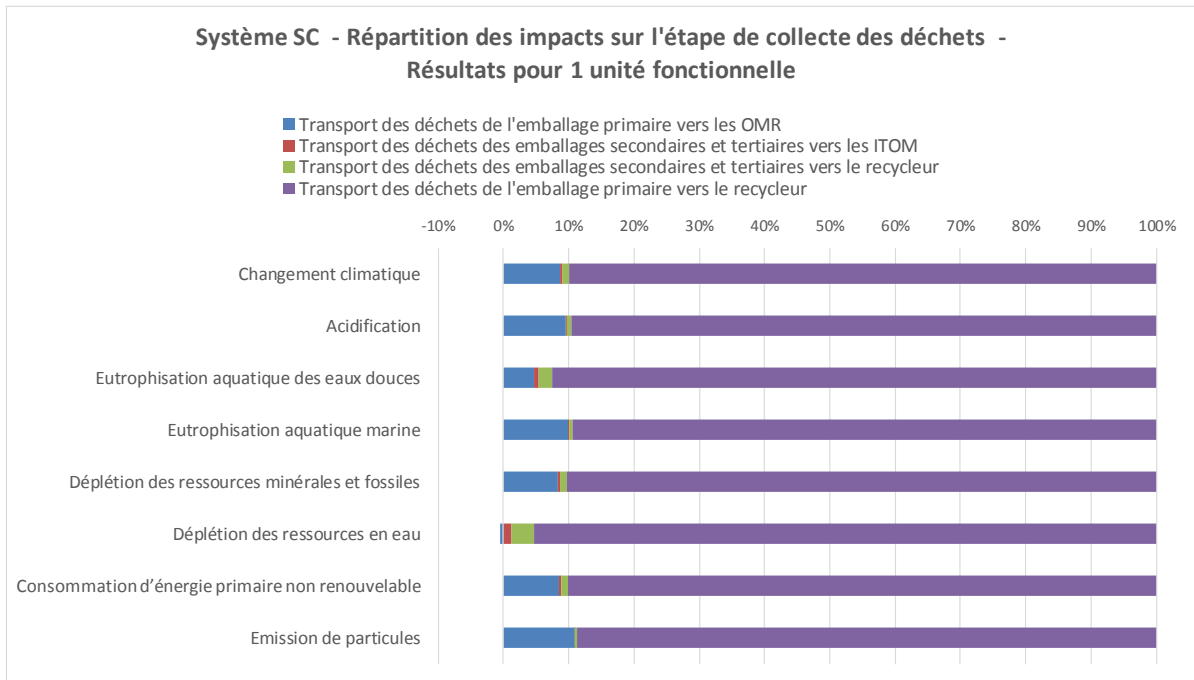


Figure 48 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de l'étape de collecte des déchets pour le système sans consigne (SC) – dispositif Jean Bouteille

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Le transport des déchets du verre du centre de transfert vers le recycleur est le premier poste contributeur, avec plus de 89 % sur tous les indicateurs. En effet, la distance et le poids transporté (le verre représente la masse principale transportée par rapport aux emballages secondaires ou tertiaires ramenée à l'unité fonctionnelle) sont élevés pour ce trajet (229 km).
- Le transport des déchets du verre non recyclé vers les OMR est le deuxième poste contributeur, excepté pour la déplétion des ressources en eau. Le léger bénéfice apporté par cette étape au niveau de la déplétion des ressources en eau provient du rejet d'eau douce lors de l'extraction du pétrole pour la production de carburant. Lors de l'extraction du pétrole, une grande quantité d'eau salée est prélevée, puis rejetée sous forme d'eau douce. Pour un litre d'eau salée prélevée, 0,85 litres d'eau douce sont rejetés dans l'environnement. A noter que cet indicateur ne tient pas compte de la qualité de l'eau rejetée. Ici, de nombreuses substances chimiques sont également rejetées en même temps que l'eau douce.
- Le transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur contribue de 0,30 % à 3,5 % aux indicateurs environnementaux.
- Le transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM est le plus faible contributeur aux impacts, représentant au maximum 1,2 % des impacts potentiels.

2.1.4. Flux élémentaires principaux contribuant aux impacts

L'analyse présentée dans ce paragraphe a pour objectif de relier les résultats d'inventaire aux résultats d'impact. Alors que les paragraphes précédents s'intéressaient principalement aux procédés les plus contributeurs aux impacts, l'analyse suivante permet d'avoir une compréhension fine des sources d'impact (i.e. en termes de substances ponctionnées ou émises dans l'environnement), et des procédés (activités) auxquels ces sources d'impact sont liées.

Le Tableau 79 présente les flux élémentaires de l'inventaire du cycle de vie les plus contributeurs aux impacts du système avec consigne:



Tableau 79 : Analyse des flux contributeurs du système sans consigne par catégorie d'impact – dispositif Jean Bouteille – 1,93 cycles

| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|--|
| Changement climatique | <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager :</p> <ul style="list-style-type: none"> Emissions de CO₂ fossile : Ce sont les émissions directes de la fabrication du verre. Cela concerne la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre. De plus, une part des émissions de CO₂ provient de la décarbonatation des matières premières en four verrier. Emissions de méthane liées à l'utilisation de gaz naturel lors de la production du verre. Elles sont principalement causées par les fuites du réseau d'approvisionnement en gaz |
| Acidification | <p>Les émissions de SO₂, d'oxydes d'azote et d'ammoniac, principales causes du potentiel d'acidification, sont issues de l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Les émissions de SO₂ sont issues de la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre</p> |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | <p>Les émissions de phosphates dans l'eau sont les plus importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Elles sont produites principalement lors de la fabrication du carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> |
| Eutrophisation aquatique marine | <p>Les émissions d'oxydes d'azote dans l'air sont les plus importantes uniquement sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager, lors de la consommation d'énergie via la combustion de gaz dans les fours pour la production du verre.</p> |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | <p>La consommation d'indium est le premier contributeur, via la consommation de produits chimiques pour la fabrication du verre. Pour préparer ces produits, du zinc est utilisé, or l'indium est un coproduit de l'extraction du zinc.</p> <p>La consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) contribue également de façon significative aux impacts.</p> |
| Déplétion des ressources en eau | <p>La production de carbonate de sodium et de silice, qui sont des matières premières pour la fabrication du verre, est responsable de la déplétion des ressources en eau.</p> |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | <p>La consommation de pétrole, la combustion de gaz et la consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) sont les principaux contributeurs, notamment sur l'étape de production de l'emballage ménager.</p> |
| Émissions de particules | <p>La production de carbonate de sodium (matière première du verre) et la fabrication du verre sont responsables des émissions de particules les plus significatives.</p> |

Les flux contribuant aux impacts correspondent majoritairement à la fabrication du verre du système sans consigne.



2.2. Résultats de l'analyse environnementale sur le système avec réemploi/réutilisation

2.2.1. Résultats sur l'ensemble du cycle de vie et répartition par principale étape

Le Tableau 80 fournit les résultats de l'analyse environnementale du système avec réemploi/réutilisation et la contribution relative de chacune des sept étapes du cycle de vie du système avec consigne à chacun des enjeux environnementaux considérés. A noter que l'étape de déconsignation est réalisée manuellement. Aucun procédé n'a donc été pris en compte pour cette étape et elle n'apparaît pas dans les résultats. La Figure 49 traduit ces contributions sous forme graphique.



Tableau 80 : Résultats et contribution relative des principales étapes du cycle de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 UF – 1,93 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Consommation | Lavage | Collecte des déchets | Fin de vie | Fabrication amont | Fin de vie amont |
|---|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|--------------|----------|----------------------|------------|-------------------|------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO2 | 374 | 328 | 11 | 10 | 0,39 | 4,4 | 22 | -74 | 65 | 6,6 |
| | % | | 73 % | 2,4 % | 2,3 % | 0,087 % | 1,0 % | 4,9 % | -16 % | 15 % | 1,5 % |
| Acidification | mole H+ émis | 1,80E+00 | 1,86E+00 | 5,16E-02 | 2,71E-02 | 1,43E-03 | 2,27E-02 | 1,11E-01 | -5,52E-01 | 3,13E-01 | -3,37E-02 |
| | % | | 78 % | 2,2 % | 1,1 % | 0,060 % | 0,95 % | 4,6 % | -23 % | 13 % | -1,4 % |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 4,31E-02 | 3,37E-02 | 9,06E-03 | 1,18E-04 | 4,42E-06 | 1,17E-03 | 1,38E-04 | -1,78E-02 | 2,71E-02 | -1,04E-02 |
| | % | | 47 % | 13 % | 0,17 % | 0,0062 % | 1,6 % | 0,19 % | -25 % | 38 % | -15 % |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 4,17E-01 | 3,17E-01 | 1,98E-02 | 6,62E-03 | 4,67E-04 | 1,27E-02 | 4,44E-02 | -6,23E-02 | 7,62E-02 | 1,24E-03 |
| | % | | 66 % | 4,1 % | 1,4 % | 0,10 % | 2,7 % | 9,3 % | -13 % | 16 % | 0,26 % |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,83E-03 | 1,45E-03 | 1,38E-04 | 2,01E-06 | 7,51E-08 | 1,92E-04 | 3,78E-06 | -2,69E-04 | 4,91E-04 | -1,77E-04 |
| | % | | 64 % | 6,1 % | 0,088 % | 0,0033 % | 8,4 % | 0,17 % | -12 % | 22 % | -7,8 % |
| Déplétion des ressources en eau | m3 éq. | 93 | 1,15E+02 | 3,02E+00 | 3,16E-01 | 1,18E-02 | 1,31E+01 | 2,76E-01 | -6,37E+01 | 2,77E+01 | -2,90E+00 |
| | % | | 72 % | 1,9 % | 0,20 % | 0,0074 % | 8,2 % | 0,17 % | -40 % | 17 % | -1,8 % |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 7 629 | 5 813 | 168 | 161 | 6,0 | 502 | 316 | -884 | 1 574 | -26 |
| | % | | 68 % | 2,0 % | 1,9 % | 0,070 % | 5,9 % | 3,7 % | -10 % | 18 % | -0,31 % |
| | kg éq. PM2.5 | 1,69E-01 | 1,52E-01 | 8,74E-03 | 2,15E-03 | 1,46E-04 | 1,89E-03 | 2,75E-02 | -5,89E-02 | 4,72E-02 | -1,18E-02 |



| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Consommation | Lavage | Collecte des déchets | Fin de vie | Fabrication amont | Fin de vie amont |
|--------------------------------|-------|-------|-------------|-----------------|--------------|--------------|--------|----------------------|------------|-------------------|------------------|
| Émissions de particules | % | | 63 % | 3,7 % | 0,90 % | 0,061 % | 0,79 % | 11 % | -25 % | 20 % | -4,9 % |



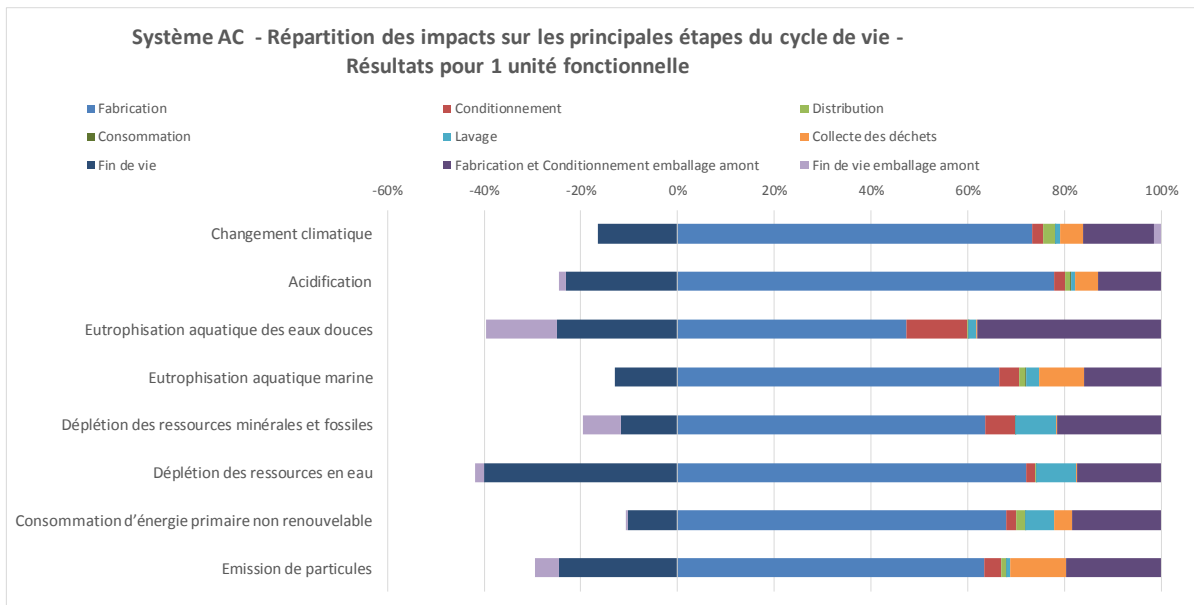


Figure 49 : Répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Jean Bouteille

Les observations suivantes peuvent être faites :

- L'étape de fabrication est le poste le plus contributeur sur tous les indicateurs environnementaux. Plus particulièrement, la fabrication contribue à elle seule à au moins 47 % des impacts potentiels dont 78 % sur la catégorie acidification.
- En considérant la fabrication et la fin de vie, cela représente au minimum 22 % des impacts sur tous les indicateurs environnementaux, dont 50 % sur l'indicateur de consommation d'énergie primaire non renouvelable. Il est aussi pertinent de ne pas dissocier les deux étapes de cycle de vie en raison de l'approche de fin de vie appliquée qui considère les phases de production et de gestion en fin de vie des matériaux dans leur ensemble.
- L'étape de fabrication de l'emballage amont et de conditionnement de la denrée est le deuxième poste le plus contributeur. Cette étape contribue à 38 % à l'eutrophisation aquatique des eaux douces et à 22 % au potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles via la production de la boîte en carton des caisse-outres. Cette étape contribue au minimum à 13 % des impacts potentiels (catégorie acidification). En considérant la fin de vie de l'emballage amont, c'est-à-dire de la caisse-outre, cela représente entre 12 % et 23 % des impacts sur tous les indicateurs considérés. Cela est principalement dû au recyclage de la boîte en carton de la caisse-outre.
- L'étape de lavage contribue à 8,2 % au potentiel de déplétion des ressources en eau via principalement la consommation d'eau utilisée pour le lavage, et à 8,4 % des impacts potentiels sur la déplétion des ressources minérales et fossiles. Les autres indicateurs contribuent à moins de 6,0 %.
- L'étape de collecte des déchets est responsable de 11 % d'impact sur l'indicateur émission de particules et contribue également à 9,3 % au potentiel d'eutrophisation aquatique marine. Les autres indicateurs ont une contribution de second ordre (moins de 5 %).
- La phase de conditionnement contribue de façon significative à l'eutrophisation aquatique des eaux douces (13 %) via la production des boîtes en carton et de la palette en bois. Les autres indicateurs ont une contribution inférieure à 6 %.
- L'étape de distribution contribue à 2,3 % au potentiel de réchauffement climatique et à 1,9 % sur l'indicateur consommation d'énergie primaire non renouvelable. Les autres indicateurs ont une contribution de second ordre (moins de 1,5 %).
- La phase de consommation ne contribue pas significativement aux impacts du système avec consigne, c'est-à-dire à 0,1 % au maximum sur les impacts potentiels du cycle de vie, sur tous les indicateurs environnementaux.



Des analyses plus détaillées sont réalisées ci-dessous sur les étapes principalement contributrices aux impacts : l'étape de fabrication (emballage ménager) et l'étape de lavage.

2.2.2. Focus sur l'étape de fabrication (emballage ménager) et sur la fin de vie

Le Tableau 81 et la Figure 50 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et de la fin de vie sous forme chiffrée puis graphique :

Tableau 81 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille - 1,93 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|---|--------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 258,5 | 1,41 | 0,44 | 35 | 33 | -73 |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 1,59E+00 | 8,45E-03 | 1,64E-03 | 1,46E-01 | 1,11E-01 | -5,33E-01 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 2,42E-02 | 9,47E-04 | 6,01E-05 | 8,12E-03 | 3,72E-04 | -1,24E-02 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 2,57E-01 | 2,38E-03 | 2,79E-04 | 2,39E-02 | 3,43E-02 | -5,78E-02 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,28E-03 | 2,87E-05 | 5,89E-07 | 1,36E-04 | 6,28E-06 | -1,79E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 9,98E+01 | 2,16E+00 | 2,93E-01 | 11 | 9,97E-01 | -62 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 4 147 | 24 | 16 | 1 123 | 503 | -870 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 1,21E-01 | 3,80E-03 | 1,82E-04 | 1,34E-02 | 1,37E-02 | -5,30E-02 |



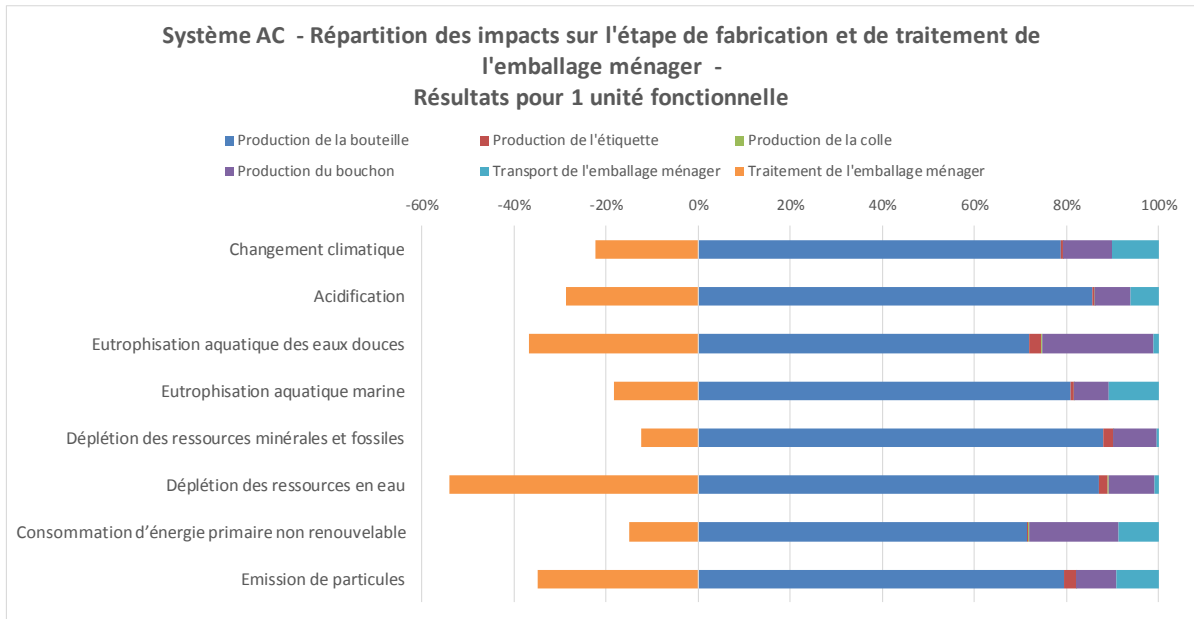


Figure 50 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l'emballage ménager et de la fin de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Jean Bouteille

Les analyses et observations sont similaires à celles réalisées sur la fabrication de l'emballage ménager pour le système sans consigne. En effet, la masse de la bouteille en verre et les autres composants de l'emballage ménager sont identiques pour les systèmes avec et sans consigne. Néanmoins, l'impact du bouchon diminue en valeur absolue par rapport au système sans consigne, puisque le bouchon est indissociable de la bouteille et est réutilisé.

2.2.3. Focus sur l'étape de fabrication de l'emballage amont et conditionnement de la denrée

Le Tableau 82 et la Figure 51 traduisent les impacts et la contribution relative de l'emballage amont :

Tableau 82 : Résultats et contribution de l'étape de lavage du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille - 1,93 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Production carton caisse-oultre | Production poche caisse-oultre | Production emb III | Transport des emballages | Transport de la denrée | Traitement fin de vie |
|---|------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 19 | 32 | 1,04E+01 | 1,74E+00 | 2,3 | 6,6 |
| Acidification | mole H+ émis | 9,27E-02 | 1,49E-01 | 6,01E-02 | 5,90E-03 | 5,53E-03 | -3,37E-02 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 1,80E-02 | 6,49E-03 | 2,52E-03 | 1,97E-05 | 2,97E-05 | -1,04E-02 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 3,65E-02 | 2,27E-02 | 1,39E-02 | 1,82E-03 | 1,34E-03 | 1,24E-03 |



| | | | | | | | |
|---|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,75E-04 | 1,71E-04 | 4,34E-05 | 3,34E-07 | 4,80E-07 | -1,77E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 5,8 | 17 | 4,63E+00 | 5,29E-02 | 6,73E-02 | -2,9 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 286 | 990 | 2,39E+02 | 27 | 32 | -26 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 1,61E-02 | 1,50E-02 | 1,48E-02 | 7,30E-04 | 5,48E-04 | -1,18E-02 |

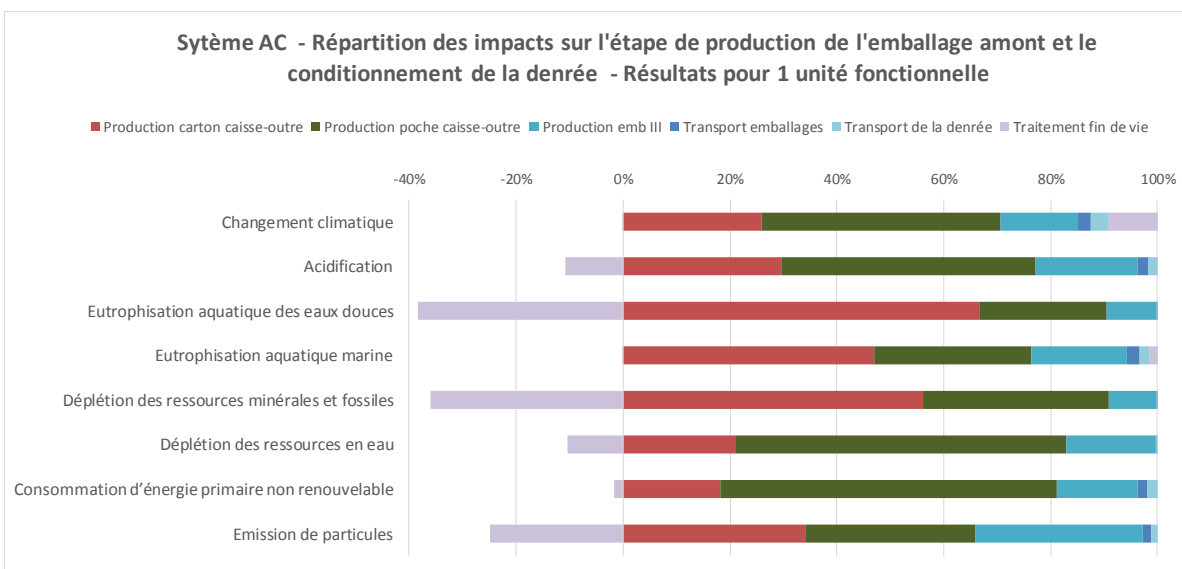


Figure 51 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de lavage de l'emballage ménager pour le système avec consigne (AC) – dispositif Jean Bouteille

Les observations suivantes peuvent être faites :

- La production de la caisse-outre est responsable de 66 % à 91 % des impacts de la fabrication et conditionnement amont. La partie carton de la caisse-outre est la partie la plus contributrice pour les indicateurs eutrophisation aquatique des eaux douces, eutrophisation aquatique marine, déplétion des ressources minérales et fossiles, émission de particules, tandis que la fabrication de la poche contribue de façon plus importante aux indicateurs changement climatique, acidification, déplétion de la ressource en eau et consommation d'énergie primaire non-renouvelable.
- La production de l'emballage tertiaire (film PEBCD et palette) est un contributeur significatif qui représente 31 % des impacts potentiels sur les émissions de particules et 19 % de l'acidification.
- En considérant le traitement de ces emballages, et plus particulièrement des bénéfices liés au recyclage du carton, la contribution de la production des emballages (primaires et secondaires confondus) et de la fin de vie représente entre 61 % et 96 % des impacts potentiels.



- Le transport des emballages en amont et le transport de la denrée conditionnée ont des contributions très faibles, comparées à l'impact de la production des emballages. Le transport des emballages et de la denrée représentent respectivement moins de 2,5 % et moins de 3,3 % sur tous les indicateurs environnementaux.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du carton représentent 38 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces, 36 % sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles et 25 % sur l'indicateur émissions de particules.

2.2.4. Flux élémentaires principaux contribuant aux impacts

Le Tableau 83 présente les flux élémentaires de l'inventaire du cycle de vie les plus contributeurs aux impacts du système avec consigne :

Tableau 83 : Analyse de la contribution des flux du système avec consigne par catégorie d'impact – dispositif Jean Bouteille

| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|---|
| Changement climatique | <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de CO₂ fossile : émissions directes issues du module de fabrication du verre. Cela concerne la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre. De plus, une part des émissions de CO₂ provient de la décarbonatation des matières premières en four verrier • Emissions de méthane : l'utilisation de gaz naturel est responsable de ces émissions (cela correspond principalement aux fuites du réseau d'approvisionnement en gaz) <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage amont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principalement des émissions de CO₂ fossile, provenant de la production des emballages amont, notamment via la production de la boîte en carton. |
| Acidification | <p>Les émissions de SO₂, d'oxydes d'azote et d'ammoniac, principales causes du potentiel d'acidification, sont issues de l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Les émissions de SO₂ sont dues à la combustion de gaz pour la production de verre tandis que les émissions d'oxydes d'azotes proviennent de la fabrication de carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | <p>Les émissions de phosphates dans l'eau sont significatives à l'étape de fabrication de l'emballage ménager.</p> <p>Elles sont produites principalement lors de la fabrication du carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> <p>Lors de la fabrication de l'emballage amont, les émissions de phosphate proviennent de la production de la boîte en carton de la caisse-outré.</p> |
| Eutrophisation aquatique marine | <p>Les émissions d'oxyde d'azote ont une contribution importante et ont lieu principalement lors de la fabrication du verre, suite à la consommation d'énergie dans les fours.</p> |



| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|---|
| | Une partie de ces émissions proviennent également du transport des emballages amont vers le site de conditionnement de la denrée. |
| Déplétion des ressources en eau | La consommation d'eau lors de la production de carbonate de sodium, matière première pour la fabrication du verre, est la principale cause du potentiel de déplétion des ressources en eau. |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | La consommation d'indium est le premier flux contributeur aux impacts, via la consommation de produits chimiques pour la fabrication du verre. Pour préparer ces produits, du zinc est utilisé, or l'indium est un coproduit de l'extraction du zinc. La consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) contribue également de façon significative aux impacts. |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | La consommation de pétrole pour la fabrication du verre et pour la fabrication polyéthylène utilisé pour les bouchons et la poche de la caisse-outré de l'emballage amont sont les flux principaux les plus contributeurs. La consommation de diesel des camions routiers pour transporter les bouteilles vers le magasin contribue également significativement aux impacts. |
| Emissions de particules | La production de carbonate de sodium (matière première du verre) pour la fabrication du verre sont les principaux postes émettant des particules. |

Les principales sources d'impact sont liées à la fabrication de la bouteille en verre (production de calcin), et la fabrication de l'emballage amont.

2.3. Comparaison des systèmes avec et sans consigne

2.3.1. Introduction sur la présentation des résultats

Les résultats comparatifs du système avec et sans consigne en histogramme sont présentés en valeurs relatives, la référence (100 %) correspondant à l'impact total du cycle de vie du système sans consigne pour l'enjeu environnemental considéré.

2.3.2. Comparaison des impacts des deux systèmes sur tous les indicateurs

Le Tableau 84 fournit l'impact sur le cycle de vie du système avec et sans consigne pour chaque enjeu environnemental considéré :

Tableau 84 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille

| Catégorie d'impact | Unité | Système à usage unique sans consigne | Système avec réemploi/réutilisation- 1,93 cycles | Écart significatif ? |
|------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--|----------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 544 | 374 | oui |
| Acidification | mole H+ émis | 2,8 | 1,80 | oui |



| Catégorie d'impact | Unité | Système à usage unique sans consigne | Système avec réemploi/réutilisation- 1,93 cycles | Écart significatif ? |
|--|--------------------|--------------------------------------|--|----------------------|
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 4,4E-02 | 4,3E-02 | non |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 6,0E-01 | 4,2E-01 | non |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,5E-03 | 1,8E-03 | oui |
| Déplétion des ressources en eau | ég. m ³ | 1,0E+02 | 9,3E+01 | non |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 10294 | 7629 | oui |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | 2,41E-01 | 1,69E-01 | non |

L'évaluation de l'incertitude suivant la méthode présentée au §IV.3.2§I.3.2 conduit à constater, comme présenté dans le tableau ci-dessus, que **les écarts sont significatifs, excepté pour 4 indicateurs (potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces et marine, de déplétion des ressources en eau et d'émissions des particules)**. La Figure 52 présente les résultats du système sans consigne en référence par rapport au système avec consigne.

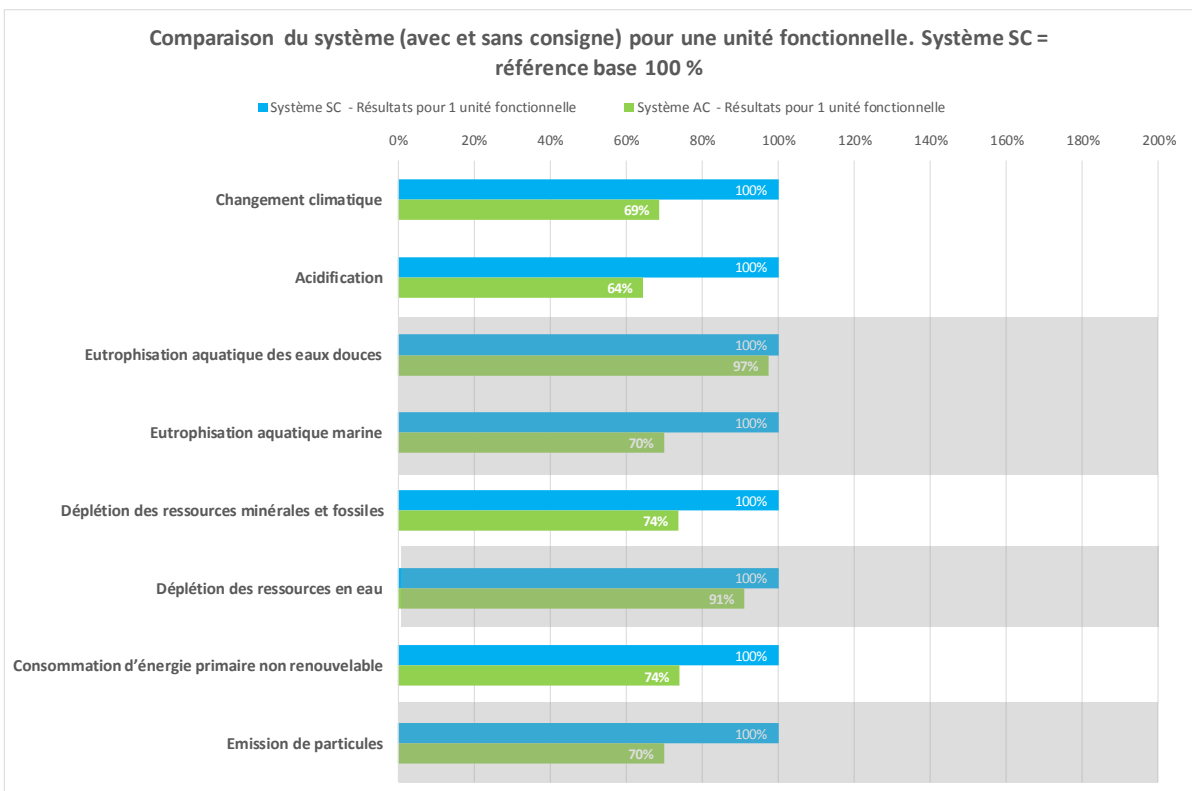


Figure 52 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – Tenant compte de l’incertitude sur les résultats, les écarts de 4 indicateurs sur 8 sont jugés significatifs – dispositif Jean Bouteille

Le système avec consigne est plus favorable au point de vue environnemental que le système sans consigne pour les potentiels de changement climatique, d’acidification, de déplétion des ressources minérales et fossiles et de consommation d’énergie primaire non renouvelable, et présente un impact équivalent au système sans consigne pour tous les autres indicateurs, en prenant en compte les incertitudes liées aux résultats.

La Figure 53 présente les résultats du système avec et sans consigne par étape du cycle de vie. Pour rappel, certaines étapes sont propres au système avec consigne, comme la consommation et le lavage. L’étape de déconsignation est également propre au système avec consigne mais cette étape est manuelle pour le porteur de projet Jean Bouteille. Aucun procédé n’a donc été pris en compte pour cette étape et elle n’apparaît pas dans les résultats.

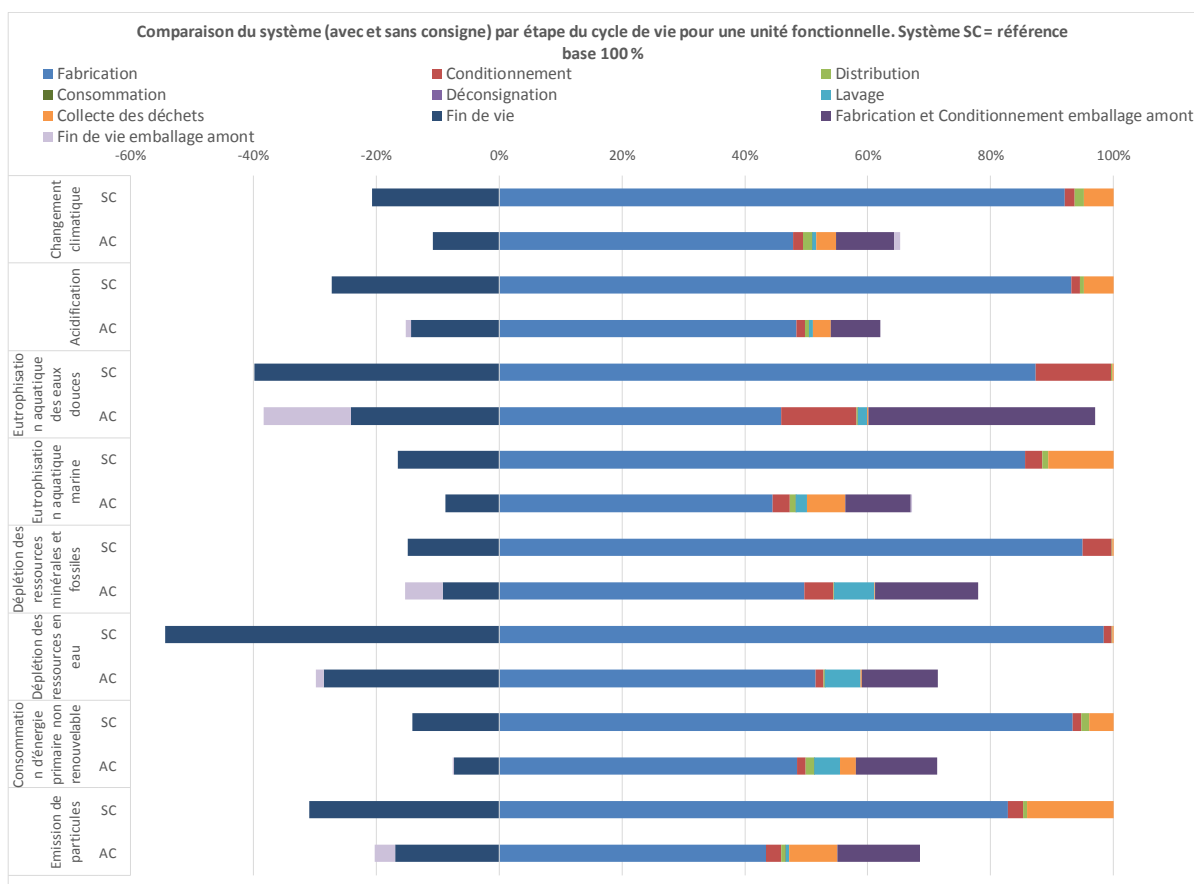


Figure 53 : Comparaison des impacts sur les principales étapes du cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille - 1,93 cycles

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Pour toutes les catégories d’impact, la contribution absolue de l’étape de fabrication de l’emballage ménager du système sans consigne est supérieure aux impacts du cycle de vie de la production du système avec consigne. Pour cette étape du cycle de vie, le nombre d’utilisations de la bouteille en verre est le facteur qui conditionne les écarts entre les deux systèmes et qui induit un bénéfice environnemental pour le système avec consigne en comparaison avec le système sans consigne.
- L’étape de fabrication des emballages en vrac contribue de façon significative aux impacts potentiels sur l’ensemble des indicateurs et plus particulièrement sur l’indicateur d’eutrophisation aquatique des eaux douces via la production de la boîte en carton.



- L'étape de collecte des déchets est un enjeu environnemental significatif sur l'émission de particules et sur l'eutrophisation aquatique marine. A contrario, cette étape a une contribution bien plus faible sur le système avec consigne. Cette différence est liée à la réutilisation qui permet d'éviter la production de déchets supplémentaires par rapport à un système sans consigne. Ainsi dans un système avec consigne, la quantité de déchets à collecter est plus faible, le nombre de collectes diminue par rapport au système sans consigne et les impacts associés sont plus faibles.
- Le conditionnement des bouteilles a un impact significatif sur les deux systèmes pour le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces.
- Sur l'étape de distribution (transport de la bouteille du site de conditionnement vers le magasin), la contribution absolue des deux systèmes est faible. En effet, la réutilisation n'est pas un facteur différenciant pour cette étape. Il est nécessaire de transporter 1 333 bouteilles par unité fonctionnelle pour les deux systèmes, et les trajets sont identiques entre les deux systèmes. Sur les trajets aller-retour, les impacts sont similaires sur les deux systèmes.

2.4. Évaluation de la qualité des données

Les données brutes et données d'inventaire sont évaluées selon les critères présentés au paragraphe IV.4.2. On s'intéresse à toutes les phases du cycle de vie.

Le tableau ci-dessous présente les acronymes utilisés pour définir les catégories d'impacts utilisées dans l'évaluation de la qualité des données.

| Acronyme | Catégorie d'impact |
|----------|--|
| CC | Changement climatique |
| EP | Émissions de particules |
| Ac | Acidification |
| Eut.T | Eutrophisation aquatique des eaux douces |
| Eut.M | Eutrophisation aquatique marine |
| Drmf | Déplétion des ressources minérales et fossiles |
| Dre | Déplétion des ressources en eau |
| Cep | Consommation d'énergie primaire non renouvelable |

A noter que dans cette analyse de la qualité des données, on considère les impacts potentiels liés à l'étape de production et de fin de vie de façon séparée : les bénéfices et impacts dus au recyclage du verre ne sont pas inclus dans l'étape de production. Ainsi dans ce tableau, les contributions en relatif des autres étapes, notamment le lavage, sont minimisées.



2.4.1. Système sans consigne

| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | Commentaire | Inventaires du cycle de vie | | | | | | | | | |
|---|--|--------------|-------------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--|---|--|-----|---|--|---|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | | | | | | |
| 1 - Fabrication de l'emballage ménager | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Production du verre | Consommation d'énergie | 1 | Drmf, Cep | | | | | | | | | | [VERRE09] permet de réaliser une bonne extrapolation de la consommation d'énergie, des émissions dans l'air de la production du verre à 0 % de calcin | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. | |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| | Emissions dans l'air, de Nox et de poussières | 1 | CC, Ac, Eut.M, EP | | | | | | | | | | | N/A | N/A | N/A | | |
| | | 3 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| | Extraction des matières premières constituant le verre | Autres | 1 | | | | | | | | | | | Sur la quantité des matières premières, nous connaissons le rendement entre un kilogramme de verre vierge à 0 % de calcin et de verre recyclé à 100 % de calcin, ce qui permet d'adapter la quantité de matières premières | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| | | | 2 | Drmf | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport du verre | 2 | CC, Ac, Eut. M, Cep, EP | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | | | | | La distance de transport amont du verre a été fournie par Jean Bouteille. De plus, la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| | | 3 | Autres | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | | |
| Production des autres matières premières | Production des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | Les quantités des emballages constituant l'emballage primaire ont bien été fournies par Jean Bouteille mais cela se base sur un système fictif sans consigne | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles. | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | | | | Les données de distance d'approvisionnement des emballages constituant l'emballage primaire n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | | |
| 2 - Conditionnement | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Production des emballages secondaires ou tertiaires | | 1 | Eut.T | | | | | | | | | Les quantités de matériaux des emballages secondaires et tertiaires constituant l'emballage primaire ont bien été confirmées par Jean Bouteille mais cela se base sur un système fictif | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles | | |
| | | 2 | Eut. M, Drmf, EP | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | | | | Les données de distance d'approvisionnement des emballages secondaires et tertiaires n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | | |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|--|------------|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|---|--------------------|---------------------|-------------|---|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 3 - Distribution | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des emballages conditionnés vers le magasin | | 3 | Autres | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | La distance moyenne a été fournie par Jean Bouteille. Le chargement du camion spécifique n'est pas connu. La consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| 4 - Collecte des déchets | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport de l'emballage ménager vers les OMR. Le taux de chargement n'a été spécifié | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | | 1 | EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport de l'emballage ménager vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre le PAV/bac de recyclage au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifiée entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, |
| | | 2 | CC, Ac, Cep, Eut.M | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM. Le taux de chargement est une valeur par défaut issue de la base de données Ecoinvent | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre la benne au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| 6 - Fin de vie | | | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager en UIOM | Traitement | 2 | CC | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages de la fin de vie de l'emballage primaire ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16]. | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 % et de 100 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager chez le recycleur | | 1 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Fin de vie de l'emballage secondaires et tertiaires en ITOM | | 2 | Eut. T, Drmf | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages des emballages secondaires et tertiaires ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16] | 2 | 2 | 2 | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |



2.4.2. Système avec consigne

| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|---|--------------|-------------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--|---------------------|-------------|---|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 1 - Fabrication de l'emballage ménager | | | | | | | | | | | | | |
| Production du verre | Consommation d'énergie | 1 | Cep, Drmf | | | | | | | | | | |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | [VERRED09] permet de réaliser une bonne extrapolation de la consommation d'énergie, des émissions dans l'air de la production du verre à 0 % de calcin, afin d'avoir des données plus récentes | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| | Emissions dans l'air, de Nox et de poussières | 1 | CC, Ac, Eut.M, EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | N/A | N/A | N/A | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| | Extraction des matières premières constituant le verre | Autres | 1 | | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | Sur la quantité des matières premières, nous connaissons le rendement entre un kilogramme de verre vierge à 0 % de calcin et de verre recyclé à 100 % de calcin, ce qui permet d'adapter la quantité de matières premières | 2 | 2 | 2 |
| 2 | | | Drmf | | | | | | | | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport du verre | 2 | Eut. M, CC, Ac, Cep, EP | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | La distance de transport amont du verre a été fournie par Jean Bouteille. De plus, la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Production des autres matières premières | Production des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon) | 1 | Eut. T, Dre, Cep | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les quantités des emballages constituant l'emballage primaire ont bien été confirmées par Jean Bouteille | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles. |
| | | 2 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages constituant l'emballage primaire n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| 2 - Conditionnement | | | | | | | | | | | | | |
| Production des emballages secondaires ou tertiaires | | 1 | Eut. T | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les quantités des emballages constituant les emballages secondaires et tertiaires ont bien été confirmées par Jean Bouteille | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| | | 2 | Autres | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Cep | | | | | | | | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages secondaires et tertiaires n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|----------------------------------|--------------|----------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--------------------|---------------------|-------------|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 3 - Distribution | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des emballages conditionnés vers le magasin | | 2 | CC, Cep | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | La distance moyenne a été fournie par Jean Bouteille. Le chargement du camion spécifique n'est pas connue mais la consommation de carburant a été adaptée avec le parc roulant français en 2015. | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| 4 - Consommation | | | | | | | | | | | | | |
| Transport du domicile vers le domicile | Bouteilles pleine | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | La distance de transport et le scénario a été spécifié par l'étude [ADEME_18] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Transport du domicile vers le magasin | Bouteille vide | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | La distance de transport et le scénario a été spécifié par l'étude [ADEME_18] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| 5 - Déconsignation | | | | | | | | | | | | | |
| Déconsignation manuelle | Consommation d'électricité | | NA | Déconsignation manuelle | | | | | | | | | |
| | Consommation de papier | | NA | | | | | | | | | | |
| 6 - Lavage | | | | | | | | | | | | | |
| Consommation d'énergie de la laveuse | Consommation d'électricité | 2 | Drmf, Dre, Cep | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par Jean Bouteille sur l'année 2016 sur la différentes consommation d'énergie, mais ont été rapportées au nombre de bouteilles collectées | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles, mais prise en compte du mix français |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Consommation des autres entrants | Consommation d'eau | 2 | Dre | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Les données ont été fournies par Jean Bouteille sur l'année 2016 sur la consommation d'eau, mais ont été rapportées au nombre de bouteilles collectées | 2 | 1 | 2 | Prise en compte du flux régionalisé : remplacement de « Water, Europe without Switzerland » par « Water, FR » |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| | Consommation de produit chimique | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Les données ont été fournies par Jean Bouteille sur l'année 2016 sur la consommation de soude à 30 %, mais ont été rapportées au nombre de bouteilles collectées | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles mais prise en compte de la concentration de soude dans la modélisation |
| Fin de vie | Traitement de l'étiquette | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | La même hypothèse que pour METEOR a été utilisée pour la fin de vie des étiquettes en papier récupérées dans la laveuse. Ces étiquettes partent avec les DIB | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| | Traitement de l'eau | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Le traitement de l'eau est issu des données de consommation d'eau en entrée, fournies par Jean Bouteille | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|--|---|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|---|--------------------|---------------------|-------------|---|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 7 - Collecte des déchets | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport de l'emballage ménager vers les OMR. Le taux de chargement n'a été spécifié | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | | 1 | EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport de l'emballage ménager vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre le PAV/bac de recyclage au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, |
| | | 2 | CC, Ac, Eut.M, Cep | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM. Le taux de chargement est une valeur par défaut issue de la base de données Ecoinvent | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre la benne au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| 8 - Fin de vie | | | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager en UIOM | Traitement | 2 | CC, | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages de la fin de vie de l'emballage primaire ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage avec [ECOEMB16]. Nous avons émis l'hypothèse que le recyclage est à 100 % pour les bouteilles refusées chez le brasseur | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green [DE] production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcul de 0 % et de 100 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager chez le recycleur | | 1 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Fin de vie de l'emballage secondaires et tertiaires en ITOM | Traitement | 2 | Eut.T, Drmf, EP | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages des emballages secondaires et tertiaires ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage amont | Traitement | 1 | Eut. M | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages des emballages secondaires et tertiaires ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| | | 2 | Drmf, Dre, EP | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| 10 - Fabrication de l'emballage amont | | | | | | | | | | | | | |
| Production de l'emballage amont | Emballage primaire | 1 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les quantités des emballages constituant les emballages amont primaires et tertiaires ont bien été confirmées par Jean Bouteille. La composition de la poche de la caisse-outre a été modélisée à partir des données [ECOMEBO9] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| | Emballage tertiaire | 2 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| | Transport des matériaux vers le site de conditionnement | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages constituant l'emballage primaire n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport de la denrée conditionnée vers le magasin | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | La distance de transport de la denrée conditionnée a été fournie par Jean Bouteille. De plus, la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |





Les points d'attention concernant la qualité des données sont les suivants, par ordre d'importance décroissante pour les deux systèmes :

- Concernant la fabrication du verre, qui a une contribution forte sur tous les indicateurs environnementaux, les données des modules ecoinvent constituant l'ensemble du module final de production du verre datent de 1997 et sont extrapolées par ecoinvent à 2016. Ainsi, la représentativité temporelle de l'ICV issu d'ecoinvent peut être améliorée, même si un travail d'adaptation des données d'activité d'énergie, de consommations de matières et des émissions directes a été réalisé.
- La précision des distances de transport amont des autres constituants de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) pourrait être améliorée, mais sa contribution sur tous les indicateurs environnementaux est faible. Ce cas est identique pour le transport amont des emballages secondaires et tertiaires.

3. Jean Bouteille : analyse de sensibilité

3.1. Analyse de sensibilité sur le nombre d'usages de la bouteille en verre

3.1.1. Objectifs et description de l'analyse

Dans le cas de Jean bouteille, le consommateur peut réutiliser plusieurs fois une bouteille pour acheter la denrée proposée (de l'huile est considérée pour cette étude), sans pour autant la déconsigner à la borne en magasin. Ces usages dits « réutilisations sans déconsignation » ne sont pas pris en compte dans le cas de référence, car ces bouteilles ne sont pas collectées par Jean bouteille pour être lavées. Les « réutilisations sans déconsignation » désignent le fait que le consommateur utilise la bouteille consignée pour la re remplir avec le même produit grâce au dispositif vrac. Cela n'est pas possible pour le système sans consigne puisque le produit est vendu à chaque fois avec son emballage (à usage unique) et que le système vrac n'existe pas, car celui-ci est propre au système avec consigne. La « réutilisation sans déconsignation » ne désigne donc pas le fait que le consommateur peut se servir de la bouteille consignée par exemple comme carafe ou autre utilisation à domicile (ce qui dans ce cas-là serait valable pour tous les dispositifs). De plus, seules les bouteilles Jean Bouteilles peuvent être réutilisées avec le système en vrac, car ces bouteilles sont sérigraphiées et le remplissage aux fontaines est effectué par un employé du magasin.

Or il est important de tenir compte de ces réutilisations supplémentaires, afin d'avoir une vision complète des impacts potentiels du système avec consigne et vrac. Une enquête réalisée auprès des consommateurs a montré que la bouteille était utilisée en moyenne 4 fois par le consommateur, avant d'être mise au rebut ou déconsignée, soit environ 2 fois plus que le scénario de référence (avec 1,93 utilisations).

Afin d'avoir une estimation du gain environnemental que cet aspect représente, cette analyse de sensibilité considère qu'un cycle d'utilisation chez le consommateur équivaut à un cycle d'utilisation complet, comprenant le transport vers le magasin, déconsignation, lavage, conditionnement et transport des bouteilles propres vers le magasin. Cela équivaut à supposer que les bouteilles sont utilisées au total 7,76 fois en intégrant les usages « consommateur », c'est-à-dire que le nombre de bouteilles retournées est 1,8 fois plus important que le cas de référence.

De plus, nous faisons l'hypothèse que le lavage chez le consommateur a le même impact que le lavage réalisé sur le site de conditionnement. Pour les transports, l'étape de transport du domicile du consommateur vers le magasin a été évalué pour 1,93 utilisations, car la réutilisation chez le consommateur, n'augmente pas le nombre de bouteilles transportées au magasin. Ces simplifications permettent donc d'évaluer grossièrement l'influence des réutilisations « sans déconsignation » sur l'empreinte environnementale du système avec consigne.



Les valeurs suivantes ont été considérées :

- Nombre d'UVC vendues en « BtoC » : 10 309 UVC par an ;
- Nombre de bouteilles retournées en « BtoC » : 8 981 UVC par an ;
- Nombre de bouteilles non collectées en « BtoC » : 1 328 bouteilles par an ;
- Nombre de bouteilles refusées (pas aptes à être réutilisées et donc refusées par le producteur) : 25 bouteilles par an.

Ces données permettent de déterminer :

- Le taux de retour (pourcentage de bouteilles ramenées par les consommateurs à la déconsignation par rapport à la mise sur le marché des bouteilles) : 87 % ;
- Le taux de refus après déconsignation : 0,5 % ;
- Le taux de renouvellement par cycle : 13 % ;
- Le nombre d'utilisations (ou nombre moyen de cycles par bouteille, calculé comme l'inverse du taux de renouvellement) : 7,76 cycles par bouteille.

3.1.2. Résultats et interprétations

Le Tableau 85 présente les impacts potentiels des systèmes avec et sans consigne pour le scénario de référence et le scénario alternative (« Ac1 ») avec un nombre d'utilisations plus important.

Tableau 85 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque scénario - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille

| Catégorie d'impact | Unité | Système SC - Réf | Système AC – Ref | Système AC – Sc1 | Variation relative pour AC | Ecart significatif AC-Sc1 / SC ? |
|---|--------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 544 | 374 | 173 | -54 % | oui |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 2,8 | 1,8 | 0,75 | -58 % | oui |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 4,43E-02 | 4,3E-02 | 2,8E-02 | -35 % | non |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 6,0E-01 | 4,2E-01 | 2,0E-01 | -53 % | oui |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,5E-03 | 1,8E-03 | 9,1E-04 | -51 % | oui |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 102 | 93 | 5,5E+01 | -41 % | non |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 10 294 | 7 629 | 3 802 | -50 % | oui |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | 2,41E-01 | 1,69E-01 | 7,90E-02 | -53 % | oui |



L'histogramme ci-dessous illustre ces résultats pour chaque scénario.

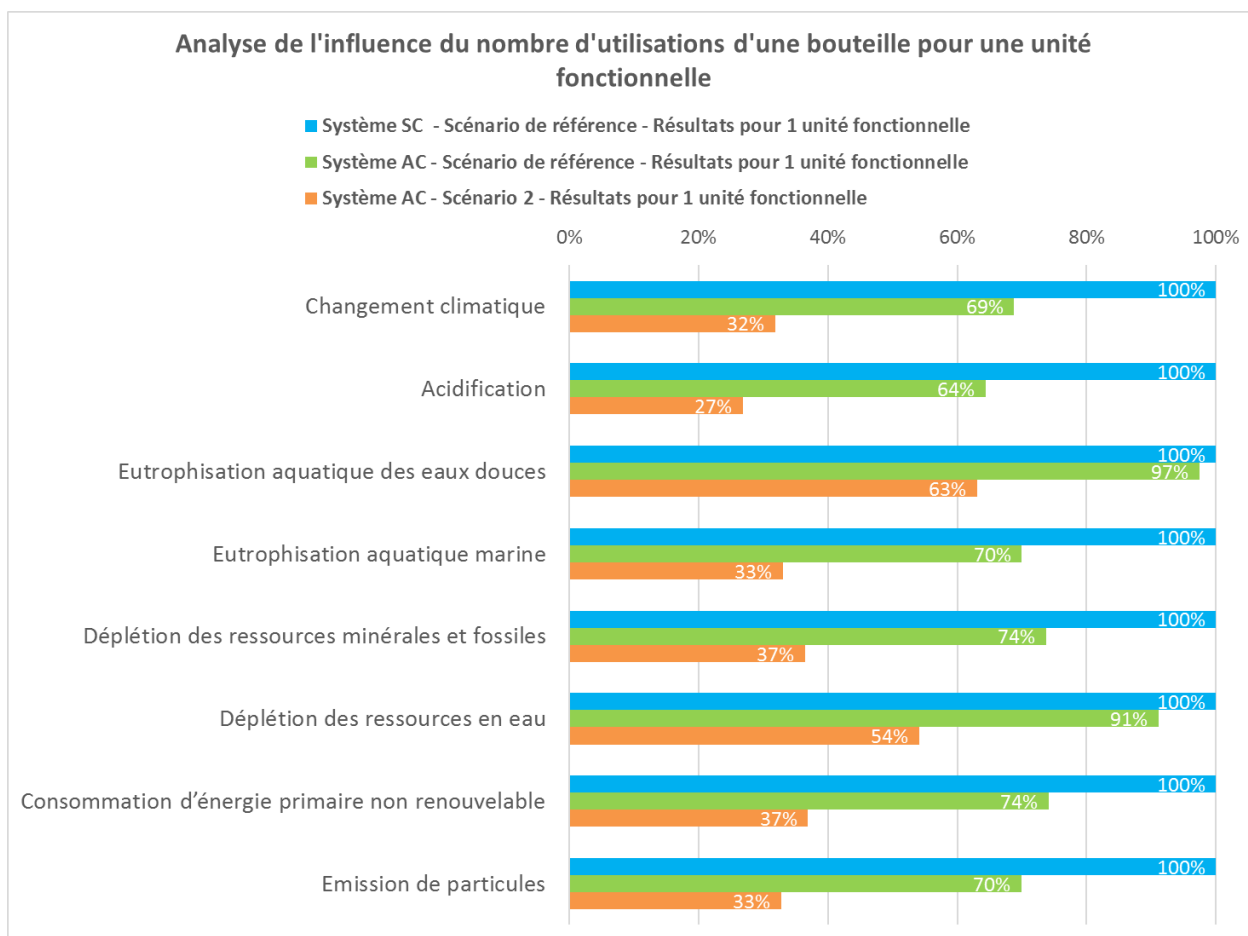


Figure 54 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie du scénario 1 pour une unité fonctionnelle – dispositif Jean Bouteille

Le scénario précédemment défini engendre une baisse de 35 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces à 58 % sur le potentiel d'acidification, pour l'ensemble du cycle de vie. Ainsi l'augmentation du nombre d'utilisations de la bouteille diminue bien l'empreinte environnementale du système avec consigne sur l'ensemble des indicateurs. La fabrication de l'emballage amont pour la denrée joue toujours un rôle significatif sur le profil environnemental du système avec consigne, notamment sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces. Afin de déterminer le réel bénéfice de la réutilisation de la bouteille sans déconsignation, chez le consommateur, des informations additionnelles seraient nécessaires, notamment sur le lavage des bouteilles chez le consommateur. Avec la prise en compte des usages « consommateur », une baisse des résultats est effective sur le système avec consigne, qui devient significativement moins contributeur que le système sans consigne sur six indicateurs, et équivalent sur les deux autres catégories d'impact (contre 4 catégories d'impact avec un écart non significatif dans le cas du scénario de référence, sans prise en compte des usages « consommateurs »).



4. Jean Bouteille : conclusions et limites

4.1. Conclusions

Les conclusions suivantes peuvent être établies :

- Pour le système avec consigne, la phase la plus contributrice au bilan environnemental est la phase de fabrication, contribuant à elle seule à plus de 63 % des impacts environnementaux.
- La prise en compte des bénéfices du recyclage du carton des emballages secondaires et tertiaires, et de l'emballage amont, permet d'avoir un gain environnemental globalement situé entre 0,3 % et 7,8 % et au maximum de 15 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces.
- Pour le système avec consigne, la fabrication de l'emballage amont a une contribution importante, entre 13 % et 22 %, avec un maximum de 38 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces.
- Pour le système sans consigne, la phase la plus contributrice est la phase de fabrication de l'emballage ménager qui contribue à plus de 83 % sur tous les indicateurs, en ne comptabilisant pas les bénéfices du recyclage. La prise en compte des bénéfices du recyclage permet d'avoir un gain environnemental globalement situé entre 14 % et 40 % et au maximum de 54 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau.

Le système avec consigne engendre des impacts similaires (i.e. non significativement différents en tenant compte des incertitudes de l'évaluation) au système sans consigne sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces et marine, de déplétion des ressources en eau et d'émissions des particules. Sur les autres indicateurs, le système avec consigne est plus favorable au point de vue des impacts environnementaux que le système sans consigne.

La prise en compte des usages « consommateur » entraîne une baisse des impacts du système avec consigne, qui devient significativement plus performant que le système sans consigne sur six indicateurs, et équivalent sur deux catégories d'impact (potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces et potentiel de déplétion des ressources en eau).

4.2. Limites

Une limite du cadre de modélisation retenu est la non prise en compte des réutilisations « sans déconsignation » (i.e. avant déconsignation) dans le cas de référence. L'analyse de sensibilité effectuée a montré que la prise en compte de ces réutilisations diminue fortement l'impact potentiel du système avec consigne. Néanmoins, de nombreuses données sont manquantes pour évaluer plus finement le bénéfice environnemental apporté par la réutilisation des bouteilles chez le consommateur.

Une deuxième limite est la non prise en compte des bénéfices liés au recyclage (application de la méthode des stocks) pour l'évaluation de la fin de vie des emballages secondaires et tertiaires (hors carton), ce qui n'est pas en phase avec le mode de comptabilisation des impacts et bénéfices pour les matériaux principaux (verre, acier et carton). Cependant, la contribution de l'étape de conditionnement est de second ordre (moins de 15 % pour le système sans consigne et moins de 14 % pour le système avec consigne pour tous les indicateurs environnementaux), donc l'utilisation de la méthode des stocks pour les emballages secondaires et tertiaires (hors carton) est raisonnable.



IX. Evaluation environnementale du dispositif J'aime Mes Bouteilles

1. J'aime Mes Bouteilles : données d'activité

Données à caractère confidentiel.

2. J'aime Mes Bouteilles : évaluation et interprétation de l'impact du cycle de vie

Cette section présente tout d'abord les résultats d'impact par système du dispositif J'aime Mes Bouteilles : répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie, focus sur les étapes les plus contributrices et analyse de la contribution des flux de l'inventaire. Ensuite, une comparaison est effectuée entre les deux systèmes.

Les résultats d'impact présentés et analysés dans ce chapitre sont les indicateurs environnementaux décrits précédemment au chapitre (III.8.1).

2.1. Résultats de l'analyse environnementale sur le système sans consigne

2.1.1. Résultats sur l'ensemble du cycle de vie et répartition par principale étape

Le Tableau 86 fournit les résultats de l'analyse environnementale et la contribution relative de chacune des cinq étapes du cycle de vie du système sans consigne à chacun des impacts considérés. La Figure 55 traduit ces contributions sous forme graphique.

Tableau 86 : Résultats et contribution des étapes du cycle de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif J'aime Mes Bouteilles

| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Collecte des déchets | Fin de vie |
|--|--------------------------|-------|-------------|-----------------|--------------|----------------------|------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 448 | 558 | 16 | 21 | 35 | -183 |
| | % | | 88 % | 2,6 % | 3,3 % | 5,6 % | -29 % |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 2,88 | 3,79E+00 | 7,84E-02 | 5,44E-02 | 1,98E-01 | -1,24E+00 |
| | % | | 92 % | 1,9 % | 1,3 % | 4,8 % | -30 % |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 0,043 | 6,41E-02 | 1,41E-02 | 2,37E-04 | 1,75E-04 | -3,54E-02 |
| | % | | 82 % | 18 % | 0,30 % | 0,22 % | -45 % |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 0,58 | 6,01E-01 | 3,02E-02 | 1,33E-02 | 8,21E-02 | -1,46E-01 |
| | % | | 83 % | 4,2 % | 1,8 % | 11 % | -20 % |



| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Collecte des déchets | Fin de vie |
|--|--------------------|----------|-------------|-----------------|--------------|----------------------|------------|
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,95E-03 | 2,24E-03 | 2,15E-04 | 4,03E-06 | 5,98E-06 | -5,11E-04 |
| | % | | 91 % | 8,7 % | 0,16 % | 0,24 % | -21 % |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 107 | 2,40E+02 | 4,65E+00 | 6,34E-01 | 2,75E-01 | -1,38E+02 |
| | % | | 98 % | 1,9 % | 0,26 % | 0,11 % | -56 % |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 10 635 | 11 631 | 252 | 322 | 507 | -2 078 |
| | % | | 91 % | 2,0 % | 2,5 % | 4,0 % | -16 % |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 0,24 | 2,94E-01 | 1,33E-02 | 4,33E-03 | 5,31E-02 | -1,28E-01 |
| | % | | 81 % | 3,6 % | 1,2 % | 15 % | -35 % |

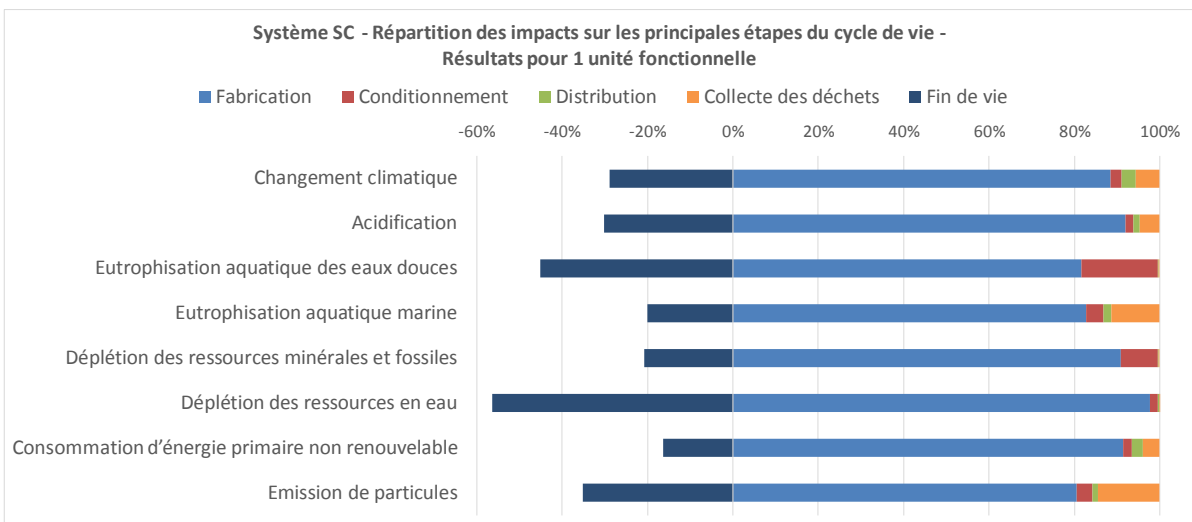


Figure 55 : Répartition des impacts sur les étapes du cycle de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif J'aime Mes Bouteilles

Les observations suivantes peuvent être faites :

- L'étape de fabrication de l'emballage ménager est responsable d'au moins 81 % des impacts du cycle de vie du système sans consigne, sur tous les indicateurs environnementaux. Mais, considérant la fabrication et la fin de vie, ces deux étapes représentent au moins 41 % des impacts sur tous les indicateurs environnementaux. Il est plus pertinent de considérer ces deux étapes ensemble lors de l'interprétation des résultats, la méthode de prise en compte des bénéfices du recyclage fournissant des résultats sur l'ensemble de la production et de la gestion en fin de vie des matériaux.
- L'étape de collecte des déchets contribue à 15 % sur l'indicateur émissions de particules, à 11 % sur le potentiel d'eutrophisation marine et à 5,6 % sur le potentiel de réchauffement climatique. Cette contribution correspond majoritairement à l'impact du transport de la bouteille en verre du centre de transfert vers le recycleur. En effet, la distance est plutôt élevée (229 km).



- L'étape de conditionnement a une faible contribution sur tous les indicateurs environnementaux, moins de 5 %, excepté pour le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces (18 %) et le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles (8,7 %). Cet impact est issu de la production de la boîte en carton.
- La phase de distribution (transport du site de conditionnement vers le magasin) ne contribue pas significativement aux impacts du système sans consigne (elle contribue au maximum à 3,3 % sur le potentiel de réchauffement climatique). En effet, la distance moyenne de transport est plutôt faible (inférieur à 25 km) entre le site de conditionnement et le magasin comparativement aux autres étapes de transport.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre et de la boîte carton représentent 56 % du potentiel de déplétion des ressources en eau, 45 % du potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces et 35 % sur l'indicateur d'émissions de particules. Le bénéfice environnemental est issu principalement du recyclage de la bouteille en verre.

Des analyses plus détaillées sont réalisées ci-dessous sur les étapes principalement contributrices aux impacts : étape de fabrication (emballage ménager) et étape de fin de vie d'une part et étape de collecte des déchets d'autre part.

2.1.2. Focus sur l'étape de fabrication (emballage ménager) et sur la fin de vie

Le Tableau 87 et la Figure 56 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de fabrication de l'emballage ménager sous forme chiffrée puis graphique avec la contribution de la fin de vie. En effet, l'étape de production et la fin de vie doivent être considérées ensemble vu qu'on prend en compte les bénéfices liés au recyclage avec une méthode considérant les phases de production et gestion en fin de vie des matériaux dans leur ensemble. Il est donc plus pertinent d'étudier ces deux postes simultanément.

Tableau 87 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif J'aime Mes Bouteilles

| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|---|------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 529 | 1,8 | 0,44 | 15 | 11 | -181 |
| Acidification | mole H+ émis | 3,7 | 1,10E-02 | 1,64E-03 | 8,21E-02 | 3,89E-02 | -1,21E+00 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 5,32E-02 | 1,23E-03 | 6,01E-05 | 9,44E-03 | 1,30E-04 | -2,70E-02 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 0,57 | 3,09E-03 | 2,79E-04 | 1,52E-02 | 1,20E-02 | -1,38E-01 |
| Déplétion des ressources | kg éq. Sb | 2,15E-03 | 3,74E-05 | 5,89E-07 | 5,18E-05 | 2,20E-06 | -3,71E-04 |



| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|---|--------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| minérales et fossiles | | | | | | | |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 224 | 2,8 | 0,29 | 12 | 3,49E-01 | -136 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 11 124 | 31 | 16 | 284 | 176 | -2 056 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 0,28 | 4,94E-03 | 1,82E-04 | 6,54E-03 | 4,81E-03 | -1,19E-01 |

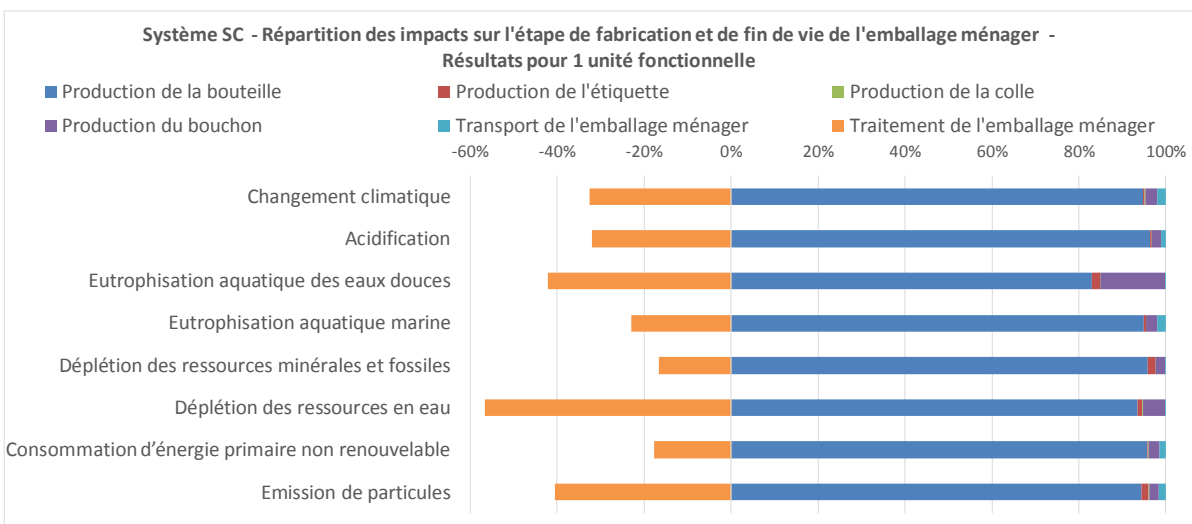


Figure 56 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l'emballage ménager et de sa fin de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif J'aime Mes Bouteilles

Les observations suivantes peuvent être faites :

- La production de la bouteille en verre (vierge) est responsable d'au moins 83 % des impacts de la fabrication du système sans consigne, sur tous les indicateurs environnementaux.
- La production du bouchon en liège est le contributeur secondaire sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces (15 %) et sur le potentiel de déplétion des ressources en eau (5,1 %) mais cette contribution reste faible par rapport à la production du verre.
- Le transport amont des constituants de l'emballage ménager contribue à moins de 2,1 % sur tous les indicateurs environnementaux. En effet, une distance de transport a été spécifiée entre l'emplacement du verrier et du producteur (65 km).
- La production de l'étiquette avec une très faible masse par UVC représente moins de 1,9 % d'impact sur tous les indicateurs environnementaux.



- La production de la colle a un impact inférieur à 1 % sur tous les indicateurs environnementaux.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre représentent 57 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau, 42 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces, 40 % sur l'indicateur émissions de particules et 32 % sur le potentiel de réchauffement climatique. Le bénéfice environnemental est issu du recyclage de la bouteille en verre.

2.1.3. Focus sur l'étape de collecte des déchets

Le Tableau 88 et la Figure 57 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de collecte des déchets sous forme chiffrée puis graphique.

Tableau 88 : Résultats et contribution de l'étape de collecte des déchets du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle

| Catégorie d'impact | Unité | Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur |
|---|--------------------------|--|---|--|--|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 3,1 | 32 | 1,94E-02 | 0,21 |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 1,90E-02 | 1,78E-01 | 6,58E-05 | 8,92E-04 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 8,35E-06 | 1,65E-04 | 2,20E-07 | 2,32E-06 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 8,21E-03 | 7,36E-02 | 2,03E-05 | 3,18E-04 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 5,06E-07 | 5,43E-06 | 3,72E-09 | 3,94E-08 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | -1,36E-03 | 2,79E-01 | -5,90E-04 | 6,21E-03 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 44 | 460 | 0,30 | 3,2 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 5,86E-03 | 4,72E-02 | 8,13E-06 | 1,09E-04 |



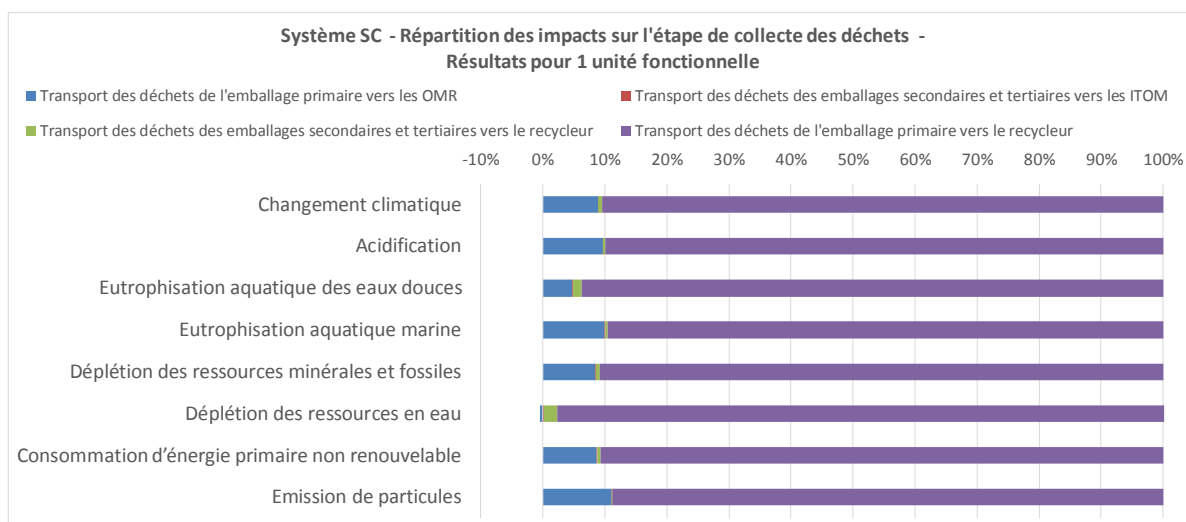


Figure 57 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de collecte des déchets pour le système sans consigne (SC) – dispositif J'aime Mes Bouteilles

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Le transport des déchets de l'emballage primaire lors de la collecte du centre de tri/transfert vers le recycleur est le premier poste contributeur, avec plus de 89 % sur tous les indicateurs environnementaux. En effet, la distance et le poids transporté (le verre représente la masse principale transportée par rapport aux emballages secondaires ou tertiaires ramenée à l'unité fonctionnelle) sont élevés pour ce trajet (229 km).
- Le deuxième poste le plus contributeur concerne le transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR. Ce poste est responsable à 11 % des impacts sur l'indicateur émission des particules, à 10 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique marine et à 9,6 % sur le potentiel d'acidification. Le léger bénéfique (0,5 %) apporté par cette étape au niveau de la déplétion des ressources en eau provient du rejet d'eau douce lors de l'extraction du pétrole pour la production de carburant. Lors de l'extraction du pétrole, une grande quantité d'eau salée est prélevée, puis rejetée sous forme d'eau douce. Pour un litre d'eau salée prélevée, 0,85 litres d'eau douce sont rejetés dans l'environnement. À noter que cet indicateur ne tient pas compte de la qualité de l'eau rejetée. Ici, de nombreuses substances chimiques sont également rejetées en même temps que l'eau douce.
- Le transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur est le troisième contributeur (entre 0,21 % à 2,2 % d'impact sur tous les indicateurs environnementaux).
- Le transport des déchets d'emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM possède une très faible contribution (moins de 0,1 % sur tous les indicateurs environnementaux).

2.1.4. Flux élémentaires principaux contribuant aux impacts

L'analyse présentée dans ce paragraphe a pour objectif de relier les résultats d'inventaire aux résultats d'impact. Alors que les paragraphes précédents s'intéressaient principalement aux procédés les plus contributeurs aux impacts, l'analyse suivante permet d'avoir une compréhension fine des sources d'impact (i.e. en termes de substances ponctionnées ou émises dans l'environnement), et des procédés (activités) auxquels ces sources d'impact sont liées.

Le Tableau 89 présente les flux élémentaires de l'inventaire du cycle de vie les plus contributeurs aux impacts du système avec consigne.



Tableau 89 : Analyse des flux contributeurs du système sans consigne par catégorie d'impact – dispositif J'aime Mes Bouteilles

| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|--|
| Changement climatique | <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de CO₂ fossile : Ce sont les émissions directes de la fabrication du verre. Cela concerne la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre. De plus, une part des émissions de CO₂ provient de la décarbonatation des matières premières en four verrier. • Emissions de méthane liées à l'utilisation de gaz naturel lors de la production du verre. Elles sont principalement causées par les fuites du réseau d'approvisionnement en gaz |
| Acidification | <p>Les émissions de SO₂, d'oxydes d'azote et d'ammoniac, principales causes du potentiel d'acidification, sont issues de l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Les émissions de SO₂ sont issues de la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre</p> |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | <p>Les émissions de phosphates dans l'eau sont les plus importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Elles sont produites principalement lors de la fabrication du carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> |
| Eutrophisation aquatique marine | <p>Les émissions d'oxydes d'azote dans l'air sont les plus importantes uniquement sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager, lors de la consommation d'énergie via la combustion de gaz dans les fours pour la production du verre.</p> |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | <p>La consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) est un des principaux flux contributeurs.</p> <p>La consommation d'indium contribue également de façon significative aux impacts, via la consommation de produits chimiques pour la fabrication du verre. Pour préparer ces produits, du zinc est utilisé, or l'indium est un coproduit de l'extraction du zinc.</p> |
| Déplétion des ressources en eau | <p>La production de carbonate de sodium et de silice, qui sont des matières premières pour la fabrication du verre, est responsable de la déplétion des ressources en eau.</p> |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | <p>La consommation de pétrole, la combustion de gaz et la consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) sont les principaux contributeurs, notamment sur l'étape de production de l'emballage ménager.</p> |
| Émissions de particules | <p>La production de carbonate de sodium (matière première du verre) et la fabrication du verre sont responsables des émissions de particules les plus significatives.</p> |



Les flux contribuant aux impacts correspondent majoritairement à la fabrication du verre du système avec consigne.

2.2. Résultats de l'analyse environnementale sur le système avec réemploi/réutilisation

2.2.1. Résultats sur l'ensemble du cycle de vie et répartition par principale étape

Le Tableau 90 fournit les résultats de l'analyse environnementale du système avec réemploi/réutilisation et la contribution relative de chacune des sept étapes du cycle de vie du système avec consigne à chacun des enjeux environnementaux considérés. A noter que l'étape de déconsignation est réalisée manuellement. Aucun procédé n'a donc été pris en compte pour cette étape et elle n'apparaît pas dans les résultats. La Figure 58 traduit ces contributions sous forme graphique.

Tableau 90 : Résultats et contribution relative des principales étapes du cycle de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif J'aime Mes Bouteilles - 1,14 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Consommation | Lavage | Collecte des déchets | Fin de vie |
|--|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|--------------|----------|----------------------|------------|
| Changement climatique | kg éq. CO2 | 429 | 491 | 25 | 21 | 0,33 | 45 | 24 | -178 |
| | % | | 81 % | 4,1 % | 3,5 % | 0,054 % | 7,5 % | 4,0 % | -29 % |
| Acidification | mole H+ émis | 2,52E+00 | 3,34E+00 | 1,14E-01 | 5,44E-02 | 1,20E-03 | 1,19E-01 | 1,29E-01 | -1,23E+00 |
| | % | | 89 % | 3,0 % | 1,5 % | 0,032 % | 3,2 % | 3,4 % | -33 % |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 3,86E-02 | 5,75E-02 | 1,59E-02 | 2,37E-04 | 3,71E-06 | 6,41E-04 | 1,45E-04 | -3,58E-02 |
| | % | | 77 % | 21 % | 0,32 % | 0,0050 % | 0,86 % | 0,20 % | -48 % |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 5,13E-01 | 5,29E-01 | 3,60E-02 | 1,33E-02 | 3,92E-04 | 2,82E-02 | 5,25E-02 | -1,46E-01 |
| | % | | 80 % | 5,5 % | 2,0 % | 0,059 % | 4,3 % | 8,0 % | -22 % |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,71E-03 | 1,97E-03 | 2,47E-04 | 4,03E-06 | 6,31E-08 | 1,32E-05 | 4,15E-06 | -5,35E-04 |
| | % | | 88 % | 11 % | 0,18 % | 0,0028 % | 0,59 % | 0,19 % | -24 % |
| Déplétion des ressources en eau | m3 éq. | 85 | 2,12E+02 | 7,15E+00 | 6,34E-01 | 9,93E-03 | 2,46E+00 | 2,79E-01 | -1,38E+02 |
| | % | | 95 % | 3,2 % | 0,28 % | 0,0045 % | 1,1 % | 0,13 % | -62 % |
| Consommation d'énergie | MJ | 10 000 | 10 237 | 525 | 322 | 5,0 | 699 | 348 | -2 137 |
| | % | | 84 % | 4,3 % | 2,7 % | 0,042 % | 5,8 % | 2,9 % | -18 % |



| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Consommation | Lavage | Collecte des déchets | Fin de vie |
|---------------------------|---------------|----------|-------------|-----------------|--------------|--------------|----------|----------------------|------------|
| primaire non renouvelable | | | | | | | | | |
| Émissions de particules | kg équ. PM2.5 | 1,94E-01 | 2,59E-01 | 1,67E-02 | 4,33E-03 | 1,23E-04 | 9,11E-03 | 3,20E-02 | -1,28E-01 |
| | % | | 81 % | 5,2 % | 1,3 % | 0,038 % | 2,8 % | 10 % | -40 % |

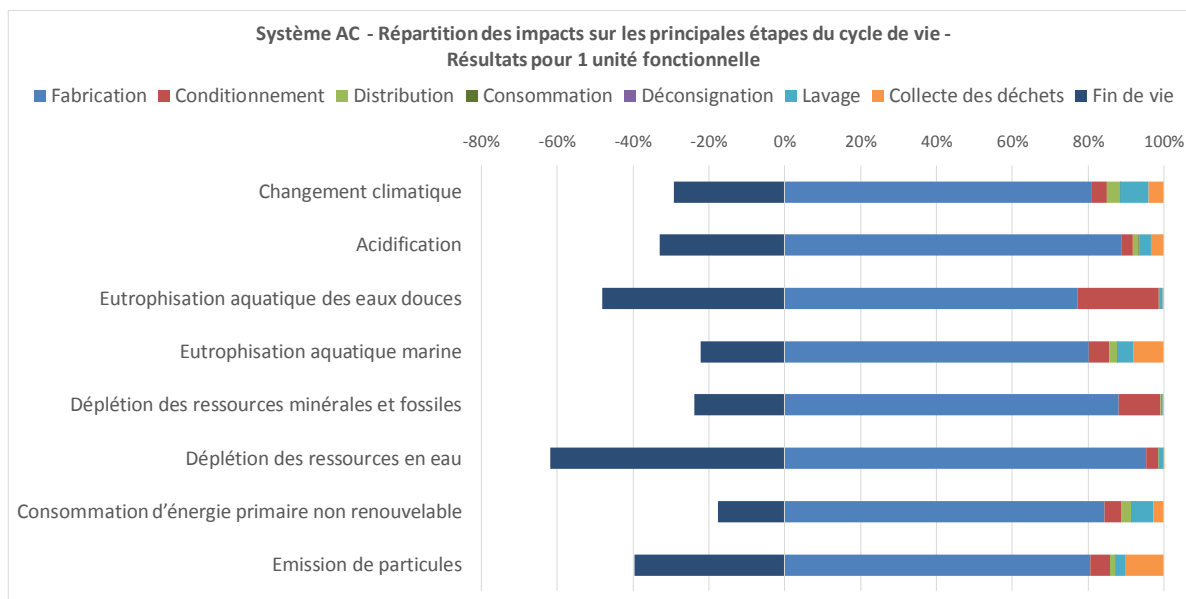


Figure 58 : Répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif J’aime Mes Bouteilles

Les observations suivantes peuvent être faites :

- L'étape de fabrication est le poste le plus contributeur sur tous les indicateurs environnementaux. Plus particulièrement, la fabrication contribue à elle seule à au moins 77 % des impacts potentiels dont 95 % sur la déplétion des ressources en eau.
- En considérant la fabrication et la fin de vie, cela représente au minimum 33 % des impacts sur tous les indicateurs environnementaux, dont 64 % pour la déplétion des ressources minérales et fossiles. Il est aussi pertinent de ne pas dissocier les deux étapes de cycle de vie en raison de l'approche de fin de vie appliquée qui considère les phases de production et de gestion en fin de vie des matériaux dans leur ensemble.
- La phase de conditionnement contribue à 21 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces, à 11 % sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles et à moins de 5,5 % sur les autres indicateurs.
- L'étape de collecte des déchets est le deuxième poste le plus contributeur sur quelques indicateurs environnementaux. Elle contribue à 10 % au potentiel d'émission de particules via principalement la collecte du verre du centre de transfert vers le recycleur, et à 8,0 % des impacts potentiels sur l'eutrophisation aquatique marine. Les autres indicateurs contribuent à moins de 4,0 %.
- L'étape de lavage est le deuxième contributeur sur le potentiel de réchauffement climatique (7,0 %). Il comprend la phase de lavage et le transport des bouteilles vides vers le lavage puis vers le site de conditionnement.



Pour rappel, à cette étape, les données d'énergie n'étaient pas disponibles, Deloitte a extrapolé les données du dispositif METEOR par bouteille lavée et rapporté cette consommation au nombre de bouteilles collectées puis à l'UF. La contribution de cette étape est relativement faible (moins de 4,5 % sur les autres indicateurs).

- L'étape de distribution contribue à 3,5 % sur le potentiel de réchauffement climatique et au maximum à 2,7 % sur les autres indicateurs environnementaux. Les autres indicateurs ont une contribution de second ordre (moins de 2 %)
- La phase de consommation ne contribue pas significativement aux impacts du système avec consigne, c'est-à-dire à 0,05 % maximum des impacts sur le cycle de vie, sur tous les indicateurs environnementaux.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre et de la boîte carton représentent, 62 % du potentiel de déplétion des ressources en eau, 48 % du potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces, 33 % du potentiel d'acidification et 29 % du potentiel de réchauffement climatique.

Des analyses plus détaillées sont réalisées ci-dessous sur les étapes principalement contributrices aux impacts : l'étape de fabrication (emballage ménager) et l'étape de conditionnement.

2.2.2. Focus sur l'étape de fabrication (emballage ménager) et sur la fin de vie

Le Tableau 91 et la Figure 59 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et de la fin de vie sous forme chiffrée puis graphique :

Tableau 91 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif J'aime Mes Bouteilles - 1,14 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|---|------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 464 | 1,8 | 0,44 | 15 | 10 | -181 |
| Acidification | mole H+ émis | 3,21E+00 | 1,10E-02 | 1,64E-03 | 8,21E-02 | 3,43E-02 | -1,2 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 4,66E-02 | 1,23E-03 | 6,01E-05 | 9,44E-03 | 1,15E-04 | -2,74E-02 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 5,00E-01 | 3,09E-03 | 2,79E-04 | 1,52E-02 | 1,06E-02 | -0,14 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,88E-03 | 3,74E-05 | 5,89E-07 | 5,18E-05 | 1,94E-06 | -3,96E-04 |



| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|--|--------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 1,97E+02 | 2,81E+00 | 2,93E-01 | 12 | 3,08E-01 | -135 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 9 752 | 31 | 16 | 284 | 155 | -2 115 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 2,43E-01 | 4,94E-03 | 1,82E-04 | 6,54E-03 | 4,24E-03 | -0,12 |

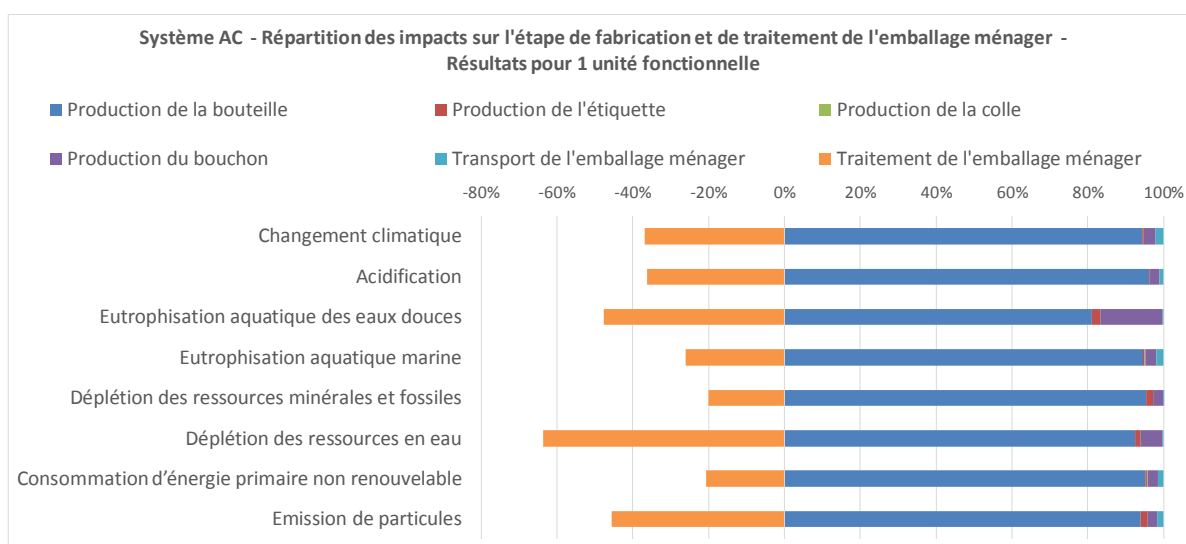


Figure 59 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l'emballage ménager et de la fin de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif J'aime Mes Bouteilles

Les analyses et observations sont similaires à celles réalisées sur la fabrication de l'emballage ménager pour le système sans consigne. En effet, la masse de la bouteille en verre et les autres composants de l'emballage ménager sont identiques pour les systèmes avec et sans consigne. La fin de vie de la bouteille varie cependant pour le système avec consigne : dans le système avec consigne, on suppose qu'une partie des bouteilles part intégralement en recyclage (taux de recyclage à 100 %) depuis le site de lavage.

2.2.3. Focus sur l'étape de conditionnement et de traitement en fin de vie (emballages secondaires et tertiaires)

Le Tableau 92 et la Figure 60 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de conditionnement et de traitement en fin de vie (emballages secondaires et tertiaires) sous forme chiffrée puis graphique :



Tableau 92 : Résultats et contribution de l'étape de conditionnement et de traitement en fin de vie (emballages secondaires et tertiaires)- Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif J'aime Mes Bouteilles - 1,14 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Production de l'emballage secondaire | Production de l'emballage tertiaire | Transport | Traitement des emballages secondaires (hors recyclage) | Traitement des emballages tertiaires | Recyclage de l'emballage secondaire |
|---|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------|--|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 23 | 1,56E-01 | 1,9 | 4,20E+00 | 0,10 | -1,5 |
| Acidification | mole H+ émis | 1,07E-01 | 7,26E-04 | 6,49E-03 | 8,56E-05 | 1,96E-05 | -2,84E-02 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 1,58E-02 | 2,21E-05 | 2,17E-05 | 2,32E-06 | 2,94E-06 | -8,42E-03 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 3,38E-02 | 1,25E-04 | 2,00E-03 | 4,13E-04 | 1,24E-04 | -8,15E-03 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,46E-04 | 4,01E-07 | 3,67E-07 | 3,37E-08 | 5,98E-09 | -1,40E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 7,01E+00 | 7,95E-02 | 5,82E-02 | 4,75E-03 | 5,08E-04 | -2,63E+00 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 491 | 4,93 | 29 | 0,079 | 0,010 | -22 |
| Émissions de particules | kg éq. PM _{2.5} | 1,59E-02 | 9,13E-05 | 8,02E-04 | 5,39E-06 | 7,71E-07 | -9,31E-03 |



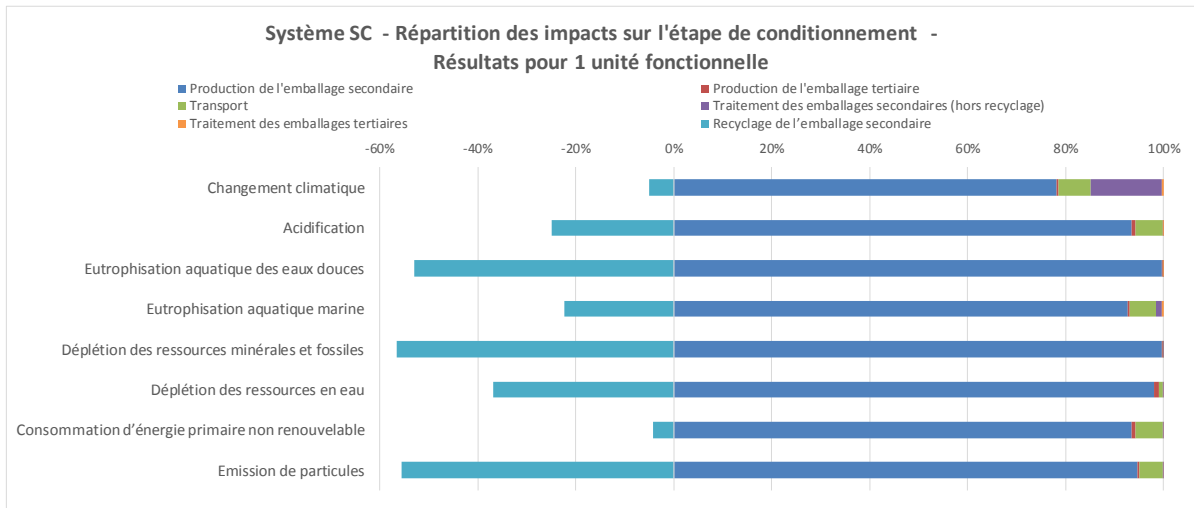


Figure 60 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de l'étape de conditionnement et de traitement en fin de vie (emballages secondaires et tertiaires) pour le système avec consigne (AC) – dispositif J'aime Mes Bouteilles

Les observations suivantes peuvent être faites :

- La production de l'emballage secondaire (boîte carton en premier lieu et caisse plastique) est responsable de quasiment la totalité des impacts potentiels de l'étape de conditionnement, sur tous les indicateurs environnementaux, excepté sur le potentiel de réchauffement climatique (78 %). Sa contribution varie entre 93 % pour l'indicateur de consommation d'énergie primaire non renouvelable à 100 % pour l'eutrophisation des eaux douces et la déplétion des ressources minérales et fossiles.
- Le traitement des emballages secondaires (hors recyclage) est le deuxième poste contributeur sur le potentiel de réchauffement climatique (14 %).
- Le transport (des emballages secondaires/tertiaires vers le site de conditionnement) est modérément contributeur aux impacts potentiels (moins de 6,6 % sur tous les indicateurs environnementaux).
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage de la boîte carton représentent entre 53 % et 56 % des impacts sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles et le potentiel d'eutrophisation des eaux douces. Le gain environnemental est faible pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et le potentiel de réchauffement climatique (moins de 5,1 %).

2.2.4. Flux élémentaires principaux contribuant aux impacts

Le Tableau 93 présente les flux élémentaires de l'inventaire du cycle de vie les plus contributeurs aux impacts du système avec consigne :

Tableau 93 : Analyse de la contribution des flux du système avec consigne par catégorie d'impact – dispositif J'aime Mes Bouteilles

| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|------------------------------|--|
| Changement climatique | <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de CO₂ fossile : émissions directes issues du module de fabrication du verre. Cela concerne la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre. |



| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|--|
| | <p>De plus, une part des émissions de CO₂ provient de la décarbonatation des matières premières en four verrier</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de méthane : l'utilisation de gaz naturel est responsable de ces émissions (cela correspond principalement aux fuites du réseau d'approvisionnement en gaz) |
| Acidification | <p>Les émissions de SO₂, d'oxydes d'azote et d'ammoniac, principales causes du potentiel d'acidification, sont issues de l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Les émissions de SO₂ sont dues à la combustion de gaz pour la production de verre tandis que les émissions d'oxydes d'azotes proviennent de la fabrication de carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | <p>Les émissions de phosphates dans l'eau sont les plus importantes et proviennent principalement de l'étape de fabrication de l'emballage ménager.</p> <p>Elles sont produites principalement lors de la fabrication du carbonate de sodium, qui est une matière première du verre</p> |
| Eutrophisation aquatique marine | <p>Les émissions d'oxyde d'azote dans l'air et de nitrate dans l'eau ont des contributions similaires et sont les plus importantes et proviennent de l'étape de fabrication de l'emballage ménager.</p> <p>Les émissions d'oxyde d'azote ont lieu lors de la fabrication du verre, suite à la consommation d'énergie dans les fours.</p> <p>Les nitrates sont principalement émis dans l'eau lors de la production de chlorure de sodium pour la fabrication de carbonate de sodium, qui est une matière première du verre</p> |
| Déplétion des ressources en eau | <p>La consommation d'eau a lieu principalement lors de la production de carbonate de sodium à l'étape de fabrication de la bouteille en verre.</p> |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | <p>La consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) est le premier flux contributeur aux impacts.</p> <p>La consommation d'indium contribue également de façon significative aux impacts, via la consommation de produits chimiques pour la fabrication du verre. Pour préparer ces produits, du zinc est utilisé, or l'indium est un coproduit de l'extraction du zinc.</p> |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | <p>La consommation de pétrole pour la fabrication du verre, la consommation du diesel pour le transport de la collecte du verre et pour le transport des bouteilles vides vers le magasin sont les principales substances responsables de ces impacts.</p> |
| Emissions de particules | <p>La fabrication du verre et la production de carbonate de sodium (matière première du verre) sont les principaux responsables de l'impact pour l'étape de fabrication de l'emballage ménager.</p> <p>Sur l'étape de collecte des déchets de l'emballage ménager, l'émission de particules est issue du transport des bouteilles par camion routier.</p> |



Les principales sources d'impact sont principalement liées à la fabrication de la bouteille en verre (production de calcin). La collecte des déchets du verre vers le site de recyclage et le transport de la bouteille vide vers le site de lavage sont également deux postes d'émissions significatives, mais très secondaires par rapport aux émissions liées à la fabrication de la bouteille.

2.3. Comparaison des systèmes avec et sans consigne

2.3.1. Introduction sur la présentation des résultats

Les résultats comparatifs du système avec et sans consigne en histogramme sont présentés en valeurs relatives, la référence (100 %) correspondant à l'impact total du cycle de vie du système sans consigne pour l'enjeu environnemental considéré.

2.3.2. Comparaison des impacts des deux systèmes sur tous les indicateurs

Le Tableau 94 fournit l'impact sur le cycle de vie du système avec et sans consigne pour chaque enjeu environnemental considéré :

Tableau 94 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif J'aime Mes Bouteilles

| Catégorie d'impact | Unité | Système à usage unique sans consigne | Système avec réemploi/réutilisation- 1,14 cycles | Écart significatif ? |
|--|------------------------|--------------------------------------|--|----------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 448 | 429 | non |
| Acidification | mole H+ émis | 2,9 | 2,52 | non |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 4,3E-02 | 3,9E-02 | non |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 5,8E-01 | 5,1E-01 | non |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 2,0E-03 | 1,7E-03 | non |
| Déplétion des ressources en eau | éq. m ³ | 1,1E+02 | 8,5E+01 | non |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 10635 | 10000 | non |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | 2,37E-01 | 1,94E-01 | non |

L'évaluation de l'incertitude suivant la méthode présentée au §IV.3.2 conduit à constater, comme présenté dans le tableau ci-dessus, que **les écarts sont non significatifs pour tous les indicateurs**. L'historgramme (Figure 61) présente les résultats du système sans consigne en référence par rapport au système avec consigne.



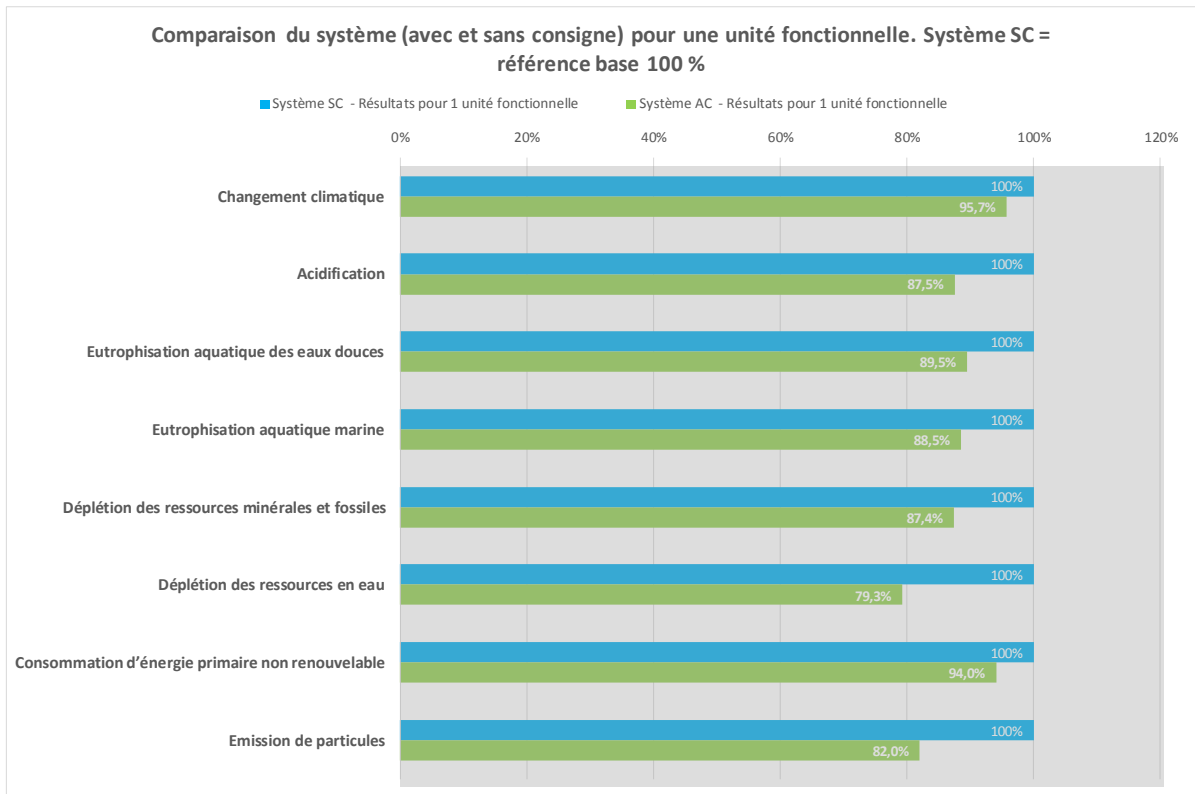


Figure 61 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – Tous les écarts sont jugés non significatifs – dispositif J’aime Mes Bouteilles

La Figure 62 présente les résultats du système avec et sans consigne par étape du cycle de vie. Pour rappel, certaines étapes sont propres au système avec consigne, comme la consommation et le lavage. L'étape de déconsignation est également propre au système avec consigne mais cette étape est manuelle pour J’aime Mes Bouteilles. Aucun procédé n’a donc été pris en compte pour cette étape et elle n’apparaît pas dans les résultats.



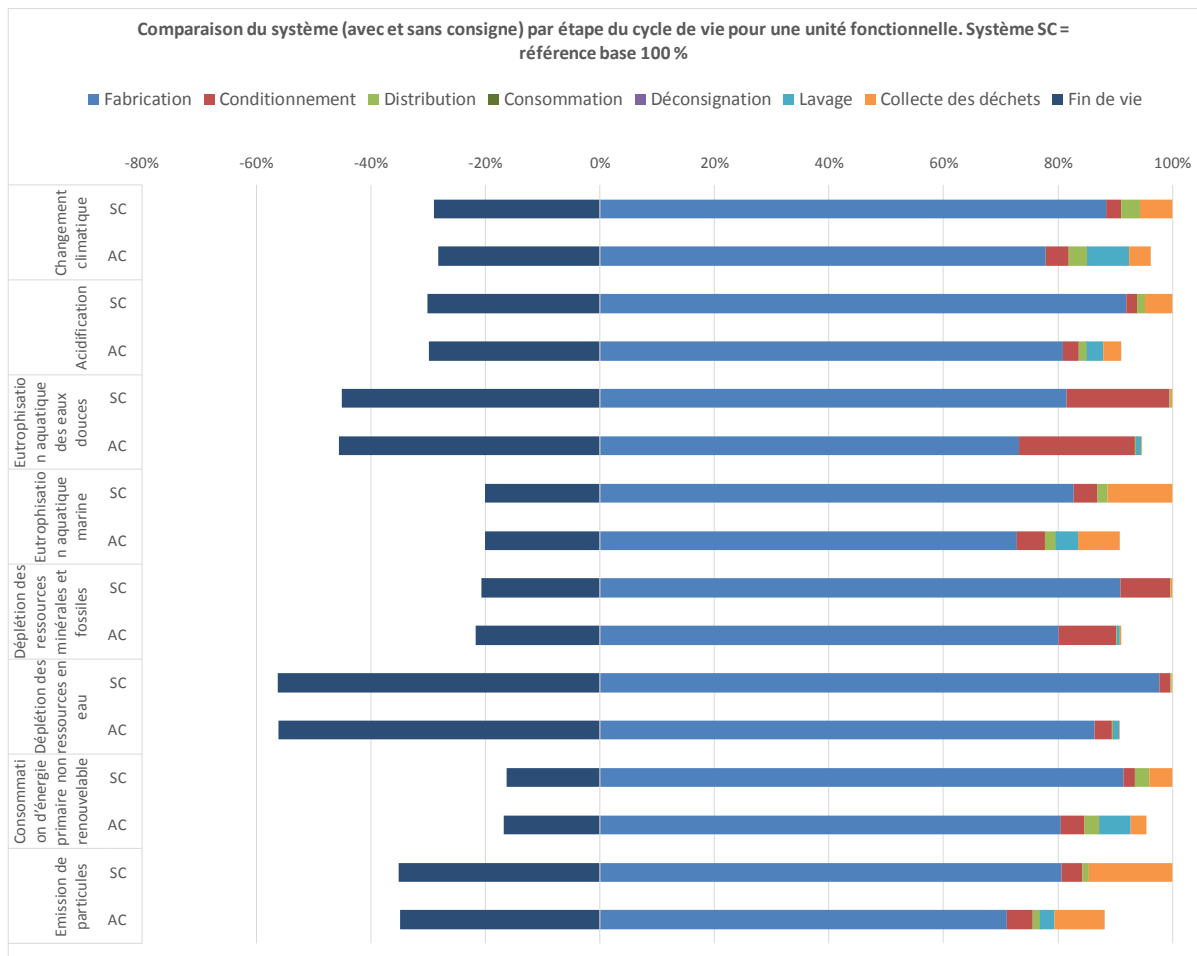


Figure 62 : Comparaison des impacts sur les principales étapes du cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – dispositif J’aime Mes Bouteilles - 1,14 cycles

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Pour toutes les catégories d’impact, la contribution absolue de l’étape de fabrication de l’emballage ménager du système sans consigne est supérieure aux impacts de l’étape de fabrication du système avec consigne. Néanmoins pour tous les indicateurs, la différence entre système sans et avec consigne n’est pas significative.
- Les étapes du cycle de vie commune aux deux systèmes ont une contribution absolue similaire entre les deux systèmes, car le nombre de réutilisation dans le système avec consigne est faible (1,14 utilisation).
- L’étape de collecte des déchets est un enjeu environnemental significatif sur l’indicateur émission de particules et l’eutrophisation aquatique marine.

En conclusion, sur toutes les catégories d’impacts environnementaux potentiels analysées, le système avec consigne ne présente pas de bénéfice environnemental significatif par rapport au système sans consigne en tenant compte de l’incertitude des résultats.

2.4. Évaluation de la qualité des données

Les données brutes et données d’inventaire sont évaluées selon les critères présentés au paragraphe IV.4.2. On s’intéresse à toutes les phases du cycle de vie.

Le tableau ci-dessous présente les acronymes utilisés pour définir les catégories d’impacts utilisées dans l’évaluation de la qualité des données.



| Acronyme | Catégorie d'impact |
|-----------------|--|
| CC | Changement climatique |
| EP | Émissions de particules |
| Ac | Acidification |
| Eut.T | Eutrophisation aquatique des eaux douces |
| Eut.M | Eutrophisation aquatique marine |
| Drmf | Déplétion des ressources minérales et fossiles |
| Dre | Déplétion des ressources en eau |
| Cep | Consommation d'énergie primaire non renouvelable |

A noter que dans cette analyse de la qualité des données, on considère les impacts potentiels liés à l'étape de production et de fin de vie de façon séparée : les bénéfices et impacts dus au recyclage du verre ne sont pas inclus dans l'étape de production. Ainsi dans ce tableau, les contributions en relatif des autres étapes, notamment le lavage, sont minimisées.



2.4.1. Système sans consigne

| Étape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | Commentaire | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|--|----------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|--|--|--------------------|---------------------|--|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 1 - Fabrication de l'emballage ménager | | | | | | | | | | | | | |
| Production du verre | Consommation d'énergie | 1 | Eut. T,Cep, Drmf | | | | | | | | | Le module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. | |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | | |
| | Emissions dans l'air, de Nox et de poussières | 1 | CC, Ac, Eut.M, EP | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | N/A | N/A | N/A | | |
| Extraction des matières premières constituant le verre | 1 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | Sur la quantité des matières premières, nous connaissons le rendement entre un kilogramme de verre vierge à 0 % de calcin et de verre recyclé à 100 % de calcin, ce qui permet d'adapter la quantité de matières premières | 2 | 2 | 2 | Le module "Solid unbleached board (GLO) market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été supprimé | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport du verre | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | La distance d'approvisionnement du verre en amont est une hypothèse basée sur la carte des verriers en France issue de la FEVE. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Production des autres matières premières | Production des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 1 | Eut T. | | | | | | | | | | |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | Les quantités des emballages constituant l'emballage primaire ont bien été fournies par J'aime mes bouteilles mais cela se base sur un système fictif sans consigne | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles. |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages constituant l'emballage primaire n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| 2 - Conditionnement | | | | | | | | | | | | | |
| Production des emballages secondaires ou tertiaires | | 1 | Eut T. | | | | | | | | | | |
| | | 2 | CC, Eut M., Drmf, EP | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | Les quantités de matériaux des emballages secondaires et tertiaires constituant l'emballage primaire ont bien été confirmées par J'aime mes bouteilles mais cela se base sur un système fictif | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles sauf pour le matériau carton : Inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3 pour le module "corrugated board, fresh fibre, single wall, at plant (RER) Alloc Rec, U" |
| | | 3 | Autres | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages secondaires et tertiaires n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages secondaires et tertiaires n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| 3 - Distribution | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des emballages conditionnés vers le magasin | | 2 | CC, Cep | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | La distance moyenne a été fournie par J'aime mes bouteilles. Le chargement du camion spécifique n'est pas connu mais la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | | |
|--|------------|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-----------------------------|--|--------------------|---------------------|-------------|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 4 - Collecte des déchets | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport de l'emballage ménager vers les OMR. Le taux de chargement n'a pas été spécifié | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | | 1 | EP, Eut M. | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport de l'emballage ménager vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre le PAV/bac de recyclage au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| | | 2 | CC, Ac, Cep | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM. Le taux de chargement est une valeur par défaut issue de la base de données Ecoinvent | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| 6 - Fin de vie | | | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager en UIOM | | 2 | Drmf | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages de la fin de vie de l'emballage primaire ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16]. | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 % et de 100 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| | | 3 | Tous les indicateurs | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager chez le recycleur | Traitement | 1 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | Le module "Solid unbleached board {GLO} market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été supprimé |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires en ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires (boîte carton) chez le recycleur | | 1 | Eut,T | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages des emballages secondaires et tertiaires ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles sauf pour le matériau carton : Inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3 pour le module "corrugated board, recycling fibre, single wall, at plant {RER} Alloc Rec, U" |
| | | 2 | Drmf, EP | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |



2.4.2. Système avec consigne

| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | | |
|---|--|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|--|--|--------------------|---------------------|---|---|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | | |
| 1 - Fabrication de l'emballage ménager | | | | | | | | | | | | | | |
| Production du verre | Consommation d'énergie | 1 | Eut T, Drmf, Cep | | | | | | [VERRE09] permet de réaliser une bonne extrapolation de la consommation d'énergie, des émissions dans l'air de la production du verre à 0 % de calcin, afin d'avoir des données plus récentes | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. | |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| | Emissions dans l'air, de Nox et de | 1 | CC, Ac, Eut.M, EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | N/A | N/A | N/A | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | | |
| Extraction des matières premières constituant le verre | Autres | 1 | | | | | | Sur la quantité des matières premières, nous connaissons le rendement entre un kilogramme de verre vierge à 0 % de calcin et de verre recyclé à 100 % de calcin, ce qui permet d'adapter la quantité de matières premières | 2 | 2 | 2 | Le module "Solid unbleached board (GLO) market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été supprimé | | |
| | | 2 | Cep | 2 | 2 | 1 | 1 | | | | | | 2 | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport du verre | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | La distance d'approvisionnement du verre en amont est une hypothèse basée sur la carte des verriers en France issue de la FEVE. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| Production des autres matières premières | Production des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 1 | Eut T. | | | | | | Les quantités des emballages constituant l'emballage primaire ont bien été confirmées par J'aime mes bouteilles | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles. | |
| | | 2 | Autres | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages constituant l'emballage primaire n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| 2 - Conditionnement | | | | | | | | | | | | | | |
| Production des emballages secondaires ou tertiaires | | 1 | Eut.T, Drmf | | | | | | Les quantités des emballages constituant les emballages secondaires et tertiaires ont bien été confirmées par J'aime mes bouteilles | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles sauf pour le matériau carton : inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3 pour le module "corrugated board, fresh fibre, single wall, at plant (RER) Alloc Rec, U" | |
| | | 2 | Autres | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages secondaires et tertiaires n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | | |
|---|---|--------------|----------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--------------------|---------------------|-------------|--|---|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | | |
| 3 - Distribution | | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des emballages conditionnés vers le magasin | | 2 | CC, Eut. M, Cep | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | La distance moyenne a été fournie par J'aime mes bouteille. Le chargement du camion spécifique n'est pas connu mais la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | | |
| 4 - Consommation | | | | | | | | | | | | | | |
| Transport du magasin vers le domicile | Bouteilles pleine | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | La distance de transport et le scénario a été spécifié par l'étude [ADEME_18] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles | |
| Transport du domicile vers le magasin | Bouteille vide | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | La distance de transport et le scénario a été spécifié par l'étude [ADEME_18] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles | |
| 5 - Déconsignation | | | | | | | | | | | | | | |
| Déconsignation manuelle | Consommation d'électricité | | NA | Déconsignation manuelle | | | | | | | | | | |
| | Consommation de papier | | NA | | | | | | | | | | | |
| 6 - Lavage | | | | | | | | | | | | | | |
| Consommation d'énergie de la laveuse | Consommation d'électricité | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | Les données ont été recalculées à partir des données de METEOR, et ont été rapportées au nombre de bouteilles collectées. | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles | |
| | Consommation de gaz | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles, mais prise en compte du mix français | |
| Consommation des autres entrants | Consommation d'eau | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par J'aime mes bouteille sur l'année 2016 sur la consommation d'eau et rapportées au nombre de bouteilles collectées | 2 | 1 | 2 | Prise en compte du flux régionalisé : remplacement de « Water, Europe without Switzerland » par « Water, FR » | |
| | Consommation de produit chimique | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | Les données ont été recalculées à partir des données de METEOR, et ont été rapportées au nombre de bouteilles collectées. | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles mais prise en compte de la concentration de soude dans la modélisation | |
| Fin de vie | Traitement de l'étiquette | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | La même hypothèse que pour METEOR a été utilisée pour la fin de vie des étiquettes en papier récupérées dans la laveuse. Ces étiquettes partent avec les DIB | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles | |
| | Traitement de l'eau | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Le traitement de l'eau est issu des données de consommation d'eau en entrée, fournies par J'aime mes bouteille | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles | |
| Transport | Transport du magasin vers le site de lavage | 2 | CC, Cep | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport a été fournie par J'aime mes bouteille, avec un taux de chargement générique. | 2 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement moyen | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | | |
| | Transport du site de lavage vers le site de conditionnement | 2 | CC, Cep | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | | 2 |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | | |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|--|------------|--------------|-------------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--------------------|---------------------|-------------|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 7 - Collecte des déchets | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport de l'emballage ménager vers les OMR. Le taux de chargement n'a pas été spécifié | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | | 2 | CC, Ac, Cep, Eut. M, EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport de l'emballage ménager vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre le PAV/bac de recyclage au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM. Le taux de chargement est une valeur par défaut issue de la base de données Ecoinvent | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, |
| 8 - Fin de vie | | | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager en UIOM | Traitement | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages de la fin de vie de l'emballage primaire ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage avec [ECOEMB16]. Nous avons émis l'hypothèse que le recyclage est à 100 % pour les bouteilles refusées chez le brasseur | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 % et de 100 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| Fin de vie de l'emballage ménager chez le recycleur | | 1 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | | | | |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires en ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages des emballages secondaires et tertiaires ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires (boîte carton) chez le recycleur | | 1 | Eut.T | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | | | | |
| | 2 | Drmf, EP | | | | | | | | | | | |
| | 3 | Autres | | | | | | | | | | | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles sauf pour le matériau carton : inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3 pour le module "corrugated board, recycling fibre, single wall, at plant {RFR} Alloc Rec, U" |



Les points d'attention concernant la qualité des données sont les suivants, par ordre d'importance décroissante pour les deux systèmes :

- Concernant la fabrication du verre, qui a une contribution forte sur tous les indicateurs environnementaux, les données des modules ecoinvent constituant l'ensemble du module final de production du verre datent de 1997 et sont extrapolées par ecoinvent à 2016. Ainsi, la représentativité temporelle de l'ICV issu d'ecoinvent peut être améliorée, même si un travail d'adaptation des données d'activité d'énergie, de consommations de matières et des émissions directes a été réalisé.
- La précision des distances de transport amont des autres constituants de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) pourrait être améliorée mais leur contribution sur tous les indicateurs environnementaux est faible. Ce cas est identique pour le transport amont des emballages secondaires et tertiaires.
- Les données de consommation d'énergie et de consommation de produits chimiques de la laveuse ne sont pas spécifiques au système et peuvent être améliorées, afin d'utiliser des données propres à la laveuse utilisée par J'aime Mes Bouteilles.

3. J'aime Mes Bouteilles : analyse de sensibilité

3.1. Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations et la distance entre le site de lavage et les sites de conditionnement et distribution

Dans ce scénario, on fait varier conjointement le taux de renouvellement de la bouteille (pour le système avec consigne) et les distances de transport entre le site de distribution et le site de lavage et entre le site de lavage et le site de conditionnement. Pour simplifier l'analyse, on fait l'hypothèse que ces deux distances sont égales et évoluent de la même manière, ce qui permet de **tester l'influence de la distance du site de lavage aux sites de conditionnement et distribution**, en supposant que le site de lavage est à équidistance de ces deux sites. En revanche, la distance conditionnement-magasin reste constante (pour les deux systèmes). Par conséquent, les impacts du système sans consigne restent constants dans cette analyse. A noter que l'augmentation du nombre d'utilisations de la bouteille augmente le flux de bouteilles captées, ce qui peut nécessiter, à partir d'un certain nombre de réutilisations, l'utilisation d'une machine de déconsignation. Ce passage d'une déconsignation manuelle à une déconsignation automatique n'a pas été considéré dans l'analyse de sensibilité.

En faisant varier ces deux paramètres, on peut déterminer les plages de valeurs de ces paramètres où le système avec consigne est plus performant que le système sans consigne sur l'ensemble des indicateurs, sur une partie des indicateurs, ou moins performant que le système sans consigne.

Cette analyse a été réalisée sur J'aime Mes Bouteilles qui a un fonctionnement externalisé, et représentatif des dispositifs où le lavage est fait en dehors du site de conditionnement. Dans ce dispositif, la consigne est gérée par J'aime Mes Bouteilles pour plusieurs viticulteurs, le stockage des bouteilles et le lavage se faisant via des prestataires externes.

Les plages de variation suivantes sont retenues :

- Le nombre d'utilisations de la bouteille varie de 1 à 20. Le maximum se base sur l'expérience de METEOR, où le nombre d'utilisations atteint 19,4 cycles. Dans la littérature, des ACV étudiant des dispositifs avec des nombres d'utilisations plus importants (allant jusqu'à 30 ou 35), mais nous verrons que la plage de variation retenue est suffisante au vu des résultats. Dans cette analyse, le poids de la bouteille avec et sans réemploi est le même. Or dans le cas d'un grand nombre d'utilisations, il est possible que la bouteille sans réemploi soit plus légère que la bouteille avec réemploi. Ainsi cette hypothèse est en faveur du système avec réemploi.



- La distance de transport magasin-lavage et lavage-conditionnement varie de 25 à 500 km (500 km étant la distance maximale envisageable pour la localisation du site de lavage par rapport aux sites de conditionnement et distribution).

3.2. Résultats et interprétations

Le Tableau 95 indique le nombre d'indicateurs pour lesquels la différence entre le système sans consigne et le système avec consigne est significative. Lorsque la différence pour un indicateur d'impact est significative la valeur 1 ou -1 est attribuée : -1 lorsque le système avec consigne présente un impact potentiel plus élevé que le système sans consigne (AC > SC) et 1 lorsque le système avec consigne présente un impact potentiel plus faible sur la catégorie d'impact choisie (AC < SC).

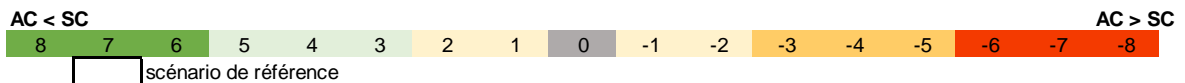
Afin de donner un premier aperçu des résultats de l'analyse, la somme des indices pour toutes les indicateurs est présentée pour chaque couple de valeurs (distance de conditionnement-magasin ; nombre d'utilisations de la bouteille). Ainsi pour une distance et un nombre d'utilisations donnés, la valeur associée à cette configuration peut varier de -8 (où tous les indicateurs sont significativement plus élevés pour le système avec consigne que le système sans consigne) à 8.

A noter qu'en aucun cas ce résultat ne se substitue à l'évaluation d'un score environnemental agrégé, mais vise à donner une indication du nombre d'indicateurs favorables (ou défavorables) au système avec consigne. Il ne s'agit donc en aucun cas d'un positionnement absolu.

Les résultats suivants sont obtenus (Tableau 95) :

Tableau 95 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations de la bouteille et les distances lavage-conditionnement et lavage-magasin : indice du nombre d'indicateurs en faveur ou défaveur du système avec consigne – dispositif J'aime Mes Bouteilles

| Distance lavage-conditionnement et lavage-magasin (km) | Nombre d'utilisations de la bouteille | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1,14 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| 25 | 0 | 5 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 50 | 0 | 5 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 100 | -1 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 200 | -2 | 0 | 2 | 2 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 300 | -3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 400 | -4 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 500 | -4 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |



Ce tableau montre que les deux paramètres étudiés ont une influence significative sur les résultats. De façon générale, et comme attendu :

- Pour une même distance lavage-conditionnement et lavage-magasin, plus le nombre d'utilisations augmente et plus le système avec consigne présente une performance environnementale favorable par rapport au système sans consigne.
- Pour un même nombre d'utilisations, lorsque les distances de transport diminuent, le système avec consigne devient plus intéressant que le système sans consigne d'un point de vue environnemental, pour les catégories d'impact étudiées.

Pour J'aime Mes Bouteilles, on constate qu'en-dessous de 100 km cumulés (i.e. 50 km pour chaque trajet), le système avec consigne est plus performant que le système sans consigne sur l'ensemble des impacts potentiels étudiés à partir de 4 utilisations.



Le Tableau 95 permet de dégager une tendance générale mais son interprétation quantifiée reste difficile, puisqu'il s'agit d'une vision consolidée sur l'ensemble des indicateurs d'impact.

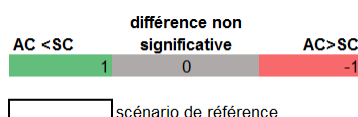
On propose donc de focaliser ci-dessous sur le potentiel de changement climatique. En effet, le taux de retour joue principalement sur la quantité de verre produite par unité fonctionnelle et donc la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre (GES) associées, et la distance de transport influe sur la quantité de carburant consommée par unité fonctionnelle. L'indicateur de potentiel de changement climatique est donc une bonne métrique pour évaluer la sensibilité de la performance environnementale des systèmes aux paramètres testés. De plus, le potentiel de changement climatique est un enjeu bien appréhendé et important pour l'ADEME.

Le Tableau 96 présente le détail des résultats pour l'indicateur sur le potentiel de changement climatique :

- La valeur -1 indique que le système avec consigne contribue plus fortement à cet indicateur que le système sans consigne de façon significative.
- La valeur 0 indique que la différence entre les deux systèmes n'est pas significative.
- La valeur 1 indique que le système avec consigne contribue plus faiblement à cet indicateur que le système sans consigne de façon significative.

Tableau 96 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations de la bouteille et les distances lavage-conditionnement et lavage-magasin : positionnement du système avec consigne sur le potentiel de changement climatique selon le nombre d'utilisations de la bouteille et la distance conditionnement-magasin –Dispositif J'aime Mes Bouteilles

| Distance lavage-conditionnement et lavage-magasin (km) | Nombre d'utilisations de la bouteille | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1,14 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| 25 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 100 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 200 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 300 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 400 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 500 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |



Sur le potentiel de changement climatique, le nombre d'utilisations nécessaires pour que le système avec consigne ait moins d'impact que le système sans consigne augmente avec la distance de transport : par exemple, le système avec consigne est significativement plus performant dès 3 utilisations lorsque les distances conditionnement-lavage et lavage-magasin ne dépassent pas 100 km cumulés (50 km par trajet). Au-delà de 300 km cumulés, le système avec consigne a un impact potentiel sur le changement climatique plus élevé que le système sans consigne quel que soit le nombre d'utilisations, sur la plage de nombre d'utilisations considérée (1-20).

4. J'aime Mes Bouteilles : conclusions et limites

4.1. Conclusions

Les conclusions suivantes peuvent être établies :

- Pour le système avec consigne, la phase la plus contributrice au bilan environnemental est la phase de fabrication, contribuant à elle seule à plus de 77 % des impacts environnementaux. La prise en compte des bénéfices du recyclage permet d'avoir un gain environnemental globalement situé entre 18 % et 48 % et au maximum de 62 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau.



- Pour le système avec consigne, la phase de lavage a une contribution modérée sur le potentiel de réchauffement climatique (7,5 %). En effet le transport des bouteilles vides du site de déconsignation vers le lavage et du lavage vers le site de conditionnement est le principal contributeur. Par manque de données, la consommation d'énergie et d'eau ont été extrapolées à partir des données du dispositif METEOR, qui est le plus robuste en termes de données spécifiques.
- Pour le système sans consigne, la phase la plus contributrice est la phase de fabrication de l'emballage ménager qui contribue à plus de 81 % sur tous les indicateurs en ne comptabilisant pas les bénéfices du recyclage. La prise en compte des bénéfices du recyclage permet d'avoir un gain environnemental globalement situé entre 16 % et 45 % et au maximum de 56 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau.
- Le système avec consigne a des impacts environnementaux équivalents au système sans consigne en tenant compte des incertitudes des résultats.
- Une analyse de sensibilité menée conjointement sur le nombre d'utilisations et la distance du site de lavage avec les sites de conditionnement et distribution a montré les points suivants :
 - ✓ Pour une même distance du site de lavage aux sites de conditionnement et distribution, plus le nombre d'utilisations augmente et plus le système avec consigne présente une performance environnementale favorable par rapport au système sans consigne.
 - ✓ Pour un même nombre d'utilisations, lorsque les distances de transport diminuent, le système avec consigne devient plus intéressant que le système sans consigne d'un point de vue environnemental, pour les catégories d'impact étudiées.
 - ✓ En-dessous de 100 km cumulés (i.e. 50 km pour chaque trajet, distance indiquée sur Tableau 95), le système avec consigne est plus performant que le système sans consigne sur l'ensemble des impacts potentiels étudiés à partir de 6 utilisations.
 - ✓ Sur le potentiel de changement climatique, le système avec consigne est significativement plus performant dès 2 utilisations lorsque les distances conditionnement lavage et lavage magasin ne dépassent pas 100 km cumulés (50 km par trajet). Au-delà de 300 km, le système avec consigne a un impact potentiel sur le changement climatique plus élevé que le système sans consigne quel que soit le nombre d'utilisations, sur la plage de nombre d'utilisations considérée (1-20).

4.2. Limites

Tout d'abord, concernant la qualité des données, l'élément principal à améliorer est la représentativité temporelle de l'ICV de production du verre. Néanmoins les données de l'ensemble du module final de production du verre datent de 1997 et sont extrapolées par ecoinvent à 2016. Ainsi, la représentativité temporelle de l'ICV issu d'ecoinvent peut être améliorée, même si un travail d'adaptation des données d'activité d'énergie, de consommations de matières et des émissions directes a été réalisé. La précision des distances de transport amont des autres constituants de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) nécessite une amélioration même si la contribution sur tous les indicateurs environnementaux est faible.

Plus généralement, le cadre de modélisation retenu pour cette étude comporte deux limites :

- Une limite du cadre de modélisation retenu est la non prise en compte des bénéfices liés au recyclage (application de la méthode des stocks) pour l'évaluation de la fin de vie des emballages tertiaires, ce qui n'est pas en phase avec le mode de comptabilisation des impacts et bénéfices pour les matériaux principaux (verre) et l'emballage secondaire (carton).



Cependant, la contribution de la fabrication des emballages tertiaires est de second ordre, donc l'utilisation de la méthode des stocks pour les emballages tertiaires est raisonnable.

- Les données de consommation d'énergie et de soude sur le lavage n'ont pas été fournies par le porteur de projet et ont été extrapolées d'un autre dispositif (METEOR).

X. Evaluation environnementale du dispositif Bout' à Bout'

1. Bout' à Bout' : données d'activité

Données à caractère confidentiel.

2. Bout' à Bout' : évaluation et interprétation de l'impact du cycle de vie

Cette section présente tout d'abord les résultats d'impact par système du dispositif Bout' à Bout' : répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie, focus sur les étapes les plus contributrices et analyse de la contribution des flux de l'inventaire. Ensuite, une comparaison est effectuée entre les deux systèmes.

Les résultats d'impact présentés et analysés dans ce chapitre sont les indicateurs environnementaux décrits précédemment au chapitre (III.8.1).

2.1. Résultats de l'analyse environnementale sur le système sans consigne

2.1.1. Résultats sur l'ensemble du cycle de vie et répartition par principale étape

Le Tableau 97 fournit les résultats de l'analyse environnementale et la contribution relative de chacune des cinq étapes du cycle de vie du système sans consigne à chacun des impacts considérés. La Figure 63 traduit ces contributions sous forme graphique.

Tableau 97 : Résultats et contribution des étapes du cycle de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout' à Bout'

| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Collecte des déchets | Fin de vie |
|--|--------------------------|-------|-------------|-----------------|--------------|----------------------|------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 401 | 511 | 5,0 | 7,0 | 31 | -152 |
| | % | | 92 % | 0,91 % | 1,3 % | 5,5 % | -28 % |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 2,60 | 3,43E+00 | 2,29E-02 | 2,37E-02 | 1,70E-01 | -1,05E+00 |
| | % | | 94 % | 0,63 % | 0,65 % | 4,7 % | -29 % |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 0,053 | 7,49E-02 | 2,47E-03 | 7,93E-05 | 1,51E-04 | -2,44E-02 |
| | % | | 97 % | 3,2 % | 0,10 % | 0,19 % | -31 % |



| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Collecte des déchets | Fin de vie |
|--|--------------------|----------|-------------|-----------------|--------------|----------------------|------------|
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 0,52 | 5,47E-01 | 6,60E-03 | 7,33E-03 | 7,08E-02 | -1,17E-01 |
| | % | | 87 % | 1,0 % | 1,2 % | 11 % | -18 % |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,73E-03 | 2,03E-03 | 3,86E-05 | 1,34E-06 | 5,15E-06 | -3,40E-04 |
| | % | | 98 % | 1,9 % | 0,065 % | 0,25 % | -16 % |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 117 | 2,32E+02 | 1,84E+00 | 2,13E-01 | 2,36E-01 | -1,17E+02 |
| | % | | 99 % | 0,79 % | 0,091 % | 0,10 % | -50 % |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 9 477 | 10 592 | 114 | 107 | 437 | -1 774 |
| | % | | 94 % | 1,0 % | 1,0 % | 3,9 % | -16 % |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 0,21 | 2,65E-01 | 3,19E-03 | 2,93E-03 | 4,59E-02 | -1,04E-01 |
| | % | | 84 % | 1,0 % | 0,93 % | 14 % | -33 % |

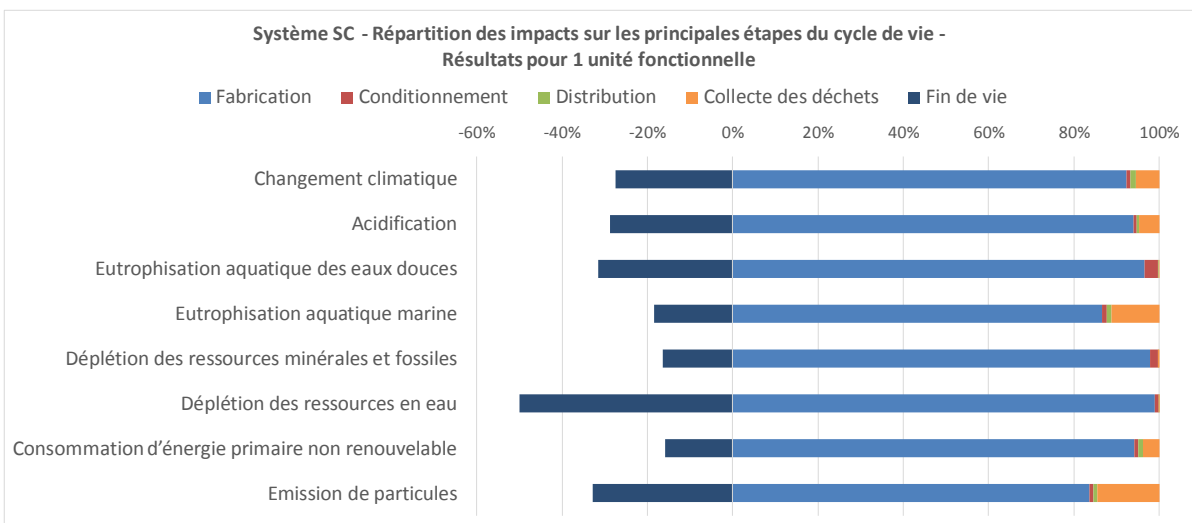


Figure 63 : Répartition des impacts sur les étapes du cycle de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Bout' à Bout'

Les observations suivantes peuvent être faites :

- L'étape de fabrication de l'emballage ménager est responsable d'au moins 84 % des impacts du cycle de vie du système sans consigne, sur tous les indicateurs environnementaux. Mais, considérant la fabrication et la fin de vie, ces deux étapes représentent au moins 49 % des impacts sur tous les indicateurs environnementaux. Il est plus pertinent de considérer ces deux étapes ensemble lors de l'interprétation des résultats,



la méthode de prise en compte des bénéfices du recyclage fournissant des résultats sur l'ensemble de la production et de la gestion en fin de vie des matériaux.

- L'étape de collecte des déchets contribue à 14 % sur l'indicateur émissions de particules, à 11 % sur le potentiel d'eutrophisation marine et à 5,5 % sur le potentiel de réchauffement climatique. Cette contribution correspond majoritairement à l'impact du transport de la bouteille en verre du centre de transfert vers le recycleur. En effet, la distance est plutôt élevée (229 km).
- La phase de distribution (transport du site de conditionnement vers le magasin) ne contribue pas significativement aux impacts du système sans consigne (elle contribue au maximum à 1,2 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique marine). En effet, la distance moyenne de transport est plutôt faible (inférieure à 50 km) entre le site de conditionnement et le magasin comparativement aux autres étapes de transport.
- L'étape de conditionnement a une très faible contribution sur tous les indicateurs environnementaux, moins de 2 %, excepté pour le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces (3,2 %). En effet, le conditionnement des bouteilles est assuré uniquement par des emballages tertiaires (film, intercalaires et palette) et non des emballages secondaires, ce qui engendre un faible impact, puisque les emballages tertiaires peuvent contenir un grand nombre de bouteilles.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre représentent 50 % du potentiel de déplétion des ressources en eau, 31 % du potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces et 33 % sur l'indicateur d'émissions de particules. Le bénéfice environnemental est issu principalement du recyclage de la bouteille en verre.

Des analyses plus détaillées sont réalisées ci-dessous sur les étapes principalement contributrices aux impacts : étape de fabrication (emballage ménager) et étape de fin de vie d'une part et étape de collecte des déchets d'autre part.

2.1.2. Focus sur l'étape de fabrication (emballage ménager) et sur la fin de vie

Le Tableau 98 et la Figure 64 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de fabrication de l'emballage ménager sous forme chiffrée puis graphique avec la contribution de la fin de vie. En effet, l'étape de production et la fin de vie doivent être considérées ensemble vu qu'on prend en compte les bénéfices liés au recyclage avec une méthode considérant les phases de production et gestion en fin de vie des matériaux dans leur ensemble. Il est donc plus pertinent d'étudier ces deux postes simultanément :

Tableau 98 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout' à Bout'

| Catégorie d'impact | Unité | Productio n de la bouteille | Productio n de l'étiquette | Productio n de la colle | Productio n du bouchon | Transport de l'emballag e ménager | Traitemen t de l'emballag e ménager |
|---|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|--|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 456 | 0,92 | 0,44 | 45 | 8,2 | -153 |
| Acidification | mole H+ émis | 3,15E+00 | 5,49E-03 | 1,64E-03 | 2,46E-01 | 2,77E-02 | -1,04E+00 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 4,58E-02 | 6,16E-04 | 6,01E-05 | 2,83E-02 | 9,25E-05 | -2,31E-02 |



| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|--|--------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 4,91E-01 | 1,55E-03 | 2,79E-04 | 4,56E-02 | 8,55E-03 | -1,15E-01 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,85E-03 | 1,87E-05 | 5,89E-07 | 1,55E-04 | 1,56E-06 | -3,18E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 1,93E+02 | 1,40E+00 | 2,93E-01 | 3,71E+01 | 2,48E-01 | -1,17E+02 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 9 584 | 15 | 16 | 851 | 125 | -1 770 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 2,39E-01 | 2,47E-03 | 1,82E-04 | 1,96E-02 | 3,42E-03 | -1,02E-01 |

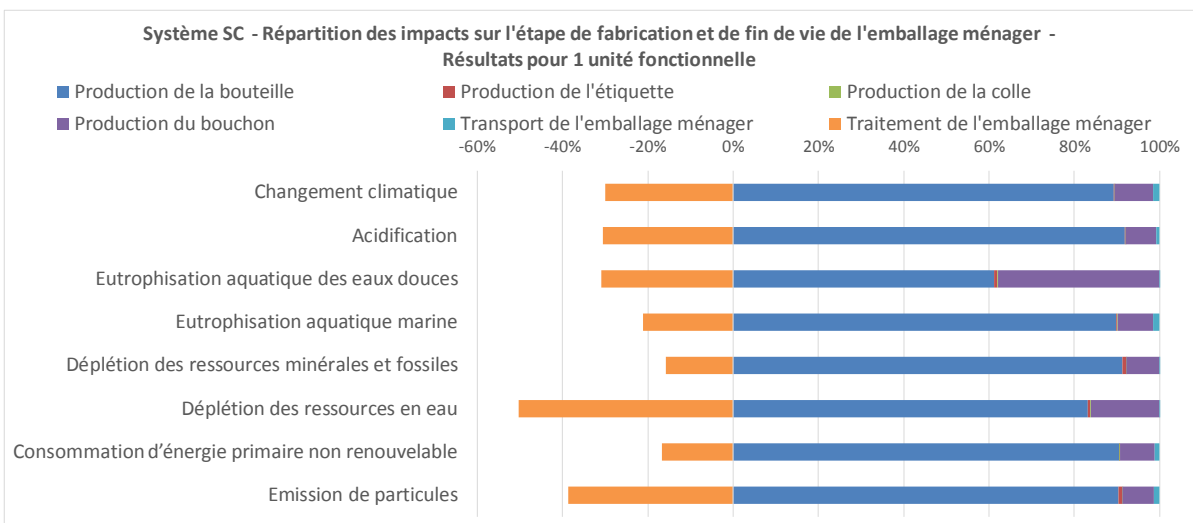


Figure 64 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l'emballage ménager et de sa fin de vie pour le système sans consigne (SC) – dispositif Bout' à Bout'

Les observations suivantes peuvent être faites :

- La production de la bouteille en verre (vierge) est responsable d'au moins 61 % des impacts de la fabrication du système sans consigne, sur tous les indicateurs environnementaux.
- La production du bouchon en liège est le contributeur secondaire sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces (38 %) et sur le potentiel de déplétion des ressources en eau (16 %), mais cette contribution reste faible par rapport à la production du verre.



- Le transport amont des constituants de l'emballage ménager contribue significativement moins aux impacts de la phase de fabrication que la production du verre, notamment sur le potentiel d'eutrophisation aquatique marine (1,6 %), sur le potentiel de changement de climat (1,6 %) et sur l'indicateur émissions de particules (1,3 %).
- La production de l'étiquette et de la colle avec une très faible masse par UVC représente moins d'1 % d'impact sur tous les indicateurs environnementaux.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre représentent 50 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau, 31 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces, 39 % sur l'indicateur émissions de particules et 30 % sur le potentiel de réchauffement climatique. Le bénéfice environnemental est issu principalement du recyclage de la bouteille en verre.

2.1.3. Focus sur l'étape de collecte des déchets

Le Tableau 99 et la Figure 65 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de collecte des déchets sous forme chiffrée puis graphique :

Tableau 99 : Résultats et contribution de l'étape de collecte des déchets du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout' à Bout'

| Catégorie d'impact | Unité | Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur |
|---|--------------------------|--|---|--|--|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 2,8 | 28 | 5,09E-02 | 0,11 |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 1,69E-02 | 1,53E-01 | 1,73E-04 | 4,06E-04 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 7,39E-06 | 1,42E-04 | 5,77E-07 | 1,25E-06 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 7,27E-03 | 6,33E-02 | 5,34E-05 | 1,33E-04 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 4,48E-07 | 4,67E-06 | 9,77E-09 | 2,11E-08 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | -1,21E-03 | 2,40E-01 | 1,55E-03 | 3,34E-03 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 39 | 396 | 0,78 | 1,7 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 5,19E-03 | 4,06E-02 | 2,13E-05 | 4,99E-05 |



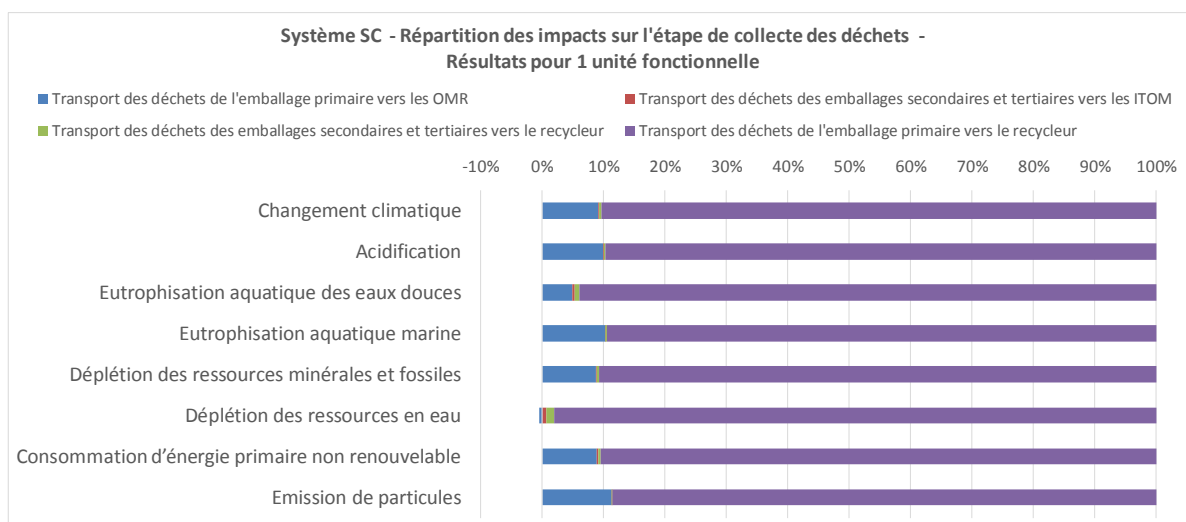


Figure 65 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de collecte des déchets pour le système sans consigne (SC) – dispositif Bout' à Bout'

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Le transport des déchets de l'emballage primaire lors de la collecte du centre de tri/transfert vers le recycleur est le premier poste contributeur, avec plus de 89 % sur tous les indicateurs environnementaux. En effet, la distance et le poids transporté (le verre représente la masse principale transportée par rapport aux emballages secondaires ou tertiaires ramenée à l'unité fonctionnelle) sont élevés pour ce trajet (229 km).
- Le deuxième poste le plus contributeur concerne le transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR. Ce poste est responsable à 11 % des impacts sur l'indicateur émission des particules, à 10 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique marine et à 9,9 % sur le potentiel d'acidification. Le léger bénéfique (0,5 %) apporté par cette étape au niveau de la déplétion des ressources en eau provient du rejet d'eau douce lors de l'extraction du pétrole pour la production de carburant. Lors de l'extraction du pétrole, une grande quantité d'eau salée est prélevée, puis rejetée sous forme d'eau douce. Pour un litre d'eau salée prélevée, 0,85 litres d'eau douce sont rejetés dans l'environnement. À noter que cet indicateur ne tient pas compte de la qualité de l'eau rejetée. Ici, de nombreuses substances chimiques sont également rejetées en même temps que l'eau douce.
- Le transport des déchets d'emballages tertiaires vers les ITOM et vers les recycleurs possède une très faible contribution (moins d'1,4 % sur tous les indicateurs environnementaux).

2.1.4. Flux élémentaires principaux contribuant aux impacts

L'analyse présentée dans ce paragraphe a pour objectif de relier les résultats d'inventaire aux résultats d'impact. Alors que les paragraphes précédents s'intéressaient principalement aux procédés les plus contributeurs aux impacts, l'analyse suivante permet d'avoir une compréhension fine des sources d'impact (i.e. en termes de substances ponctionnées ou émises dans l'environnement), et des procédés (activités) auxquels ces sources d'impact sont liées.

Le Tableau 100 présente les flux élémentaires de l'inventaire du cycle de vie les plus contributeurs aux impacts du système avec consigne :



Tableau 100 : Analyse des flux contributeurs du système sans consigne par catégorie d'impact – dispositif Bout' à Bout'

| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|--|
| Changement climatique | <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de CO₂ fossile : Ce sont les émissions directes de la fabrication du verre. Cela concerne la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre. De plus, une part des émissions de CO₂ provient de la décarbonatation des matières premières en four verrier. • Emissions de méthane liées à l'utilisation de gaz naturel lors de la production du verre. Elles sont principalement causées par les fuites du réseau d'approvisionnement en gaz |
| Acidification | <p>Les émissions de SO₂, d'oxydes d'azote et d'ammoniac, principales causes du potentiel d'acidification, sont issues de l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Les émissions de SO₂ sont issues de la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre</p> |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | <p>Les émissions de phosphates dans l'eau sont les plus importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Elles sont produites principalement lors de la fabrication du carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> |
| Eutrophisation aquatique marine | <p>Les émissions d'oxydes d'azote dans l'air sont les plus importantes uniquement sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager, lors de la consommation d'énergie via la combustion de gaz dans les fours pour la production du verre.</p> |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | <p>La consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) est un des principaux flux contributeurs.</p> <p>La consommation d'indium contribue également de façon significative aux impacts, via la consommation de produits chimiques pour la production du verre. Pour préparer ces produits, du zinc est utilisé, or l'indium est un coproduit de l'extraction du zinc.</p> |
| Déplétion des ressources en eau | <p>La production de carbonate de sodium et de silice, qui sont des matières premières pour la fabrication du verre, est responsable de la déplétion des ressources en eau.</p> |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | <p>La consommation de pétrole, la combustion de gaz et la consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) sont les principaux contributeurs, notamment sur l'étape de production de l'emballage ménager.</p> |
| Émissions de particules | <p>La production de carbonate de sodium (matière première du verre) et la fabrication du verre sont responsables des émissions de particules les plus significatives.</p> |



Les flux contribuant aux impacts correspondent majoritairement à la fabrication du verre du système sans consigne.

2.2. Résultats de l'analyse environnementale sur le système avec réemploi/réutilisation

2.2.1. Résultats sur l'ensemble du cycle de vie et répartition par principale étape

Le Tableau 101 fournit les résultats de l'analyse environnementale du système avec réemploi/réutilisation et la contribution relative de chacune des six étapes du cycle de vie du système avec consigne à chacun des enjeux environnementaux considérés. Pour rappel, aucun procédé n'a été considéré pour la déconsignation manuelle. La Figure 66 traduit ces contributions sous forme graphique.

Tableau 101 : Résultats et contribution relative des principales étapes du cycle de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout' à Bout' - 4,75 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Consommation | Lavage | Collecte des déchets | Fin de vie |
|--|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|--------------|----------|----------------------|------------|
| Changement climatique | kg éq. CO2 | 230 | 145 | 7,2 | 7,0 | 0,088 | 91 | 6,6 | -26 |
| | % | | 57 % | 2,8 % | 2,7 % | 0,034 % | 35 % | 2,6 % | -10 % |
| Acidification | mole H+ émis | 1,00E+00 | 9,25E-01 | 3,26E-02 | 2,37E-02 | 3,23E-04 | 2,09E-01 | 3,66E-02 | -2,24E-01 |
| | % | | 75 % | 2,7 % | 1,9 % | 0,026 % | 17 % | 3,0 % | -18 % |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 3,76E-02 | 3,87E-02 | 2,73E-03 | 7,93E-05 | 9,95E-07 | 2,15E-03 | 3,38E-05 | -6,03E-03 |
| | % | | 89 % | 6,3 % | 0,18 % | 0,0023 % | 4,9 % | 0,077 % | -14 % |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 2,11E-01 | 1,53E-01 | 8,16E-03 | 7,33E-03 | 1,05E-04 | 4,71E-02 | 1,52E-02 | -2,04E-02 |
| | % | | 66,3 % | 3,5 % | 3,2 % | 0,05 % | 20,4 % | 6,6 % | -8,8 % |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 6,16E-04 | 5,65E-04 | 4,34E-05 | 1,34E-06 | 1,69E-08 | 9,33E-05 | 1,12E-06 | -8,80E-05 |
| | % | | 80 % | 6,2 % | 0,19 % | 0,0024 % | 13 % | 0,16 % | -13 % |
| Déplétion des ressources en eau | m3 éq. | 69 | 7,95E+01 | 2,95E+00 | 2,13E-01 | 2,66E-03 | 1,16E+01 | 5,48E-02 | -2,49E+01 |
| | % | | 84 % | 3,1 % | 0,23 % | 0,003 % | 12 % | 0,06 % | -26 % |
| Consommation d'énergie | MJ | 4 493 | 2 936 | 185 | 107 | 1,354 | 1 546 | 95,0 | -378 |
| | % | | 60 % | 3,8 % | 2,2 % | 0,028 % | 32 % | 1,9 % | -7,8 % |



| Catégorie d'impact | Unité | Total | Fabrication | Conditionnement | Distribution | Consommation | Lavage | Collecte des déchets | Fin de vie |
|---------------------------|---------------|----------|-------------|-----------------|--------------|--------------|----------|----------------------|------------|
| primaire non renouvelable | | | | | | | | | |
| Émissions de particules | kg équ. PM2.5 | 8,41E-02 | 7,36E-02 | 4,15E-03 | 2,93E-03 | 3,29E-05 | 1,66E-02 | 9,77E-03 | -2,31E-02 |
| | % | | 69 % | 3,9 % | 2,7 % | 0,031 % | 16 % | 9,1 % | -22 % |

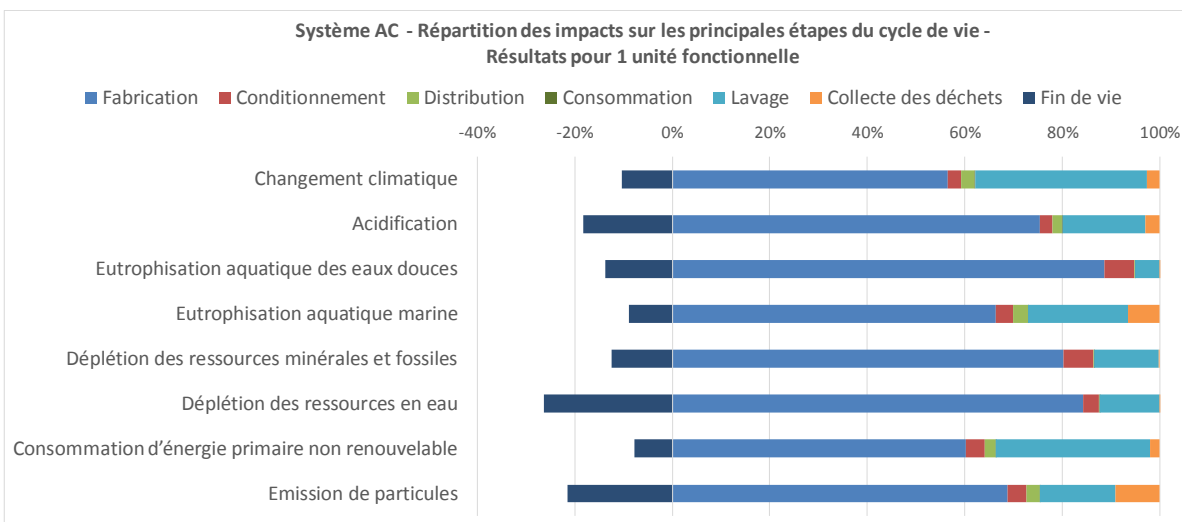


Figure 66 : Répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Bout' à Bout'

Les observations suivantes peuvent être faites :

- L'étape de fabrication est le poste le plus contributeur et responsable à elle seule d'au moins 57 % des impacts du cycle de vie du système avec consigne, sur tous les indicateurs environnementaux. En considérant la fabrication et la fin de vie, cela représente au moins 46 % des impacts sur tous les indicateurs environnementaux. Il est aussi pertinent de ne pas dissocier les deux étapes de cycle de vie en raison de l'approche de fin de vie appliquée qui considère les phases de production et de gestion en fin de vie des matériaux dans leur ensemble.
- L'étape de lavage contribue à elle seule sur les impacts environnementaux à 35 % sur le potentiel de réchauffement climatique, puis à 32 % sur l'indicateur consommation d'énergie primaire non renouvelable et à 20 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique marine. En effet, cette étape est contributrice puisque le transport des bouteilles vides vers le stockage, puis vers le lavage et vers le conditionnement est considéré à cette étape. Les autres indicateurs contribuent à moins de 20 %.
- L'étape de collecte des déchets est le troisième contributeur sur l'indicateur émission de particules (9,1 %) et sur le potentiel d'eutrophisation aquatique marine (6,6 %). Sur les autres indicateurs, les impacts sont faibles (moins de 3 %).
- La phase de conditionnement ne contribue pas significativement aux impacts du système avec consigne (moins de 4 % des impacts), excepté sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces (6,3 %) et le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles (6,2 %).
- L'étape de distribution (transport du site de conditionnement vers le magasin) contribue à 3,2 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique marine, à 2,7 % sur le potentiel de réchauffement climatique et à 2,7 % sur l'indicateur émissions de particules. Les autres indicateurs ont une contribution de second ordre (moins de 2 %).



- La phase de consommation contribue très faiblement également avec moins de 0,1 % sur tous les indicateurs environnementaux.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage de la bouteille en verre représentent 26 % du potentiel de déplétion des ressources en eau et 22 % de l'indicateur émissions de particules. Le bénéfice environnemental est issu principalement du recyclage de la bouteille en verre.

Des analyses plus détaillées sont réalisées ci-dessous sur les étapes principalement contributrices aux impacts : l'étape de fabrication (emballage ménager) et l'étape de lavage.

2.2.2. Focus sur l'étape de fabrication (emballage ménager) et sur la fin de vie

Le Tableau 102 et la Figure 67 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et de la fin de vie sous forme chiffrée puis graphique :

Tableau 102 : Résultats et contribution de l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur la fin de vie du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout' à Bout' - 4,75 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Production de la bouteille | Production de l'étiquette | Production de la colle | Production du bouchon | Transport de l'emballage ménager | Traitement de l'emballage ménager |
|---|------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 96 | 0,92 | 0,44 | 45 | 2,4 | -29 |
| Acidification | mole H+ émis | 6,63E-01 | 5,49E-03 | 1,64E-03 | 2,46E-01 | 8,14E-03 | -2,20E-01 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 9,65E-03 | 6,16E-04 | 6,01E-05 | 2,83E-02 | 2,72E-05 | -4,72E-03 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 1,03E-01 | 1,55E-03 | 2,79E-04 | 4,56E-02 | 2,52E-03 | -1,96E-02 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 3,90E-04 | 1,87E-05 | 5,89E-07 | 1,55E-04 | 4,60E-07 | -6,63E-05 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 4,07E+01 | 1,40E+00 | 2,93E-01 | 3,71E+01 | 7,30E-02 | -2,45E+01 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 2 017 | 15 | 16 | 851 | 37 | -375 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 5,03E-02 | 2,47E-03 | 1,82E-04 | 1,96E-02 | 1,01E-03 | -2,16E-02 |



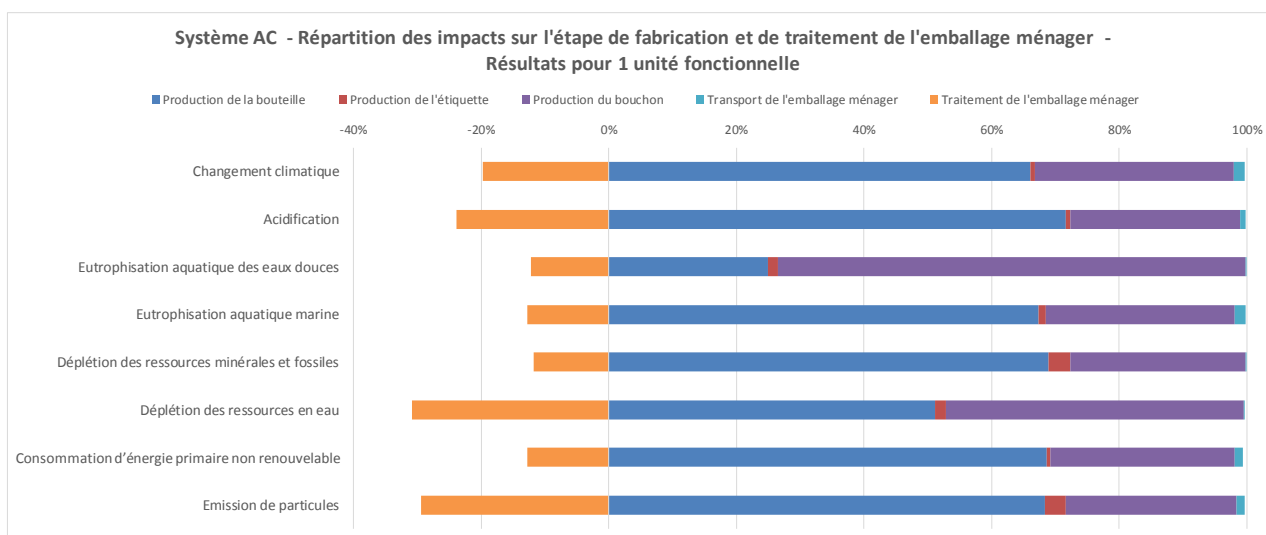


Figure 67 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fabrication de l'emballage ménager et de la fin de vie pour le système avec consigne (AC) – dispositif Bout' à Bout'

Les analyses et observations sont similaires à celles réalisées sur la fabrication de l'emballage ménager pour le système sans consigne. Le poste le plus contributeur est la fabrication de la bouteille en verre. Cette fois-ci, la production de bouchon a une forte contribution sur le potentiel d'eutrophisation des eaux douces (73 %) et sur le potentiel de déplétion des ressources en eau (47 %). Cette fois-ci, la contribution aux impacts de la production du bouchon ressort davantage que pour le système sans consigne car contrairement à la bouteille en verre le bouchon n'est pas réutilisé donc il faut en produire 1333 par UF, d'où une contribution proportionnellement plus importante que pour le système sans consigne.

2.2.3. Focus sur l'étape de lavage

Le Tableau 103 et la Figure 68 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de lavage de l'emballage ménager sous forme chiffrée puis graphique :

Tableau 103 : Résultats et contribution de l'étape de lavage du système avec consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout' à Bout' - 4,75 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Consommation d'électricité | Consommation et traitement de l'eau | Production de soude | Production du solvant | Traitement de l'étiquette | Transport Déconsignation - Lavage | Transport Lavage - Conditionnement |
|---|--------------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 1,5 | 1,16E-01 | 0,76 | 6,28E-04 | 1,71E-03 | 21 | 67 |
| Acidification | mole H ⁺ émis | 7,09E-03 | 1,58E-03 | 4,38E-03 | 3,68E-06 | 4,43E-07 | 5,50E-02 | 1,40E-01 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 2,31E-04 | 3,54E-04 | 5,64E-04 | 4,93E-07 | 1,17E-08 | 2,39E-04 | 7,57E-04 |



| Catégorie d'impact | Unité | Consommation d'électricité | Consommation et traitement de l'eau | Production de soude | Production du solvant | Traitement de l'étiquette | Transport Déconsignation - Lavage | Transport Lavage - Conditionnement |
|--|--------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 1,48E-03 | 6,28E-03 | 7,45E-04 | 5,39E-07 | 2,20E-06 | 1,34E-02 | 2,52E-02 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 6,48E-05 | 4,47E-06 | 7,11E-06 | 2,95E-08 | 2,06E-10 | 4,07E-06 | 1,29E-05 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 1,58 | 6,4 | 8,66E-01 | 5,23E-02 | 2,79E-05 | 6,41E-01 | 2,03E+00 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 174 | 2,2 | 14 | 1,18E-02 | 4,45E-04 | 326 | 1 030 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | 6,17E-04 | 7,41E-05 | 3,67E-04 | 2,70E-07 | 3,42E-08 | 4,37E-03 | 1,12E-02 |

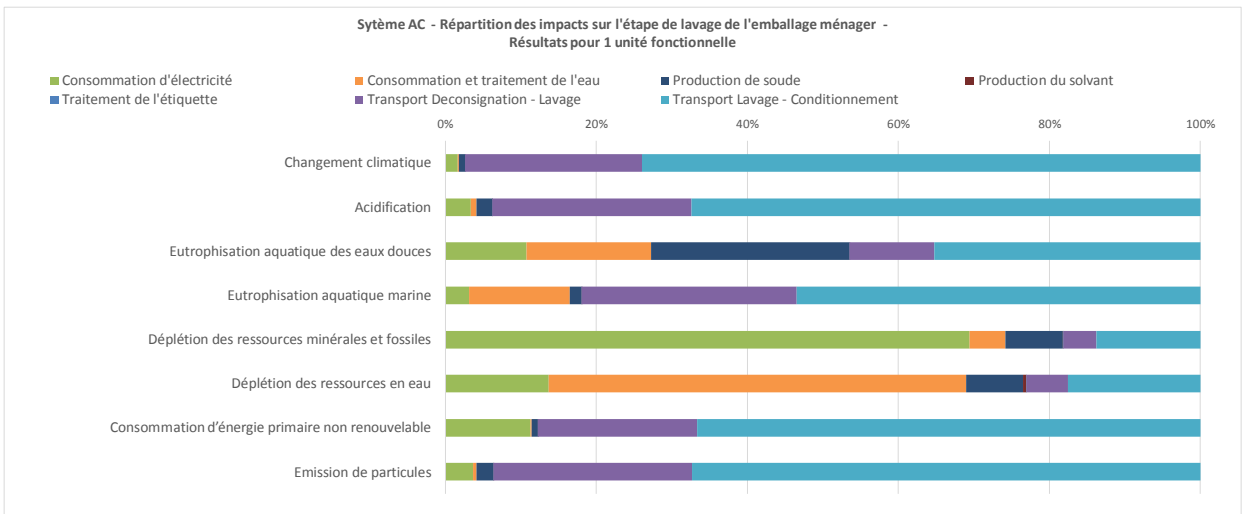


Figure 68 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de lavage de l'emballage ménager pour le système avec consigne (AC) – dispositif Bout' à Bout'

Les observations suivantes peuvent être réalisées :

- Le transport lavage conditionnement et le transport déconsignation lavage sont les postes les plus contributeurs de l'étape de lavage (plus de 82 % des impacts en comptabilisant les deux postes sur tous les indicateurs environnementaux), excepté sur le potentiel d'eutrophisation des eaux douces (46 %), sur le potentiel de déplétion des ressources en eau (23 %) et sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles (18 %). Le transport lavage-conditionnement contribue plus que le transport déconsignation-lavage.



En effet, les bouteilles lavées reviennent au site de stockage avant de repartir au site de conditionnement (distance de 89 km au total pour le trajet lavage-conditionnement contre 50 km pour le trajet déconsignation-lavage).

- La consommation d'eau contribue à plus de 55 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau et à plus de 17 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces.
- La consommation d'électricité est le poste le plus contributeur sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles (près de 69 %).
- La production de soude présente un impact environnemental de 26 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces.
- Enfin, la production de solvant pour l'utilisation de soude et le traitement de l'étiquette papier ont un impact très faible sur tous les indicateurs (moins de 0,5 %, respectivement).

2.2.4. Flux élémentaires principaux contribuant aux impacts

Le Tableau 104 présente les flux élémentaires de l'inventaire du cycle de vie les plus contributeurs aux impacts du système avec consigne.

Tableau 104 : Analyse de la contribution des flux du système avec consigne par catégorie d'impact – dispositif Bout' à Bout'

| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|---|
| Changement climatique | <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de CO₂ fossile : émissions directes issues du module de fabrication du verre. Cela concerne la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre. De plus, une part des émissions de CO₂ provient de la décarbonatation des matières premières en four verrier • Emissions de méthane correspondant à l'utilisation de gaz naturel pour la production du verre <p>Les émissions suivantes sont importantes sur l'étape lavage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de CO₂ fossile • Emissions de méthane <p>Cela correspond aux camions routiers entre la déconsignation-le lavage puis le lavage-conditionnement liées à la consommation de carburant.</p> |
| Acidification | <p>Les émissions de SO₂ et d'oxydes d'azote, principales causes du potentiel d'acidification, sont issues de l'étape de fabrication de l'emballage ménager. Les émissions de SO₂ sont dues à la combustion de gaz pour la production de verre tandis que les émissions d'oxydes d'azotes proviennent de la fabrication de carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> <p>Sur le lavage, les émissions de SO₂ et de d'oxydes d'azote sont causées par les camions routiers entre la déconsignation-le lavage puis le lavage-conditionnement liées au consommation de carburant.</p> |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | <p>Les émissions de phosphates dans l'eau sont les plus importantes uniquement sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager.</p> <p>Elles proviennent principalement du lixiviat de l'extraction de la lignite utilisée pour produire l'électricité, qui servira à la fabrication du bouchon en liège.</p> |



| Catégorie d'impact | Flux les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|--|
| | Les phosphates sont également émis lors de la production de carbonate de sodium, qui est une matière première du verre |
| Eutrophisation aquatique marine | <p>Les émissions d'oxyde d'azote dans l'air sont importantes sur l'étape de fabrication de l'emballage ménager et sur l'étape de lavage :</p> <p>Les émissions d'oxyde d'azote ont lieu lors de la fabrication du verre, lors de la consommation d'énergie dans les fours.</p> <p>Sur le lavage, les émissions d'oxydes d'azote sont causés par les camions routiers entre la déconsignation-le lavage puis le lavage-conditionnement liées à la consommation de carburant.</p> |
| Déplétion des ressources en eau | La production de carbonate de sodium et de silice, qui sont des matières premières pour la fabrication du verre, ainsi que la consommation d'eau pour la production du bouchon en liège, est responsable de la déplétion des ressources en eau. |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | <p>La consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) est le premier flux contributeur aux impacts.</p> <p>La consommation d'indium contribue également de façon significative, via la consommation de produits chimiques utilisés pour la production du verre et le silicone utilisé pour la production des bouchons en liège. Pour préparer ces produits, du zinc est utilisé, or l'indium est un coproduit de l'extraction du zinc.</p> |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | La combustion de gaz pour l'électricité (mix électrique français) pour la fabrication de l'emballage primaire et la consommation de pétrole pour la fabrication du verre sont les principaux responsables de ces impacts. Sur le lavage, c'est la consommation de carburant des camions routiers qui est responsable des impacts. |
| Emissions de particules | <p>La production de carbonate de sodium (matière première du verre) et la fabrication du verre sont responsables des émissions de particules les plus significatives. La production du bouchon en liège contribue également de façon significative aux émissions de particules.</p> <p>Sur le lavage l'émission de particules est issue du transport en camions routiers.</p> |

Les principales sources d'impact sont liées à la production de la bouteille en verre (production de calcin) et du bouchon en liège. Concernant la phase de lavage, ce sont les flux liés à la consommation de carburant liée aux différentes étapes de transport entre le site de déconsignation et le site de lavage.

2.3. Comparaison des systèmes avec et sans consigne

2.3.1. Introduction sur la présentation des résultats

Les résultats comparatifs du système avec et sans consigne en histogramme sont présentés en valeurs relatives, la référence (100 %) correspondant à l'impact total du cycle de vie du système sans consigne pour l'enjeu environnemental considéré.



2.3.2. Comparaison des impacts des deux systèmes sur tous les indicateurs

Le Tableau 105 fournit l'impact sur le cycle de vie du système avec et sans consigne pour chaque enjeu environnemental considéré :

Tableau 105 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout' à Bout'

| Catégorie d'impact | Unité | Système à usage unique sans consigne | Système avec réemploi/réutilisation- 4,75 cycles | Écart significatif ? |
|--|------------------------|--------------------------------------|--|----------------------|
| Changement climatique | kg eq. CO ₂ | 401 | 230 | oui |
| Acidification | mole H+ émis | 2,6 | 1,0 | oui |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 5,3E-02 | 3,8E-02 | non |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 5,2E-01 | 2,1E-01 | oui |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,7E-03 | 6,2E-04 | oui |
| Déplétion des ressources en eau | éq. m ³ | 1,2E+02 | 6,9E+01 | non |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 9 477 | 4 493 | oui |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | 2,13E-01 | 8,41E-02 | non |

L'évaluation de l'incertitude suivant la méthode présentée au §IV.3.2§I.3.2 conduit à constater, comme présenté dans le tableau ci-dessus, que **l'ensemble des écarts sont significatifs, excepté pour 3 indicateurs (potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces, de déplétion des ressources en eau et d'émissions des particules)**. L'histogramme (Figure 69) présente les résultats du système sans consigne en référence par rapport au système avec consigne.



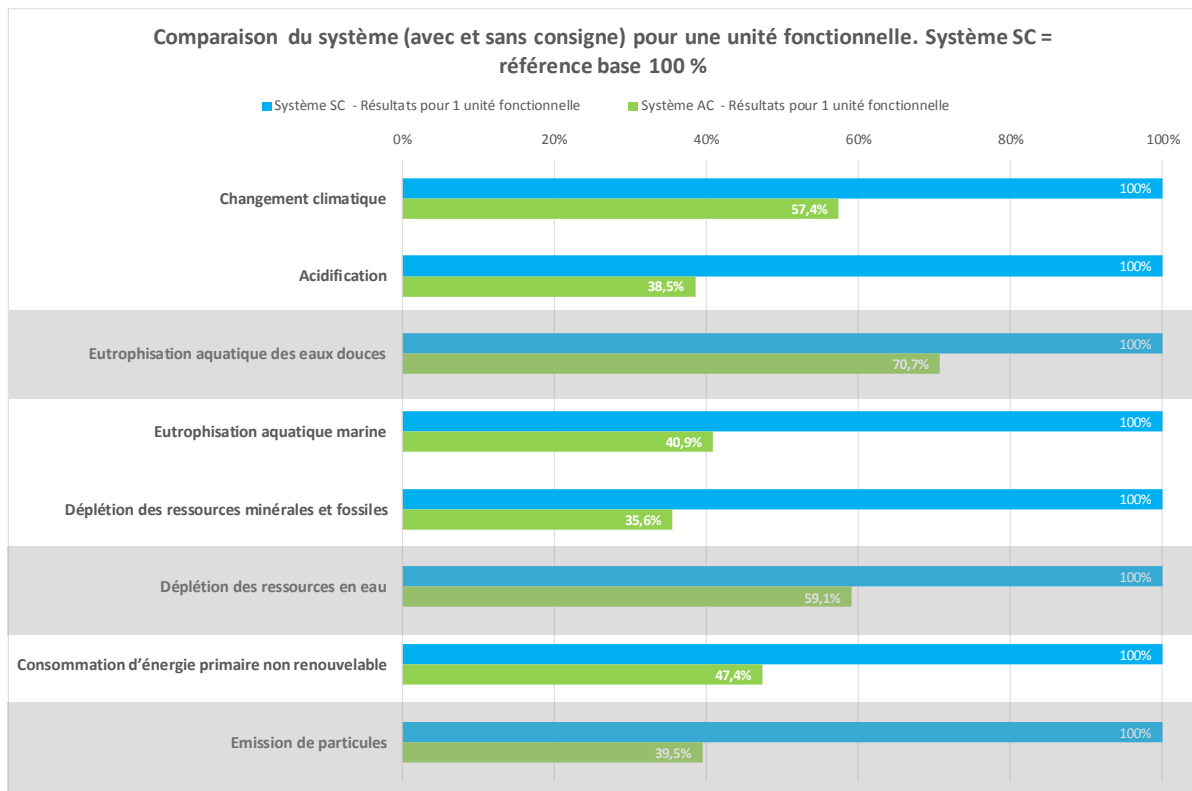


Figure 69 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – Tenant compte de l'incertitude sur les résultats, les écarts sur 5 indicateurs sur 8 sont jugés significatifs – dispositif Bout' à Bout'

Le système avec consigne est significativement plus favorable au point de vue environnemental que le système sans consigne sur 5 des 8 indicateurs considérés. Sur les 3 autres indicateurs, la performance environnementale des 2 systèmes est jugée équivalente. L'écart est le plus important sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles, puis sur le potentiel d'acidification.

La Figure 70 présente les résultats du système avec et sans consigne par étape du cycle de vie. Pour rappel, certaines étapes sont propres au système avec consigne, comme la consommation, le lavage et la déconsignation.



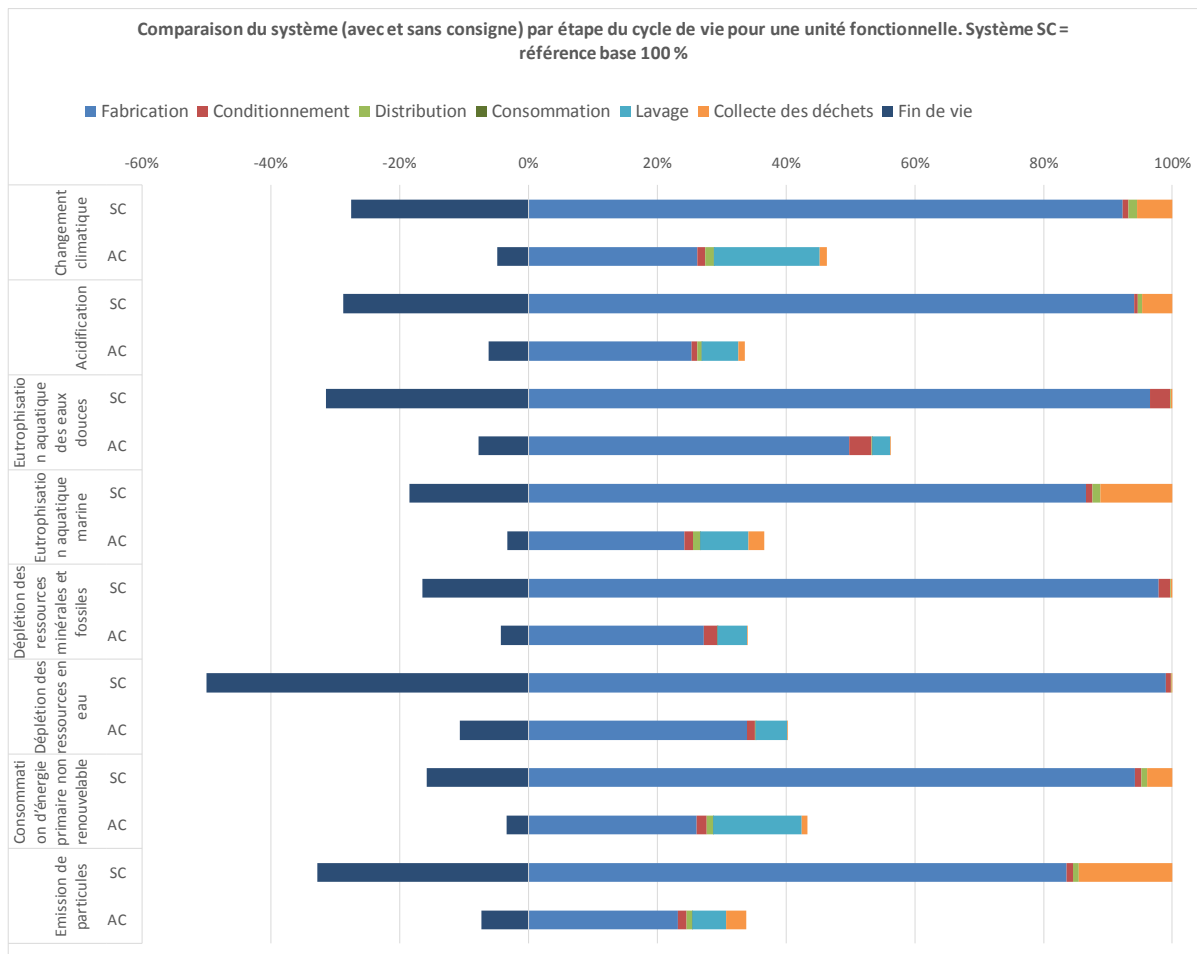


Figure 70 : Comparaison des impacts sur les principales étapes du cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour une unité fonctionnelle – dispositif Bout' à Bout' - 4,75 cycles

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Pour toutes les catégories d'impact, la contribution absolue de l'étape de fabrication de l'emballage ménager du système sans consigne est supérieure aux impacts du cycle de vie du système avec consigne. Pour cette étape du cycle de vie, le nombre d'utilisations de la bouteille en verre est le facteur qui conditionne les écarts entre les deux systèmes et qui induit un bénéfice environnemental pour le système avec consigne en comparaison avec le système sans consigne.
- L'étape de conditionnement est un très faible enjeu environnemental sur tous les indicateurs environnementaux, excepté le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces et le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles.
- Sur l'étape de distribution (transport de la bouteille du site de conditionnement vers le magasin), la contribution absolue des deux systèmes est similaire puisque l'emballage ménager et les emballages tertiaires sont identiques. En effet, la réutilisation de la bouteille n'est pas un facteur de différenciation sur cette étape du cycle. Il est nécessaire de transporter 1 333 bouteilles par unité fonctionnelle pour les deux systèmes.
- Concernant la collecte, la différence entre les deux systèmes est liée au nombre d'utilisations de la bouteille. En effet, la réutilisation permet d'éviter la production de déchet par rapport à un système sans consigne. Plus le nombre de réutilisations est élevé, plus les impacts sur la collecte et la fin de vie seront réduits.

En conclusion, sur 5 des 8 catégories d'impacts environnementaux potentiels analysées, le système avec consigne présente un bénéfice environnemental par rapport au système sans consigne. Sur 3 indicateurs, les écarts ne sont pas significatifs.



2.4. Évaluation de la qualité des données

Les données brutes et données d'inventaire sont évaluées selon les critères présentés au paragraphe IV.4.2. On s'intéresse à toutes les phases du cycle de vie.

Le tableau ci-dessous présente les acronymes utilisés pour définir les catégories d'impacts utilisées dans l'évaluation de la qualité des données.

| Acronyme | Catégorie d'impact |
|----------|--|
| CC | Changement climatique |
| EP | Émissions de particules |
| Ac | Acidification |
| Eut.T | Eutrophisation aquatique des eaux douces |
| Eut.M | Eutrophisation aquatique marine |
| Drmf | Déplétion des ressources minérales et fossiles |
| Dre | Déplétion des ressources en eau |
| Cep | Consommation d'énergie primaire non renouvelable |

A noter que dans cette analyse de la qualité des données, on considère les impacts potentiels liés à l'étape de production et de fin de vie de façon séparée : les bénéfices et impacts dus au recyclage du verre ne sont pas inclus dans l'étape de production. Ainsi dans ce tableau, les contributions en relatif des autres étapes, notamment le lavage, sont minimisées.



2.4.1. Système sans consigne

| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | | |
|---|--|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-----------------------------|--|--------------------|---------------------|-------------|---|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 1 - Fabrication de l'emballage ménager | | | | | | | | | | | | | |
| Production du verre | Consommation d'énergie | 1 | Eut. T,Cep, Drmf | | | | | | | | | | |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | [VERRE09] permet de réaliser une bonne extrapolation de la consommation d'énergie, des émissions dans l'air de la production du verre à 0 % de calcin | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green [DE] production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| | Emissions dans l'air, de Nox et de poussières | 1 | CC, Ac, Eut.M, EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | N/A | N/A | N/A | |
| | Extraction des matières premières constituant le verre | 1 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | Sur la quantité des matières premières, nous connaissons le rendement entre un kilogramme de verre vierge à 0 % de calcin et de verre recyclé à 100 % de calcin, ce qui permet d'adapter la quantité de matières premières | 2 | 2 | 2 | Le module "Solid unbleached board [GLO] market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green [DE] production Alloc Rec, U" a été supprimé |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport du verre | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | La distance de transport amont du verre a été fournie par Bout à Bout. De plus, la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Production des autres matières premières | Production des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 1 | Eut. T, Dre | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | Les quantités des emballages constituant l'emballage primaire ont bien été fournies par Bout à Bout mais cela se base sur un système fictif sans consigne | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles. |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages constituant l'emballage primaire n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| 2 - Conditionnement | | | | | | | | | | | | | |
| Production des emballages secondaires ou tertiaires | | 2 | Eut.T | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | Les quantités de matériaux des emballages secondaires et tertiaires constituant l'emballage primaire ont bien été confirmées par Bout à Bout mais cela se base sur un système fictif | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles sauf pour le matériau carton : Inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3 pour le module "corrugated board, fresh fibre, single wall, at plant {RER} Alloc Rec, U" |
| | | 3 | Autres | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages secondaires et tertiaires n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| 3 - Distribution | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des emballages conditionnés vers le magasin | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | La distance moyenne a été fournie par Bout à Bout. Le chargement du camion spécifique n'est pas connu mais la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|------------|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--------------------|---------------------|-------------|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 4 - Collecte des déchets | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport de l'emballage ménager vers les OMR. Le taux de chargement n'a pas été spécifié | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | | 1 | EP | | | | | | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport de l'emballage ménager vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre le PAV/bac de recyclage au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| | | 2 | Eut.M, CC, Ac, Cep | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM. Le taux de chargement est une valeur par défaut issue de la base de données Ecoinvent | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| 6 - Fin de vie | | | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager en UIOM | | 2 | Drmf | | | | | | Les pourcentages de la fin de vie de l'emballage primaire ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16]. | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 % et de 100 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager chez le recycleur | Traitement | 1 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | Le module "Solid unbleached board {GLO} market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été supprimé |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires en ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages des emballages secondaires et tertiaires ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires (matériau carton) chez le recycleur | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles sauf pour le matériau carton : inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3 pour le module "corrugated board, recycling fibre, single wall, at plant {RER} Alloc Rec, U" |



2.4.2. Système avec consigne

| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | | |
|---|--|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--|---------------------|-------------|--|---|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | | |
| 1 - Fabrication de l'emballage ménager | | | | | | | | | | | | | | |
| Production du verre | Consommation d'énergie | 1 | Drmf,Cep | | | | | | | | | | | |
| | | 2 | Autres | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | [VERRE09] permet de réaliser une bonne extrapolation de la consommation d'énergie, des émissions dans l'air de la production du verre à 0 % de calcin, afin d'avoir des données plus récentes | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. | |
| | Emissions dans l'air, de Nox et de | 1 | CC, Ac, Eut.M, EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | N/A | N/A | N/A | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | | |
| | Extraction des matières premières constituant le verre | Autres | 1 | | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | Sur la quantité des matières premières, nous connaissons le rendement entre un kilogramme de verre vierge à 0 % de calcin et de verre recyclé à 100 % de calcin, ce qui permet d'adapter la quantité de matières premières | 2 | 2 | 2 | Le module "Solid unbleached board {GLO} market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été supprimé |
| | | | 2 | Cep | | | | | | | | | | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport du verre | 2 | Eut.M | | | | | | La distance de transport amont du verre a été fournie par Bout à Bout. De plus, la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| | | 3 | Autres | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | | |
| Production des autres matières premières | Production des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 1 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les quantités des emballages constituant l'emballage primaire ont bien été confirmées par Bout à Bout | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles. Prise en compte du procédé de mise en forme pour le bouchon | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | Transport des autres matériaux de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) | 3 | Tous les indicateurs | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | Les données de distance d'approvisionnement des emballages constituant l'emballage primaire n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| 2 - Conditionnement | | | | | | | | | | | | | | |
| Production des emballages secondaires ou tertiaires | | 2 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les quantités des emballages constituant les emballages secondaires et tertiaires ont bien été confirmées par Bout à Bout | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles sauf pour le matériau carton : Inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3 pour le module "corrugated board, fresh fibre, single wall, at plant {RER} Alloc Rec, U" | |
| Transport des matériaux vers le site de conditionnement | | 2 | Cc | | | | | | Les données de distance d'approvisionnement des emballages secondaires et tertiaires n'ont pas été spécifiées. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| | | 3 | Autres | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | | | | | | |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|---|---------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|---|--|---------------------|-------------|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 3 - Distribution | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des emballages conditionnés vers le magasin | | 2 | CC, Eut.M, Cep, Ep | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | La distance moyenne a été fournie par Bout à Bout. Le chargement du camion spécifique n'est pas connu mais la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| 4 - Consommation | | | | | | | | | | | | | |
| Transport du magasin vers le domicile | Bouteilles pleine | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | La distance de transport et le scénario ont été spécifiés par l'étude [ADEME_18] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Transport du domicile vers le magasin | Bouteille vide | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | La distance de transport et le scénario ont été spécifiés par l'étude [ADEME_18] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| 5 - Déconsignation | | | | | | | | | | | | | |
| Déconsignation manuelle | Consommation d'électricité | | NA | Déconsignation manuelle | | | | | | | | | |
| | Consommation de papier | | NA | | | | | | | | | | |
| 6 - Lavage | | | | | | | | | | | | | |
| Consommation d'énergie de la laveuse | Consommation d'électricité | 2 | Drmf, Cep | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par Bout à Bout sur l'année 2016 sur la consommation d'énergie et rapportées au nombre de bouteilles collectées | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles, mais prise en compte du mix français |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Consommation des autres entrants | Consommation d'eau | 2 | Dre | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par Bout à Bout sur l'année 2016 sur la consommation d'eau et rapportées au nombre de bouteilles collectées | 2 | 1 | 2 | Prise en compte du flux régionalisé : remplacement de « Water, Europe without Switzerland » par « Water, FR » |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Fin de vie | Consommation de produit chimique | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par Bout à Bout sur l'année 2016 sur la consommation de soude à 30 %. Néanmoins la donnée a été recalculée pour le nombre de bouteilles collectées | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles mais prise en compte de la concentration de soude dans la modélisation |
| | | Traitement de l'étiquette | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | La même hypothèse que pour METEOR a été utilisée pour la fin de vie des étiquettes en papier récupérées dans la laveuse. Ces étiquettes partent avec les DIB | 2 | 2 | 2 |
| Transport | Transport du site de déconsignation vers le site de lavage | 2 | CC, Ac, Eut. M, Cep, Ep | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport a été fournie par Bout à Bout, avec un taux de chargement générique. | 2 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement moyen |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport | Transport du site de lavage vers le site de conditionnement | 1 | CC, Ac, Eut. M, Cep, Ep | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport a été fournie par Bout à Bout, avec chargement spécifique | 2 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement moyen |
| | | 2 | Dre | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|------------|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--------------------|---------------------|-------------|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 7 - Collecte des déchets | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport de l'emballage ménager vers les OMR. Le taux de chargement n'a pas été spécifié | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | | 2 | CC, Ac, Eut.M, EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport de l'emballage ménager vers le recycleur. Néanmoins, la distance entre le PAV/bac de recyclage au centre de transfert/centre de tri est une hypothèse. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM. Le taux de chargement est une valeur par défaut issue de la base de données Ecoinvent | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| 8 - Fin de vie | | | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager en UIOM | | 2 | Eut.M | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages de la fin de vie de l'emballage primaire ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage avec [ECOEMB16]. Nous avons émis l'hypothèse que le recyclage est à 100 % pour les bouteilles refusées chez le brasseur | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 % et de 100 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| | | 3 | Tous les indicateurs | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager chez le recycleur | Traitement | 1 | Autres | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | Le module "Solid unbleached board {GLO} market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green {DE} production Alloc Rec, U" a été supprimé |
| | | 2 | Cep | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage secondaires et tertiaires en ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages des emballages secondaires et tertiaires ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage [ECOEMB16] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Fin de vie des emballages secondaires et tertiaires (matériau carton) chez le recycleur | | 2 | Eut.T, Drmf | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles sauf pour le matériau carton : Inventaire ecoinvent 2.2 adapté à ecoinvent 3.3 pour le module "corrugated board, recycling fibre, single wall, at plant {RER} Alloc Rec, U" |
| | | 3 | Tous les indicateurs | | | | | | | | | | |



Les points d'attention concernant la qualité des données sont les suivants, par ordre d'importance décroissante pour les deux systèmes :

- Concernant la fabrication du verre, qui a une contribution forte sur tous les indicateurs environnementaux, les données des modules ecoinvent constituant l'ensemble du module final de production du verre datent de 1997 et sont extrapolées par ecoinvent à 2016. Ainsi, la représentativité temporelle de l'ICV issu d'ecoinvent peut être améliorée, même si un travail d'adaptation des données d'activité d'énergie, de consommations de matières et des émissions directes a été réalisé.
- La précision des distances de transport amont de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) pourrait être améliorée, mais leur contribution sur tous les indicateurs environnementaux est faible. Ce cas est identique pour le transport amont des emballages secondaires et tertiaires.
- A l'étape du lavage, les consommations d'énergie, la consommation d'eau et la quantité de soude consommée ont été recalculées pour le nombre de bouteilles collectées.

3. Bout' à Bout' : analyse de sensibilité

3.1. Analyse de sensibilité sur la masse de la bouteille en verre pour le système sans consigne

3.1.1. Objectif et description de l'analyse

Mis à part pour METEOR, pour l'ensemble des dispositifs et Bout' à Bout' en particulier, la masse de la bouteille à usage unique a été considérée égale à celle du système avec consigne. Ce point a été validé par chaque porteur de projet. Pour autant, on peut considérer qu'avec un nombre d'utilisations plus faible, le système sans consigne ne requiert pas une bouteille aussi résistante et donc une masse de verre aussi importante que le système avec consigne.

L'objectif de cette analyse de sensibilité est d'évaluer si les conclusions de l'ACV du dispositif Bout' à Bout' sont modifiées si l'on considère pour le système sans consigne une masse de bouteille plus faible que pour le système avec consigne (configuration plus favorable au système sans consigne).

Pour ce faire, on réduit la masse de la bouteille du système sans consigne en utilisant le ratio de masse entre la bouteille consignée et la bouteille à usage unique retenu pour le dispositif METEOR. Ainsi il est considéré une bouteille de 560 g pour le système avec consigne et une bouteille, plus légère, de 461 g pour le système sans consigne (réduction de la masse de 18 %).

3.1.2. Résultats et interprétations

Le Tableau 106 présente les impacts sur le cycle de vie des systèmes avec et sans consigne pour le scénario de référence et pour le scénario 1 correspondant à une bouteille à usage unique 18 % plus légère.

Tableau 106 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque scénario - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – dispositif Bout' à Bout' - 4,75 cycles

| Catégorie d'impact | Unité | Système SC - Réf. | Système AC - Réf. | Système SC - Sc1 | Variation relative pour SC | Ecart significatif SC-Sc1 / AC ? |
|-----------------------|------------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | 401 | 230 | 341 | -15 % | Oui |



| Catégorie d'impact | Unité | Système SC - Réf. | Système AC - Réf. | Système SC - Sc1 | Variation relative pour SC | Ecart significatif SC-Sc1 / AC ? |
|---|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Acidification | mole H+ émis | 2,6 | 1,0 | 2,2 | -16 % | Oui |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | 5,3E-02 | 3,8E-02 | 4,92E-02 | -7,6 % | Non |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | 5,2E-01 | 2,1E-01 | 4,3E-01 | -16 % | Oui |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | 1,7E-03 | 6,2E-04 | 1,5E-03 | -16 % | Oui |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | 1,2E+02 | 6,9E+01 | 104 | -12 % | Non |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | 9 477 | 4 493 | 7 981 | -16 % | Oui |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | 2,13E-01 | 8,41E-02 | 1,80E-01 | -16 % | Non |

La Figure 71 présente les résultats du système pour chaque scénario.



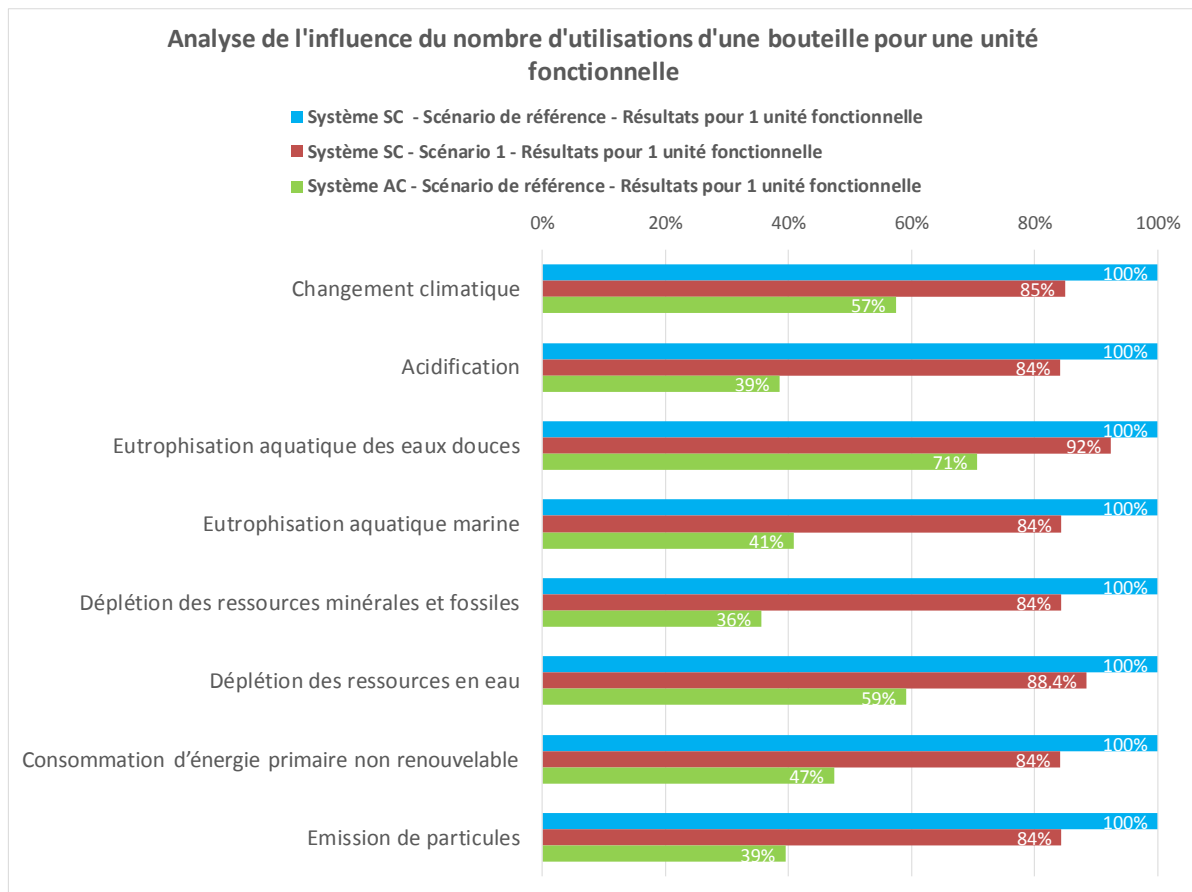


Figure 71 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie du scénario 1 pour une unité fonctionnelle – dispositif Bout' à Bout' - 4,75 cycles

Pour tous les enjeux environnementaux, le scénario précédemment défini engendre une baisse significative des impacts du système sans consigne (réduction entre 8 % et 16 % selon l'indicateur considéré), diminuant l'écart entre le système avec et sans consigne. Néanmoins, le système avec consigne présente toujours une meilleure performance environnementale que le système sans consigne de façon significative sur cinq indicateurs (changement climatique, acidification, eutrophisation aquatique marine, déplétion des ressources minérales et fossiles, consommation d'énergie primaire non-renouvelable), comme pour le scénario de référence.

Ainsi, considérer une masse de la bouteille à usage unique plus faible que la bouteille consignée entraîne certes une diminution des impacts potentiels du système sans consigne (entre 8 % et 16 %), mais ne remet pas en cause la conclusion principale de l'étude du dispositif Bout' à Bout', à savoir que le système avec consigne est plus favorable que le système sans consigne sur le plan environnemental sur 5 des 8 catégories d'impact analysées.

4. Bout' à Bout' : conclusions et limites

4.1. Conclusions

Les conclusions suivantes peuvent être établies :

- Pour le système avec consigne, la phase la plus contributrice au bilan environnemental est la phase de fabrication, contribuant à elle seule à plus de 57 % des impacts environnementaux.



La prise en compte des bénéfices du recyclage permet d'avoir un gain environnemental globalement situé entre 7,8 % et 22 % et au maximum de 26 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau.

- Pour le système avec consigne, la phase de lavage a une contribution importante entre 4,9 % et 32 %, avec un maximum de 35 % sur le potentiel de réchauffement climatique. En effet, les phases de transport de la déconsignation au lavage et du lavage vers le conditionnement ont des distances importantes (plus de 49 km).
- Pour le système sans consigne, la phase la plus contributrice est la phase de fabrication de l'emballage ménager qui contribue à plus de 84 % sur tous les indicateurs en ne comptabilisant pas les bénéfices du recyclage. La prise en compte des bénéfices du recyclage permet d'avoir un gain environnemental globalement situé entre 16 % et 33 % et au maximum de 50 % sur le potentiel de déplétion des ressources en eau.
- Le système avec consigne engendre toujours moins d'impacts environnementaux potentiels que le système sans consigne (entre 29 % à 64 % de gains environnementaux sur tous les indicateurs étudiés par rapport au système sans consigne) en valeur absolue. Tous les écarts sont jugés significatifs, excepté sur 3 indicateurs environnementaux.
- Une analyse de sensibilité a montré que considérer une masse de la bouteille à usage unique plus faible que la bouteille consignée entraînait certes une diminution des impacts potentiels du système sans consigne (entre 8 et 16 %), mais ne remettait pas en cause la conclusion principale de l'étude du dispositif Bout' à Bout', à savoir que le système avec consigne est plus favorable que le système sans consigne sur le plan environnemental sur 5 des 8 catégories d'impact analysées.

4.2. Limites

Tout d'abord, concernant la qualité des données, l'élément principal à améliorer est la représentativité temporelle de l'ICV de production du verre. Néanmoins les données de l'ensemble du module final de production du verre datent de 1997 et sont extrapolées par ecoinvent à 2016. Ainsi, la représentativité temporelle de l'ICV issu d'ecoinvent peut être améliorée, même si un travail d'adaptation des données d'activité d'énergie, de consommations de matières et des émissions directes a été réalisé. La précision des distances de transport amont des autres constituants de l'emballage primaire (bouchon, étiquette, etc.) nécessite une amélioration même si la contribution sur tous les indicateurs environnementaux est faible.

Une limite du cadre de modélisation retenu est la non prise en compte des bénéfices liés au recyclage (application de la méthode des stocks) pour l'évaluation de la fin de vie des emballages tertiaires, ce qui n'est pas en phase avec le mode de comptabilisation des impacts et bénéfices pour les matériaux principaux (verre) et l'emballage tertiaire (carton). Cependant, la contribution de la fabrication des emballages tertiaires est de second ordre, donc l'utilisation de la méthode des stocks pour les emballages tertiaires est raisonnable.



XI. Evaluation environnementale du dispositif SIAVED

1. SIAVED : scénarios considérés

Pour le système avec consigne, le devenir de l'emballage ménager va dépendre du comportement du consommateur par rapport au kiosque. Sans kiosque le consommateur a deux choix : mettre sa bouteille au bac des OMR ou l'apporter à un point d'apport volontaire en vue de son recyclage. Avec un kiosque, le consommateur a un choix supplémentaire. Il n'existe pas d'informations concernant le pourcentage de bouteilles captées par le kiosque. Différentes hypothèses peuvent être raisonnablement faites :

- Une hypothèse « prudente » consistant à dire que les consommateurs allant apportant leurs bouteilles au PàV (et uniquement ceux-ci) les déposeront au kiosque si un kiosque est mis en place. Cela correspond à un captage de 73,5 % de bouteilles par le kiosque.
- Une hypothèse plus favorable pour le scénario avec kiosque, consistant à supposer qu'en raison de la gratification financière, un nombre plus important de consommateurs vont au kiosque déposer leurs bouteilles, y compris des consommateurs qui habituellement mettent leurs bouteilles dans le bac des OMR. Avec cette hypothèse, le taux de bouteilles captées par le kiosque peut varier entre 73,5 % et 100 %.

De façon schématique, cela revient à déterminer les différents pourcentages suivants, présentés dans la figure suivante :

- **X** : le pourcentage de bouteilles captées par le kiosque ;
- **x, y et z** : les % de traitement en fin de vie des bouteilles qui ne sont pas rapportées au kiosque.

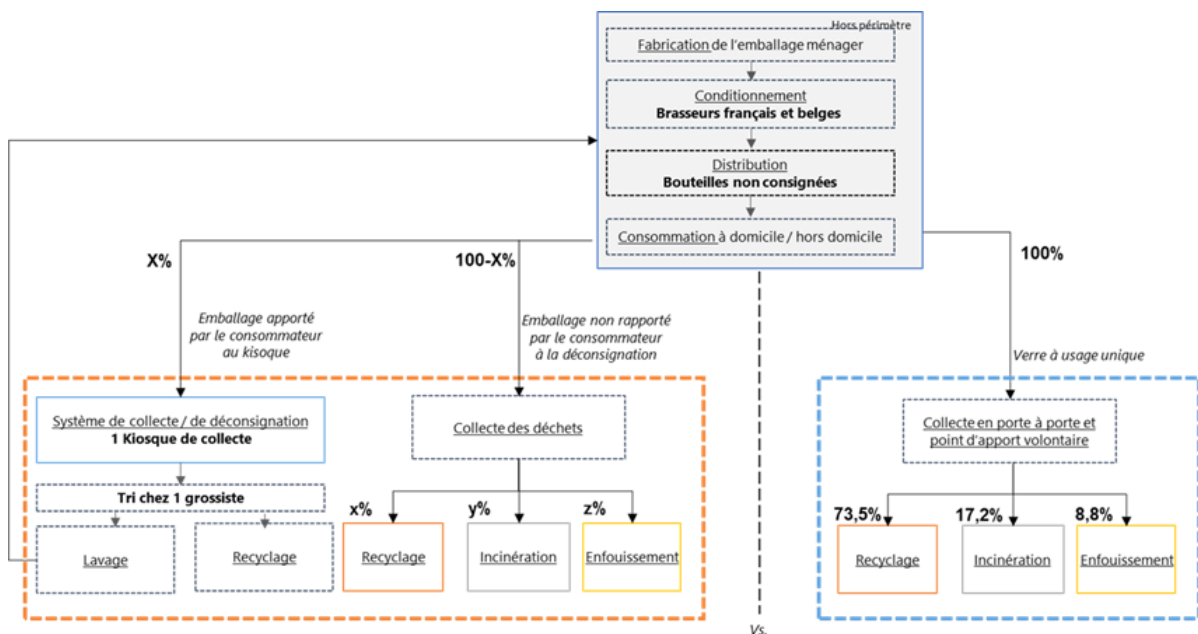


Figure 72: Périmètre du système SIAVED, avec un focus sur la fin de vie de l'emballage ménager, dépendant du comportement du consommateur.

Ainsi pour la fin de vie de l'emballage ménager pour le système avec consigne, deux scénarios ont été envisagés :



- **Un scénario « captage tout type de bouteilles »** qui est le scénario de référence. On suppose ici que tous les consommateurs rapportent la bouteille au kiosque, les bouteilles non rapportées au kiosque sont traitées dans les mêmes proportions que le scénario sans kiosque (73,5 % recyclées, 17,5 % incinérées et 9,0 % enfouies).
- Un scénario « **captage recyclage** » pour le système avec consigne est également défini et sera comparé aux deux scénarios de référence précédemment décrits. Pour ce scénario, on suppose que seuls les consommateurs mettant leur bouteille à recycler en point d'apport volontaire vont utiliser le kiosque (ce qui est probable en zone rurale). Cela équivaut à supposer que toutes les bouteilles normalement recyclées vont être apportées au kiosque, tandis que les autres consommateurs continuent de jeter leurs bouteilles au OMR.

Les proportions de bouteilles allant au recyclage, à l'enfouissement, à l'incinération et captées par le kiosque pour les trois scénarios considérés (sans consigne, avec consigne captage tout type de bouteilles et captage recyclage) sont résumés dans la figure suivante :

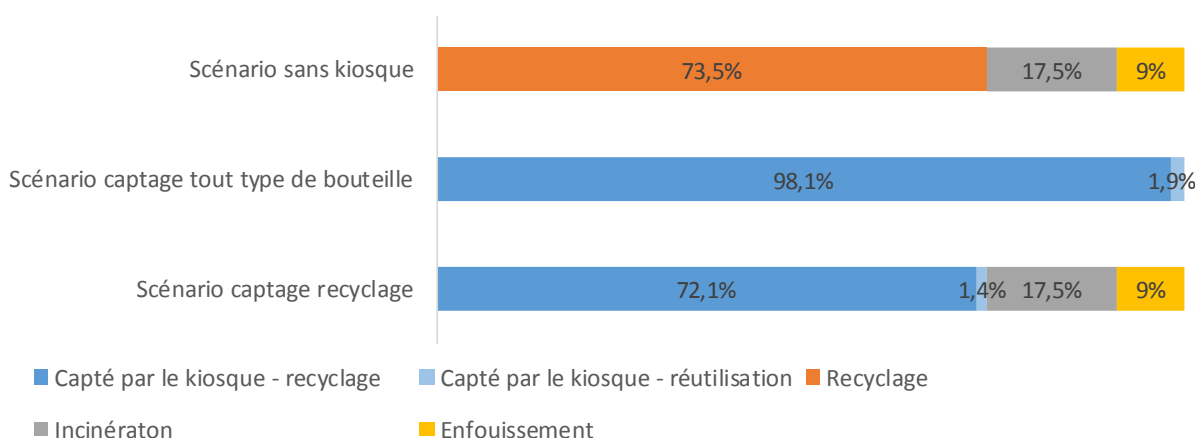


Figure 73 : Pourcentage des différents devenir en fin de vie de l'emballage ménager, en fonction du scénario étudié

2. SIAVED : données d'activité

Données à caractère confidentiel.

3. SIAVED : évaluation et interprétation de l'impact du cycle de vie

Cette section présente tout d'abord les résultats d'impact par système du dispositif SIAVED : répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie, focus sur les étapes les plus contributrices et analyse de la contribution des flux de l'inventaire. Ensuite, une comparaison est effectuée entre les deux systèmes.

Les résultats d'impact présentés et analysés dans ce chapitre sont les indicateurs environnementaux décrits précédemment au §III.8.1.



3.1. Résultats de l'analyse environnementale sur le système sans consigne

3.1.1. Résultats sur l'ensemble du cycle de vie et répartition par étape principale

Le Tableau 107 fournit les résultats de l'analyse environnementale de chacune des deux étapes du cycle de vie du système sans consigne à chacun des impacts considérés. La Figure 74 traduit ces contributions sous forme graphique.

Tableau 107 : Résultats d'impacts et contribution des étapes du cycle de vie du système sans consigne
– Résultats pour 1 unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED

| Catégorie d'impact | Unité | Total | Collecte des déchets | Traitement en fin de vie |
|---|------------------------|-----------|----------------------|--------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | -361 | 15 | -376 |
| Acidification | mole H+ émis | -2,4 | 8,44E-02 | -2,5 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | -5,57E-02 | 7,26E-05 | -5,58E-02 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | -2,52E-01 | 3,52E-02 | -2,88E-01 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | -7,63E-04 | 2,53E-06 | -7,66E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | -280 | 1,10E-01 | -280 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | -4 021 | 216 | -4 237 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | -2,22E-01 | 2,29E-02 | -2,45E-01 |



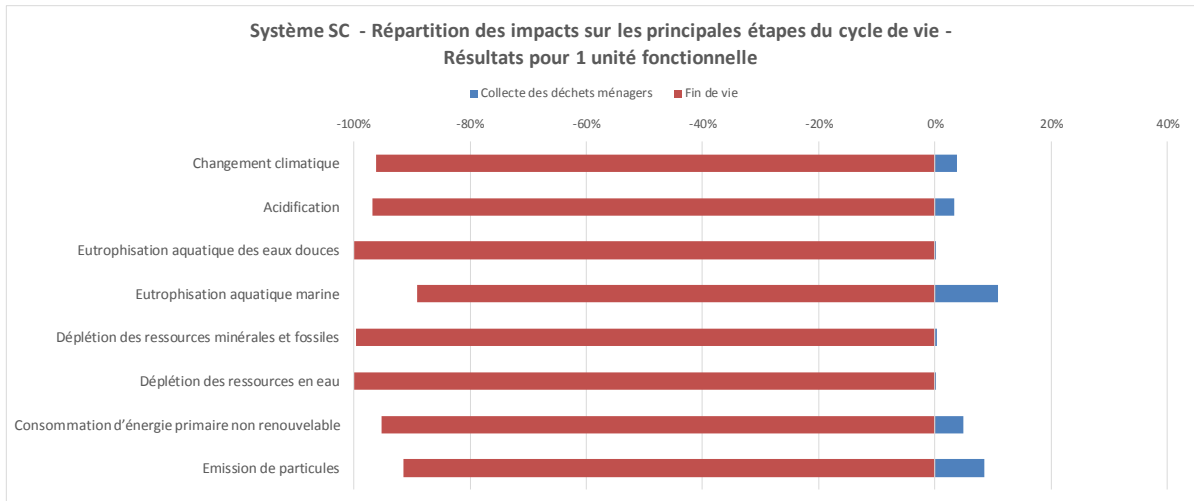


Figure 74 : Répartition des impacts sur les étapes du cycle de vie pour le système sans consigne (SC) – Dispositif SIAVED

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Les bénéfices du recyclage apportent à l'échelle du système des gains environnementaux sur l'ensemble des indicateurs étudiés. Les impacts environnementaux liés à la collecte des déchets ne compensent pas les gains liés au recyclage du verre.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre contribuent à minima à 89 % des impacts évités sur tous les indicateurs. Les bénéfices les plus élevés concernent le potentiel de déplétion des ressources en eau (100 %), le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces (99,9 %) et le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles (99,7 %).
- La collecte des déchets des bouteilles en verre contribue le plus fortement sur le potentiel d'eutrophisation marine (11 %), puis sur le potentiel d'émission de particules (8,5 %) et la consommation d'énergie primaire non renouvelable (4,8 %). Cette contribution correspond majoritairement à l'impact du transport de la bouteille en verre du centre de transfert au recycleur. En effet, la distance est élevée (45,6 km) en comparaison de la distance entre le bac de recyclage et le centre de tri par exemple.

Une analyse plus détaillée est réalisée ci-dessous sur l'étape principalement contributrice aux impacts : l'étape de la fin de vie de la bouteille en verre.

3.1.2. Focus sur l'étape de traitement en fin de vie

Le Tableau 108 et la Figure 75 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de fin de vie sous forme chiffrée puis graphique. La prise en compte des bénéfices du recyclage du verre engendre des gains environnementaux sur l'étape de fin de vie.

Tableau 108 : Résultats et contribution de l'étape de fin de vie du système sans consigne – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED

| Catégorie d'impact | Unité | Bénéfices liés au recyclage | Traitement en fin de vie de l'étiquette | Traitement en fin de vie de la bouteille |
|------------------------------|------------------------|-----------------------------|---|--|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | -383 | 1,21 | 5,64 |



| | | | | |
|---|--------------------|-----------|----------|----------|
| Acidification | mole H+ émis | -2,52E+00 | 3,13E-04 | 1,56E-02 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | -5,89E-02 | 8,29E-06 | 3,10E-03 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | -2,96E-01 | 1,55E-03 | 6,37E-03 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | -9,02E-04 | 1,46E-07 | 1,36E-04 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | -2,84E+02 | 1,97E-02 | 3,88E+00 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | -4 616 | 3,14E-01 | 379 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | -3,90E-05 | 9,63E-09 | 2,83E-06 |

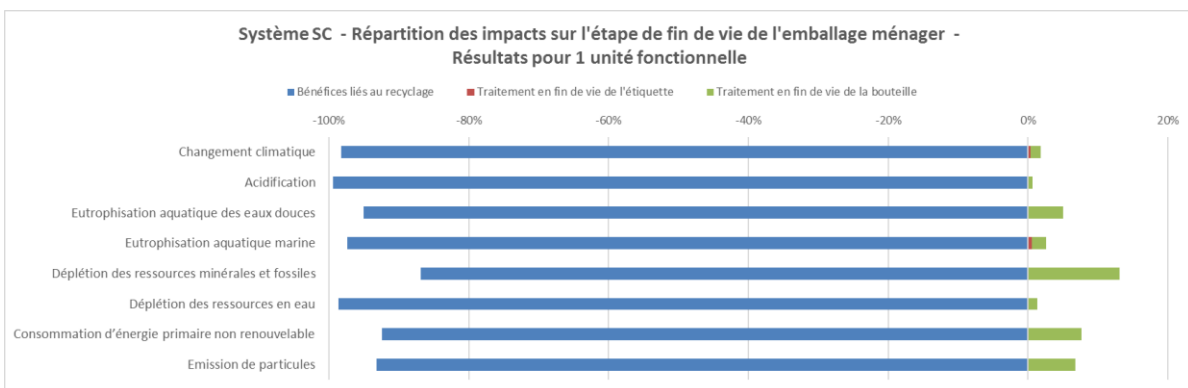


Figure 75 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fin de vie pour le système sans consigne (SC) – Dispositif SIAVED

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre représentent plus de 87 % sur tous les indicateurs, dont plus de 95 % sur les potentiels d'eutrophisation aquatique, le potentiel de réchauffement climatique, l'acidification et la déplétion des ressources en eau.
- Le traitement en fin de vie de la bouteille (en incinération et en décharge) contribue à plus de 13 % sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles, à 7,6 % sur l'indicateur consommation d'énergie primaire non renouvelable et à 6,8 % sur l'indicateur émissions de particules.

3.1.3. Flux élémentaires principaux contribuant aux impacts

L'analyse présentée dans ce paragraphe a pour objectif de relier les résultats d'inventaire aux résultats d'impact. Alors que les paragraphes précédents s'intéressaient principalement aux procédés les plus contributeurs aux impacts, l'analyse suivante permet d'avoir une compréhension fine des sources d'impact (i.e. en termes de substances ponctionnées ou émises dans l'environnement), et des procédés (activités) auxquels ces sources d'impact sont liées.



Le Tableau 109 présente les flux élémentaires de l'inventaire du cycle de vie les plus contributeurs aux impacts du système sans consigne. Dans ce système, les flux contributeurs représentent ici des gains environnementaux liés à l'évitement d'émissions des flux lors du processus de recyclage du verre :

Tableau 109 : Analyse des flux contributeurs aux impacts potentiels du système sans consigne – Dispositif SIAVED

| Catégorie d'impact | Flux évités les plus contributeurs classés par ordre d'importance décroissante |
|---|---|
| Changement climatique | <p>Les bénéfices liés au recyclage du verre sont importants sur l'étape de fin de vie :</p> <ul style="list-style-type: none"> Évitement d'émissions de CO₂ fossile : Ce sont les émissions directes de la fabrication du verre. Cela concerne la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre. De plus, une part des émissions de CO₂ provient de la décarbonatation des matières premières en four verrier. Évitement d'émissions de CH₄ liées aux fuites de gaz lors de l'approvisionnement au four verrier. |
| Acidification | <p>Sur cet indicateur, l'évitement d'émissions de SO₂, d'oxydes d'azotes et d'ammoniac est la principale cause des bénéfices du potentiel d'acidification.</p> <p>Les émissions de SO₂ (évitées) sont issues de la combustion de gaz pour produire l'énergie nécessaire au procédé de fabrication du verre.</p> |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | <p>Les bénéfices liés au recyclage du verre sont importants sur l'étape de fin de vie.</p> <p>Des émissions de phosphate dans l'eau sont évitées. Elles sont produites principalement lors de la fabrication du carbonate de sodium, qui est une matière première du verre.</p> |
| Eutrophisation aquatique marine | <p>Les émissions d'oxyde d'azote dans l'air sont évitées, ayant normalement lieu lors de la combustion de gaz dans les fours pour la production du verre.</p> |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | <p>La consommation d'indium contribue de façon significative aux impacts et est évitée, via la consommation de produits chimiques pour la fabrication du verre. Pour préparer ces produits, du zinc est utilisé, or l'indium est un coproduit de l'extraction du zinc.</p> <p>La consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) est également un des principaux flux contributeurs évités.</p> |
| Déplétion des ressources en eau | <p>L'évitement de la production de carbonate de sodium et de silice, qui sont des matières premières pour la fabrication du verre, est le principal contributeur aux évitements sur la déplétion des ressources en eau.</p> |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | <p>La consommation de pétrole, la combustion de gaz et la consommation d'uranium pour la production d'électricité d'origine nucléaire (mix électrique français) sont les principaux contributeurs.</p> |
| Émissions de particules | <p>La production de carbonate de sodium (matière première du verre) et la fabrication du verre sont responsables des émissions de particules les plus significatives. Les bénéfices liés au recyclage permettent d'éviter l'émission de ces flux.</p> |



Les flux évités sont liés exclusivement à l'évitement de la fabrication du verre via le recyclage des bouteilles.

3.2. Résultats de l'analyse environnementale sur le système de collecte pour recyclage/réutilisation

3.2.1. Résultats sur l'ensemble du cycle de vie et répartition par principale étape

Le Tableau 110 fournit les résultats de l'analyse environnementale du système de collecte pour recyclage/réutilisation et la contribution relative de chacune des cinq étapes du cycle de vie du système avec consigne à chacun des enjeux environnementaux considérés. Cela concerne le scénario « captage tout type de bouteilles ». La Figure 76 traduit ces contributions sous forme graphique

Tableau 110 : Résultats et contribution relative des principales étapes du cycle de vie du système de collecte avec recyclage/réutilisation – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED

| Catégorie d'impact | Unité | Total | Transport consommateur | Déconsignation | Lavage | Collecte des déchets | Traitement en fin de vie |
|--|--------------|-----------|------------------------|----------------|----------|----------------------|--------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO2 | -512 | 0,052 | 0,54 | 2,3 | 8,5 | -523 |
| Acidification | mole H+émis | -3,39E+00 | 1,93E-04 | 2,69E-03 | 6,70E-03 | 4,49E-02 | -3,45E+00 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | -7,91E-02 | 5,95E-07 | 1,27E-04 | 7,95E-05 | 5,47E-05 | -7,94E-02 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | -3,89E-01 | 6,28E-05 | 5,41E-04 | 1,77E-03 | 1,81E-02 | -4,10E-01 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | -1,24E-03 | 1,01E-08 | 2,36E-05 | 1,68E-06 | 1,48E-06 | -1,27E-03 |
| Déplétion des ressources en eau | m3 éq. | -380 | 1,59E-03 | 5,57E-01 | 6,29E-01 | 1,11E-01 | -3,81E+02 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | -6 218 | 0,81 | 57 | 37 | 124 | -6 436 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | -3,24E-01 | 1,97E-05 | 2,30E-04 | 4,95E-04 | 1,08E-02 | -3,35E-01 |



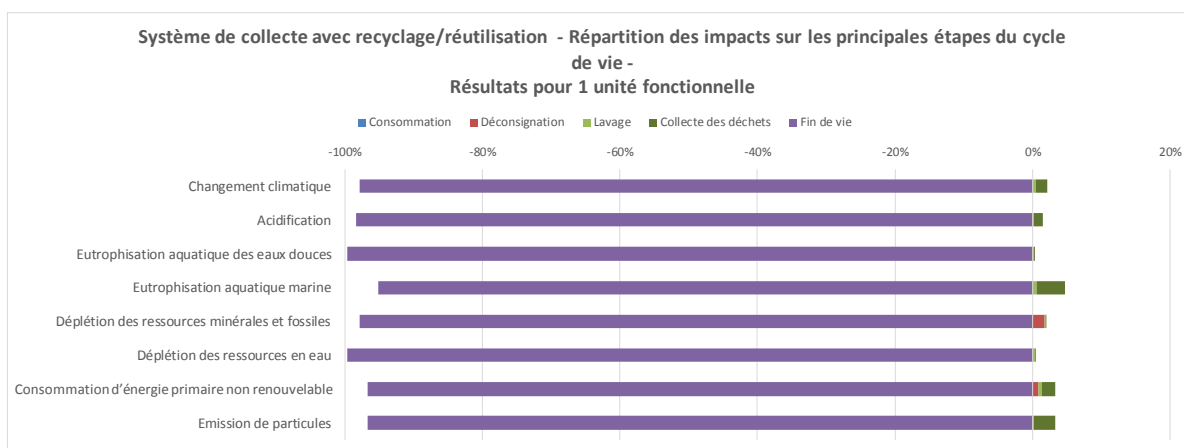


Figure 76 : Répartition des impacts sur les principales étapes du cycle de vie pour le système de collecte avec recyclage/réutilisation – Dispositif SIAVED

Les observations suivantes peuvent être faites :

- La méthode de prise en compte des bénéfices du recyclage permet d'illustrer des gains environnementaux sur l'ensemble des indicateurs étudiés. Les impacts environnementaux liés aux autres étapes du cycle de vie (consommation, déconsignation, lavage) ne compensent pas les gains (bénéfices) liés au recyclage du verre et à la réutilisation de la bouteille. Entre le recyclage et la réutilisation, les bénéfices les plus importants proviennent du recyclage puisque seulement 1,9 % du flux de bouteilles suit le parcours logistique de la réutilisation tandis que 98,1 % des bouteilles sont envoyées en recyclage.
- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre et à la réutilisation contribuent à minima à 95 % des impacts évités sur tous les indicateurs. Les bénéfices les plus élevés concernent le potentiel de déplétion des ressources en eau (99,7 %), le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces (99,7 %) et le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles (97,9 %).
- La collecte des déchets des bouteilles en verre contribue sur le potentiel d'eutrophisation marine (4,2 %), puis sur l'indicateur émission de particules (3,1 %) et la consommation d'énergie primaire non renouvelable (1,9 %). Cette faible contribution correspond majoritairement à l'impact du transport de la bouteille en verre du centre de transfert au recycleur. En effet, la distance est plutôt faible (45,6 km).
- La déconsignation contribue très faiblement, avec 1,8 % sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles. Pour les autres indicateurs, la contribution correspond à moins d'1 % des impacts potentiels.
- Cela est aussi le cas (moins d'1 % des impacts potentiels) pour la consommation et le lavage. Pour le lavage, cela concerne uniquement 1,9 % des flux de bouteilles réutilisables sur les 98,1 % qui partent directement en recyclage après la déconsignation.
- Des analyses plus détaillées sont réalisées ci-dessous sur les étapes principalement contributrices aux impacts : l'étape de fabrication de l'emballage ménager et l'étape de lavage.

3.2.2. Focus sur l'étape de traitement en fin de vie

Le Tableau 111 et la Figure 77 traduisent les impacts et la contribution relative des différents procédés de l'étape de traitement en fin de vie sous forme chiffrée puis graphique :



Tableau 111 : Résultats et contribution de l'étape de traitement en fin de vie du système de collecte avec recyclage/réutilisation – Résultats pour 1 unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED

| Catégorie d'impact | Unité | Bénéfices liés au recyclage | Traitement de l'étiquette | Traitement de la caisse | Traitement de la palette | Bénéfices liés à la réutilisation |
|---|------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | -511 | 1,19 | 1,06E-01 | 0,0033 | -13,69 |
| Acidification | mole H+ émis | -3,36E+00 | 3,07E-04 | 1,92E-06 | 2,95E-06 | -8,57E-02 |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | -7,86E-02 | 8,13E-06 | 5,22E-08 | 4,70E-07 | -7,53E-04 |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | -3,95E-01 | 1,52E-03 | 9,24E-06 | 1,90E-05 | -1,66E-02 |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | -1,20E-03 | 1,43E-07 | 7,37E-10 | 8,79E-10 | -6,43E-05 |
| Déplétion des ressources en eau | m ³ éq. | -3,79E+02 | 1,93E-02 | 1,05E-04 | 6,96E-05 | -2,35E+00 |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | -6 161 | 0,31 | 1,76E-03 | 1,35E-03 | -276,08 |
| Émissions de particules | kg éq. PM2.5 | -5,20E-05 | 9,45E-09 | 4,65E-11 | 3,22E-11 | -2,37E-06 |



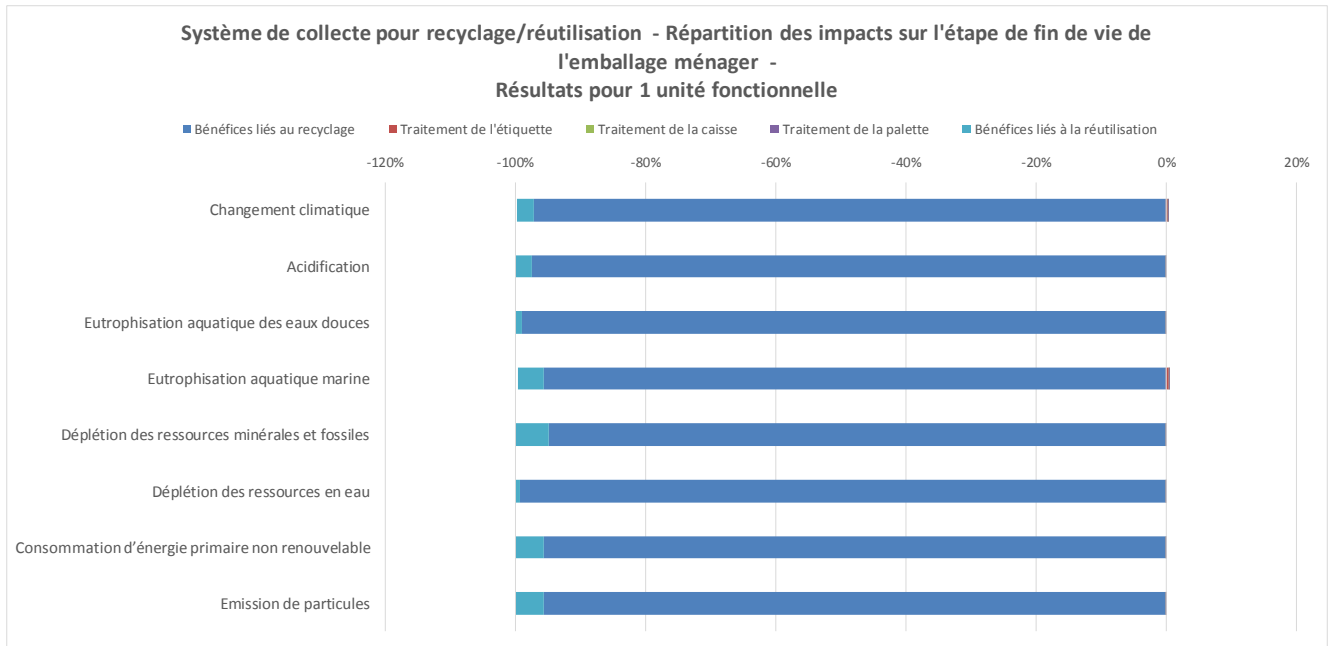


Figure 77 : Répartition des impacts entre les principaux procédés de la phase de fin de vie pour le système de collecte pour recyclage/réutilisation – Dispositif SIAVED

Les observations suivantes peuvent être faites sur ce scénario « captage tout type de bouteilles » :

- Les bénéfices environnementaux liés au recyclage du verre représentent plus de 95 % sur tous les indicateurs ;
- Le deuxième poste le plus contributeur correspond aux bénéfices liés à la réutilisation. Cela correspond à 5,1 % sur le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles et à moins de 5 % sur les autres indicateurs environnementaux.
- Les impacts environnementaux effectifs (traitement de l'étiquette, caisse et palette) ont une contribution très faible, moins de 0,4 % sur l'ensemble des indicateurs environnementaux.

3.2.3. Flux élémentaires principaux contribuant aux impacts

De même que pour le système sans consigne, les flux contributeurs correspondent ici à des émissions évitées par la réutilisation et le recyclage des bouteilles. Les principaux flux contributeurs sont les mêmes que pour le système sans consigne (ce qui s'explique par une large prédominance du recyclage – 98 % - dans les différentes voies de traitement en fin de vie des bouteilles déconsignées).

3.3. Comparaison du système sans consigne et du système de collecte pour recyclage/réutilisation

3.3.1. Introduction sur la présentation des résultats

Les résultats comparatifs du système sans consigne et du système de collecte pour recyclage/réutilisation en histogramme sont présentés en valeurs relatives, la référence (100 %) correspondant à l'impact total du cycle de vie du système sans consigne pour l'enjeu environnemental considéré.

Dans un premier temps, on analyse les résultats comparés du système sans consigne et du système de collecte pour recyclage/réutilisation, scénario « captage tout type de bouteilles » (scénario optimiste où toutes les bouteilles sont supposées être captées par le kiosque).



Dans un deuxième temps, on analyse les résultats comparés du système sans consigne avec les deux scénarios système de collecte pour recyclage/réutilisation, i.e. le scénario « captage tout type de bouteilles » (scénario optimiste) et le scénario « captage recyclage » (scénario pessimiste).

3.3.2. Comparaison des impacts des deux systèmes sur tous les indicateurs

Le Tableau 112 fournit l'impact sur le cycle de vie du système de collecte pour recyclage/réutilisation et sans consigne pour chaque enjeu environnemental considéré.

Tableau 112 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED

| Catégorie d'impact | Unité | Système sans consigne | Système de collecte pour recyclage/réutilisation (captage tout type de bouteilles) | Écart significatif ? |
|--|--------------------------|-----------------------|--|----------------------|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | -361 | -512 | oui |
| Acidification | mole H ⁺ émis | -2,4 | -3,39 | oui |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | -5,6E-02 | -7,9E-02 | non |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | -2,5E-01 | -3,9E-01 | non |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | -7,6E-04 | -1,2E-03 | oui |
| Déplétion des ressources en eau | éq. m ³ | -2,8E+02 | -3,8E+02 | non |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | -4 021 | -6 218 | oui |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | -2,22E-01 | -512 | non |

L'évaluation des incertitudes suivant la méthode présentée au §IV.3.2 conduit à constater, comme présenté dans le tableau ci-dessus, que les **écarts sont significatifs pour 4 indicateurs et sont non significatifs pour le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces et marine, le potentiel de déplétion des ressources en eau et le potentiel d'émissions de particules.** La Figure 78 présente les résultats du système sans consigne en référence par rapport au système de collecte pour recyclage/réutilisation.



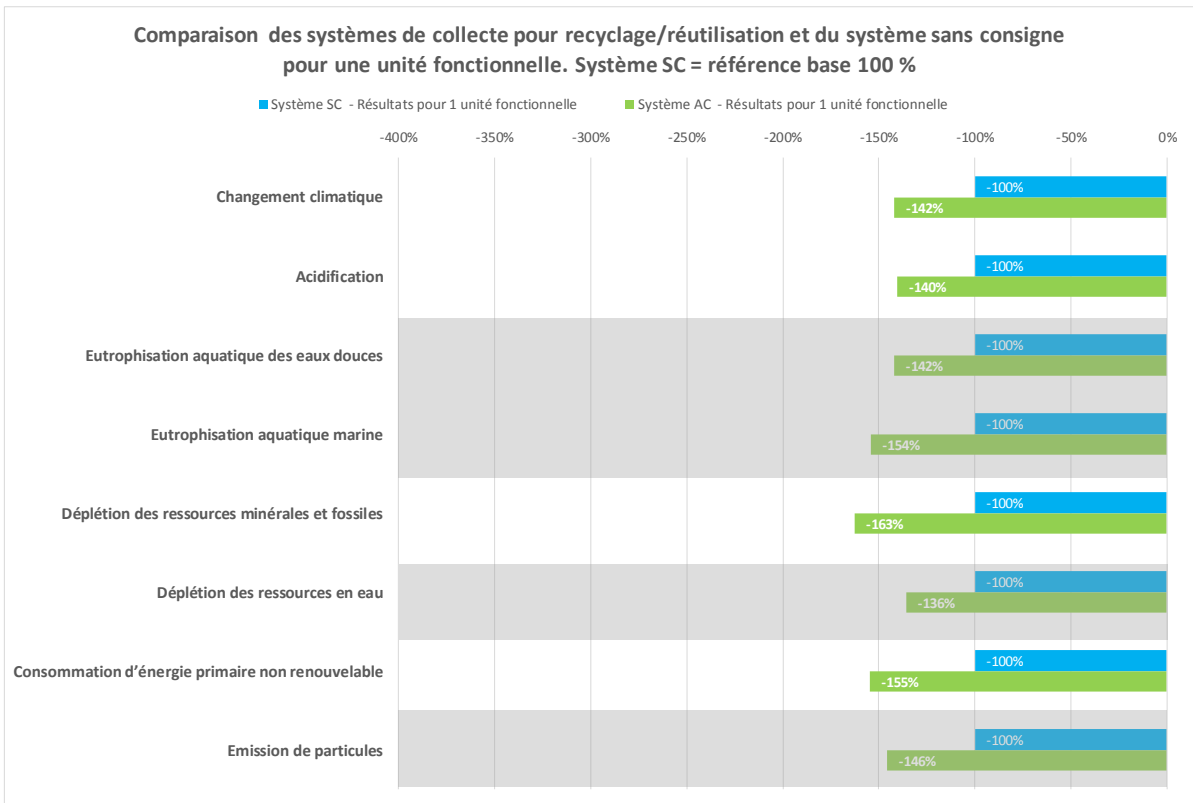


Figure 78 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes sans consigne et de collecte pour recyclage/réutilisation pour une unité fonctionnelle. Scénario captage tout type de bouteilles, favorable pour le système AC avec 100 % des bouteilles en verre collectées – Tenant compte de l'incertitude sur les résultats, tous les écarts sont jugés significatifs pour 4 indicateurs sur 8 – Dispositif SIAVED

La Figure 79 présente les résultats du système sans consigne et de collecte pour recyclage/réutilisation par étape du cycle de vie. Pour rappel, certaines étapes sont propres au système de collecte pour recyclage/réutilisation, comme le transport vers la déconsignation, la déconsignation et le lavage.



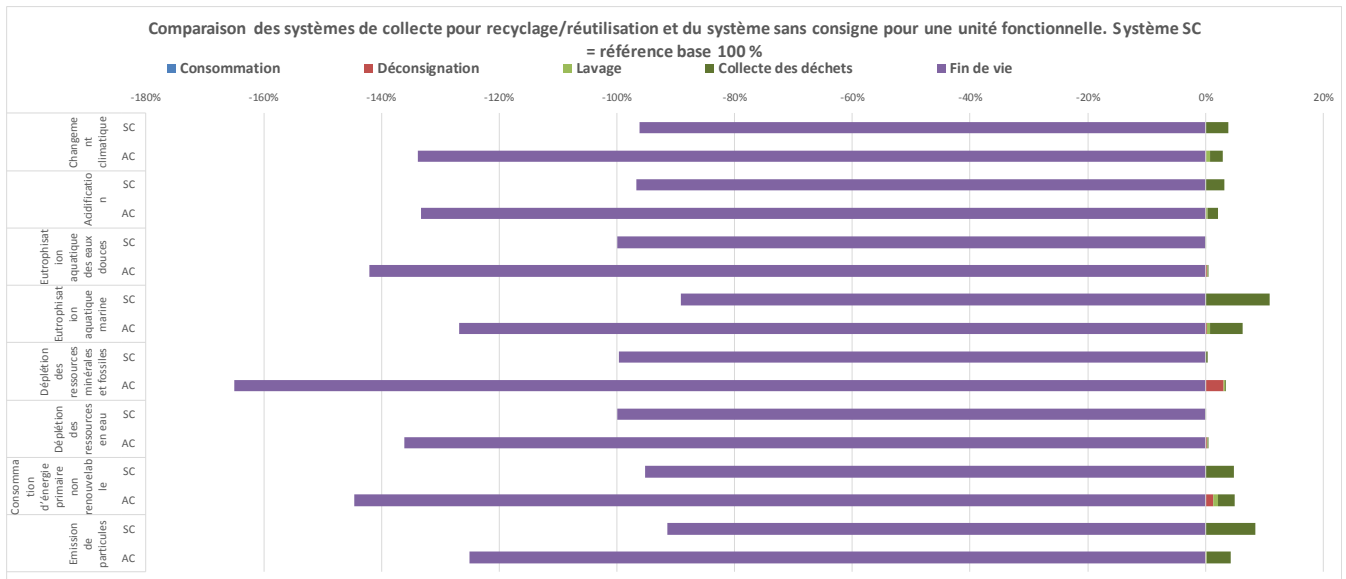


Figure 79 : Comparaison des impacts sur les principales étapes du cycle de vie du système de collecte pour recyclage/réutilisation et du système sans consigne pour une unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Pour toutes les catégories d'impact, la contribution absolue de l'étape de fin de vie du système de collecte avec recyclage/réutilisation est, en ordre de grandeur, supérieure aux impacts du cycle de vie du système avec consigne. Pour cette étape du cycle de vie, les 98,1 % des bouteilles en verre collectées et captées au kiosque sont envoyées directement au recycleur. De plus, la réutilisation des 1,9 % des bouteilles permet l'évitement de production de bouteilles neuves. Pour le système sans consigne, ce sont les données génériques (taux de recyclage du verre plus faible par rapport au 100 % des bouteilles recyclées par le kiosque) qui ont été utilisées. Ces différences expliquent le gain plus important de l'étape de fin de vie pour le système avec consigne que sans consigne.
- L'étape de collecte des déchets illustre que le système sans consigne est plus défavorable que le système de collecte avec recyclage/réutilisation. En effet, pour une même UF, le taux de recyclage est différent entre les deux systèmes en défaveur du système sans consigne. Ainsi, il existe plus de déchets de bouteilles qui partent en incinération/recyclage que le système de collecte pour recyclage/réutilisation.

En conclusion, dans un scénario où 100 % des bouteilles sont captées par le kiosque, le système de collecte pour recyclage/réutilisation (UF : traiter une tonne de déchets d'emballages en verre) présente un bénéfice environnemental par rapport au système sans consigne sur 4 catégories d'impact et est équivalent au système sans consigne sur les 4 autres catégories d'impact analysées. Le scénario où seules les bouteilles qui dans un système sans consigne (i.e. sans kiosque) sont apportées au PaV sont captées par le kiosque est analysé ci-dessous (pour déterminer la sensibilité de ces résultats à cette hypothèse de taux de captage).

3.3.3. Comparaison des impacts des deux systèmes sur tous les indicateurs avec le scénario du système « captage recyclage »

Le Tableau 113 fournit l'impact sur le cycle de vie du système de collecte pour recyclage/réutilisation (scénario du système « captage recyclage ») et du système sans consigne pour chaque enjeu environnemental considéré, en intégrant les incertitudes liées aux résultats.



Ces écarts concernent les résultats entre le système sans consigne et le système de collecte pour recyclage/réutilisation du scénario « captage recyclage » puis entre le système de collecte pour recyclage/réutilisation du scénario « captage tout type de bouteilles » et « captage recyclage ».

Tableau 113 : Résultats d'impact du cycle de vie pour chaque système - Résultats pour 1 unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED

| Catégorie d'impact | Unité | Système sans consigne | Système de collecte pour recyclage/réutilisation (captage tout type de bouteilles) | Système de collecte pour recyclage/réutilisation (captage recyclage) | Écart significatif ? (système sans consigne et système avec captage recyclage) | Écart significatif ? (système captage tout type de bouteilles et système avec captage recyclage) |
|---|------------------------|-----------------------|--|--|--|--|
| Changement climatique | kg éq. CO ₂ | -361 | -512 | -366 | Non | Oui |
| Acidification | mole H+ émis | -2,4 | -3,39 | -2,45 | Non | Oui |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | kg éq. P | -5,6E-02 | -7,9E-02 | -0,06 | Non | Non |
| Eutrophisation aquatique marine | kg éq. N | -2,5E-01 | -3,9E-01 | -0,26 | Non | Non |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | kg éq. Sb | -7,6E-04 | -1,2E-03 | -7,88E-04 | Non | Oui |
| Déplétion des ressources en eau | éq. m ³ | -2,8E+02 | -3,8E+02 | -275,50 | Non | Non |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | MJ | -4 021 | -6 218 | -4 126 | Non | Oui |
| Emissions de particules | kg éq. PM2.5 | -2,22E-01 | -512 | -2,23E-01 | Non | Non |



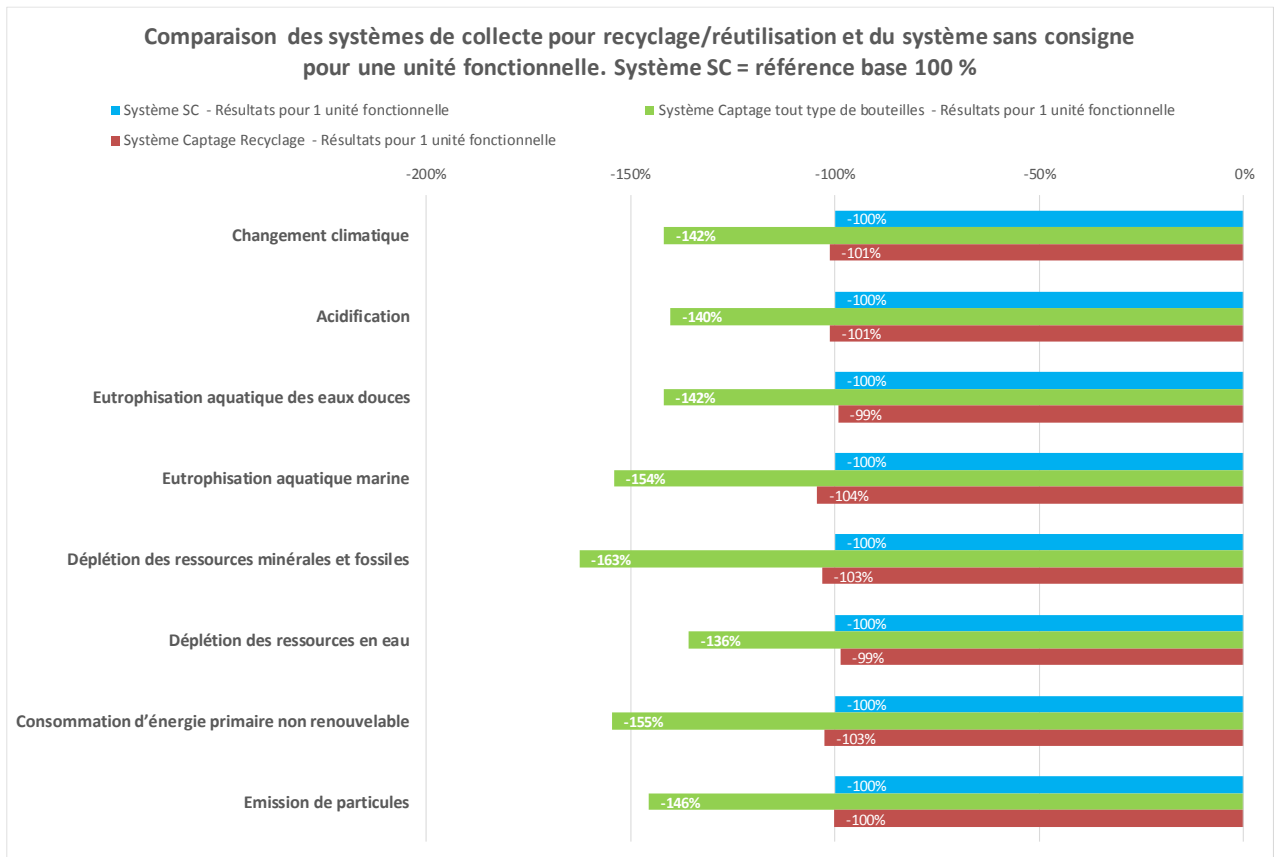


Figure 80 : Comparaison des impacts sur le cycle de vie des systèmes captage tout type de bouteilles, sans consigne et captage recyclage pour une unité fonctionnelle – Dispositif SIAVED

On observe les points suivants :

- Concernant la comparaison du scénario « captage recyclage » par rapport au scénario « captage tout type de bouteilles », les écarts sont significatifs sur 4 indicateurs, à savoir le potentiel de réchauffement climatique, le potentiel d'acidification, le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles et le potentiel de consommation d'énergie primaire non renouvelable, où le scénario « captage tout type de bouteilles » a une meilleure performance environnementale que le scénario « captage recyclage ».
- Concernant la comparaison du scénario « captage recyclage » par rapport au système sans consigne, les écarts sont non significatifs sur tous les indicateurs environnementaux.

3.4. Évaluation de la qualité des données

Les données brutes et données d'inventaire sont évaluées selon les critères présentés au paragraphe IV.4.2. On s'intéresse à toutes les phases du cycle de vie.

Le tableau ci-dessous présente les acronymes utilisés pour définir les catégories d'impacts utilisées dans l'évaluation de la qualité des données.



| Acronyme | Catégorie d'impact |
|-----------------|--|
| CC | Changement climatique |
| EP | Émissions de particules |
| Ac | Acidification |
| Eut.T | Eutrophisation aquatique des eaux douces |
| Eut.M | Eutrophisation aquatique marine |
| Drmf | Déplétion des ressources minérales et fossiles |
| Dre | Déplétion des ressources en eau |
| Cep | Consommation d'énergie primaire non renouvelable |



3.4.1. Système sans consigne

| Sous-étapes du cycle de vie | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | |
|---|------------|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|--|--------------------|---------------------|-------------|--|
| | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 7 - Collecte des déchets | | | | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers les OMR | | 2 | Eut.M, Cep, Ep | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport de l'emballage ménager vers les OMR. Le taux de chargement n'a pas été spécifié | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| | | 3 | Tous les indicateurs | | | | | | | | | | |
| Transport des déchets de l'emballage primaire vers le recycleur | | 2 | CC, Eut.M, Cep, Ep | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue du SIAVED sur le transport de la bouteille en verre vers le centre de tri et le recycleur. Le taux de chargement a été spécifiée entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement |
| | | 3 | Autres | | | | | | | | | | |
| 8 - Fin de vie | | | | | | | | | | | | | |
| Fin de vie de l'emballage ménager en UIOM | Traitement | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages de la fin de vie de l'emballage primaire ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage avec la source [ECOEMB16]. | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green (DE) production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Mais les autres données des modules constituant le module ecoinvent de base sont extrapolées en 2014. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. |
| Fin de vie de l'emballage ménager chez le recycleur | | 1 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | | | | |



3.4.1. Système de collecte pour recyclage/réutilisation scénario « captage tout type de bouteilles »

| Etape du cycle de vie et système étudié | Sous-étapes du cycle de vie | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | | |
|---|---|---|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-----------------------------|--|--------------------|---------------------|-------------|---|
| | | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 4 - Consommation | | | | | | | | | | | | | | |
| Système AC | Transport du domicile vers le magasin | Bouteille vide | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | La distance de transport et le scénario ont été utilisés de l'étude [ADEME_18] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| 5 - Déconsignation | | | | | | | | | | | | | | |
| Système AC | Utilisation de la machine de déconsignation (kiosque) | Consommation d'électricité | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données de consommation d'énergie ont été collectées avec le SIAVED. Ce travail a permis d'avoir des données robustes sur la consommation d'électricité | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles, mais prise en compte du mix français |
| | | Consommation de papier | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données de consommation d'énergie ont été collectées avec le SIAVED. Ce travail a permis d'avoir des données robustes sur la consommation d'électricité | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| | | Taux de captage des bouteilles par le kiosque | NA | NA | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | Le taux de captage de bouteilles est une hypothèse entre 73,5 % et 100 % des bouteilles collectées pour recyclage. Il n'existe pas de données "terrain" ou une enquête consommateur qui permet de spécifier exactement le taux de captage des bouteilles | NA | NA | NA | NA |



| Étape du cycle de vie et système étudié | Sous-étapes du cycle de vie | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | | |
|--|--|----------------------------------|----------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|---|--|--------------------|---------------------|--|--|
| | | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 6 - Lavage | | | | | | | | | | | | | | |
| Système AC | Consommation d'énergie de la laveuse | Consommation d'électricité | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Les données ont été extrapolées à partir des données de METEOR sur l'année 2016 sur les différentes consommations d'énergie | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles, mais prise en compte du mix français |
| | | Consommation de gaz | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | | 2 | 2 | 1 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles, mais prise en compte du mix français |
| | Consommation des autres entrants | Consommation d'eau | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par le SIAVED sur l'année 2016 sur la consommation d'eau | 2 | 1 | 2 | Prise en compte du flux régionalisé : remplacement de « Water, Europe without Switzerland » par « Water, FR » |
| | | Consommation de produit chimique | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Les données ont été fournies par le SIAVED sur l'année 2016 sur la consommation d'eau | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles mais prise en compte de la concentration de soude dans la modélisation |
| | Fin de vie | Traitement de l'étiquette | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Hypothèse que les étiquettes partent avec les DIB | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| | | Traitement de l'eau | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Le traitement de l'eau est issu des données de consommation d'eau en entrée, fournies par SIAVED | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation n'a été effectuée sur les modules disponibles |
| Transport des bouteilles vers le lavage | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Les distances de transport sont données par le SIAVED sans les taux de chargement | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation | |
| 7 - Collecte des déchets | | | | | | | | | | | | | | |
| Système AC | Transport de l'étiquette vers les OMR | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport de l'emballage ménager vers les OMR. Le taux de chargement n'a pas été spécifié | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| | Transport des déchets de bouteille en verre vers le recycleur | | 2 | Eut.M, Ep | | | | | | La distance de transport est issue du SIAVED sur le transport de la bouteille en verre vers le centre de tri et le recycleur. Le taux de chargement a été spécifiée entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| | | | 3 | Autres | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | | | | | |
| | Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ADEME13] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers les ITOM. Le taux de chargement n'a pas été spécifié | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| Transport des déchets des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur | | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | La distance de transport est issue de [ECOEMB16] sur le transport des emballages secondaires et tertiaires vers le recycleur. Le taux de chargement a été spécifié entre le centre de tri/transfert et le recycleur | 1 | 1 | 1 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation, prise en compte de la consommation de carburant avec le taux de chargement | |



| Etape du cycle de vie et système étudié | Sous-étapes du cycle de vie | Procédés | Contribution | Données brutes | | | | | Inventaires du cycle de vie | | | | | |
|---|---|--------------------|--------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------|-----------------------------|---|--------------------|---------------------|-------------|---|
| | | | | Précision | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Complétude | Commentaire | Repr. Temporelle | Repr. Géographique | Repr. Technologique | Commentaire | |
| 8 - Fin de vie | | | | | | | | | | | | | | |
| Système AC | Production évitée du verre liée au recyclage | | 2 | Autres | | | | | | | | | | |
| | | | 3 | Eut.T,Dre, EP | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | [VERRE09] permet de réaliser une bonne extrapolation de la consommation d'énergie, des émissions dans l'air de la production du verre à 0 % de calcin, afin d'avoir des données plus récentes | 2 | 1 | 1 | Le module "Packaging glass, green [DE] production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 % et de 100 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. Le module "Solid unbleached board [GLO] market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green [DE] production Alloc Rec, U" a été supprimé |
| | Transport évité du verre vers le site de conditionnement | Transport du verre | 3 | Tous les indicateurs | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | Nous n'avons pas eu de données spécifiques sur les distances de transport amont du verre. Néanmoins la consommation de carburant a été spécifiée avec le parc roulant français en 2015 | 1 | 2 | 2 | Utilisation du parc français roulant 2015 dans la modélisation |
| | Fin de vie de l'emballage ménager chez le recycleur | | 1 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages de la fin de vie de la bouteille en verre ont été spécifiés grâce au SIAVED. | 2 | 2 | 2 | Le module "Packaging glass, green [DE] production Alloc Rec, U" a été adapté sur la consommation d'énergie, les émissions dans l'air, afin d'avoir un taux de calcin de 0 % et de 100 %. Le mix énergétique a également été adapté pour l'électricité et le gaz. Les autres données constituant le module ecoinvent sont extrapolées à l'année 2016. Ainsi, la représentativité temporelle a été améliorée. Le module "Solid unbleached board [GLO] market for Alloc Rec, U" du module "Packaging glass, green [DE] production Alloc Rec, U" a été supprimé |
| | Fin de vie de l'emballage secondaires et tertiaires en ITOM | | 3 | Tous les indicateurs | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Les pourcentages des emballages secondaires et tertiaires ont été spécifiés par matériau entre l'incinération, l'enfouissement et le recyclage avec la source [ECOEMB16] | 2 | 2 | 2 | Aucune adaptation particulière n'a été effectuée sur les modules disponibles |



Les points d'attention concernant la qualité des données sont les suivants, par ordre d'importance décroissante pour les deux systèmes :

- Concernant la fabrication du verre (évitée dans le cas présent du dispositif SIAVED), qui a une contribution forte sur tous les indicateurs environnementaux, les données des modules ecoinvent constituant l'ensemble du module final de production du verre datent de 1997 et sont extrapolées par ecoinvent à 2016. Ainsi, la représentativité temporelle de l'ICV issu d'ecoinvent peut être améliorée, même si un travail d'adaptation des données d'activité d'énergie, de consommations de matières et des émissions directes a été réalisé.
- La précision des distances de transport amont de l'emballage primaire (étiquette et bouteille) et des emballages secondaires et tertiaires nécessite une amélioration même si la contribution sur tous les indicateurs environnementaux est faible.
- Les données de consommation d'énergie de la laveuse utilisées ne sont pas spécifiques au système analysé et pourraient être remplacées par des données spécifiques aux laveuses utilisées par les brasseurs utilisant les services de SIAVED.
- Le taux de captage des bouteilles effectué par le kiosque n'est pas connu. En effet, aucune enquête terrain ou sondage n'a été réalisée sur le lieu de déconsignation. Différentes hypothèses ont été faites sur ce taux de captage.

4. SIAVED : conclusions et limites

4.1. Conclusions

Tout d'abord, on rappelle que le dispositif SIAVED est différent des autres dispositifs évalués en termes de périmètre et d'Unité Fonctionnelle. Pour rappel, le dispositif SIAVED est un système de de collecte pour recyclage en majorité et pour réutilisation en très faible partie. En effet, le flux de bouteilles réutilisées est très faible (1,9 %). La comparaison du système sans consigne avec le système de collecte pour recyclage/réutilisation est faite en adoptant pour ce dernier système deux scénarios avec un taux de captage variant de 73,5 % à 100 % (dont, dans les 2 cas, 1,9 % de flux de bouteilles réutilisées uniquement). Le taux de captage des bouteilles effectué par le kiosque n'est pas connu. En effet, aucune enquête terrain ou sondage n'a été réalisée sur le lieu de déconsignation. Différentes hypothèses ont été faites sur ce taux de captage.

Les conclusions suivantes peuvent être établies :

- Pour le système de collecte pour recyclage/réutilisation, scénario captage tout type de bouteilles, les bénéfices du recyclage, la production évitée de 1,9 % de bouteilles et le transport évité des bouteilles neuves vers le brasseur suite à la réutilisation engendrent un gain environnemental très important (plus de 95 % sur tous les indicateurs).
- Pour le système de collecte pour recyclage/réutilisation, scénario captage tout type de bouteilles, les 98 % de bouteilles collectées par le kiosque sont envoyées directement en recyclage, ce qui permet un gain environnemental très important en fin de vie. La phase de collecte des déchets contribue à moins de 4,2 % sur tous les indicateurs environnementaux.
- Sur les 1,9 % de flux de bouteilles réutilisées du système de collecte pour recyclage/réutilisation, scénario captage tout type de bouteilles, les différentes étapes de cycle de vie contribuent très faiblement, à moins de 1,9 %.
- Pour le système sans consigne, les analyses sont identiques que pour le système de collecte pour recyclage/réutilisation, scénario captage tout type de bouteilles. Les bénéfices du recyclage engendrent un gain important entre 61 % à 99 % sur tous les indicateurs. La



phase de collecte des déchets engendre un impact important, entre 0,3 % à 32 % sur les différents indicateurs et à 39 % sur le potentiel d'eutrophisation aquatique marine.

- Le système avec consigne, scénario captage tout type de bouteilles, possède toujours un bénéfice potentiel plus important (entre 36 % à 63 % de gains environnementaux sur tous les indicateurs étudiés) par rapport au système sans consigne.
- Concernant la comparaison du scénario « captage recyclage » par rapport au système sans consigne, les écarts sont non significatifs sur tous les indicateurs.
- En considérant le scénario « captage recyclage » par rapport au scénario « captage tout type de bouteilles », les écarts sont significatifs sur 4 indicateurs c'est-à-dire sur le potentiel de réchauffement climatique, le potentiel d'acidification, le potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles et l'indicateur de consommation d'énergie primaire non renouvelable, où le système « captage tout type de bouteilles » a une meilleure performance environnementale par rapport au scénario « captage recyclage ».

4.2. Limites

Tout d'abord, concernant la qualité des données, l'élément principal qui pourrait être amélioré est la représentativité temporelle de l'ICV de production du verre. Néanmoins l'ensemble du module final de production du verre date de 1997 et est extrapolé par ecoinvent à 2016. Ainsi, la représentativité temporelle de l'ICV issu d'ecoinvent peut être améliorée, même si un travail d'adaptation des données d'activité d'énergie, de consommations de matières et des émissions directes a été réalisé.

Il manque des données sur la performance du dispositif SIAVED en comparaison du système de collecte en Point d'apport volontaire, sur le dispositif de gestion de la fin de vie des emballages ménagers standards et sur l'impact de la mise en place de la gratification via le système SIAVED sur le comportement de tri des consommateurs. Ainsi deux scénarios fictifs ont été considérés (captage recyclage et captage tout type de bouteilles), qui ne sont pas forcément représentatifs du comportement réel du consommateur, mais qui sont considérés comme représentant deux situations type permettant a priori d'encadrer les résultats de la performance réelle du dispositif SIAVED.

Les données de consommation d'énergie du lavage pour les 2 % des flux de bouteilles envoyées en réutilisation sont également manquantes. Les données du dispositif METEOR ont été extrapolées à SIAVED.



XII. Conclusions et axes d'approfondissement

1. Conclusions

On présente ci-dessous les conclusions générales de l'étude séparément pour les dispositifs de collecte pour réemploi / réutilisation (METEOR, Coat Albret, Tof&Co, Jean Bouteille, J'aime Mes Bouteilles et Bout' à Bout'), analysés avec une vision cycle de vie, et pour le dispositif SIAVED, qui est un dispositif de collecte pour recyclage/réutilisation, analysé sous l'angle du traitement des déchets d'emballage en fin de vie, donc avec une vision fin de vie.

1.1. Impacts potentiels des systèmes de collecte pour réemploi / réutilisation étudiés : quels sont les contributeurs principaux ?

Remarque préliminaire : Pour les systèmes de collecte pour réemploi / réutilisation (plus simplement appelés « systèmes avec consigne » dans le présent rapport), on peut distinguer les procédés récurrents des procédés non récurrents :

- Les **procédés récurrents** sont les procédés qui apparaissent à chaque utilisation de l'emballage : déconsignation, lavage et certaines phases de transport, par exemple le transport conditionnement-magasin ou le transport consommateur jusqu'à la déconsignation (sauf lors de la dernière utilisation, qui correspond à une bouteille non collectée ou refusée pour réutilisation en fin de vie).
- Les **procédés non récurrents** sont ceux qui apparaissent une fois dans le cycle de vie complet de la bouteille : il s'agit de la production de l'emballage réutilisé, de son transport initial jusqu'au site de conditionnement, et du traitement en fin de vie de l'emballage.

Dès lors, plus le nombre d'utilisations de la bouteille est important, plus la contribution relative des procédés récurrents au bilan environnemental sur le cycle de vie sera importante, tandis que la contribution relative des procédés non récurrents diminuera.

Pour l'ensemble des systèmes avec consigne analysés, **l'étape de fabrication de l'emballage primaire est la phase la plus contributrice au bilan environnemental des systèmes**. Les impacts proviennent très majoritairement de la production du verre. La contribution minimale de l'étape de fabrication sur l'ensemble des indicateurs varie significativement en fonction du dispositif considéré : elle est, hors prise en compte des bénéfices du recyclage, de 36 % pour METEOR et 47 % pour Jean Bouteille, supérieure à 50 % pour Coat Albret, Tof&Co, Bout' à Bout', et supérieure à 70 % pour J'aime Mes Bouteilles. Cette variation s'explique notamment par un nombre d'utilisations moyen des bouteilles variable en fonction des dispositifs. Plus le nombre d'utilisations augmente, plus le nombre de bouteilles à fabriquer pour contenir 1000L est faible, car la même bouteille sera réutilisée plusieurs fois et donc contiendra plusieurs fois un certain volume de contenu. Les bénéfices environnementaux apportés par le recyclage varient également de manière significative et évoluent globalement dans le même sens, c'est-à-dire que plus la contribution de la phase de fabrication a une contribution relative élevée (et moins la bouteille est réutilisée), plus les bénéfices du recyclage sont importants : Le bénéfice environnemental maximal sur tous les indicateurs est de moins de 39 % pour METEOR, 38% pour Coat Albret, de 53 % pour Tof&Co, et d'environ 60 % pour J'aime Mes Bouteilles. Pour Jean Bouteille, Coat Albret et Bout' à Bout', bien que la fabrication contribue significativement aux impacts, la contribution relative du recyclage est moins importante que pour les autres porteurs, avec au maximum un bénéfice de moins de 40 % pour Jean Bouteille, moins de 36% pour Coat Albret et moins de 26 % pour Bout' à Bout'.



Dans le cas du dispositif Bout' à Bout', cela s'explique par la forte contribution du bouchon en liège à l'étape de production, par rapport à la production du verre. Pour Jean Bouteille, la production de l'emballage amont (pour le vrac) contribue significativement aux impacts, par rapport à la production de la bouteille en verre. Ainsi pour ces deux dispositifs, les bénéfices liés au recyclage du verre ont une contribution relative qui n'est pas corrélée à la contribution relative de la phase de production. En raison du taux de retour inférieur à 100 % pour l'ensemble des dispositifs, et du nécessaire renouvellement du parc de bouteilles consignées, la recyclabilité des bouteilles consignées reste un enjeu environnemental important.

L'étape de lavage a une contribution très variable en fonction de l'indicateur et du dispositif considéré, mais ressort globalement comme la 2^{ème} étape la plus contributrice aux impacts des systèmes avec consigne. Sa contribution est maximale sur le potentiel de déplétion des ressources en eau : cette contribution sur le potentiel de déplétion des ressources en eau est faible pour J'aime Mes Bouteilles et Jean Bouteille (respectivement 1,1 % et 8,2 %), significative mais non majoritaire pour Bout' à Bout', Tof&Co et Coat Albret (respectivement 12 %, 23 % et 42 %), et majoritaire pour METEOR (55 %). Dans le cas du système vrac (Jean Bouteille) c'est la fabrication de l'emballage amont de la denrée qui ressort comme étant la 2^{ème} étape la plus contributrice (de 13 % à 38 % des impacts potentiels sur l'ensemble des indicateurs).

Les étapes suivantes du cycle de vie contribuent de manière variable, mais toujours secondairement au bilan environnemental des systèmes avec consigne :

- L'étape de déconsignation ne ressort que pour le dispositif METEOR, qui a mis en place une déconsignation automatique (qui entraîne donc une consommation d'énergie), et qui a un nombre d'utilisations suffisamment important (environ 20 cycles par bouteille en moyenne) pour que ce procédé récurrent contribue significativement aux impacts : il représente 6,2 % du potentiel de consommation d'énergie primaire non renouvelable et du potentiel de déplétion des ressources minérales et fossiles (en raison de la consommation d'électricité de la machine de déconsignation).
- Les étapes de distribution et conditionnement contribuent globalement peu aux impacts des systèmes avec consigne analysés.
- La collecte des déchets (traitement en fin de vie de l'emballage après ses utilisations successives) contribue à environ 10 % des impacts sur le cycle de vie.

1.2. Quel est le profil des impacts potentiels des systèmes sans consigne équivalents ?

Pour les systèmes sans consigne équivalents aux systèmes avec consigne étudiés l'étape de fabrication est l'étape la plus contributrice aux impacts. Pour la majorité des dispositifs, le scénario sans consigne dit « équivalent » au système avec consigne est fictif, et fondé sur des données du dispositif avec consigne. Les résultats sont très similaires d'un système sans consigne à un autre. La contribution minimale sur l'ensemble des indicateurs varie relativement peu en fonction du dispositif analysé, entre 81 % (pour METEOR et J'aime Mes Bouteilles) et 99 % (pour Coat Albret et Bout' à Bout'). Les bénéfices du recyclage (principalement du verre) représentent, en fonction des indicateurs entre 15 % et 55 % des impacts (algébriquement) positifs sur le cycle de vie excepté pour le potentiel de déplétion des ressources en eau pour lequel les bénéfices sont de l'ordre de 60 %.

L'analyse des flux a fait ressortir que c'était majoritairement la fabrication du verre de la bouteille, et plus précisément les impacts liés à la consommation d'énergie (et combustion) du four verrier mais aussi à la production des matières premières du verre, notamment la décarbonatation, qui contribuait aux impacts des systèmes sans consigne.



1.3. Quelle est la performance environnementale des dispositifs de consigne étudiés par rapport aux systèmes sans consigne équivalents ?

Le tableau suivant résume le positionnement des systèmes avec consigne analysés (hors SIAVED) en comparaison des systèmes sans consigne équivalents. Il ressort que :

- **Sur tous les indicateurs et dispositifs étudiés, le système avec consigne a une bonne performance environnementale par rapport au système sans consigne.**
- **Pour l'indicateur de déplétion des ressources en eau, tous les dispositifs de consigne ont une performance environnementale équivalente au système sans consigne.**
- **Plus précisément, les résultats suivants ont été observés :**
 - **2 dispositifs de consigne étudiés ressortent comme ayant une meilleure performance environnementale que le système sans consigne équivalent, excepté sur le potentiel de déplétion de la ressource en eau : METEOR et Tof&Co.**
 - **2 dispositifs de consigne ressortent comme ayant une meilleure performance environnementale au système sans consigne excepté sur le potentiel de déplétion des ressources en eau, l'eutrophisation aquatique des eaux douces et l'émission de particules : Coat Albret et Bout à bout.**
 - **Le dispositif J'aime mes Bouteilles ressort comme ayant une performance environnementale équivalente au système sans consigne sur l'ensemble des indicateurs.**
 - **Le scénario de référence du dispositif Jean Bouteille, avec 1,93 cycles présente une meilleure performance environnementale que le système sans consigne sur les indicateurs changement climatique, acidification, déplétion des ressources minérales et fossiles ainsi que pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable, et une performance équivalente sur les autres catégories d'impact analysées.**
 - **La prise en compte de la spécificité du système en vrac, avec ce que nous avons appelé les « réutilisations sans déconsignation » (i.e. des réutilisations de la bouteille avant déconsignation) améliore le profil environnemental du système avec consigne. Le système avec consigne devient significativement moins contributeur que le système sans consigne sur six indicateurs, et équivalent sur deux indicateurs.**

Sur aucun des dispositifs et indicateurs étudiés, le système avec consigne ne ressort comme ayant un impact potentiel plus élevé que le système sans consigne.



Tableau 114 : Positionnement des systèmes avec consigne par rapport aux systèmes sans consigne équivalents sur l'ensemble des indicateurs et dispositifs étudiés (excepté SIAVED) – « + » : système AC plus performant que le système SC ; « = » : systèmes AC et SC de performance équivalente (i.e. non significativement différente)

| Dispositif | | METEOR | Coat Albret | Tof&Co | Jean Bouteille | J'aime Mes Bouteilles | Bout' à Bout' |
|---------------------|--|--------|-------------|--------|----------------|-----------------------|---------------|
| Nombre de cycles | | 19,27 | 3,98 | 6,11 | 1,93 | 1,14 | 4,75 |
| Catégories d'impact | Changement climatique | + | + | + | + | = | + |
| | Acidification | + | + | + | + | = | + |
| | Eutrophisation aquatique des eaux douces | + | = | + | = | = | = |
| | Eutrophisation aquatique marine | + | + | + | = | = | + |
| | Déplétion des ressources minérales et fossiles | + | + | + | + | = | + |
| | Déplétion des ressources en eau | = | = | = | = | = | = |
| | Consommation d'énergie primaire non renouvelable | + | + | + | + | = | + |
| | Emission de particules | + | = | + | = | = | = |

Le tableau ci-dessous présente les gains environnementaux apportés par les systèmes avec consigne étudiés, lorsque ceux-ci sont significatifs (les cellules grisées indiquent, comme dans le tableau ci-dessus, des écarts non significatifs). L'objectif du tableau ci-dessous n'est pas de comparer les dispositifs entre eux mais de dégager les tendances, sur l'ensemble des dispositifs analysés, en termes de gains environnementaux par rapport à un système sans consigne équivalent.

On constate tout d'abord que pour chaque dispositif pris séparément, les bénéfices environnementaux du système avec consigne sont proches d'un indicateur à l'autre (écarts de gains de 15 % maximum d'un indicateur à l'autre) excepté pour le dispositif METEOR et Tof&Co dont les écarts varient sur une plage de 25 %, mais restreinte à 10 % si l'on omet le potentiel d'eutrophisation aquatique des eaux douces. Ensuite, lorsque l'écart est significatif entre le système avec consigne et sans consigne, les gains environnementaux apportés par les systèmes avec consigne étudiés sont supérieurs à 26 %, et même de l'ordre de 65 % pour METEOR.



Tableau 115 : Ecart constatés des systèmes avec consigne par rapport aux systèmes sans consigne équivalents sur l'ensemble des indicateurs et dispositifs étudiés (excepté SIAVED) – Lorsque le système avec consigne a un impact potentiel plus faible que le système sans consigne, l'écart relatif ($\text{impact_AC}/\text{impact_SC}-1$) est indiqué – Les cellules grisées correspondent à un impact potentiel équivalent entre le système avec consigne et le système sans consigne – le code couleur fait ressortir les gains les plus importants en vert et les gains les plus faibles en orange.

| Dispositif | METEOR | Coat Albret | Tof&Co | Jean Bouteille | J'aime Mes Bouteilles | Bout' à Bout' |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|------------------|
| Nombre de cycles | 19,27 | 3,98 | 6,11 | 1,93 | 1,14 | 4,75 |
| Changement climatique | -77 % | -57 % | -70 % | -31 % | -4 % | -43 % |
| Acidification | -85 % | -61 % | -75 % | -36 % | -13 % | -61 % |
| Eutrophisation aquatique des eaux douces | -65 % | -23 % | -49 % | -3 % | -11 % | -29 % |
| Eutrophisation aquatique marine | -82 % | -52 % | -69 % | -30 % | -11 % | -59 % |
| Déplétion des ressources minérales et fossiles | -73 % | -50 % | -62 % | -26 % | -13 % | -64 % |
| Déplétion des ressources en eau | -51 % | +6 % | -60 % | -9 % | -21 % | -41 % |
| Consommation d'énergie primaire non renouvelable | -79 % | -56 % | -73 % | -26 % | -6 % | -53 % |
| Emission de particules | -83 % | -60 % | -71 % | -30 % | -18 % | -61 % |
| Bénéfice environnemental significatif du système avec consigne | 65 % - 85 % | 50 % - 61 % | 49 % - 75 % | 26 % - 36 % | Non significatif | 43% -64 % |

Il est important de noter que pour tous les dispositifs retenus, on considère le même matériau d'emballage (verre pour le corps de l'emballage primaire) pour les systèmes avec et sans consigne. Les conclusions présentées ici sont valables pour les configurations analysées ici et ne préjugent pas de l'avantage environnemental d'autres dispositifs de consigne. De plus ces résultats concernent a fortiori uniquement les matériaux analysés. L'étude d'un matériau différent pour le système avec consigne et le système sans consigne comparés mènerait à des conclusions différentes.



1.4. Quels sont les paramètres influant sur les bénéfices environnementaux des systèmes avec consigne ?

Les principaux paramètres clés influençant les bénéfices environnementaux des systèmes avec consigne ont été testés en analyse de sensibilité. Ainsi, les analyses les plus pertinentes ont été conduites.

Comme souligné, dans la fiche technique ADEME sur la consigne pour les emballages boissons [ADEME11], l'analyse de la littérature disponible sur les études d'évaluation environnementale des dispositifs de consigne pour réemploi fait ressortir les paramètres suivants comme jouant un rôle clé dans la performance environnementale de ces systèmes :

- La distance de transport entre le conditionneur, le lieu de distribution et le mode de transport retenu ;
- Le nombre d'utilisations des emballages re-remplissables et le poids des emballages à usage unique ;
- Le taux de recyclage des emballages à usage unique.

Pour tous les dispositifs analysés, le mode de transport retenu pour le transport conditionnement-magasin est le camion, ce qui se comprend compte tenu des courtes distances (moins de 50 km). Dans la fiche technique ADEME, un point est mentionné concernant ce transport s'il était fait sur une plus grande distance (sur la possibilité de considérer un transport par train), mais dans cette étude nous nous sommes focalisés sur un transport conditionnement-magasin par camion.

Dans cette étude, le taux de recyclage des emballages à usage unique est supposé fixé puisque l'on étudie des dispositifs mis en place en France.

Ces deux paramètres n'ont donc pas été étudiés en sensibilité.

Les autres paramètres mentionnés sont des paramètres clés qu'il est pertinent d'analyser :

1. Le nombre d'utilisations des emballages re-remplissables a été étudié sur METEOR et Jean Bouteille ;
2. La distance de transport entre le conditionneur et le lieu de distribution a été analysée sur J'aime Mes Bouteilles ;
3. Le poids des emballages à usage unique a été analysé sur Bout' à Bout'.

De plus, les paramètres suivants, étant ressortis comme potentiellement clés pour le bilan environnemental des systèmes de collecte pour réemploi, ont été également analysés :

4. La distance de transport entre le site de lavage et les sites de conditionnement et de distribution a été réalisée sur Coat Albret ;
5. La quantité d'eau consommée pour le lavage des bouteilles a été analysée sur Coat Albret.

A noter que les hypothèses réalisées pour l'étape du déplacement du consommateur pour acheter et rendre les bouteilles consignées, où uniquement la surconsommation de carburant engendrée par le transport de l'emballage consigné par rapport au système sans consigne a été considérée, n'ont pas été analysées en analyse de sensibilité, alors qu'un consommateur peut uniquement ramener sa bouteille au site de déconsignation sans acheter une autre bouteille pleine sur place.

Chaque analyse a été menée sur un dispositif de consigne particulier, sélectionné en raison de sa configuration spécifique (par exemple lavage externalisé, i.e. réalisé sur un autre site que le site de conditionnement) ou de ses résultats (par exemple non significativité d'un écart entre systèmes avec et sans consigne). Il n'a pas été possible de réaliser chaque analyse de sensibilité sur tous les dispositifs, mais considérant que les dispositifs considérés ont des configurations proches et sont donc des variantes d'un système local "type" de consigne pour réemploi-réutilisation, les conclusions qualitatives des analyses de sensibilité peuvent être raisonnablement extrapolées aux différents systèmes de consigne analysés, les conclusions quantitatives restant quant à elles propres à chaque dispositif étudié.



1.4.1. Influence du nombre d'utilisations de la bouteille

Une analyse de sensibilité a été effectuée sur le nombre d'utilisations d'une bouteille pour le système avec consigne dans le cas du dispositif METEOR, afin d'évaluer le nombre d'utilisations minimal à partir duquel le système avec consigne est plus vertueux sur le plan environnemental que le système sans consigne. Une analyse équivalente a été réalisée sur Jean Bouteille, où le nombre d'utilisations de la bouteille est augmenté afin de tenir compte des réutilisations « sans déconsignation » (i.e. avant déconsignation).

Ces analyses ont permis de conclure les points suivants :

- Il est confirmé que le nombre d'utilisations de la bouteille est un paramètre jouant fortement sur les impacts environnementaux potentiels du système avec consigne.
- Pour le dispositif METEOR, à partir de 2 utilisations, le système avec consigne est plus favorable que le système sans consigne sur l'ensemble des impacts potentiels.
- Pour le dispositif Jean Bouteille, en tenant compte des usages « sans déconsignation », c'est-à-dire les réutilisations par le consommateur de la bouteille avant déconsignation, et avec lavage par le consommateur, le système avec consigne devient significativement plus favorable que le système sans consigne sur six indicateurs, et équivalent au système sans consigne sur les indicateurs eutrophisation aquatique des eaux douces et déplétion des ressources en eau.

Les analyses de sensibilité présentées ci-dessous portant sur les distances de transport montrent ce nombre d'utilisations « seuil » au-delà duquel le système avec consigne est plus performant que le système sans consigne dépend fortement des distances de transport propres au système avec consigne mais aussi la distance (commune aux deux systèmes) conditionnement-magasin : plus les distances sont importantes, plus le nombre d'utilisations doit être important pour « amortir » les coûts environnementaux du transport.

1.4.2. Influence de la distance de transport entre le site de conditionnement et le site de distribution

Une analyse de sensibilité a été réalisée conjointement sur la distance conditionnement-magasin et le nombre d'utilisations de la bouteille, sur le cas du dispositif Coat Albret, et a permis de conclure les points suivants :

- Pour une même distance conditionnement-magasin, plus le nombre d'utilisations augmente et plus le système avec consigne Coat Albret présente une performance environnementale favorable par rapport au système sans consigne.
- Pour un même nombre d'utilisations, lorsque les distances de transport diminuent, le système avec consigne Coat Albret devient plus intéressant que le système sans consigne d'un point de vue environnemental, pour les catégories d'impact étudiées.
- À partir de 1000 km, le système avec consigne est moins performant que le système sans consigne en-dessous de 20 utilisations sur le changement climatique. Ainsi dans le cas d'un transport en camion à l'échelle européenne, le système sans consigne à un impact équivalent à un système avec consigne pour un nombre d'utilisations inférieur ou égal à 20.
- Pour une distance de 200 km, il faut 12 à 14 utilisations pour que le système avec consigne soit plus performant que le système sans consigne sur 6 indicateurs. Pour une distance supérieure à 1 800 km, même avec 20 utilisations, le système avec consigne n'est pas plus performant que le système sans consigne.

Les conclusions quantitatives (en particulier les points de bascule) ne peuvent pas être généralisées à l'ensemble de ces dispositifs de consigne analysés et a fortiori à l'ensemble des dispositifs de collecte pour réemploi.



1.4.3. Influence du poids de l'emballage à usage unique

Dans cette étude, après discussion avec les différents porteurs de projet, la bouteille à usage unique a été considérée de même poids que la bouteille réutilisée, excepté pour METEOR pour lequel le poids de la bouteille à usage unique équivalente également mise sur le marché par le verrier a été fourni. Cette hypothèse de poids identique entre la bouteille réutilisée et la bouteille à usage unique est bien entendu à l'avantage du système avec consigne.

Une analyse de sensibilité a donc été réalisée, sur le dispositif Bout' à Bout', et a montré que considérer une masse de la bouteille à usage unique plus faible que la bouteille consignée entraînait certes une diminution des impacts potentiels du système sans consigne (entre 8 % et 16 %), mais ne remettait pas en cause la conclusion principale de l'étude du dispositif Bout' à Bout', à savoir que le système avec consigne est plus favorable que le système sans consigne sur le plan environnemental. Bien entendu, on ne peut pas généraliser cette conclusion à l'ensemble des configurations possibles et dispositifs étudiés : en particulier lorsque les gains environnementaux sont plus faibles que pour Bout' à Bout' avec l'hypothèse d'un poids identique entre les emballages à usage unique et réutilisable, considérer un poids plus faible pour l'emballage à usage unique peut faire basculer les conclusions.

1.4.4. Influence de la distance entre le site de lavage et les sites de conditionnement et de distribution

Une analyse de sensibilité a été réalisée conjointement sur le taux de renouvellement de la bouteille et la distance entre le site de lavage et les sites de conditionnement et de distribution, sur le cas du dispositif J'aime Mes Bouteilles, et a permis de conclure les points suivants :

- Pour une même distance du site de lavage aux sites de conditionnement et distribution, plus le nombre d'utilisations augmente et plus le système avec consigne présente une performance environnementale favorable par rapport au système sans consigne.
- Pour un même nombre d'utilisations, lorsque les distances de transport diminuent, le système avec consigne devient plus intéressant que le système sans consigne d'un point de vue environnemental, pour les catégories d'impact étudiées. Pour le dispositif J'aime Mes Bouteilles, ce seuil est de 100 km.
- En-dessous de 100 km cumulés (i.e. 50 km pour chaque trajet), le système avec consigne J'aime Mes Bouteilles est plus performant que le système sans consigne sur l'ensemble des impacts potentiels étudiés à partir de 6 utilisations.
- Sur le potentiel de changement climatique, le système avec consigne J'aime Mes Bouteilles est significativement plus performant dès 2 utilisations lorsque les distances conditionnement lavage et lavage magasin ne dépassent pas 50 km cumulés (25 km par trajet). Au-delà de 200 km, le système avec consigne a un impact potentiel sur le changement climatique plus élevé que le système sans consigne quel que soit le nombre d'utilisations, sur la plage de nombre d'utilisations considérée (1,14 à 20 utilisations).

Les conclusions quantitatives (en particulier les points de bascule) ne peuvent pas être généralisées à l'ensemble de ces dispositifs de consigne analysés et a fortiori à l'ensemble des dispositifs de collecte pour réemploi.

1.4.5. Influence de la quantité d'eau consommée pour le lavage des bouteilles

Une analyse de sensibilité a été effectuée sur la consommation d'eau au lavage pour le système avec consigne dans le cas du dispositif Coat Albret. Cette analyse a montré qu'une optimisation de la consommation d'eau pour le lavage pouvait permettre d'atteindre une baisse significative du potentiel de déplétion des ressources en eau sur l'ensemble du cycle de vie du système avec consigne (jusqu'à 37 % de réduction de l'impact de Coat Albret en supposant une consommation d'eau au même niveau que celle du cas METEOR, i.e. en passant d'une consommation annuelle de 90 909 L/an à 23 400 L/an). La différence pour cet indicateur avec le système sans consigne devient significative, ce qui permet de faire ressortir la consommation d'eau pour le lavage comme un point d'amélioration avéré pour Coat Albret.



De manière générale, la consommation d'eau pour le lavage des emballages est un enjeu environnemental significatif pour les systèmes de consigne et peut, et dans certaines configurations les systèmes de consigne peuvent être plus performants que les systèmes sans consigne équivalents sur le potentiel de déplétion des ressources en eau si la consommation d'eau pour le lavage est optimisée.

1.4.6. Performance environnementale du système de collecte pour recyclage et réutilisation : conclusions de l'évaluation du dispositif SIAVED

L'étude du dispositif SIAVED a permis de conclure les points suivants :

- Les évitements d'impact du système de collecte pour recyclage/réutilisation viennent très majoritairement de la production évitée de verre évitée par le recyclage.
- Dans le cas du scénario « captage tout type de bouteilles », le dispositif de collecte pour recyclage (98 % des bouteilles collectées) et réutilisation (2 % des bouteilles collectées) apporte des bénéfices environnementaux significatifs sur quatre indicateurs analysés (entre 36 % à 63 % de gains environnementaux par rapport au système sans consigne fournissant le même service).
- Dans le scénario où seules les bouteilles apportées habituellement au recyclage sont captées par le kiosque (scénario dit « captage recyclage » dans le présent rapport), les écarts sont non significatifs sur tous les indicateurs environnementaux, par rapport au système sans consigne.
- Concernant le scénario « captage tout type de bouteilles », cette meilleure performance environnementale sur certains indicateurs par rapport au système sans consigne provient majoritairement du fait qu'en raison de la consigne, il a été supposé que la concentration du flux de déchets par le kiosque SIAVED permet de diriger 100 % des bouteilles collectées pour recyclage vers une filière de recyclage. A noter que les différents scénarii reposent sur des hypothèses fortes concernant le comportement du consommateur, qui ne sont pas étayées par des retours de terrain. En effet, le taux de captage réel des bouteilles effectuées par le kiosque n'est pas connu.

1.5. Principaux enseignements de l'étude

Les principales conclusions de l'étude sont rappelées dans cette section. A noter que les conclusions quantitatives de chaque dispositif ne peuvent pas être généralisées aux autres dispositifs de consigne analysés. De même, les conclusions de l'étude ne peuvent pas être généralisées à l'ensemble des dispositifs de collecte pour réemploi.

La principale étape contributrice au bilan environnemental des systèmes avec et sans consigne est l'étape de fabrication de l'emballage primaire : Les impacts proviennent très majoritairement de la production du verre. Pour les systèmes avec consigne, ces impacts dépendent fortement du nombre de réutilisations de la bouteille. Plus la bouteille est réutilisée, plus les impacts liés à la fabrication de la bouteille sont faibles (par unité fonctionnelle).

L'étape de lavage est globalement la 2^{ème} étape la plus contributrice aux impacts des systèmes avec consigne : Sa contribution est très variable selon les performances des différents dispositifs. Cette étape joue principalement sur l'indicateur de déplétion des ressources en eau.

Pour les systèmes avec consigne, les étapes de distribution et conditionnement, l'étape de déconsignation et la collecte des déchets contribuent de manière variable, mais toujours de façon secondaire à l'empreinte environnementale.



La comparaison des systèmes avec et sans consigne a montré que sur tous les indicateurs et dispositifs étudiés, le système avec consigne a une bonne performance environnementale par rapport au système sans consigne (i.e. supérieure ou équivalente). Sur aucun des dispositifs et indicateurs étudiés, le système avec consigne ne ressort comme ayant un impact potentiel plus élevé que le système sans consigne. Pour l'indicateur de déplétion des ressources en eaux, tous les dispositifs de consigne ont une performance environnementale équivalente au système sans consigne. La consommation d'eau (via l'étape de lavage) est donc un paramètre clé dans la performance environnementale des systèmes avec consigne.

Les principaux paramètres qui influent sur la performance environnementale d'un système de consigne des bouteilles en verre sont :

- **Le nombre de réutilisations de la bouteille.** Ce paramètre va conditionner la contribution aux impacts de la fabrication de la bouteille et du traitement en fin de vie de cet emballage. Plus le nombre de réutilisations est élevé, plus les impacts liés à la fabrication des bouteilles seront faibles, car moins de bouteilles sont fabriquées par unité fonctionnelle. Ainsi de façon générale, les impacts par unité fonctionnelle diminuent lorsque le nombre de réutilisations des bouteilles augmente.
- **La consommation d'eau et d'énergie à l'étape de lavage.** Ce paramètre étant propre au système avec consigne, ce paramètre peut également influencer la comparaison avec le système sans consigne. Sur tous les dispositifs étudiés, les performances du lavage ont montré de grandes disparités.
- **Les distances de transport.** Les analyses de sensibilité réalisées sur les distances de transport ont montré que l'augmentation des distances entraînait bien une augmentation des impacts potentiels du système avec consigne, ces distances doivent rester faibles pour que le système avec consigne présente un bénéfice environnemental significatif par rapport au système sans consigne, pour tous les indicateurs environnementaux étudiés.

Ainsi, le système avec consigne présente des bénéfices environnementaux potentiels par rapport au système sans consigne lorsque la réutilisation des bouteilles est élevée, que le lavage est optimisé avec une faible consommation d'eau et d'énergie et lorsque les distances de transport sont « modérées », avec de préférence un lavage réalisé sur le site de conditionnement, c'est-à-dire « internalisé » pour diminuer les distances de transport.



2. Axes d'approfondissement

Les axes de travail futur suivants peuvent être dégagés :

- Concernant le type de modèle d'ACV utilisé dans le cadre de cette étude (ACV dite « attributionnelle »), il est important de noter que, si les systèmes étudiés étaient amenés à être déployés à grande échelle au niveau national, la pertinence de mener une ACV conséquente, pour apporter une information pertinente sur les enjeux environnementaux de ces systèmes en tenant notamment compte des conséquences de ce déploiement sur les procédés d'arrière-plan, via les mécanismes économiques de substitution d'approvisionnement ou d'usage, serait à analyser.
- L'étude menée actuellement ne considère pas les dommages environnementaux de type « end-point ».
- Concernant l'évaluation des incertitudes, la limite principale de l'approche proposée est qu'elle ne tient pas compte de la corrélation entre les paramètres des systèmes comparés. Par conséquent, cette approche tend à surestimer les incertitudes : certains écarts sont jugés non significatifs avec la méthode proposée alors que potentiellement en réalité ils le sont.
- Analyse de la sensibilité des résultats par rapport au taux de recyclage du verre : si une augmentation du taux de recyclage du verre est envisagée, cela diminuera à priori l'écart entre le système avec consigne et le système sans consigne.

Il convient également de rappeler que, comme pour toute Analyse de Cycle de Vie :

- Comme mentionné dans la norme ISO 14 044, les résultats d'impact présentés dans ce rapport sont des expressions relatives, qui de plus ne prédisent pas les effets sur les impacts finaux par catégorie, le dépassement des seuils, les marges de sécurité ou les risques.
- Les résultats de la présente étude portent de facto les limites des méthodes de caractérisation considérées. Ces méthodes ont été choisies car elles sont considérées par le JRC de la Commission Européenne comme l'état de l'art scientifique actuel.



XIII. Revue critique

1. Rapport de revue critique

Voir page suivante.



RAPPORT DE REVUE CRITIQUE PORTANT SUR :

"ANALYSE DU CYCLE DE VIE DE SYSTÈMES DE COLLECTE (B TO C) DES EMBALLAGES MÉNAGERS POUR RÉEMPLOI OU RÉUTILISATION"

Préparé par :

Sébastien Humbert (Quantis) • Edith Martin (Quantis) • Hélène Cruyppenninck (Experte indépendante)
Xavier Capilla (Institut du Verre) • David Fayolle (AJBD)

Pour :

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

Contacts :

Sébastien Humbert
Directeur Scientifique

Sebastien.humbert@quantis-intl.com

Edith Martin
Consultante senior

Edith.martin@quantis-intl.com



Informations Génériques

Objet du projet Le présent rapport correspond au rapport de revue critique portant sur l'analyse de cycle de vie comparative de systèmes de collecte B to C des emballages ménagers en verre pour réemploi et réutilisation et sans réemploi (usage unique) réalisée par Deloitte et Inddigo pour l'ADEME.

Client ADEME
Direction Economie Circulaire et Déchets
Service Consommation et Prévention
Agnès Jalier (agnes.jalier@ademe.fr)

Version Version finale, rédigée par :
Augustin Chanoine, consultant (Deloitte)
Philippe Kuch, consultant (Deloitte)
Clara Tromson, consultante (Deloitte)

Panel de revue critique Sébastien Humbert (sebastien.humbert@quantis-intl.com) -
Directeur Scientifique de Quantis, président du panel
Xavier Capilla (xavier.capilla@institutduverre.fr) - Expert filière,
Institut du verre
Hélène Cruypenninck (helene.cruypenninck@gmail.com) - Experte
ACV, recyclage et consigne
David Fayolle (david.fayolle@ajbd.fr) - Expert transports, AJBD
Edith Martin (edith.martin@quantis-intl.com) - Experte ACV, Quantis

Fichiers associés Ce rapport est indissociable des fichiers suivants :

- 1 Rapport ACV au format .pdf intitulé «ADEME - Collecte pour réemploi réutilisation - Rapport ACV post-RC VF -27-09-2018- suivi des modifs.pdf » envoyé par mail le 27/09/2018 à 14h34
- 2 Fichiers de commentaires au format .xls intitulé « Quantis_RC_recyclage_vs_consigne_iteration5_Deloitte-VF » envoyé par Edith Martin par mail le 07/09/2018 à 11h18.



SOMMAIRE

| | | |
|-------|---|-----|
| 1 | Contexte et objectifs de l'étude soumise à revue critique | 281 |
| 2 | Organisation de la revue critique | 281 |
| 2.1 | Objectifs de la revue critique | 281 |
| 2.2 | Principales parties prenantes | 282 |
| 2.2.1 | Commanditaire et praticien ACV | 282 |
| 2.2.2 | Panel de revue critique | 282 |
| 2.3 | Déroulement et périmètre de la revue critique | 282 |
| 3 | Remarques de la revue critique | 283 |
| 3.1 | Remarques générales | 283 |
| 3.2 | Nature des principaux commentaires de la revue critique | 283 |
| 3.3 | Points d'attention | 284 |
| 3.4 | Conclusion de la revue critique | 286 |
| 3.5 | Signatures | 286 |



1 Contexte et objectifs de l'étude soumise à revue critique

Dans le cadre du programme national de prévention des déchets pour la période 2014-2020 et de la loi de transition énergétique pour la croissance verte, l'ADEME a lancé en 2016 un appel à projets : « Systèmes de collecte des emballages ménagers de boissons pour réemploi ou réutilisation ». Cet appel à projets a permis de sélectionner 10 systèmes de réemploi-réutilisation d'emballages ménagers (verre), dont 7 ont été évalués sous les angles environnementaux, économiques et sociaux, afin de tirer des enseignements sur leur mise en œuvre et d'identifier les freins et les leviers de ce type de dispositifs en France. L'ADEME a pour cela été accompagnée par le consortium Deloitte-Inddigo.

L'objectif de l'étude est double :

1. Évaluer la performance environnementale de chacun des dispositifs de collecte des emballages ménagers de boissons en vue de leur réemploi ou réutilisation, en identifiant les principaux contributeurs au bilan environnemental ainsi que les sources de ces impacts.
2. Évaluer les potentiels bénéfiques environnementaux de ces dispositifs comparativement à des dispositifs fictifs équivalents mettant en jeu des emballages ménagers à usage unique.

Conformément à la série de normes ISO 14040 et dans le but de divulguer publiquement les résultats des évaluations environnementales à terme, l'Agence a souhaité que les évaluations environnementales, réalisées par Deloitte, soient soumises à revue critique.

2 Organisation de la revue critique

2.1 Objectifs de la revue critique

Au lancement de l'étude, celle-ci n'avait pas vocation à être diffusée largement. Lors de la dernière itération de revue critique, le panel a été informé de l'intention de l'ADEME de rendre le rapport public sur la médiathèque de l'agence.

Indépendamment du niveau de diffusion de l'étude, les résultats ne peuvent être utilisés pour comparer les impacts environnementaux potentiels des dispositifs de consigne entre eux, ni pour conclure sur les impacts environnementaux potentiels d'un déploiement à grande échelle des dispositifs étudiés.

Les objectifs de la revue critique, conformément aux exigences de l'ISO 14040 et 14044, sont de s'assurer que :

- Les méthodes utilisées pour réaliser l'analyse du cycle de vie sont cohérentes avec la norme ISO 14040,



- Les méthodes utilisées sont valables d'un point de vue technique et scientifique,
- Les données utilisées sont appropriées et raisonnables par rapport à l'objectif de l'étude,
- Les interprétations reflètent les limitations identifiées et l'objectif de l'étude,
- Le rapport détaillé est transparent et cohérent.

2.2 Principales parties prenantes

2.2.1 Commanditaire et praticien ACV

Les évaluations environnementales ont été commanditées par l'ADEME.

La collecte des données, les analyses de cycles de vies et le rapport ont été réalisés par Deloitte.

2.2.2 Panel de revue critique

Le comité de revue critique réunit des personnes reconnues pour leur compétence en ACV et leur connaissance des filières étudiées. Il est composé de :

- Sébastien Humbert, Quantis : président du panel,
- Xavier Capilla, Institut du verre : expert verre,
- Hélène Cruyppenninck : experte indépendante ACV et système de consigne,
- David Fayolle, AJBD : expert transport et logistique, notamment des déchets,
- Edith Martin, Quantis : experte ACV.

2.3 Déroulement et périmètre de la revue critique

La revue critique a été réalisée « au fil de l'eau ». Elle a porté sur 4 versions du rapport :

- La 1ère itération a porté sur le rapport intitulé « ADEME - Collecte pour réemploi réutilisation - Rapport ACV METEOR v1.pdf », envoyé le 02/05/2017 par Augustin Chanoine, Deloitte.
- La 2ème itération a porté sur le rapport intitulé « ADEME_Rapport ACV METEOR_post_RC_sans_suivi.pdf », envoyé le 02/08/2017 par Philippe Kuch, Deloitte.
- La 3ème itération a porté sur le rapport intitulé « ADEME - Collecte pour réemploi réutilisation - Rapport ACV v1.pdf » envoyé le 28/03/2018 par Augustin Chanoine, Deloitte.
- La 4ème itération : « ADEME - Collecte pour réemploi réutilisation - Rapport ACV post-RC.PDF », envoyé par Augustin Chanoine, Deloitte, le 07/06/2018.

La revue critique n'a ainsi pas porté sur les fichiers de calculs et la modélisation réalisée. Les tableaux de commentaires en annexe de ce document correspondent aux commentaires réalisés sur l'ensemble des 4 itérations et le présent rapport en constitue la synthèse.

Lors de la dernière itération, des suggestions complémentaires ont été formulées à l'ADEME et à Deloitte visant à clarifier le rapport dans une optique de diffusion publique de celui-ci.

Il est important de rappeler que le processus de revue critique n'implique en aucune manière que les experts endossent les résultats de l'ACV, ni qu'ils approuvent les produits évalués. Le présent rapport



est livré par le panel à l'ADEME et à Deloitte. Le panel ne peut pas être tenu pour responsable de l'usage de son travail par des tiers.

Ainsi, les conclusions du panel couvrent *uniquement le rapport* mentionné plus haut et aucun autre rapport, extrait, publication ou généralisation de tout type qui pourrait être fait. Les conclusions du panel ont été données dans le cadre de l'état de l'art, et de l'information qu'il a reçue au cours de son travail. Comme pour toute ACV, ces conclusions auraient pu être différentes dans un contexte différent.

3 Remarques de la revue critique

3.1 Remarques générales

Les experts souhaiteraient remercier l'ADEME pour leur avoir donné l'opportunité de participer à la revue critique de leur projet et loue les efforts réalisés Deloitte pour réaliser une analyse d'une telle envergure.

Les commentaires apportés par la revue critique ont été étudiés avec attention par les partenaires et les modifications apportées ont été satisfaisantes au regard des objectifs de l'étude. Le rapport actuel, conçu pour pouvoir être livré en partie à chaque porteur de projets, est lourd à consulter. D'importants efforts ont cependant été produits par les partenaires pour s'assurer de la transparence et de la robustesse de leur étude.

3.2 Nature des principaux commentaires de la revue critique

Au cours des itérations successives de la revue critique, les commentaires formulés par le panel sur les données et la modélisation ont visé à améliorer la qualité du rapport en particulier sur les points suivants :

- La modélisation des transports et des logistiques retour, pour tous les maillons logistiques, y compris les déchets, afin de s'assurer de l'homogénéité des hypothèses pour les systèmes avec et sans consigne¹⁵.
- La modélisation du lavage des bouteilles consignées : en l'absence de données pour l'ensemble des dispositifs, le panel s'est assuré que les hypothèses posées par Deloitte soient cohérentes avec la taille des installations de lavage. Certaines interrogations subsistent encore sur la plausibilité des données finalement considérées pour le lavage.
- L'objectivité de la présentation des résultats du dispositif SIAVED : à la demande du panel, un scénario « captage – recyclage » a été ajouté à l'étude. Pour le panel, les scénarios « captage – recyclage » et « captage – tout type de bouteilles »¹⁶ sont des scénarios extrêmes posés en l'absence de retour d'expérience sur l'évolution du taux de collecte lors de la mise en place d'un

¹⁵ Se référer au rapport pour les définitions.

¹⁶ Se référer au rapport pour les définitions.



kiosque de collecte des emballages avec gratification. Les impacts potentiels du dispositif SIAVED se situent probablement entre ces deux scénarios extrêmes.

Bien que le panel n'ait pas eu accès au modèle, des contrôles de cohérence des résultats ont été effectués lorsque possible. Les corrections successives ont amélioré la plausibilité des résultats de l'étude.

Par ailleurs, bien que des efforts rédactionnels aient été fournis par Deloitte, le rapport reste difficile à lire et à comprendre pour un non-expert de l'analyse de cycle de vie.

3.3 Points d'attention

Bien que le rapport final de l'étude soit considéré compatible avec les exigences des normes ISO 14040:2006 et 14044:2006, le panel de revue critique considère que quelques points d'attention méritent d'être soulignés pour s'assurer de la pleine compréhension de l'étude par de futurs lecteurs.

- **Objectifs, système et unité fonctionnelle**

Les objectifs de l'étude et le public visé sont clairement définis. Les systèmes étudiés dans l'étude sont clairement identifiés :

- METEOR
- Coat Albret
- Tof&Co
- Jean Bouteille
- J'aime Mes Bouteilles
- Bout' à Bout'
- SIAVED (système de collecte pour réutilisation et recyclage)

Le panel de revue critique salue le travail de collecte de données et d'inventaires des flux réalisé par le consortium Indigo-Deloitte.

L'unité fonctionnelle retenue dans le cadre de l'étude diffère entre les systèmes. Pour les 6 premiers systèmes, l'unité fonctionnelle est : « Mettre à disposition 1000 L de boisson »

Pour le système SIAVED, l'unité fonctionnelle est : « Collecter et traiter 1 tonne d'emballages usagées en fin de vie ».

Les données ont été collectées sur des périmètres temporels définis (ex. les données de lavage pour le système Coat Albret sont issues de l'année 2016 uniquement). Les années considérées auraient pu être intégrées au sein de l'unité fonctionnelle pour plus de clarté sur le périmètre défini. Cela n'impacte cependant pas les résultats ni les conclusions de l'étude.

- **Périmètre de l'étude**

Le périmètre de l'étude est actuellement clair et cohérent. Certains choix dans ce périmètre peuvent cependant être considérés comme des limites de l'étude, notamment :



- La quantification des impacts en fin de vie et à l'utilisation des produits recyclés n'est pas conforme aux dernières recommandations du JRC (circular footprint formula), mais suit les principes généraux pour l'affichage environnemental des produits de grande consommation, issu des travaux réalisés en France et coordonnés par l'ADEME
- Le mix électrique français utilisé est issu de la base de données ecoinvent v.3.3 (représentatif des années 2012 à 2015). Or depuis l'ouverture des marchés de l'électricité, les impacts environnementaux de l'électricité consommée varient en continu en fonction des imports d'électricité.

- **Impacts étudiés**

La justification du choix des catégories d'impact est bien présentée. Il est important de noter cependant que certains indicateurs utilisés ne sont pas les derniers indicateurs recommandés par l'Union européenne et le JRC (Changement Climatique, Empreinte Eau, Déplétion des Ressources notamment), mais que cela n'influencera a priori pas les conclusions générales de l'étude et permet de répondre aux objectifs des commanditaire et praticiens ACV.

- **Validité de la modélisation**

Le panel insiste sur le fait que l'étude porte sur des dispositifs locaux, éparses sur le territoire français et en nombre restreint, contexte où une modélisation attributionnelle – telle que mise en œuvre dans l'étude – est appropriée.

La comparaison entre un système avec réemploi-réutilisation et un système sans réemploi-réutilisation pourrait être radicalement différente dans le cas d'un déploiement à grande échelle des systèmes consignés, ou d'une multiplication rapide de ce type d'initiative sur le territoire français. Dans ce cas, l'étude devrait opter pour une modélisation de type conséquentielle.

- **Résultats**

Le panel de revue critique salue les efforts réalisés par les auteurs du rapport pour améliorer l'interprétation des résultats. Dans la dernière version du rapport soumis à revue critique, ces résultats sont globalement présentés de manière transparente et claire, par le biais de graphes. Les principaux hotspots sont bien explicités.

- **Rapport**

Le rapport est de taille importante et a été conçu pour pouvoir être découpé et livré en partie à chaque porteur de projets. En ayant ce cadre en tête, le rapport est clair et pédagogique, les explications amènent bien le sujet. Le rapport dans son intégralité est conséquent. Une section comparative transversale approfondie aurait apporté plus de clarté mais n'était pas envisageable pour Deloitte et l'ADEME. La conclusion permet de jouer ce rôle.

Les experts de la revue critique ne peuvent être tenus responsables d'aucune extraction de l'étude pour la communication externe des résultats.



3.4 Conclusion de la revue critique

Considérant l'ensemble des remarques précédentes, le panel de revue critique considère que :

- Les méthodes utilisées pour réaliser l'analyse du cycle de vie sont cohérentes avec la norme ISO 14040,
- Les méthodes utilisées sont valables d'un point de vue technique et scientifique,
- Les données utilisées sont appropriées et raisonnables par rapport à l'objectif de l'étude,
- Les interprétations reflètent les limitations identifiées et l'objectif de l'étude,
- Le rapport détaillé est transparent et cohérent.

3.5 Signatures

Sébastien Humbert (Quantis)



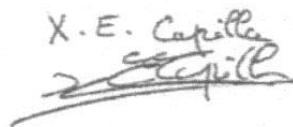
Edith Martin (Quantis)



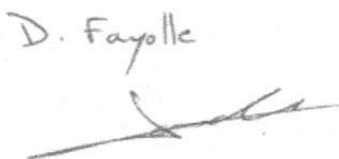
Hélène Cruyppenninck (Experte indépendante)



Xavier Capilla (Institut du Verre)



David Fayolle (AJBD)



2. Réponses apportées aux recommandations

Les réponses n'ont pas été intégrées directement dans ce rapport d'ACV mais font partie intégrante du rapport de revue critique. Ces réponses sont disponibles sur demande.



XIV. Références

- [ADEME18] Enquête consommateurs sur les pratiques de « consigne » d’emballage pour réemploi-réutilisation, octobre 2018, ADEME
- [ADEME16] Principes généraux pour l’affichage environnemental des produits de grande consommation.
Partie 0 : Principes généraux et cadre méthodologique, Mars 2016, ADEME
- [ADEME13] Documentation Base Carbone
Version 1.01 - 30 juin 2013, ADEME
- [ADEME11] Fiche technique ADEME sur la consigne pour les emballages boissons – Novembre 2011, ADEME
- [ADEME10] Guide des facteurs d’émissions – chapitre 4 – prise en compte des transports, version 6.1, juin 2010, ADEME
- [PEF16] Product Environmental Footprint Pilot Guidance - Guidance for the implementation of the EU Product - Environmental Footprint (PEF) during the Environmental Footprint (EF) pilot phase
Version 5.2 – Février 2016
- [CIRAIG15] Mise à jour d’une analyse du cycle de vie de contenants de bière au Québec, rapport final, Août 2015
- [CNR16] Enquête longue distance, 2016, Comité National Routier
- [DEROCHE09] 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.
Etude réalisée pour le compte de Brasserie Météor par Deroche Consultants.
Avril 2009
- [ECOEMB10] Rapport méthodologique : Bilan environnemental des emballages B.E.E. V2.0, Eco Emballages, 2010
- [ECOEMB15] Comités d’Information Matériaux 2015
Document faisant suite à la réunion du 07 juin 2016, ADELPHÉ et Eco Emballages
- [ECOEMB10] Rapport méthodologique
BEE (Bilan Environnemental des Emballages) V2.0, février 2010
- [ECOEMB16] Guide des données BEE (Bilan Environnemental des Emballages), Eco Emballages, Mai 2016
- [IFS16] IFSTTAR, 2016. Parc roulant PL en France en 2015 établi par l’IFSTTAR



- [ILCD10] European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance.
First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union; 2010
- [JRC16] Environmental Footprint - Update of Life Cycle Impact Assessment methods ; DRAFT for TAB, (status: May 2, 2016)
- [JRC11] Evaluation of weighting methods for measuring the EU-27 overall environmental impact.
Huppes G., Van Oers L. JRC Technical and scientific reports. 2011
- [MEDDE18] Information GES des prestations de transport, Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, 2018
- [VERRE08] Une petite encyclopédie du verre, volume 14, numéro 1, Février 2008, Gerard Pajeau



XV. Annexes

1. Formule issue des principes généraux pour l'affichage environnemental des produits de grande consommation

La formule issue de cette étude pour une boucle ouverte correspond à :

$$EM = EV + EDaval + a R1 (ERamont/\rho1 - EV*\sigma1 - EDamont/\rho1) + (1-a) R2 (ERaval - \rho2*\sigma2*EV' - EDaval) + Ve (Ecf - r3n*PCI*Echaleur_cf - r4n*PCI*Eélec_cf - EDaval) \text{ avec}$$

$$EDamont/aval = I*(Ei - r1n*PCI*Echaleur - r2n*PCI*Eélec) + (1-I) Ed$$

- EM : Impacts à la production et à la fin de vie de la matière contenue dans le matériau
- EV : Impacts de production de la matière vierge
- a : coefficient pour la boucle de recyclage
- R1 : Taux spécifique de matière première recyclée du matériau
- ERamont : Impact de recyclage de la matière recyclée (= impact de collecte, tri, transport et transformation de la matière recyclée)
- $\rho1$: Rendement de recyclage du process permettant de produire la matière recyclée entrant dans le produit à hauteur de R1
- $\sigma1$: Taux de substitution entre la matière recyclée entrant dans le produit à hauteur de R1 et la matière vierge
- EDamont : Impacts de l'élimination des déchets de matière à la fin de la vie de la matière dont est extrait le contenu recyclé
- R2 : Taux de recyclage du matériau considéré
- ERaval : Impact de recyclage de la matière recyclée au stade fin de vie (= impact de collecte, tri, transport et transformation de la matière récupérée en fin de vie)
- $\rho2$: Rendement de recyclage du process permettant de produire la matière recyclée entrant dans le produit à hauteur de R2
- $\sigma2$: Taux de substitution entre la matière recyclée entrant dans le produit à hauteur de R2 et la matière vierge
- EDaval : Impacts de l'élimination des déchets de matière à la fin de la vie du produit analysé
- EV' : Inventaire de production de la matière vierge substituée
- Ve : Taux de matériaux collectés en vue d'une valorisation énergétique
- Ecf : Impacts liés à la collecte des déchets valorisés énergétiquement + impacts de la chaudière ou du four dans lequel s'opère la valorisation énergétique
- r3n : Rendement lié à la production de chaleur dans les chaudières
- PCI : Pouvoir calorifique inférieur du matériau incinéré
- Echaleur_cf : Impacts de la production de chaleur à laquelle se substitue l'énergie valorisée dans la chaudière/le four
- r4n : Rendement lié à la production d'électricité dans les chaudières
- Eélec_cf : Impacts de la production d'électricité à laquelle se substitue l'énergie valorisée dans la chaudière/le four
- I : Taux national d'incinération des ordures ménagères
- Ei : Impacts liés à la collecte des déchets incinérés et impacts liés à l'incinération du matériau
- Ed : Impacts liés à la collecte des déchets mis en décharge + impacts liés à la mise en décharge
- r1n : Rendement lié à la production de chaleur dans les usines d'incinération des ordures ménagères
- r2n : Rendement lié à la production d'électricité dans les usines d'incinération des ordures ménagères
- Echaleur : Impacts moyens nationaux de la production de chaleur par unité d'énergie produite
- Eélec : Impacts moyens nationaux de la production d'électricité par unité d'énergie produite

Le tableau suivant présente les données pour le verre et l'acier, afin d'aboutir à une formule simplifiée.



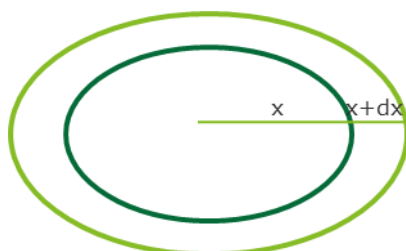
| Paramètres de la formule | Acier | Verre |
|--------------------------|-------|-------|
| PCI (MJ/kg) | 0 | 0 |
| Ve | 0 | 0 |
| a | 0 | 0 |

2. Calcul de la distance moyenne de transport entre le site de conditionnement et le magasin

Pour calculer la distance moyenne, il est nécessaire de considérer 2 cercles concentriques de rayon R1 et R2.

L'aire d'un cercle de rayon R est de $\pi * R^2$.

L'aire d'une bande de cercle (voir ci-dessous) située entre x et x+dx est $\pi*(x+dx)^2 - \pi*x^2 = 2*\pi*x*dx - \pi*dx^2 = 2*\pi *x*dx$



La probabilité d'un point d'être dans la bande située entre x et x + dx est équivalente au rapport entre l'aire de la bande sur l'aire totale soit :

$$2*\pi*x*dx / \pi*R^2 = 2*x*dx / R^2$$

La distance moyenne au centre d'un point quelconque est équivalente à une intégrale :

$$\bar{x} = \int_0^R xP(x)dx = \int_0^R 2 * x^2 * dx / R^2 = 2/R^2 [x^3/3] = 2 * R / 3$$

Ce calcul permet de connaître la distance moyenne entre le rayon de 0 à 50 km.

Pour l'aire située entre les deux cercles, c'est-à-dire entre 50 et 150 km, on utilise la formule suivante :

$$\bar{x} = \int_{R1}^{R2} xP(x)dx = \int_{R1}^{R2} 2 * x^2 * dx / (R2^2 - R1^2) = 2/3 (R2^3 - R1^3) / (R2^2 - R1^2)$$

Par exemple sur METEOR, après application des calculs, on obtient une distance de 33,3 km pour les 80 % de volumes vendus et 108,3 km pour les 20 % de volumes vendus situés entre 50 et 100 km, soit au total une distance moyenne de 48,3 km.



L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition Écologique et Solidaire et du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



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.



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.



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.



ANALYSE DU CYCLE DE VIE DE DISPOSITIFS DE RÉEMPLOI OU RÉUTILISATION (B to C) D'EMBALLAGES MÉNAGERS EN VERRE

Dans le cadre des travaux d'évaluation de 10 dispositifs de réemploi –réutilisation d'emballages ménagers en verre, l'ADEME a commandité une analyse environnementale de ces derniers en complément des approches techniques, économiques et sociales .
8 des 10 dispositifs ont fait l'objet d'une ACV menée selon les normes ISO 14040 et 14 044 et tenant compte des pratiques recommandées par l'ILCD handbook. Un panel d'experts a également été mandaté afin de réaliser la revue critique.

Le rapport, version publique, présente l'ensemble de résultats de cette évaluation environnementale ; le rapport de la revue critique y est également annexé.

Il s'agit d'un rapport annexe de l'étude « Analyse de 10 dispositifs de réemploi ou réutilisation d'emballages ménagers en verre ».



www.ademe.fr

