



Analyse du cycle de vie des emballages

Au nom de Graphic
Packaging International

Client : Graphic Packaging International
Titre : Analyse du cycle de vie des emballages de boisson – mise à jour 2020
Version du rapport : v 1.0
Date du rapport : 25 août 2020

©2020 Sphera. Tous droits réservés.

Au nom de Sphera Solutions, Inc. et de ses filiales

Document préparé par

Trisha Montalbo



tmontalbo@sphera.com

Le 2 septembre 2020

+ 1 617 247-4477
poste 119

Assurance de la qualité par

Christoph Koffler



Directeur technique, Amériques

Le 2 septembre 2020

Sous la supervision de

Maggie Wildnauer

Chef d'équipe de consultation,
Amériques

Ce rapport a été préparé par Sphera Solutions, Inc. (« Sphera ») avec une compétence et une diligence raisonnables dans le cadre des modalités du contrat entre Sphera et le client. Sphera n'est pas responsable envers le client, ou toute autre personne, en ce qui concerne quelque question que ce soit en dehors de la portée convenue pour ce projet.

Sphera décline toute responsabilité de quelque nature que ce soit envers les tiers qui ont connaissance de ce rapport, ou d'une partie de celui-ci. Une telle partie se fie au rapport à ses propres risques. Les interprétations, analyses ou déclarations de quelque nature que ce soit faites par un tiers et basées sur ce rapport n'engagent pas la responsabilité de Sphera.

Si vous avez des suggestions, des plaintes ou tout autre commentaire, veuillez nous contacter à servicequality@sphera.com.

Table des matières

Table des matières :	3
Liste des figures.....	6
Liste des tableaux.....	8
Liste des acronymes.....	10
Glossaire	11
Résumé	13
1. But de l'étude.....	16
2. Portée de l'étude.....	17
2.1. Systèmes de produits	17
2.2. Fonction du produit et unité fonctionnelle	18
2.3. Limites du système	19
2.4. Allocation	20
2.4.1. Allocation multi-sorties.....	20
2.4.2. Allocation de fin de vie.....	20
2.5. Critères de coupure.....	22
2.6. Sélection de la méthodologie ACV et des catégories d'impact.....	22
2.7. Interprétation à utiliser	26
2.8. Exigences de qualité des données.....	26
2.9. Type et format du rapport.....	27
2.10. Logiciel et base de données.....	27
2.11. Examen critique.....	27
3. Analyse de l'inventaire du cycle de vie	28
3.1. Procédure de collecte des données.....	28
3.2. Aperçu du système des produits.....	28
3.3. Production d'emballage.....	29
3.3.1. Carton de boissons et KeelClip.....	29
3.3.2. Emballage rétractable et plateau	32
3.3.3. Anneaux en plastique Hi-Cone.....	32
3.4. En aval	34

3.4.1.	Transport.....	34
3.4.2.	Usine de remplissage.....	34
3.4.3.	Détaillant.....	35
3.4.4.	Fin de vie.....	35
3.5.	Carbone biogénique.....	36
3.6.	Données de base.....	36
3.6.1.	Carburants et énergie.....	37
3.6.2.	Matières premières et procédés.....	37
3.6.3.	Transport.....	39
3.6.4.	Fin de vie.....	39
3.7.	Résultats de l'analyse de l'inventaire du cycle de vie.....	41
4.	Résultats de l'ACV.....	42
4.1.	Résultats globaux.....	42
4.2.	Résultats détaillés.....	44
4.2.1.	Changement climatique, à l'exclusion du CO ₂	44
4.2.2.	Changement climatique, y compris le CO ₂ biogène.....	45
4.2.3.	Acidification.....	46
4.2.4.	Eutrophisation, eau douce.....	47
4.2.5.	Eutrophisation, terrestre.....	49
4.2.6.	Formation d'ozone photochimique.....	50
4.2.7.	Utilisation des ressources, énergie.....	51
4.2.8.	Inorganiques respiratoires.....	52
4.2.9.	Pénurie d'eau.....	53
4.3.	Analyses supplémentaires.....	54
4.3.1.	Analyse de sensibilité : Contenu recyclé post-consommation Hi-Cone.....	54
4.3.2.	Analyse de sensibilité : usine de carton.....	56
4.3.3.	Analyse de scénario : méthodologie d'évaluation.....	57
4.3.4.	Analyse d'incertitude.....	58
5.	Interprétation.....	59
5.1.	Identification des résultats pertinents.....	59
5.1.1.	Facteurs d'impact.....	59
5.1.2.	Comparaisons d'impact.....	59
5.2.	Hypothèses et limites.....	60
5.3.	Résultats d'analyses supplémentaires.....	60

5.4.	Évaluation de la qualité des données.....	61
5.4.1.	Précision et exhaustivité	61
5.4.2.	Cohérence et reproductibilité	61
5.4.3.	Représentativité	62
5.5.	Exhaustivité et cohérence du modèle.....	62
5.5.1.	Exhaustivité.....	62
5.5.2.	Cohérence.....	62
5.6.	Conclusions, limites et recommandations	62
5.6.1.	Conclusions.....	62
5.6.2.	Limites.....	63
5.6.3.	Recommandations	63
	Références.....	65
Annexe A.	Données confidentielles	67
A.1.	Entrées et sorties GPI	67
A.2.	Résultats de l'ACV de l'unité GPI.....	72
A.3.	Captures d'écran du modèle	76
Annexe B.	Résultats de l'inventaire du cycle de vie.....	83
Annexe C.	Données de base supplémentaires	87
Annexe D.	Autres résultats ACV	92
Annexe E.	Années précédentes	96
E.1.	Révision des résultats précédents.....	96
E.2.	Analyse de scénario : allocation de fin de vie.....	99
Annexe F.	Énoncé d'examen critique	103

Liste des figures

Figure ES-1-1 : Résultats de l'ACV de bout en bout (RE5 GIEC et EE 3.0), normalisés selon le scénario du carton américain (100 %)	
.....	
	15
Figure ES-1-2 : Résultats de l'ACV de bout en bout (RE5 GIEC et EE 3.0), normalisés selon le scénario du carton UE (100 %)	
.....	
	15
Figure 2-1 : Carton de GPI (à gauche) et concept d'emballage de canettes de KeelClip ^{MC} (à droite).....	17
Figure 2-2 : Emballage rétractable et plateau (à gauche) et anneaux Hi-Cone (à droite).....	18
Figure 2-3 : Représentations schématiques des approches de coupe et de substitution	21
Figure 3-1 : Matériaux et masses d'emballage des canettes de boisson par unité fonctionnelle	29
Figure 3-2 : Organigramme montrant le système au premier plan (processus de transport non représentés)..	30
Figure 4-1 : Résultats de l'ACV de bout en bout (RE5 GIEC et EE 3.0), normalisés selon le scénario du carton américain (100 %)	43
Figure 4-2 : Résultats de l'ACV de bout en bout (RE5 GIEC et EE 3.0), normalisés selon le scénario du carton UE (100 %)	43
Figure 4-3 : Résultats du changement climatique par unité fonctionnelle, sans CO ₂ biogénique	45
Figure 4-4 : Résultats du changement climatique par unité fonctionnelle, y compris le CO ₂	46
Figure 4-5 : Résultats en acidification par unité fonctionnelle	47
Figure 4-6 : Eutrophisation, résultats en eau douce par unité fonctionnelle	48
Figure 4-7 : Eutrophisation, résultats terrestres par unité fonctionnelle	49
Figure 4-8 : Résultats de la formation photochimique d'ozone par unité fonctionnelle	51
Figure 4-9 : Utilisation des ressources, résultats énergétiques par unité fonctionnelle.....	52
Figure 4-10 : Résultats pour les inorganiques respiratoires par unité fonctionnelle	53
Figure 4-11 : Résultats de la pénurie d'eau par unité fonctionnelle.....	54
Figure 4-12 : Analyse de la sensibilité au changement climatique, avec CO ₂ biogénique, pour RAC Hi-Cone	55
Figure 4-13 : Analyse de la sensibilité à l'utilisation des ressources énergétiques pour RAC Hi-Cone.....	55
Figure 4-14 : Analyse de la sensibilité au changement climatique, avec CO ₂ biogénique, pour usine de papier GPI	56
Figure 4-15 : Analyse de la sensibilité à l'utilisation des ressources énergétiques pour usine de papier GPI....	57
Figure 4-16 : Résultats TRACI 2.1 de bout en bout, normalisés selon le scénario du carton américain (100 %)	58
Figure 4-17 : Résultats TRACI 2.1 de bout en bout, normalisés selon le scénario du carton de l'UE (100 %)	58
Figure A-1 : Résultats de l'ACV de bout en bout (RE5 GIEC et EE 3.0), normalisés selon le scénario du carton américain (100 %)	74
Figure ES-1-2 : Résultats de l'ACV de la fabrication à la sortie d'usine (RE5 GIEC et EE 3.0), normalisés selon le scénario du carton de l'UE (100 %)	75
Figure A-3 : Plan de haut niveau pour l'UE : Carton (à gauche) et l'UE : KeelClip (à droite).....	76
Figure A-4 : Plan de production des emballages pour l'UE : Carton (en haut) et l'UE : KeelClip (en bas).....	77
Figure A-5 : Mélangeur d'usine de carton pour l'UE : Carton	78
Figure A-6 : Plan de haut niveau pour l'UE : Wrap+Tray.....	79

Figure A-7 : Plan de production d'emballages pour l'UE : Wrap+Tray	80
Figure A-8 : Plan de fin de vie pour l'UE : Wrap+Tray	80
Figure A-9 : Plan de fin de vie pour l'UE : Hi-Cone, 100 % vierge (en haut) et 50 % vierge-50 % RAC (en bas) ..	81
Figure A-10 : Plan de fin de vie pour l'UE : Hi-Cone, 100 % vierge	82

Figure D-1 : Résultats des rayonnements ionisants (EE 3.0) par unité fonctionnelle.....	94	
Figure D-2 : Résultats de l'utilisation des terres (EE 3.0) par unité fonctionnelle.....	95	
Figure E-1 : Comparaison du changement climatique pour le carton de 18 paquets avec les années précédentes		98
Figure E-2 : Comparaison des cartons de 18 paquets avec les années précédentes	98	
Figure E-3 : Effet de l'approche d'allocation sur les résultats du changement climatique, avec CO ₂ biogénique	101	
Figure E-4 : Effet de l'approche d'allocation sur l'utilisation des ressources énergétiques	102	
Figure E-5 : Effet de l'approche d'allocation sur l'eutrophisation, terrestre	102	

Liste des

Tableau ES-1 : Aperçu de l'emballage des canettes de boisson	14
Tableau 2-1 : Flux de référence pour chaque option d'emballage.....	18
Tableau 2-2 : Limites du système.....	19
Tableau 2-3 : Descriptions des catégories d'impact	24
Tableau 3-1 : Aperçu de l'emballage des canettes de boisson	28
Tableau 3-2 : Détails du carton et du KeelClip (unités américaines indiquées entre parenthèses).....	29
Tableau 3-3 : Distances de transport modélisées.....	32
Tableau 3-4 : Données de production d'emballage rétractable et de plateaux par unité fonctionnelle	32
Tableau 3-5 : Données de production Hi-Cone par unité fonctionnelle	33
Tableau 3-6 : Emballage de distribution Hi-Cone par unité fonctionnelle.....	33
Tableau 3-7 : Distances de transport en aval.....	34
Tableau 3-8 : Détails de remplissage.....	34
Tableau 3-9 : Destination des déchets d'emballage de distribution.....	35
Tableau 3-10 : Destination des déchets d'emballages en fin de vie	35
Tableau 3-11 : Bilan carbone biogénique du carton et du KeelClip (par unité fonctionnelle).....	36
Tableau 3-12 : Ensembles de données énergétiques clés utilisés dans l'analyse des inventaires.....	37
Tableau 3-13 : Ensembles de données sur les matériaux clés utilisés dans l'analyse des inventaires.....	38
Tableau 3-14 : Ensembles de données d'emballage de distribution utilisés dans l'analyse des inventaires.....	39
Tableau 3-15 : Ensembles de données sur le transport et le carburant routier	39
Tableau 3-16 : Ensembles de données de fin de vie, matériaux clés et eau	40
Tableau 3-17 : Ensembles de données de fin de vie, matériaux d'emballage de distribution.....	41
Tableau 4-1 : Résultats de bout en bout par unité fonctionnelle	42
Tableau 4-2 : Résultats du changement climatique par unité fonctionnelle, sans CO ₂ biogénique [éq. kg CO ₂].....	45
Tableau 4-3 : Résultats du changement climatique par unité fonctionnelle, avec CO ₂ biogénique [éq. kg CO ₂].....	46
Tableau 4-4 : Résultats en acidification par unité fonctionnelle [mol éq. H+]	47
Tableau 4-5 : Eutrophisation, résultats en eau douce par unité fonctionnelle [éq. kg P].....	48
Tableau 4-6 : Eutrophisation, résultats terrestres par unité fonctionnelle [éq. mol N].....	50
Tableau 4-7 : Résultats de la formation photochimique d'ozone par unité fonctionnelle [éq. kg COVNM].....	51
Tableau 4-8 : Utilisation des ressources, résultats énergétiques par unité fonctionnelle [MJ LHV]	52
Tableau 4-9 : Résultats pour les inorganiques respiratoires par unité fonctionnelle [incidence de la maladie].....	53
Tableau 4-10 : Résultats de la pénurie d'eau par unité fonctionnelle [éq. m ³ monde].....	54
Tableau 4-11 : Résultats TRACI 2.1 de bout en bout par unité fonctionnelle	57
Tableau A-1 : Entrée en matériau et en énergie et sorties des usines de carton.....	67
Tableau A-2 : Entrées de matériaux et d'énergie et sorties des usines de transformation.....	70
Tableau A-3 : Impacts environnementaux potentiels de la production et de la transformation de carton de GPI de la fabrication à la sortie d'usine (par kg).....	73
Tableau B-1 : Principaux flux d'entrée du ICV.....	84

Tableau B-2 : Principaux flux de sortie du ICV	85	
Tableau C-1 : Autres jeux de données sur les matériaux et les procédés utilisés dans l'analyse des stocks.....	87	
Tableau C-2 : Résultats de l'ACV sur les résineux américains (par kg).....	90	
Tableau C-3 : Moyenne européenne par rapport aux États-Unis pour les films ondulés et PEbd (par kg)	91	
Tableau D-1 : Résultats d'acidification (TRACI 2.1) par unité fonctionnelle [éq. kg SO ₂]	92	
Tableau D-2 : Résultats d'eutrophisation (TRACI 2.1) par unité fonctionnelle [éq. kg N]	92	
Tableau D-3 : Résultats des particules pour la santé humaine (TRACI 2.1) par unité fonctionnelle [éq. kg PM _{2,5}]		93
Tableau D-4 : Résultats des ressources, fossiles (TRACI 2.1) par unité fonctionnelle [MJ surplus]	93	
Tableau D-5 : Résultats de la formation de smog (TRACI 2.1) par unité fonctionnelle [éq. kg O ₃]	93	
Tableau D-6 : Résultats des rayonnements ionisants (EE 3.0) par unité fonctionnelle [éq. kBq U235]	94	
Tableau D-7 : Résultats de l'utilisation des terres (EE 3.0) par unité fonctionnelle [Pt]	95	
Tableau E-1 : Résultats des cartons de 18 paquets basés sur les données de 2012	96	
Tableau E-2 : Résultats des cartons de 18 paquets basés sur les données de 2014	97	
Tableau E-3 : Ensembles de données de fin de vie.....	99	

Liste des

PA	Potentiel d'acidification
CKNRA	Conteneur en kraft naturel recouvert d'argile
FEC	Formule d'empreinte circulaire
CML	Centre of Environmental Science (Centre des sciences de l'environnement) à Leiden
DKD	Doublure Kraft double
FdV	Fin de vie
PE	Potentiel d'eutrophisation
FEFCO	Fédération européenne des fabricants de carton ondulé
GaBi	Ganzheitliche Bilanzierung (allemand pour « équilibrage holistique »)
PRP	Potentiel de réchauffement planétaire
ILCD	International Cycle Data System (Système international de données sur les cycles)
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques
ISO	International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation)
ECV	Estimation du cycle de vie
ICV	Inventaire du cycle de vie
ACV	Analyse du cycle de vie
PEbd	Polyéthylène basse densité
PCI	Pouvoir calorifique inférieur
COVNM	Composé organique volatil non méthane
NdU	Nombre d'utilisations
PAO	Potentiel d'appauvrissement de l'ozone
RAC	Recyclé après consommation [contenu]
EEP	Empreinte environnementale du produit
PFOP	Potentiel de formation d'ozone photochimique
PFS	Potentiel de formation de smog
TRACI	Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts (Outil pour la réduction et l'évaluation des impacts chimiques et autres impacts environnementaux)

Glossaire

Cycle de la vie

La vision d'un système de produits comme étant constitué d'étapes consécutives et interdépendantes... de l'acquisition ou de la production de matières premières à partir de ressources naturelles jusqu'à l'élimination finale (ISO 14040 : 2006, section 3.1). Cela comprend tous les apports matériels et énergétiques ainsi que les émissions dans l'air, le sol et l'eau.

Analyse du cycle de vie (ACV)

Compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits tout au long de son cycle de vie (ISO 14040 : 2006, section 3.2)

Inventaire du cycle de vie (ICV)

Phase d'analyse du cycle de vie impliquant la compilation et la quantification des intrants et des extrants d'un produit tout au long de son cycle de vie (ISO 14040 : 2006, section 3.3)

Analyse du cycle de vie (ACV)

Phase d'analyse du cycle de vie visant à comprendre et à évaluer l'ampleur et l'importance des impacts environnementaux potentiels pour un système de produits tout au long du cycle de vie du produit (ISO 14040 : 2006, section 3.4)

Interprétation du cycle de vie

Phase d'analyse du cycle de vie au cours de laquelle les résultats de l'analyse d'inventaire ou de l'analyse d'impact, ou les deux, sont évalués par rapport à l'objectif et à la portée définis afin de parvenir à des conclusions et des recommandations (ISO 14040 : 2006, section 3.5)

Unité fonctionnelle

Performance quantifiée d'un système de produits destinée à être utilisée comme unité de référence (ISO 14040 : 2006, section 3.20)

Allocation

Partitionnement des flux d'entrée ou de sortie d'un processus ou d'un système de produits entre le système de produits à l'étude et un ou plusieurs autres systèmes de produits (ISO 14040 : 2006, section 3.17)

Attribution en boucle fermée et en boucle ouverte des matières recyclées

Une procédure d'allocation en boucle ouverte s'applique aux systèmes de produits en boucle ouverte où le matériau est recyclé dans d'autres systèmes de produit et où le matériau subit une modification de ses propriétés inhérentes.

Une procédure d'allocation en boucle fermée s'applique aux systèmes de produits en boucle fermée. Elle s'applique également aux systèmes de produits en boucle ouverte où aucun changement ne se produit dans les propriétés inhérentes du matériau recyclé. Dans de tels cas, le besoin d'allocation est évité car l'utilisation de matériaux secondaires remplace l'utilisation de matériaux vierges (primaires).

(ISO 14044 : 2006, section 4.3.4.3.3)

Système de premier plan

Les processus du système qui lui sont spécifiques... et/ou directement affectés par les décisions analysées dans l'étude. (JRC 2010, p. 97) Cela comprend généralement les fournisseurs de premier rang, le fabricant lui-même et toutes les étapes du cycle de vie en aval où le fabricant peut exercer une influence notable. En règle générale, des données (primaires) spécifiques doivent être utilisées pour le système de premier plan.

Système d'arrière-plan

Ces processus, où en raison de l'effet de moyenne entre les fournisseurs, un marché homogène avec des données moyennes (ou équivalentes, génériques) peut être supposé représenter de manière appropriée le processus respectif... et/ou les processus qui sont exploités dans le cadre du système mais qui ne sont pas sous le contrôle direct ou l'influence décisive du producteur du bien... (JRC 2010, p. 97-98). En règle générale, les données secondaires sont appropriées pour le système de base, en particulier lorsque les données primaires sont difficiles à collecter.

Examen critique

Processus destiné à assurer la cohérence entre une analyse du cycle de vie et les principes et exigences des normes internationales sur l'analyse du cycle de vie (ISO 14044 :2006, section 3.45).

Résumé

Graphic Packaging International (GPI) cherche constamment à améliorer la performance environnementale de ses produits. Depuis de nombreuses années, l'entreprise utilise l'analyse du cycle de vie (ACV) pour mieux comprendre les points chauds du cycle de vie de ses emballages en carton pour boisson et mieux évaluer l'effet des changements de processus sur la performance environnementale globale de ces produits.

Cette étude ECV actuelle compare les performances environnementales de deux des concepts d'emballage de canettes de boisson de GPI à deux concepts concurrents sur les marchés finaux européen et américain (Tableau ES-1) :

- Carton de GPI conçu pour contenir 18 canettes de boisson
- Carton KeelClip^{MC} de GPI conçu pour contenir 6 canettes de boisson
- Emballage rétractable et plateau en carton ondulé d'un fabricant moyen conçu pour contenir 18 canettes de boisson
- Anneaux Hi-Cone en plastique d'un fabricant moyen conçus pour contenir 6 canettes de boisson

Les deux concepts de carton sont produits par GPI dans ses deux usines de carton (Macon, GA et West Monroe, LA) et ses usines de transformation (Perry, GA et Masnières, France). Les deux autres concepts d'emballage sont modélisés en tant que production moyenne aux États-Unis ou en Europe, car GPI ne produit pas ces emballages et les détails de leur chaîne d'approvisionnement ne sont pas connus.

Le public principal de l'étude d'ECV comprend les parties prenantes internes de GPI ainsi que les clients de GPI et d'autres parties prenantes externes aux États-Unis et en Europe. GPI cherche à rendre compte de la performance environnementale actuelle de ses produits et à démontrer les mesures prises par l'entreprise pour réduire davantage ses impacts environnementaux potentiels. L'étude a été menée conformément aux exigences de la norme ISO 14044 (ISO, 2006) et a fait l'objet d'un examen critique indépendant par un groupe de trois experts indépendants.

L'unité fonctionnelle sélectionnée pour cette évaluation est :

Emballage pour 1 000 canettes de boisson

Ces canettes peuvent contenir 300 ou 330 ml (12 oz liq.) de boisson respectivement selon qu'il s'agisse du marché final européen ou américain. On s'attend à ce que toutes les différences d'emballage dues à la taille des canettes soient minimales parce que les tailles des canettes ne sont pas significativement différentes et que cette étude se concentre sur l'emballage secondaire et non sur les canettes elles-mêmes.

Cette étude prend en compte le cycle de vie complet du produit d'emballage de boisson de bout en bout. Cela comprend la gestion et l'exploitation forestière, la production de carton et la transformation en emballage de boisson fini, la production de résine plastique et de carton ondulé, la fabrication d'autres concepts d'emballage, l'emballage de distribution, le remplissage, la fin de vie et le transport à toutes les étapes du cycle de vie. Les impacts environnementaux potentiels sur un entrepôt ou un détaillant ont été exclus, tout comme le transport d'un détaillant au domicile d'un consommateur. En outre, les canettes de boisson et la boisson qu'elles contiennent sont exclues de l'analyse, car l'accent est mis sur l'emballage des canettes de boisson (c'est-à-dire sur l'emballage secondaire).

Tableau ES-1 : Aperçu de l'emballage des canettes de boisson

	Matériau	Masse par matériau		Lieu de production	Lieu de transformation
		Par paquet	Par unité fonctionnelle		
É.-U. : Carton	Carton	150 g	8,3 kg	Macon (GA) West Monroe (LA)	Perry (GA)
É.-U. : KeelClip	Carton	26 g	4,3 kg	Macon (GA) West Monroe (LA)	Perry (GA)
É.-U. : Wrap+Tray	Film ondulé en PEbd	20 g	1,1 kg	É.-U.	s.o.
		83 g	4,6 kg		
É.-U. : Hi-Cone	Film en PEbd	3,8 g	0,64 kg	É.-U.	s.o.
UE : Carton	Carton	150 g	8,3 kg	Macon (GA) West Monroe (LA)	Masnières, France
UE : KeelClip	Carton	26 g	4,3 kg	Macon (GA) West Monroe (LA)	Masnières, France
UE : Wrap+Tray	Film ondulé en PEbd	20 g	1,1 kg	Europe	s.o.
		83 g	4,6 kg		
UE : Hi-Cone	Film en PEbd	3,84 g	0,64 kg	Europe	s.o.

Les résultats du cycle de vie de bout en bout sont présentés à la Figure ES-1-1 (É.-U.) et à la Figure ES-1-2 (Europe). Les facteurs de caractérisation du changement climatique ont été tirés du 5^e rapport d'évaluation du GIEC; les autres catégories d'impact sont basées sur la méthodologie d'évaluation d'impact européenne Empreinte environnementale v 3.0 (EE 3.0) car ce sont principalement les clients européens de GPI qui sont intéressés par cette analyse. Les résultats ont également été calculés en utilisant la méthodologie américaine TRACI 2.1.

Les résultats montrent que si les fabricants de boissons passaient du Carton ou du Wrap+Tray au KeelClip ou aux anneaux Hi-Cone, ils seraient en mesure de réduire les impacts environnementaux potentiels des emballages de canettes de boissons.

Dans l'ensemble, les anneaux Hi-Cone ont les impacts environnementaux potentiels les plus faibles, car c'est le concept qui nécessite la plus faible masse de matériau. Ils sont en général suivis par le KeelClip, qui nécessite également une masse de matériau inférieure par rapport aux modèles à 18 unités. La seule catégorie d'impact dans laquelle le KeelClip est comparable aux anneaux Hi-Cone est l'utilisation des ressources énergétiques dans le scénario du marché final américain, car les anneaux Hi-Cone sont un produit fossile à base de plastique, tandis que le KeelClip est à base de papier.

Le carton et le Wrap+Tray sont généralement associés aux impacts environnementaux potentiels les plus élevés, bien que le plus élevé dépende de la catégorie d'impact et du marché final. En général, le carton est associé à un impact potentiel similaire ou inférieur pour le marché final américain, mais à un impact potentiel plus élevé pour le marché européen. C'est dû à la nécessité de transporter des rouleaux de papier vers l'Europe à partir des usines de carton de GPI des É.-U., combiné aux impacts environnementaux potentiels plus faibles de la production moyenne de carton ondulé en Europe sur la base des données actuelles de la FEFCO.

Les analyses de scénarios et de sensibilité indiquent que la conclusion est assez solide en ce qui concerne la méthodologie d'évaluation d'impact (les catégories d'impact de TRACI 2.1 ont été évaluées). Cependant, ni



TRACI 2.1 ni EE 3.0 ne traitent de problèmes tels que ceux du plastique océanique ou de la circularité des matériaux. Par conséquent, il peut être intéressant pour GPI de mener à l'avenir des études pour mieux comprendre comment ces concepts d'emballage se comparent au-delà des catégories d'impact sur le cycle de vie étudiées ici.

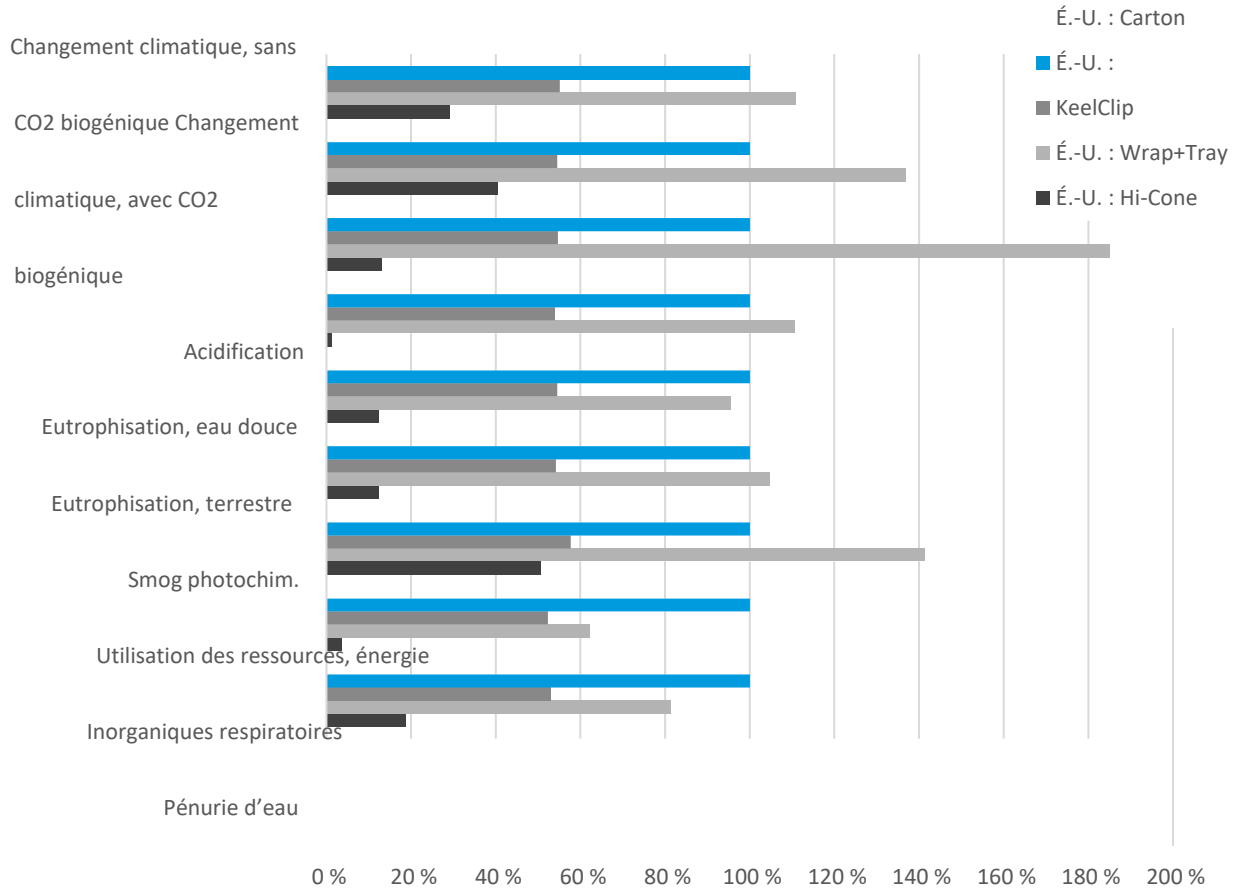
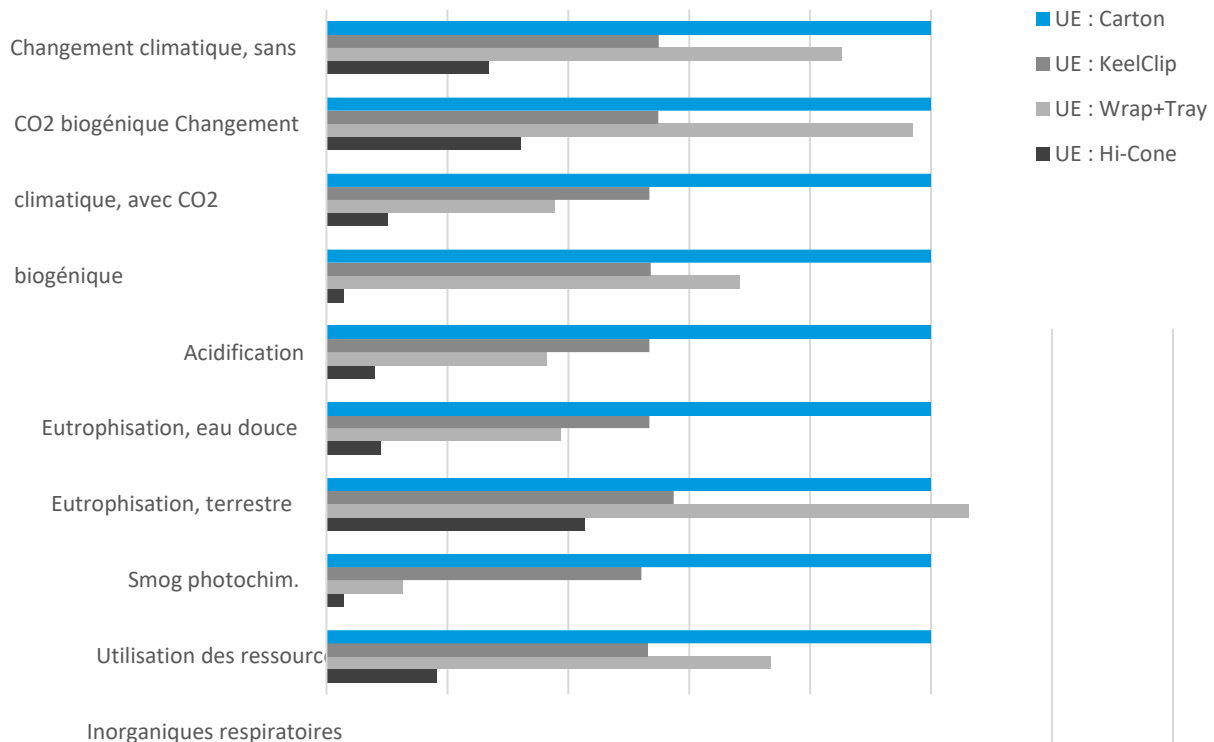


Figure ES-1-1 : Résultats de l'ACV de bout en bout (RE5 GIEC et EE 3.0), normalisés selon le scénario du carton américain (100 %)



Pénurie d'eau

0 % 20 % 40 % 60 % 80 % 100 % 120 % 140 %

Figure ES-1-2 : Résultats de l'ACV de bout en bout (RE5 GIEC et EE 3.0), normalisés selon le scénario du carton UE (100 %)

1. But de l'étude

Graphic Packaging International (GPI) cherche constamment à améliorer la performance environnementale de ses produits. Depuis de nombreuses années, l'entreprise utilise l'estimation du cycle de vie (ECV) pour l'aider à identifier les points chauds dans le cycle de vie de ses emballages en carton à boissons, afin d'évaluer l'effet des changements de processus sur la performance environnementale globale de ces produits, et de comprendre comment ses produits se comparent à ceux de la concurrence.

La première étude ECV de GPI a été réalisée en 2008-09 et a rendu compte des résultats de la production des produits de carton pour boissons AquaKote™, ainsi que des résultats d'autres concepts d'emballage de boissons. Cette étude a ensuite été mise à jour en 2012 et 2014 pour la production de GPI. L'étude actuelle est la mise à jour la plus récente et étend les études précédentes en examinant le marché final européen en plus des États-Unis et inclut le nouveau concept d'emballage de boisson KeelClip^{MC} de GPI. À titre de comparaison, le produit concurrent des anneaux en plastique Hi-Cone, l'emballage rétractable et le produit de plateau ont également été évalués.

Le public principal de l'étude ECV comprend les parties prenantes internes de GPI ainsi que les clients de GPI et d'autres parties prenantes externes, tant aux États-Unis qu'en Europe. GPI cherche à rendre compte de la performance environnementale actuelle de ses produits et à démontrer les mesures prises par l'entreprise pour réduire davantage ses impacts environnementaux potentiels.

L'étude a été menée conformément aux exigences de la norme ISO 14044 (ISO, 2006) et a fait l'objet d'un examen critique indépendant par un groupe de trois experts indépendants. L'énoncé de l'examen critique se trouve dans Annexe F, et le rapport d'examen critique est disponible auprès de GPI sur demande.

2. Portée de l'étude

Les sections suivantes décrivent la portée générale du projet pour atteindre les objectifs énoncés. Cela comprend, mais sans s'y limiter, l'identification des systèmes de produits spécifiques à évaluer, la ou les fonctions du produit, l'unité fonctionnelle et les flux de référence, les limites du système, les procédures d'attribution et les critères de coupure de l'étude.

2.1. Systèmes de produits

Cette étude de l'ECV de bout en bout compare deux concepts d'emballage de canettes de boisson GPI à deux concepts concurrents :

- Carton de GPI conçu pour contenir 18 canettes de boisson
- Carton KeelClip^{MC} de GPI conçu pour contenir 6 canettes de boisson
- Emballage rétractable et plateau en carton ondulé d'un fabricant moyen conçu pour contenir 18 canettes de boisson
- Anneaux Hi-Cone en plastique d'un fabricant moyen conçus pour contenir 6 canettes de boisson

Le carton est un produit standard de GPI. Le nouveau concept KeelClip de GPI est également évalué afin que GPI puisse comprendre comment il se compare à la fois au carton et aux produits concurrents, en particulier les anneaux en plastique Hi-Cone et un emballage rétractable générique et un plateau en carton ondulé. Ces produits ne sont pas fabriqués par GPI et sont censés être fabriqués par un fabricant moyen. La figure 2-1 et la figure 2-2 comprennent des photos représentatives des concepts d'emballage de canettes de boisson considérées.

Deux marchés finaux sont évalués dans l'analyse : les États-Unis et l'Europe. Pour les produits GPI, la production de carton a lieu aux É.-U. et la transformation aux É.-U. ou en Europe. La fabrication de produits concurrents est censée avoir lieu dans chaque région pour le marché final respectif. Des détails supplémentaires sont fournis dans la section 3.



Figure 2-1 : Carton de GPI (à gauche) et concept d'emballage des canettes de KeelClip^{MC} (à droite)

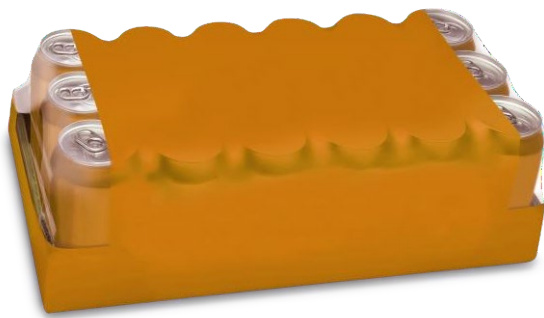


Figure 2-2 : Emballage rétractable et plateau (à gauche) et anneaux Hi-Cone (à droite)

2.2. Fonction du produit et unité fonctionnelle

La fonction du produit est de fournir un emballage extérieur pour des emballages multiples de canettes de boissons telles qu'elles sont achetées par un consommateur. Tous les concepts d'emballage sont censés répondre aux spécifications, telles que les exigences de levage et de transport de plusieurs canettes de boisson. Ces exigences sont généralement définies par les fabricants de boisson (p. ex., les clients de GPI).

L'unité fonctionnelle sélectionnée pour cette évaluation est :

Emballage pour 1 000 canettes de boisson

Ces canettes peuvent contenir 300 ou 330 ml (12 oz liq.) de boisson respectivement selon qu'il s'agisse du marché final européen ou américain. On s'attend à ce que toutes les différences d'emballage dues à la taille des canettes soient minimales parce que les tailles des canettes ne sont pas significativement différentes et que cette étude se concentre sur l'emballage secondaire et non sur les canettes elles-mêmes.

L'unité fonctionnelle est cohérente avec les études d'ECV précédentes et a été choisie de manière à ce que les résultats soient mis à l'échelle en quantités qui sont familières des interactions quotidiennes (c.-à-d. en grammes et kilogrammes plutôt qu'en microgrammes et milligrammes). Cela aide à interpréter et à comprendre les résultats.

Les flux de référence pour les différentes options de conditionnement sont donnés dans le tableau 2-1.

Tableau 2-1 : Flux de référence pour chaque option d'emballage

	Capacité de transport	Unités requises	Poids par unité	Flux de référence
Carton	18	55,5	150 g	8,3 kg
KeelClip	6	167	26 g	4,3 kg
Wrap+Tray	18	55,5	103 g	5,7 kg
Hi-Cone	6	167	3,84 g	0,64 kg

2.3. Limites du système

Cette étude prend en compte le cycle de vie complet du produit d'emballage de boisson de bout en bout. Elle prend en compte des impacts associés à l'extraction des ressources de la nature (p. ex., par l'exploitation minière ou la foresterie) jusqu'au point où le produit est éliminé ou recyclé en fin de vie. Le tableau 2-2 montre les principales étapes du processus considérées dans les limites du système.

Tableau 2-2 : Limites du système

Compris	Exclu
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Opérations forestières ou opérations minières ✓ Transport des matières premières des fournisseurs à l'usine de fabrication ✓ Production de l'emballage de canettes de boisson ✓ Emballage de distribution (le cas échéant) ✓ Transport, de la transformation au remplissage ✓ Remplissage (c.-à-d. insertion de canettes de boisson dans l'emballage) ✓ Transport du remplissage au détaillant ✓ Transport du domicile du consommateur au site d'élimination en fin de vie ✓ Fin de vie (mise en décharge, incinération et recyclage) 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Fabrication de biens d'équipement végétal et fin de vie ✗ Fabrication, utilisation et fin de vie des infrastructures ✗ Déplacement des employés ✗ Entreposage et vente au détail ✗ Transport par le consommateur à partir du détaillant au domicile ✗ Production, transport et consommation de boissons ✗ Production, transport, remplissage et fin de vie des canettes de boisson

La production et l'entretien des biens d'équipement des usines (p. ex., les machines, les bâtiments) et des infrastructures (p. ex., les systèmes électriques, les routes, etc.) ont été exclus de l'étude. On s'attend à ce que ces impacts soient négligeables par rapport aux impacts associés au fonctionnement de l'équipement ou à l'utilisation de l'infrastructure pendant sa durée de vie opérationnelle.

Les canettes de boisson et la boisson qu'elles contiennent sont exclues de l'analyse car l'accent est mis sur l'emballage de la canette de boisson (c.-à-d. sur l'emballage secondaire). Ainsi, les opérations d'entreposage et de vente au détail ont également été exclues car elles ne seront pas significatives dans le contexte des autres étapes du cycle de vie si une réfrigération est attribuée à la canette et à son contenu plutôt qu'à l'emballage.

Le transport du détaillant au domicile du consommateur a également été exclu de l'étude. Ceci est conforme à la plupart des autres études d'ECV sur les biens de consommation. Les impacts du transport des consommateurs varient fortement selon le mode de transport (à pied, à vélo, en transports en commun, en voiture, etc.). En outre, il est courant que plusieurs produits soient achetés à la fois, ce qui rend difficile l'attribution des impacts à un produit particulier.

2.4. Allocation

2.4.1. Allocation multi-sorties

Les usines de carton produisent plusieurs coproduits dont le carton, le tallölet et la térébenthine. L'allocation économique a été utilisée pour attribuer des impacts à ces produits. L'allocation économique (Ardenne & Cellura, 2012) a été choisie plutôt que l'allocation physique pour tenir compte des différences substantielles de chiffre d'affaires de ces produits et refléter le moteur économique de l'exploitation de l'usine en premier lieu. Un prix moyen fourni par GPI a été utilisé pour toutes les qualités de papier car la majorité des cartons produits par les usines ne sont pas vendus à l'extérieur (et n'ont donc pas de prix individuels). Des informations supplémentaires sur l'allocation économique sont disponibles dans la section 3.3.1 et des détails sur la correction du carbone biologique suite à l'allocation dans la section 3.5.

L'allocation de masse a été utilisée parmi les produits d'emballage fabriqués par les usines de transformation, qui produisent une large gamme de types et de tailles d'emballage différents. Dans ce cas, l'allocation de masse a été choisie plutôt que l'allocation économique en raison de la similitude entre les coproduits (et par souci de cohérence avec les études précédentes).

L'allocation des données de base (énergie et matériaux) extraites des bases de données GaBi 2020 est documentée en ligne à <http://www.gabi-software.com/america/support/gabi/> <http://documentation.gabi-software.com/>.

2.4.2. Allocation de fin de vie

L'allocation en fin de vie suit généralement les exigences de la norme ISO 14044, section 4.3.4.3. Ces approches d'attribution abordent la question de savoir comment attribuer les impacts des processus de production et de recyclage vierges aux matériaux qui sont recyclés et utilisés dans les systèmes de produits ultérieurs.

Deux approches principales (Figure 2-3) sont couramment utilisées dans les études d'ECV pour tenir compte du recyclage en fin de vie et du contenu recyclé.

- Approche de substitution (également appelée 0:100, approximation en boucle fermée, substitution de recyclabilité ou approche de fin de vie) – cette approche est basée sur la perspective que le matériau recyclé en matériau secondaire en fin de vie se substituera à une quantité équivalente de matériau vierge basé sur la substituabilité technique. Par conséquent, un crédit est accordé pour tenir compte de cette substitution d'articles, c'.à-d. que le système est étendu pour inclure l'article substitué, qui est soustrait du stock global. Cependant, cela signifie également que des charges équivalentes à ce crédit devraient être affectées aux ferrailles utilisées comme intrant dans le processus de production, avec pour résultat global que l'impact du granulé recyclé est le même que celui du matériau vierge. Cette approche met l'accent sur un recyclage en fin de vie de haute qualité pour améliorer la performance environnementale globale.
- Approche seuil (également connue sous le nom d'approche 100:0 ou approche du contenu recyclé) – les charges ou avantages associés au matériau entrant dans le système de produits pour être utilisé comme contenu secondaire ou envoyé au recyclage à FdV ne sont pas pris en compte, c'.à-d. qu'ils sont coupés. Par conséquent, tout intrant de ferraille dans le processus de production est considéré comme exempt de charges de matières vierges en amont, mais, de manière équivalente, aucun crédit de recyclage n'est reçu pour la ferraille disponible pour le recyclage en fin de vie. Cette approche met l'accent sur l'utilisation de contenu recyclé mais ne récompense pas autant le recyclage en fin de vie que l'approche de substitution.

¹ Le tallöl ou la colophane liquide est un sous-produit des conifères lorsqu'il est traité par le procédé de fabrication de pâte Kraft. Le tallöl est souvent utilisé dans la production d'adhésifs, de caoutchoucs, de savon et de lubrifiant et dans d'autres applications.

Une troisième approche, le nombre d'utilisations (NdU), est de plus en plus utilisée pour les emballages en papier. Selon cette approche, un nombre moyen d'utilisations est identifié pour un composant ou un matériau et les impacts environnementaux potentiels de ce composant ou de ce matériau sont répartis sur chaque utilisation. Le NdU, cependant, s'applique le plus facilement aux systèmes de produits composés à 100 % de contenu vierge. Les produits en carton dans cette analyse sont fabriqués à partir d'un mélange de contenu vierge et recyclé. Pour mener correctement le calcul du NdU, il faudrait donc d'abord répartir les intrants de l'usine de GPI entre la production de carton vierge et la repulpage du contenu recyclé. Une fois que cela est fait, les intrants attribués à la production de carton vierge peuvent ensuite être affectés à l'utilisation actuelle par rapport aux utilisations ultérieures.

En outre, une charge environnementale doit être calculée et attribuée au contenu recyclé utilisé par GPI (comme dans le cadre de cette approche, le contenu recyclé n'entre pas sans charge dans le système de produits comme il le fait avec l'approche de coupure). Cette charge dépendra du fait que le contenu recyclé provienne de carton ou d'autres produits de papier. Compte tenu de la complexité du calcul du NdU, NdU n'est pas prise en compte dans cette analyse.

La formule d'empreinte circulaire (FEC) représente une quatrième option pour répartir les charges environnementales entre les systèmes de produits. Cette approche adopte une perspective très mathématique pour l'attribution des charges et est nécessaire pour les études d'empreinte environnementale des produits (EEP) – ce que l'analyse actuelle n'est pas. Ainsi, le FEC n'est pas évalué dans cette étude.

Des deux approches principales, l'approche seuil a été adoptée pour cette analyse. En conséquence, tous les intrants de ferraille ouverts dans le secteur manufacturier restent sans lien. La limite du système en fin de vie est dessinée après la collecte des rebuts pour tenir compte du taux de collecte, qui génère une sortie de rebut ouvert pour le système de produits. Le traitement et le recyclage des déchets sont associés au système de produits suivant et ne sont pas pris en compte dans cette étude.

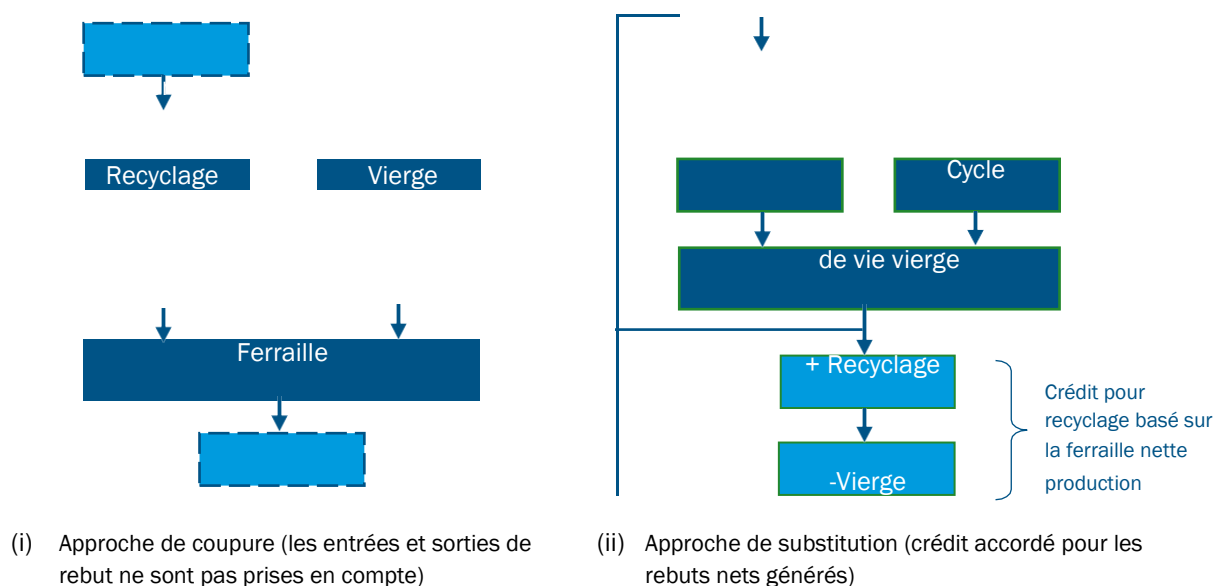


Figure 2-3 : Représentations schématiques des approches de coupure et de substitution

La limite du système comprend en outre les processus d'incinération des déchets et de mise en décharge selon le principe du pollueur-payeur. Dans les cas où les matériaux sont envoyés à l'incinération des déchets, ils sont liés à un inventaire qui tient compte de la composition des déchets et de la valeur calorifique ainsi que des rendements régionaux et des ratios de production de chaleur-énergie. Dans les cas où les matériaux sont envoyés aux décharges, ils sont liés à un inventaire qui tient compte de la composition des déchets, des taux de fuite régionaux, du captage des gaz de décharge ainsi que des taux d'utilisation (torchage ou production

d'électricité). Aucun crédit pour la production d'électricité ou de chaleur n'est attribué.

L'approche d'allocation de substitution est évaluée mais incluse dans Annexe E plutôt que dans le corps principal de ce rapport. Un calcul correct des résultats de substitution nécessite l'accès à des inventaires du cycle de vie (ICVs) qui représentent la production de matériaux à partir de 100 % de contenu vierge (pour la substitution) et de 100 % de contenu recyclé (pour le recyclage FdV). Ce dernier est disponible pour les pâtes et papiers, mais pas le premier puisque toutes les données d'ICV en GaBi sont modélisées

comme contenant une certaine quantité de contenu recyclé. En outre, l'inclusion de contenu recyclé dans la fabrication du papier a une influence sur le rendement de la production, la consommation unitaire de produits chimiques, la consommation d'énergie unitaire et les matières premières combustibles. En bref, les données d'ICV nécessaires ne sont pas disponibles pour calculer correctement les résultats de substitution. Cependant, les résultats de substitution utilisant les meilleures données disponibles sont inclus dans Annexe E pour la continuité avec les rapports GPI précédents.

2.5. Critères de coupure

Aucun critère de coupure n'est défini pour cette étude. Comme résumé dans la section 2.3, la limite du système a été définie en fonction de sa pertinence par rapport à l'objectif de l'étude. Pour les processus à l'intérieur des limites du système, toutes les données disponibles sur l'énergie et le flux de matières ont été incluses dans le modèle. Dans les cas où aucun inventaire du cycle de vie correspondant n'est disponible pour représenter un flux, des données de substitution ont été appliquées sur la base d'hypothèses prudentes concernant les impacts environnementaux.

Le choix des données proxy est documenté dans Annexe C. L'influence de ces données proxy sur les résultats de l'évaluation a été soigneusement analysée et est discutée dans la section 5.

2.6. Sélection de la méthodologie ACV et des catégories d'impact

Bien que GPI ait des clients aux É.-U. et en Europe, ce sont principalement les clients européens de GPI qui sont intéressés par cette analyse. À ce titre, la méthodologie européenne Empreinte environnementale v 3.0 (EE 3.0) est utilisée pour évaluer les impacts environnementaux potentiels des systèmes de produits. Les catégories d'impact incluses étaient à l'origine basées sur les méthodes recommandées par l'ILCD (Hauschild M, 2011), mais plusieurs ont depuis été modifiées et mises à jour par la commission européenne dans le cadre du développement en cours de l'initiative de l'empreinte environnementale des produits. Les facteurs de caractérisation EE 3.0 sont considérés comme les plus robustes et les plus à jour disponibles pour le contexte européen, sont largement utilisés et respectés au sein de la communauté ECV, et sont nécessaires pour les études d'empreinte environnementale des produits.

Les catégories d'évaluation d'impact et les autres paramètres considérés comme hautement pertinents pour les objectifs du projet sont indiqués dans le tableau 2-3 et résumés ci-dessous :

- Changement climatique, sans et avec CO₂ biogénique [éq. kg CO₂]
- Acidification [éq. mol H⁺]
- Eutrophisation, eau douce [éq. kg P]
- Eutrophisation, terrestre [éq. mol N]
- Formation d'ozone photochimique [éq. kg COVNM]
- Utilisation des ressources, énergie [MJ LHV]
- Inorganiques respiratoires [incidence de la maladie]
- Pénurie d'eau [éq. m³ monde]

Les catégories d'impact EE 3.0 pour la santé humaine, l'écotoxicité, les rayonnements ionisants, l'utilisation des terres et l'utilisation des ressources en minéraux et métaux n'ont pas été incluses dans cette analyse. La toxicité a été exclue en raison des incertitudes élevées des facteurs de caractérisation (10 à 100 pour l'écotoxicité et 100 à 1 000 pour la toxicité humaine). L'utilisation de ressources minérales et métalliques a été exclue compte tenu de la composition des matériaux (c'-à-d. principalement du papier et du plastique) des conceptions d'emballage considérées. Les rayonnements ionisants ont été exclus car ils sont dus à l'utilisation de l'énergie nucléaire dans le système de fond.



Par souci d'exhaustivité, les résultats pour les catégories d'impact TRACI 2.1 (APE, 2012) suivantes sont présentés dans annexe D :

- Acidification [éq. kg SO₂]
- Eutrophisation [éq. kg N]
- Particules pour la santé humaine [éq. kg PM_{2,5}]
- Ressources, fossiles [surplus MJ]
- Formation de smog [éq. kg O₃]

Le changement climatique et l'utilisation des ressources, l'énergie (équivalente à la demande d'énergie primaire non renouvelable) ont été choisis en raison de leur pertinence par rapport au changement climatique et à l'efficacité énergétique, qui sont tous deux étroitement liés, présentent un intérêt public et institutionnel élevé et sont considérés comme les plus problèmes environnementaux urgents de notre temps. La catégorie d'impact potentiel du réchauffement climatique est évaluée sur la base des facteurs de caractérisation actuels du GIEC tirés du 5^e Rapport d'évaluation (GIEC, 2013) pour une période de 100 ans (PRP100) car il s'agit actuellement de la mesure la plus couramment utilisée².

Les résultats du changement climatique mondial sont considérés à la fois avec et sans carbone lié à la photosynthèse (également appelé *carbone biogénique*) ainsi que la libération de ce carbone pendant la phase d'utilisation ou de fin de vie sous forme de CO₂.

Les catégories d'impact eutrophisation, acidification et formation d'ozone photochimique ont été choisies parce qu'elles sont étroitement liées à la qualité de l'air, du sol et de l'eau et capturent les charges environnementales associées aux émissions couramment réglementées telles que le NO_x, DS₂, COV et autres.

Le *Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone* a été mis en œuvre en 1989 dans le but d'éliminer progressivement les émissions de gaz appauvrissant la couche d'ozone. Le protocole a été ratifié par *tous les* membres des Nations Unies – un niveau sans précédent de coopération internationale. À quelques exceptions près, l'utilisation de CFC, les produits chimiques les plus nocifs, a été éliminée, tandis que l'élimination complète des HCFC moins actifs sera réalisée d'ici 2030. En conséquence, on s'attend à ce que la couche d'ozone revienne au niveau de 1980 entre 2050 et 2070. De plus, aucune substance appauvrissant la couche d'ozone n'est émise dans le système de premier plan à l'étude. Pour ces raisons, le potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone n'est pas pris en compte dans cette étude.

La consommation d'eau, c'est-à-dire l'élimination anthropique de l'eau de son bassin versant par le transport, l'évaporation ou l'évapotranspiration, a également été choisie en raison de sa grande importance politique. L'ONU estime qu'environ un milliard de personnes sur la planète n'ont pas accès à une eau potable améliorée, ce qui entraîne divers problèmes liés à la qualité, à la santé et à la nutrition des écosystèmes.

Il convient de noter que les catégories d'impacts ci-dessus représentent des *potentiels* d'impact, c'est-à-dire qu'il s'agit d'approximations des impacts environnementaux qui pourraient se produire si les émissions (a) suivaient effectivement la voie d'impact sous-jacente et (b) remplissaient certaines conditions dans l'environnement récepteur tout en faisant donc. De plus, l'inventaire ne capture que la fraction de la charge environnementale totale qui correspond à l'unité fonctionnelle (approche relative). Les résultats de l'ACV ne sont donc que des expressions relatives et ne prédisent pas les impacts réels, le dépassement des seuils, les marges de sécurité ou les risques.

Étant donné que cette étude vise à étayer des affirmations comparatives devant être divulguées à des tiers, aucun regroupement ni aucune autre pondération quantitative entre catégories n'a été appliqué. Au lieu de cela, chaque impact est discuté isolément, sans référence à d'autres catégories d'impact, avant que les conclusions et recommandations finales ne soient faites.

2La méthodologie du changement climatique utilisée dans EE 3.0 est basée sur les derniers rapports du GIEC, mais inclut également les effets de la « rétroaction climat-carbone » qui se traduit par des potentiels de réchauffement planétaire plus élevés mais qui est également associée à une plus grande incertitude. Dans cette étude, nous avons utilisé les facteurs d'émission les plus couramment appliqués du même rapport qui excluent les effets de rétroaction climat-carbone.

Tableau 2-3 : Descriptions des catégories d'impact

Catégorie d'impact	Description	Facteur de caractérisation	Unité	Référence
Changement climatique	Une mesure des émissions de gaz à effet de serre, comme le CO ₂ et méthane. Ces émissions entraînent une augmentation de l'absorption des radiations émises par la terre, augmentant l'effet de serre naturel. Cela peut à son tour avoir des effets néfastes sur la santé des écosystèmes, la santé humaine et le bien-être matériel.	Potentiel de réchauffement de la planète, 100 ans (PRP 100)	équivalent kg de CO ₂	(GIEC, 2013)
Acidification	Une mesure des émissions qui provoquent des effets acidifiants sur l'environnement. Le potentiel d'acidification est une mesure de la capacité d'une molécule à augmenter l'ion hydrogène (H ⁺) concentration en présence d'eau, diminuant ainsi la valeur du pH. Les effets potentiels comprennent la mortalité des poissons, le déclin des forêts et la détérioration des matériaux de construction.	Potentiel d'acidification (PA)	équivalent moles H ⁺	(Seppälä J., 2006; Posch, 2008)
Eutrophisation (terrestre, eau douce)	L'eutrophisation couvre tous les impacts environnementaux potentiels de niveaux excessivement élevés de macronutriments, dont les plus importants sont l'azote (N) et le phosphore (P). L'enrichissement en éléments nutritifs peut entraîner une modification indésirable de la composition des espèces et une production accrue de biomasse dans les écosystèmes aquatiques et terrestres. Dans les écosystèmes aquatiques, une production accrue de biomasse peut entraîner une baisse des niveaux d'oxygène, en raison de la consommation supplémentaire d'oxygène lors de la décomposition de la biomasse.	Potentiel d'eutrophisation (PE)	Terrestre : équivalent moles N eau douce : équivalent kg P	(Seppälä J., 2006; Posch, 2008; Struijs, 2009)
Formation d'ozone photochimique	Une mesure des émissions de précurseurs qui contribuent à la formation de smog au niveau du sol (principalement l'ozone O ₃), produit par la réaction de COV et de monoxyde de carbone en présence d'oxydes d'azote sous l'influence de la lumière UV. L'ozone troposphérique peut nuire à la santé humaine et aux écosystèmes et peut également endommager les cultures.	Potentiel de formation d'ozone photochimique (PFOP)	équivalent kg COVNM	(Van Zelm R., 2008)

Catégorie d'impact	Description	Facteur de caractérisation	Unité	Référence
Utilisation des ressources, vecteurs d'énergie	Une mesure de la quantité totale d'énergie primaire non renouvelable extraite de la terre. L'utilisation des ressources est exprimée en demande d'énergie provenant de ressources non renouvelables, y compris à la fois les sources de combustible (p. ex., le pétrole, le gaz naturel) et l'uranium pour le combustible nucléaire. Les efficacités de transformation d'énergie (p. ex., puissance, chaleur, vapeur, etc.) sont prises en compte.	Énergie	MJ	(Guinée, et al., 2002; van Oers, de Koning, Guinée et Huppés, 2002)
Inorganiques respiratoires	Les émissions de particules et les aérosols secondaires formés dans l'atmosphère à partir des émissions de NO _x , NH ₃ et SO ₂ contribuent aux effets sur la santé humaine sous forme de maladies respiratoires et d'effets connexes.	Inorganiques respiratoires	Incidence de la maladie	(Fantke, 2016)
Pénurie d'eau	Une évaluation de la pénurie d'eau tenant compte de l'apport net et du rejet d'eau douce tout au long de la vie du système de produits en tenant compte de la disponibilité de l'eau dans différentes régions.	Pénurie d'eau	équivalent m ₃ mondial	(Boulay, 2018)

2.7. Interprétation à utiliser

Les résultats de l'ICV et de l'ACV ont été interprétés selon l'objectif et la portée. L'interprétation aborde les sujets suivants :

- Identification des résultats significatifs, tels que la ou les principales étapes du processus, le(s) matériau (s) et/ou les émissions contribuant aux résultats globaux
- Évaluation de l'exhaustivité, de la sensibilité et de la cohérence pour justifier l'exclusion des données des limites du système ainsi que l'utilisation de données proxy.
- Conclusions, limites et recommandations

Notez que dans les situations où aucun produit ne surpasse toutes ses alternatives dans chacune des catégories d'impact, une certaine forme d'évaluation intercatégorie est nécessaire pour tirer des conclusions concernant la supériorité environnementale d'un produit par rapport à l'autre. Étant donné que l'ISO 14044 exclut l'utilisation de facteurs de pondération quantitatifs dans les assertions comparatives à divulguer au public, cette évaluation aura lieu de manière qualitative et le caractère défendable des résultats dépendra donc de l'expertise des auteurs et de leur capacité à transmettre le raisonnement sous-jacent qui conduit à la conclusion finale.

2.8. Exigences de qualité des données

Les données utilisées pour créer le modèle d'inventaire doivent être aussi précises, complètes, cohérentes et représentatives que possible en ce qui concerne l'objectif et la portée de l'étude dans des contraintes de temps et de budget données.

- Les données primaires mesurées sont considérées comme étant de la plus haute précision, suivies des données calculées, des données littéraires et des données estimées. L'objectif est de modéliser tous les processus pertinents de premier plan à l'aide de données primaires mesurées ou calculées.
- L'exhaustivité est jugée en fonction de l'exhaustivité des entrées et des sorties par processus unitaire et de l'exhaustivité des processus unitaires eux-mêmes. L'objectif est de saisir toutes les données pertinentes à cet égard.
- La cohérence fait référence aux choix de modélisation et aux sources de données. L'objectif est de s'assurer que les différences de résultats reflètent les différences réelles entre les systèmes de produits et ne sont pas dues à des incohérences dans les choix de modélisation, les sources de données, les facteurs d'émission ou d'autres artefacts.
- La reproductibilité exprime la mesure dans laquelle des tiers seraient en mesure de reproduire les résultats de l'étude sur la base des informations contenues dans ce rapport. L'objectif est de fournir suffisamment de transparence avec ce rapport afin que des tiers puissent se rapprocher des résultats rapportés. Cette capacité peut être limitée par l'exclusion des données primaires confidentielles et l'accès aux mêmes sources de données de base
- La représentativité exprime la mesure dans laquelle les données correspondent aux exigences géographiques, temporelles et technologiques définies dans l'objectif et la portée de l'étude. L'objectif est d'utiliser les données primaires les plus représentatives pour tous les processus de premier plan et les données moyennes de l'industrie les plus représentatives pour tous les processus d'arrière-plan. Chaque fois que ces données n'étaient pas disponibles (p. ex., aucune donnée moyenne de l'industrie disponible pour un certain pays), les meilleures données de substitution disponibles ont été utilisées.

En outre, cette analyse vise à représenter les chaînes d'approvisionnement suivantes pour la production d'emballages :

- Carton : production américaine et transformation américaine ou européenne de carton par GPI en 2019
- KeelClip : production américaine et transformation américaine ou européenne de carton par GPI en 2019
- Wrap+Tray : production américaine ou européenne d'emballages par un fabricant générique en 2019
- Hi-Cone : production américaine ou européenne d'emballages par fabricant générique en 2019

Une fois l'emballage produit, il est ensuite expédié vers une installation de remplissage aux É.-U. ou en Europe. Les emballages remplis sont ensuite distribués, utilisés et disposés dans chaque marché final respectif.

Une évaluation de la qualité des données au regard de ces exigences est fournie dans la section 5 de ce rapport.

2.9. Type et format du rapport

Conformément aux exigences ISO (ISO, 2006), ce document vise à rendre compte des résultats et des conclusions de l'ACV de manière complète, précise et sans biais au public visé. Les résultats, les données, les méthodes, les hypothèses et les limites sont présentés de manière transparente et suffisamment détaillée pour transmettre au lecteur les complexités, les limites et les compromis inhérents à l'ACV. Cela permet d'interpréter et d'utiliser les résultats d'une manière cohérente avec les objectifs de l'étude.

2.10. Logiciel et base de données

Le modèle ACV a été créé à l'aide du système logiciel GaBi 9 pour l'ingénierie du cycle de vie, développé par Sphera Solutions, Inc. La base de données GaBi 2020 ICV (pack de service 40) fournit les données d'inventaire du cycle de vie de plusieurs des matières premières et système de fond.

2.11. Examen critique

La norme internationale ISO 14044 (ISO, 2006) exige un examen critique lorsque les résultats de l'étude sont destinés à étayer des assertions comparatives destinées à être divulguées au public. Les principaux objectifs d'une revue critique sont de fournir une évaluation indépendante de l'étude ACV et de fournir des informations aux auteurs de l'étude sur la manière d'améliorer la qualité et la transparence de l'étude. Les avantages de recourir à un examen critique sont de s'assurer que :

- Les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont cohérentes avec les normes ISO 14040 et 14044,
- Les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont scientifiquement et techniquement valables,
- Les données utilisées sont appropriées et raisonnables au regard de l'objectif de l'étude,
- Les interprétations reflètent les limites identifiées et l'objectif de l'étude, et
- Le rapport d'étude est transparent et cohérent.

Le cas échéant, le comité d'examen critique peut également commenter les priorités suggérées pour des améliorations potentielles. Pour cette étude, le comité d'examen critique était composé de :

- Arpad Horvath, consultant; Berkeley, CA (président)
- Angela Schindler, consultante; Salem, Allemagne
- Bill Flanagan, cofondateur et directeur, Aspire Sustainability; Albany, NY

L'examen a été effectué conformément à la section 6.3 de la norme ISO 14044 sur les assertions comparatives destinées à être divulguées au public. Pour l'examen, un aperçu de l'objectif et de la portée de l'ACV, ainsi que des hypothèses et des résultats, a été présenté au comité avant de terminer l'ébauche du rapport. Les résultats ont ensuite été présentés dans une version provisoire de ce rapport qui a été mise à la disposition du comité. Le comité a fourni des commentaires sur la méthodologie, les hypothèses et l'interprétation. Le projet de rapport a été révisé par la suite et une copie finale a été soumise au comité d'examen avec les réponses aux commentaires.

L'énoncé de l'examen critique se trouve dans Annexe F Le rapport d'examen critique contenant les commentaires et recommandations des experts indépendants ainsi que les réponses du praticien est disponible sur demande auprès de GPI. Les examinateurs ont été engagés pour effectuer l'examen en tant qu'experts indépendants. Leurs commentaires d'examen ne doivent pas être interprétés comme représentant



les positions de leurs organisations affiliées.

3. Analyse de l'inventaire du

3.1. Procédure de collecte de données

Toutes les données primaires ont été collectées à l'aide de modèles de collecte de données personnalisés, qui ont été envoyés par courrier électronique aux fournisseurs de données respectifs de GPI. À la réception, chaque questionnaire a été contre-vérifié pour l'exhaustivité et la plausibilité en utilisant le bilan de masse, la stoechiométrie, ainsi que l'analyse comparative interne et externe. En cas de lacunes, de valeurs aberrantes ou d'autres incohérences, Sphera a contacté le fournisseur de données pour résoudre tout problème en suspens.

3.2. Présentation du système de produits

Le tableau 3-1 fournit un aperçu des matières premières et des sites de production de chaque alternative d'emballage. De plus, la masse d'emballage est représentée dans Figure 3-1. De plus amples détails sur la production des matières premières, la fabrication, le transport et les autres étapes du cycle de vie sont fournis dans les sections suivantes.

Tableau 3-1 : Aperçu de l'emballage des canettes de boisson

	Matériau	Masse par matériau		Lieu de production	Lieu de transformation
		<i>Par paquet</i>	<i>Par unité fonctionnelle</i>		
É.-U. : Carton	Carton	150 g	8,3 kg	Macon (GA) West Monroe (LA)	Perry (GA)
É.-U. : KeelClip	Carton	26 g	4,3 kg	Macon (GA) West Monroe (LA)	Perry (GA)
É.-U. : Wrap+Tray	Film ondulé en PEbd	20 g	1,1 kg	É.-U.	s.o.
		83 g	4,6 kg		
É.-U. : Hi-Cone	Film en PEbd	3,84 g	0,64 kg	É.-U.	s.o.
UE : Carton	Carton	150 g	8,3 kg	Macon (GA) West Monroe (LA)	Masnières, France
UE : KeelClip	Carton	26 g	4,3 kg	Macon (GA) West Monroe (LA)	Masnières, France
UE : Wrap+Tray	Film ondulé en PEbd	20 g	1,1 kg	Europe	s.o.
		83 g	4,6 kg		
UE : Hi-Cone	Film en PEbd	3,84 g	0,64 kg	Europe	s.o.

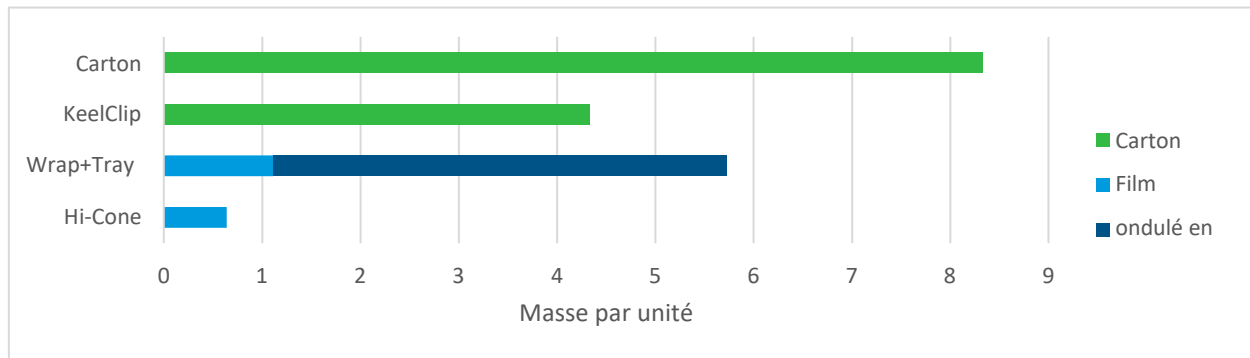


Figure 3-1 : Matériaux et masses d'emballage des canettes de boisson par unité fonctionnelle

3.3. Production d'emballage

3.3.1. Carton de boisson et KeelClip

Les détails de production des cartons de boisson et KeelClip sont résumés dans le tableau 3-2. La figure 3-2 présente l'organigramme de niveau supérieur montrant les connexions entre chaque processus dans le cycle de vie du produit. Chaque étape est décrite plus en détail dans les sections suivantes.

Tableau 3-2 : Détails du carton et du KeelClip (unités américaines indiquées entre parenthèses)

	É.-U. : Carton	É.-U. : KeelClip	UE : Carton	UE : KeelClip
Poids de base	454 g/m ² (93 lb/1 000 pi ²)	454 g/m ² (93 lb/1 000 pi ²)	454 g/m ² (93 lb/1 000 pi ²)	454 g/m ² (93 lb/1 000 pi ²)
Zone de carte terminée	0,326 m ² (506 po ²)	0,058 m ² (90 po ²)	0,326 m ² (506 po ²)	0,058 m ² (90 po ²)
Type de carton	AquaKote ^{MC}	AquaKote ^{MC}	AquaKote ^{MC} OmniKote ^M c	OmniKote ^{MC}
Lieu de production	44 % Macon 56 % West Monroe	44 % Macon 56 % West Monroe	50 % Macon 50 % West Monroe	50 % Macon 50 % West Monroe
Contenu recyclé	11 %	11 %	11 %	10 %
Lieu de transformation	Perry	Perry	Masnières	Masnières
Distance à convertir	48 à 869 km (30 à 540 mi)	48 à 869 km (30 à 540 mi)	7 560 à 8 530 km (4 700 à 5 300 mi)	7 560 à 8 530 km (4 700 à 5 300 mi)
Transformation des pertes	8 %	4 %	8 %	4 %
Emballage de distribution	Coffrets, feuilles de couverture, palettes, emballage rétractable	Coffrets, feuilles de couverture, palettes, emballage rétractable	Coffrets, feuilles de couverture, palettes, panneaux de particules, nid d'abeilles	Coffrets, feuilles de couverture, palettes, panneaux de particules, nid d'abeilles

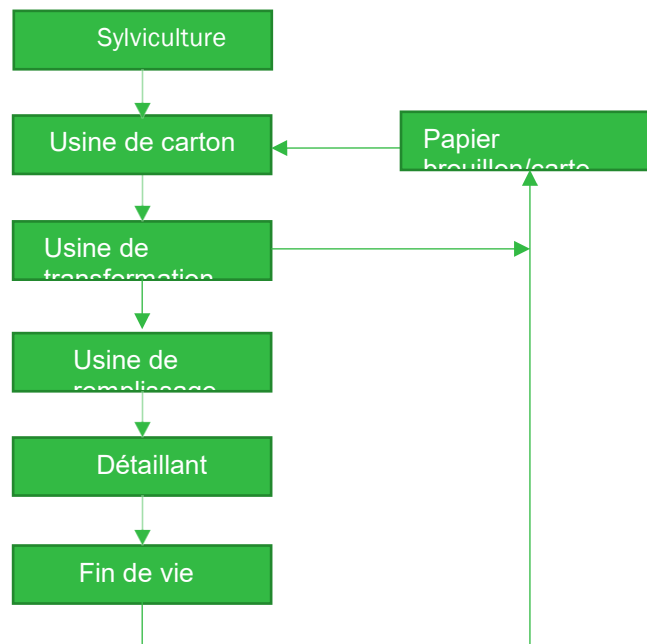


Figure 3-2 : Organigramme montrant le système au premier plan (processus de transport non représentés)

Sylviculture

Les opérations forestières sont modélisées à l'aide des ensembles de données GaBi pour le bois résineux. GPI ne possède aucune des forêts auprès desquelles elle achète son bois; cependant, environ 30 % du bois acheté est certifié selon une norme forestière. Les 70 % restants sont achetés dans le sud-est des É.-U. et proviennent de petits propriétaires fonciers qui pratiquent une gestion forestière responsable.

Usine de carton

GPI produit de nombreuses qualités différentes dans ses deux usines de carton à West Monroe, LA et Macon, GA. Celles-ci vont de l'épaisseur 14 à 30 avec un poids de base allant de 62 à 136 lb/1 000 pi². Les volumes de production de qualités spécifiques varient considérablement d'une année à l'autre dans une usine de carton, tout comme la proportion d'une qualité donnée fabriquée à West Monroe par rapport à Macon. Il est donc difficile de distinguer les changements globaux des performances environnementales des différences dans chaque usine.

À ce titre, les impacts du carton dans cette étude sont modélisés en fonction de la moyenne basée sur la masse de toutes les qualités d'épaisseur produites à chaque usine, pour lesquelles il y a beaucoup moins de variabilité. C'est-à-dire les intrants et extrants de l'usine tels que l'énergie, les colorants, les produits chimiques, l'eau, les émissions, etc. qui sont alloués au carton (par opposition au tallöl et à la térébenthine – voir la section 2.4.1) ne sont pas subdivisés davantage en fonction de la qualité du carton ou de l'épaisseur. Au lieu de cela, une moyenne des entrées et des sorties par unité de masse de tout le carton produit est calculée et utilisée pour modéliser la production de carton. L'influence de cette hypothèse sur les résultats est considérée comme faible car tous les produits ont une composition similaire, quelle que soit l'épaisseur.

La seule exception à ci-dessus concerne les entrées fibre. Les entrées de grumes de résineux et de contenu recyclé, qui comprend la doublure Kraft double (DKD) et le contenant kraft naturel recouvert d'argile (CKNRA), ont été calculés pour chaque qualité de papier (c.-à-d. AquaKote^{MC} et OmniKote^{MC}/PearlKote^{MC3}) plutôt que d'utiliser une moyenne pour tous les cartons.

Dans l'usine de carton, les grumes provenant des opérations forestières et les rebuts de papier, de carton ou de carton ondulé collectés pour recyclage sont réduits en pâte et convertis en produits de carton. Cela nécessite des apports d'énergie, des produits chimiques de traitement et des additifs fonctionnels (p. ex., de l'argile, des résines résistant à l'humidité). Ces dernières années, GPI a augmenté la proportion d'énergie renouvelable utilisée dans ses usines de papier. Par exemple, l'un des changements majeurs entre 2012 et 2014 est l'installation d'une nouvelle chaudière à biomasse à l'usine de carton de Macon.

Les usines de carton produisent plusieurs coproduits, dont le carton, le tallöl et la térébenthine. L'allocation économique a été utilisée pour répartir les intrants et les extrants du procédé entre ces produits en raison des différences substantielles de revenus de ces produits. Le carton est largement dominant, représentant près de 98 % de la valeur économique totale de ces coproduits. Le tallöl représente environ 1,7 % de la valeur économique totale tandis que le reste est dû à la térébenthine. Une fois les intrants et les extrants attribués, le CO₂ biogénique l'absorption et les émissions ont été corrigées afin que l'analyse représente avec précision la teneur en carbone du carton (voir la section 3.5 pour plus de détails).

Les données sur les flux d'entrée et de sortie à destination et en provenance des usines de carton sont fournies dans le tableau A-1. La production de carton de chaque usine est pondérée en fonction de la production de l'usine pour les qualités de papier AquaKote pour les scénarios américains. Pour les scénarios européens, une répartition 50/50 entre les usines de Macon et de West Monroe a été estimée car le mélange de carton est légèrement différent pour l'Europe par rapport aux É.-U.

Usine de transformation

Alors que la production de substrats en carton a lieu aux É.-U., la transformation en emballage fini a lieu sur les marchés finaux locaux. Les données sur la transformation proviennent de Perry, GA (É.-U.) pour le marché américain et de Masnières (France) pour le marché européen.

À l'usine de transformation, les feuilles de carton de l'usine sont imprimées et découpées pour produire l'emballage de boisson fini. L'emballage de la canette de boisson est ensuite lui-même emballé dans un emballage de distribution pour être expédié à son emplacement de remplissage (p. ex., une installation de fabrication de boisson).

L'allocation de masse a été utilisée pour attribuer des entrées et des sorties de transformation aux divers produits d'emballage de GPI. Les déchets de carton provenant du carton et du KeelClip, cependant, ont été calculés sur la base de chaque modèle de matrice plutôt que sur la moyenne générique de l'usine. On suppose que les déchets de carton des usines de transformation sont expédiés à une usine de carton pour être recyclés – mais pas nécessairement aux propres usines de GPI aux É.-U., en particulier depuis l'installation de transformation européenne.

Les données sur les flux d'entrée et de sortie vers et depuis les usines de transformation sont fournies dans le tableau A-2.

Transport en amont et interne

On suppose que tout le transport se fait par route à l'aide de camions d'une charge utile maximale de 49 000 lb, camions de classe 8. Pour le transport de la fibre (fourniture de grumes, copeaux et papier brouillon), le retour à vide est comptabilisé en réduisant la quantité de chargement du camion. (Les ensembles de données GaBi supposent une utilisation de la capacité par défaut de 85 %; cela a été ramené à 42,5 % pour le transport de fibre entrant.) Pour les autres étapes de transport, seul le voyage aller simple est pris en compte car il

3 PearlKote est une qualité de carton similaire à OmniKote, juste produite dans une usine différente.

est supposé que la logistique est optimisée afin que ceux-ci ne reviennent pas vides. Tous les transports dans le tableau 3-3 sont effectués par camion, sauf indication contraire.

Tableau 3-3 : Distances de transport modélisées

Étape de transport	Distance, É.-U. [mi]		Distance, UE [mi]		Utilisation
	Macon	West Monroe	Macon	West Monroe	
Grumes de résineux à l'usine de carton	47	48	47	48	42,5 %
Copeaux de résineux à l'usine de carton	27	60	27	60	42,5 %
Papier de brouillon CKNRA à l'usine de carton	30	540	30	540	42,5 %
Papier de brouillon DKD à l'usine de carton	300	300	300	300	42,5 %
Usine de carton en usine de transformation	30	540	Camion : 260 Navire : 4 400	Camion : 850 Navire : 4 400	85 % 70 %

3.3.2. Emballage rétractable et plateau

La production d'emballages rétractables et de plateaux reposait uniquement sur des données secondaires. Les masses des composants d'emballage ont été obtenues à partir d'une précédente étude GPI (Graphic Packaging International, 2010). Cette étude, à son tour, a déterminé la masse des emballages rétractables et des plateaux en achetant des emballages de 18 canettes et d'autres tailles d'emballage de canettes, et en pesant les composants de l'emballage. Les données GaBi ont été utilisées pour modéliser la production de films plastiques à partir de granulés et la transformation du carton ondulé en plateaux. L'emballage de distribution a été exclu car les données à ce sujet n'étaient pas disponibles. Bien que disposer de ces données serait idéal dans l'intérêt de l'exhaustivité et de la cohérence, les emballages de distribution devraient être un contributeur mineur à l'impact potentiel et son exclusion représente un « meilleur scénario » pour l'alternative d'emballage rétractable et de plateaux.

Tableau 3-4 : Données de production d'emballage rétractable et de plateaux par unité fonctionnelle

Flux	Unité	Montant	Mode et distance
Contributions			
Emballage rétractable PEbd	kg	1,1	Camion : 160 km
Plateau en carton ondulé	kg	4,6	Camion : 160 km
Les sorties			
Film rétractable Wrap+Tray	kg	5,7	

3.3.3. Anneaux en plastique Hi-Cone

Bien que Hi-Cone ait mené sa propre ACV (Hi-Cone, d.inc.), elle n'est pas disponible pour GPI (et les clients de GPI ne sont pas non plus autorisés à partager le rapport). Pour remédier au manque de données de fabrication primaires pour les anneaux en plastique Hi-Cone, GPI a embauché un cabinet de conseil indépendant (Savvy Pack) pour modéliser la production Hi-Cone et pour calculer la consommation d'énergie et de résine plastique. Le modèle du consultant est un outil interne exclusif qui intègre les taux de production, le volume de production, le matériau recyclé, la consommation d'énergie de la machine et d'autres variables pour calculer les valeurs unitaires. Les résultats du modèle sont affichés dans le tableau 3-5. Le tableau 3-6 présente les LCA sur les emballages



emballages de distribution par unité fonctionnelle. Les matériaux d'emballage et les quantités sont basés sur l'expertise et les estimations internes.

Les anneaux en plastique Hi-Cone sont fabriqués à partir de polyéthylène basse densité (PEbd). Les pastilles de plastique provenant d'une combinaison de contenu vierge et recyclé après consommation (RAC) sont mélangées à de la résine recyclée en interne et le mélange est extrudé en une feuille. Les anneaux sont ensuite découpés à partir de la feuille et la « feuille d'anneaux » est emballée sous forme de rouleau autour d'un noyau ondulé. On suppose que chaque rouleau pèse 11,5 kg et contient 3 000 unités.

Les rebuts découpés à la forme du processus de fabrication sont recyclés en interne. Ce rebut est censé être refondu et re-granulé avant d'être combiné avec des granulés de plastique vierge et RAC. Les données de consommation d'énergie dans le tableau 3-5 incluent le recyclage interne.

Selon le site Web de Hi-Cone (Hi-Cone), les produits Hi-Cone peuvent avoir jusqu'à 50 % de contenu en RAC. L'analyse de base suppose l'absence de contenu recyclé. Bien que l'utilisation d'un contenu vierge à 100 % ne représente pas le meilleur cas de figure pour le produit concurrent et, de ce point de vue, ne soit pas l'option conservatrice, les résultats montreront que même dans ces conditions, les anneaux Hi-Cone sont systématiquement associés aux impacts potentiels environnementaux les plus faibles de tous les concepts d'emballage. L'inclusion du contenu RAC dans les hypothèses d'allocation de seuil ne servira qu'à réduire davantage les impacts environnementaux potentiels et à favoriser plus fortement les anneaux Hi-Cone. Ainsi, l'utilisation du contenu RAC est évaluée dans une analyse de sensibilité (section 4.3.1) et non dans l'analyse de base.

Tableau 3-5 : Données de production Hi-Cone par unité fonctionnelle

Flux	Unité	Montant	Mode et distance
Contributions			
Résine PEbd, vierge/RAC	kg	0,64	rail : 1 000 mi
Résine PEbd, recyclée en interne	kg	1,2	s.o.
Gaz naturel	MJ	0,235	s.o.
Électricité	kWh	1,8	s.o.
Les sorties			
Anneaux Hi-Cone	kg	0,64	s.o.
Ferraille interne	kg	1,2	s.o.

Tableau 3-6 : Emballage de distribution Hi-Cone par unité fonctionnelle

Flux	Unité	Montant	Mode et distance
Contributions			
Anneaux Hi-Cone	kg	0,64	s.o.
Palettes en bois	kg	0,035	Camion : 160 km
Mandrin en papier	kg	0,012	Camion : 160 km
Séparateur ondulé	kg	6,9E-03	Camion : 160 km
Bouchon en carton ondulé	kg	9,8E-04	Camion : 160 km
Bande d'acier	kg	1,7E-04	Camion : 400 km
Emballage rétractable (PEbd)	kg	3,9E-04	Camion : 400 km
Les sorties			
Anneaux Hi-Cone, emballées	kg	0,70	s.o.

3.4. En aval

3.4.1. Transport

Toutes les étapes de transport dans la partie en aval du cycle de vie sont modélisées indépendamment du transport des consommateurs du détaillant à la maison⁴. Le transport se fait par camion. Ces distances de transport (Tableau 3-7) sont censées être les mêmes pour toutes les configurations d'emballage et pour les scénarios américains et européens.

Tableau 3-7 : Distances de transport en aval

Étape de transport	Distance [miles]
Vers l'usine de remplissage	200
Usine de remplissage jusqu'au détaillant	100
Détaillant jusqu'au consommateur	Non compris
Consommateur jusqu'à la fin de vie	30

3.4.2. Usine de remplissage

L'usine de remplissage, où les canettes de boisson sont insérées dans l'emballage, est la dernière étape avant l'envoi du produit aux détaillants. Les informations sur la consommation d'énergie et la vitesse de la ligne d'emballage dans les usines de remplissage ont été estimées en fonction de la consommation électrique prévue des machines d'emballage et de la vitesse de ligne (Tableau 3-8). Les données sur les cartons et KeelClip ont été fournies par GPI, car GPI vend non seulement l'emballage, mais aussi les systèmes de machines pour insérer des canettes dans les cartons ou le KeelClip. Les données Hi-Cone ont été fournies par le consultant indépendant de GPI (voir section 3.3.3). Les données pour le Wrap+Tray ont été obtenues à partir d'une précédente étude GPI (Graphic Packaging International, 2010) qui, à son tour, a obtenu les valeurs à partir des spécifications d'une machine Kisters (p. ex., Innopack Kisters TSP emballeur de barres rétractables de base). Un bref aperçu des spécifications de la machine aujourd'hui indique que les chiffres n'ont pas beaucoup changé au fil des ans. La machine de remplissage Wrap+Tray a les exigences de puissance les plus élevées car la chaleur est requise pour l'emballage rétractable.

Tableau 3-8 : Détails de remplissage

	Consommation électrique de la machine	Paquets par minute	Électricité par unité fonctionnelle	Adhésif par fonction unit ionnelle
Carton	30 kW	125/min	0,22 kWh	0,051 kg
KeelClip	16 kW	350/min	0,13 kWh	0,33 kg
Wrap+Tray	138 kW	83/min	1,5 kWh	N'est pas applicable
Hi-Cone	15 kW	333/min	0,13 kWh	N'est pas applicable

⁴ L'estimation du transport des consommateurs, notamment pour l'épicerie, est très incertaine et donc exclue de cette analyse. Non seulement le mode de transport (p. ex., camion, métro, bus, vélo, etc.) peut varier, mais aussi la distance au magasin et le nombre d'articles que les consommateurs achètent par trajet.

L'emballage requis pour expédier l'emballage de la canette de boisson à l'usine de remplissage est éliminé à cette étape du cycle de vie. Le tableau 3-9 résume le sort en fin de vie des emballages de distribution. Les données américaines ont été obtenues auprès de l'APE É.-U. (APE, 2019) et les données européennes d'Eurostat (Eurostat, 2017).

Tableau 3-9 : Destin des déchets d'emballage de distribution

	Recyclage	Décharge	Incinération
États-Unis			
Papier/carton ondulé	73 %	22 %	5 %
Film rétractable	13 %	70 %	17 %
Bandes en acier	73 %	22 %	5 %
Bois/panneaux de particules	17 %	66 %	17 %
Europe			
Papier/carton ondulé	85 %	8 %	7 %
Film rétractable	44 %	24 %	32 %
Bandes en acier	79 %	20 %	1 %
Bois/panneaux de particules	40 %	37 %	23 %

3.4.3. Détaillant

Aucune activité n'a été modélisée chez le détaillant. Comme l'objet de cette étude est l'emballage des canettes de boissons et non les boissons ou les canettes, la réfrigération est exclue de l'analyse.

3.4.4. Fin de vie

En fin de vie, le produit est modélisé comme étant mis au rebut dans une combinaison de mise en décharge, d'incinération et de recyclage des matériaux. L'approche d'allocation de seuil est appliquée (voir la section 2.5) de sorte que les rebuts provenant de l'élimination des emballages sont censés quitter les limites du système sans charge ni crédit. Les hypothèses de fin de vie sont indiquées dans le tableau 3-10. Les données américaines ont été obtenues auprès de l'US EPA (EPA, 2019) et les données européennes, auprès d'Eurostat (Eurostat, 2017).

Tableau 3-10 : Destination des déchets d'emballages en fin de vie

	Recyclage	Décharge	Incinération
États-Unis			
Papier/carton ondulé	73 %	22 %	5 %
Film plastique	13 %	70 %	17 %
Europe			
Papier/carton ondulé	85 %	8 %	7 %
Film plastique	44 %	24 %	32 %

3.5. Carbone biogénique

Des mesures supplémentaires ont été prises pour garantir que l'absorption et les émissions de carbone biogénique sont correctement équilibrées dans les modèles en carton et KeelClip. Ces étapes étaient nécessaires en raison de l'utilisation de l'allocation économique à l'usine de papier et d'éventuelles incohérences ou lacunes dans les bilans carbone des données de base.

Absorption de carbone – y compris la teneur en carbone du papier recyclé – et les émissions de CO₂ et de CH₄ sont d'abord calculées pour la production de papier de la fabrication à la sortie d'usine dans les usines de carton de GPI. Une correction du carbone a ensuite été introduite dans le modèle pour faire correspondre les absorptions atmosphériques de CO₂ à la teneur en carbone du carton des usines, qui est de 49,6 %. Cette valeur est basée sur l'estimation de la Corrugate Packaging Alliance pour le carton d'emballage (NCASI, 2017). Les valeurs de carbone biogénique des usines avant l'ajustement, l'ajustement de l'absorption de CO₂ et l'absorption nette de carbone qui en résulte sont indiquées dans le tableau 3-11. Le processus dans le modèle où a lieu l'ajustement est indiqué dans la figure A-4 et étiqueté « GLO : correction du bilan carbone ».

La transformation des emballages est ensuite modélisée une fois que la teneur en carbone du carton est ajustée. Tout rebut de carton recyclé issu de la transformation est censé avoir la même valeur de teneur en carbone et quitter le système, c'est-à-dire que la teneur en carbone est « transférée » au cycle de vie du produit suivant et donc modélisée comme une élimination négative.

Tableau 3-11 : Bilan carbone biogénique du carton et du KeelClip (par unité fonctionnelle)

	É.-U. : Carton	É.-U. : KeelClip	UE : Carton	UE : KeelClip
Carton de l'usine [kg]	8,89	4,56	8,89	4,56
Absorption de CO ₂ biogénique [kg de CO ₂]	32,9	16,9	33,2	17,2
Émissions de CO ₂ biogénique [kg de CO ₂]	14,7	7,6	15,0	7,69
Émissions de CH ₄ biogénique [kg de CH ₄]	0,00463	0,00237	0,00516	0,00265
Contenu en carbone	49,6 %	49,6 %	49,6 %	49,6 %
Ajustement de l'absorption de CO ₂ [kg de CO ₂]	-1,99	-1,02	-2,01	-1,20
Absorption nette de carbone ajustée [kg de C]	4,42	2,26	4,42	2,27

Une approche similaire est utilisée pour traiter le papier pour l'emballage de distribution et le plateau en carton ondulé du système d'emballage Wrap+Tray. La teneur en carbone biogénique du papier secondaire entrant dans la limite du système est modélisée comme une élimination atmosphérique, et l'emballage recyclé quittant la limite du système de produit est modélisé comme ayant ses extractions de carbone « transférées » au cycle de vie du produit suivant. Autrement dit, des processus supplémentaires ont été ajoutés au modèle GaBi pour garantir que le papier secondaire entre dans le système avec une teneur en carbone de 49,6 % (c.-à-d. une absorption nette de 1,82 kg de CO₂ par kg de papier). La même valeur a été utilisée pour les emballages en papier recyclés en fin de vie. Ce n'est qu'en attribuant une élimination du carbone au contenu en carbone recyclé que toutes les émissions ultérieures de dioxyde de carbone biogénique provenant du matériau (p. ex., dans le cadre des gaz d'enfouissement) resteront neutres en carbone, c'est-à-dire que l'élimination et l'émission de CO₂ s'annuleront.

3.6. Données de base

La documentation de tous les ensembles de données GaBi est disponible en ligne sur [http://www.gabi-software.com/support/gabi/gabi-base de données-2020-ici-documentation/](http://www.gabi-software.com/support/gabi/gabi-base-de-donnees-2020-ici-documentation/) (Sphera, 2020). Les tableaux de cette section indiquent ce que l'ensemble de données est censé représenter (p. ex., l'électricité produite en Europe), quel ensemble de données a été utilisé et si l'ensemble de données est un proxy géographique (« géo »).

3.6.1. Carburants et énergie

Les moyennes nationales/régionales des intrants de combustible et des mélanges de réseaux électriques ont été obtenues à partir des bases de données GaBi2020. Les ensembles de données LCI les plus pertinents utilisés dans la modélisation des systèmes de produits sont présentés dans le tableau 3-12. La consommation d'électricité a été modélisée à l'aide de mélanges de réseaux régionaux qui tiennent compte des importations en provenance des régions ou pays voisins.

En général, les ensembles de données utilisés sont jugés appropriés compte tenu de l'objectif et de la portée de cette étude (voir la section 2.8). Les mélanges de réseaux électriques et les carburants représentent les régions prises en compte dans l'analyse. Bien que les années de référence des ensembles de données ne correspondent pas à l'intention de l'étude de représenter la production de 2019, ces ensembles de données ont été choisis car ce sont les meilleures options disponibles. Les impacts environnementaux potentiels de la production et de la combustion de carburants ne devraient pas changer de manière significative en trois ans. Alors que les mélanges de réseaux électriques peuvent changer, et le font, il faut souvent quelques années à l'EPA des États-Unis ou à l'Agence internationale de l'énergie pour publier des mélanges mis à jour.

Tableau 3-12 : Ensembles de données énergétiques clés utilisés dans l'analyse des inventaires

Énergie	Emplacement	Ensemble de données	Fournisseur de données	Année de réf.	Proxy?
Électricité	Europe	EU-28 : mélange de réseaux électriques	Sphera	2016	Non
Électricité	É.-U.	É.-U. : Mélange de réseaux électriques	Sphera	2016	Non
Électricité, GPI	France	FR : mélange de réseaux électriques	Sphera	2016	Non
Électricité, GPI	Louisiane	É.-U. : Mélange de réseaux électriques - SRMV	Sphera	2016	Non
Électricité, GPI	Géorgie	É.-U. : Mélange de réseaux électriques - SRSO	Sphera	2016	Non
Essence	É.-U.	É.-U. : Mélange d'essence (ordinaire) à la raffinerie	Sphera	2016	Non
Mazout léger	É.-U.	É.-U. : Mazout léger à la raffinerie	Sphera	2016	Non
GPL	É.-U.	É.-U. : Gaz de pétrole liquéfié (GPL) (70 % propane; 30 % butane)	Sphera	2016	Non
Gaz naturel	É.-U.	É.-U. : Mélange de gaz naturel	Sphera	2016	Non
Chaleur techn., GPL	France	EU-28 : énergie thermique à partir du GPL	Sphera	2016	Non
Chaleur techn., GPL	É.-U.	É.-U. : Énergie thermique à partir du GPL	Sphera	2016	Non
Chauffage technique, gaz naturel	É.-U.	É.-U. : Énergie thermique à partir du gaz naturel	Sphera	2016	Non
Chauffage technique, gaz naturel	Europe	EU-28 : énergie thermique à partir du gaz naturel	Sphera	2016	Non

3.6.2. Matières premières et procédés

Les données sur les matières premières en amont et en aval et sur les procédés unitaires ont été obtenues à partir de la base de données GaBi 2020. Les ensembles de données LCI les plus pertinents utilisés dans la modélisation des systèmes de produits sont présentés dans le tableau 3-13 et le tableau 3-14; des ensembles de données supplémentaires pour les matériaux et les processus se trouvent dans l'annexe C.

Pour le Carton et le KeelClip, seules les grumes de résineux sont présentées car elles constituent, avec le papier recyclé, les matières premières à partir desquelles le carton est fabriqué. D'autres matières premières, y compris des produits chimiques et des colorants, utilisées dans une usine de papier sont traitées dans le tableau C-1. Les résultats d'ACV pour les registres sont inclus dans le tableau C-2.

Les données moyennes américaines et européennes ont été choisies pour le film rétractable en PEbd et le plateau en carton ondulé. Le but de cette étude est de représenter ce produit concurrent tel qu'il est produit dans la région appropriée par un fabricant moyen qui utilise une quantité moyenne de contenu recyclé et vierge et pas spécifiquement tel qu'il serait produit par GPI, car GPI ne fabrique pas ce type d'emballage. Par conséquent, des ensembles de données moyens ont été utilisés plutôt que des données représentant la chaîne d'approvisionnement et les installations spécifiques de GPI. Les résultats de l'ACV pour ces ensembles de données moyens sont inclus dans le tableau C-3. Les résultats moyens pour le carton ondulé

de la fabrication à la porte de l'usine sont comparés à ceux de la production et de la transformation du carton dans les installations de GPI dans la section A.2.

Les données moyennes régionales ont été utilisées pour modéliser la production de Hi-Cone, car les données spécifiques à la chaîne d'approvisionnement n'étaient pas disponibles. Les ensembles de données pour les résines vierges et les matériaux RAC sont inclus dans le tableau 3-13, bien que les ensembles de données de RAC ne soient utilisés que dans l'analyse de sensibilité. Puisque Hi-Cone a publié sa propre ACV (qui n'est pas disponible pour GPI), on s'attend à ce que les clients de GPI comparent les résultats que GPI présente dans ce rapport aux résultats présentés dans le rapport de Hi-Cone en plus d'examiner les résultats comparatifs dans ce document.

Tableau 3-13 : Ensembles de données sur les matériaux clés utilisés dans l'analyse des inventaires

Matériau/Processus	Référence géographique	Ensemble de données	Fournisseur de données	Année de réf.	Proxy?
Carton GPI					
Bois résineux vierges	É.-U.	É.-U. : Mélange de bois résineux	Sphera	2019	Non
Wrap+Tray					
Film rétractable	É.-U.	É.-U. : Film polyéthylène (PEbd/LDPE)	Sphera	2019	Non
Film rétractable	Europe	EU-28 : Film polyéthylène (LDPE) sans additifs	Sphera	2019	Non
Plateau en carton ondulé	É.-U.	É.-U. : Produit ondulé moyen (De bout en bout, 2014)	CPA	2014	Non
Plateau en carton ondulé	Europe	EU-28 : Carton ondulé 2015, composition moyenne, à utiliser dans la FdV de charge évitée	FEFCO	2015	Non
Hi-Cone					
Résine PEbd vierge	É.-U.	É.-U. : Granulé de polyéthylène à faible densité (PEbd/LDPE)	Sphera	2019	Non
Résine PEbd vierge	Europe	EU-28 : Granulat de polyéthylène à faible densité (PEbd/LDPE)	Sphera	2019	Non
Résine PEbd RAC	É.-U.	É.-U. : Granulé polyéthylène basse densité (PEbd/LDPE) secondaire	Sphera	2019	Non
Résine PEbd RAC	Europe	EU-28 : Granulés plastiques secondaires (simplifiés, non spécifiques)	Sphera	2019	Non

Tableau 3-14 : Ensembles de données d'emballage de distribution utilisés dans l'analyse des inventaires

Matériaux/Processus	Référence géographique	Ensemble de données	Fournisseur de données	Année de réf.	Proxy?
Boîtes et rouleaux en carton ondulé	États-Unis/Europe	É.-U. : Produit ondulé moyen (De bout en bout, 2014)	CPA	2014	Géo.
Boîtes et rouleaux en carton ondulé	France	EU-28 : Carton ondulé 2015, composition moyenne, à utiliser dans la FdV de charge évitée	FEFCO	2015	Non
Film rétractable	États-Unis/Europe	É.-U. : Film polyéthylène (PEbd/LDPE)	Sphera	2019	Géo.
Film rétractable	France	EU-28 : Film polyéthylène (LDPE) sans additifs	Sphera	2019	Non
Panneaux de particules	France	EU-28 : Panneau de particules	Sphera	2019	Non
Palettes	États-Unis/Europe	RNA : bois de résineux	CORRIM	2011	Géo.
Mandrin en papier kraft	États-Unis/Europe	EU-28 : papier Kraft (EN15804 A1-A3)	Sphera	2019	Géo.
Bandes en acier	États-Unis/Europe	GLO : bobine laminée à chaud en acier	worldsteel	2017	Non

3.6.3. Transport

Les distances de transport moyennes et les modes de transport sont inclus pour le transport des matières premières jusqu'aux installations de production. Les ensembles de données d'ICV les plus pertinents utilisés dans la modélisation des systèmes de produits sont présentés dans le tableau 3-15. En général, les valeurs de capacité par défaut ont été utilisées, sauf pour le transport de fibre entrant, pour lequel des liaisons de retour vides ont été supposées (voir la section 3.3.1).

Des ensembles de données américains ou mondiaux ont été utilisés, car les produits d'emballage de GPI sont originaires des États-Unis. Bien que certains transports devraient avoir lieu en Europe (p. ex. de la transformation au remplissage et du domicile du consommateur au site d'élimination), les différences entre les données américaines et européennes sur les camions ne devraient pas affecter de manière significative les résultats.

Tableau 3-15 : Ensembles de données sur le transport et le carburant routier

Mode/carburants	Référence géographique	Ensemble de données	Fournisseur de données	Année de réf.	Proxy?
Mazout lourd	É.-U.	É.-U. : Mazout lourd en raffinerie (0,3 % en poids S)	Sphera	2016	Non
Navire	É.-U.	GLO : porte-conteneurs, capacité de charge utile de 5 000 à 200 000 tpl, en mer	Sphera	2019	Non
Diesel	États-Unis/Europe	É.-U. : Mélange diesel à la station-service	Sphera	2016	Géo.
Rail	États-Unis/Europe	GLO : Cargaison de transport ferroviaire – Diesel, train moyen, poids brut en tonnes 1 000 t/726 t	Sphera	2019	Non
Camion	États-	É.-U. : Camion – CC/semi-remorque	Sphera	2019	Géo.

	Unis/Europe	fourgon (EPA SmartWay)			
Camion	É.-U.	É.-U. : Camion – Plateau, plateforme, etc./Charge utile de 49 000 lb – 8b	Sphera	2019	Non

3.6.4. Fin de vie

Les ensembles de données de fin de vie sont présentés dans le tableau 3-16. Ces ensembles de données ont été utilisés pour modéliser à la fois l'élimination des emballages de canettes de boissons et l'élimination des emballages de distribution.

L'approche de répartition des seuils a été appliquée comme scénario de référence; par conséquent, aucune donnée de base n'était nécessaire pour représenter le recyclage des matériaux, car le processus de recyclage fait partie du système de produits de consommation de déchets suivant. Cependant, la teneur en carbone du papier destiné au recyclage a été modélisée comme étant « transférée » au système de produits suivant (voir section 3.5) pour préserver la neutralité carbone de toutes les émissions de CO₂ provenant des contenus de RAC. Un facteur de 1,82 kg CO₂ par kg de papier a été utilisé sur la base d'une teneur en carbone de 49,6 %.

Des corrections de carbone ont également été appliquées à l'incinération du papier pour s'assurer que les rejets de carbone biogénique correspondent à la teneur en carbone du papier. L'ensemble de données américain sur l'incinération du papier exigeait des émissions supplémentaires de 0,449 kg de CO₂/kg de papier alors que l'ensemble de données sur l'incinération du papier de l'UE exigeait des émissions supplémentaires de 0,437 kg de CO₂/kg de papier.

Tableau 3-16 : Ensembles de données de fin de vie, matériaux clés et eau

Mode/carburants	Référence géographique	Ensemble de données	Fournisseur de données	Année de réf.	Proxy?
Traitement des eaux usées	É.-U.	É.-U. : Traitement des eaux usées municipales (mélange)	Sphera	2019	Non
Plateau en carton et en carton ondulé					
Incinération, papier	É.-U.	É.-U. : Déchets de papier (eau 0 %) en usine d'incinération de déchets	Sphera	2019	Non
Incinération, papier	Europe	EU-28 : Papier et carton (eau 0 %) en usine d'incinération de déchets	Sphera	2019	Non
Décharge, papier	É.-U.	É.-U. : Déchets de papier en décharge, post-consommation (selon le modèle WARM)	Sphera	2019	Non
Décharge, papier	Europe	EU-28 : déchets de papier en décharge	Sphera	2019	Non
Film rétractable et anneaux Hi-Cone					
Incinération, PEbd	É.-U.	É.-U. : Polyéthylène (PE) en usine d'incinération de déchets	Sphera	2019	Non
Incinération, PEbd	Europe	EU-28 : polyéthylène (PE) en usine d'incinération de déchets	Sphera	2019	Non
Décharge, PEbd	États-Unis/Europe	É.-U. : Verre/inerte en décharge	Sphera	2019	Géo.

Tableau 3-17 : Ensembles de données de fin de vie, matériaux d'emballage de distribution

Mode/carburants	Référence géographique	Ensemble de données	Fournisseur de données	Année de réf.	Proxy?
Incinération, carton ondulé	É.-U.	É.-U. : Déchets de papier (eau 0 %) en usine d'incinération de déchets	Sphera	2019	Non
Incinération, carton ondulé	Europe	EU-28 : Papier et carton (eau 0 %) en usine d'incinération de déchets	Sphera	2019	Non
Décharge, carton ondulé	É.-U.	É.-U. : Déchets de papier en décharge, post-consommation (selon le modèle WARM)	Sphera	2019	Non
Décharge, carton ondulé	Europe	EU-28 : déchets de papier en décharge	Sphera	2019	Non
Incinération, film rétractable	É.-U.	É.-U. : Polyéthylène (PE) en usine d'incinération de déchets	Sphera	2019	Non
Incinération, film rétractable	Europe	EU-28 : polyéthylène (PE) en usine d'incinération de déchets	Sphera	2019	Non
Décharge, film rétractable	États-Unis/Europe	É.-U. : Verre/inerte en décharge	Sphera	2019	Géo.
Incinération, panneau de particules	États-Unis/Europe	É.-U. : Déchets de produits du bois (OSB, panneaux de particules) en usine d'incinération de déchets	Sphera	2019	Géo.
Décharge, panneau de particules	États-Unis/Europe	É.-U. : Produits du bois (OSB, panneaux de particules) en décharge, post-consommation (selon le modèle WARM)	Sphera	2019	Géo.
Incinération, bois	États-Unis/Europe	É.-U. : Bois non traité en usine d'incinération de déchets	Sphera	2019	Géo.
Décharge, bois	États-Unis/Europe	É.-U. : Bois non traité en décharge, post-consommation (selon le modèle WARM)	Sphera	2019	Géo.
Incinération, acier	États-Unis/Europe	É.-U. : Bétaux ferreux en usine d'incinération de déchets	Sphera	2019	Géo.
Décharge, acier	États-Unis/Europe	É.-U. : Verre/inerte en décharge	Sphera	2019	Géo.

3.7. Résultats de l'analyse de l'inventaire du cycle de vie

La norme ISO 14044 définit le résultat de l'analyse de l'inventaire du cycle de vie (ICV) comme étant le « résultat d'une analyse d'inventaire du cycle de vie qui répertorie les flux traversant les limites du système et qui fournit le point de départ pour l'analyse d'impact du cycle de vie ». Un inventaire complet comprend généralement des centaines de flux. Dans un souci de clarté et d'espace, une sélection de flux basée sur leur pertinence pour l'analyse d'impact ultérieure est fournie dans l'annexe B. Le but de l'annexe est de fournir un lien transparent entre l'inventaire et les résultats de l'analyse d'impact.

4. Résultats de

Cette section contient les résultats pour les catégories d'impact et les mesures supplémentaires définies dans la section 2.6. Il est utile à ce stade de répéter que les catégories d'impact déclarées représentent des potentiels d'impact, c'est-à-dire qu'il s'agit d'approximations des impacts environnementaux qui pourraient se produire si les émissions a) suivent la trajectoire d'impact sous-jacente et b) ce faisant, remplissent certaines conditions dans le milieu récepteur. De plus, l'inventaire ne saisit que la fraction de la charge environnementale totale qui correspond à l'unité fonctionnelle choisie (approche relative).

Les résultats de l'ACV ne sont donc que des expressions relatives et ne prédisent pas les impacts réels, le dépassement des seuils, les marges de sécurité ou les risques.

4.1. Résultats globaux

Le tableau 4-1 fournit un aperçu des résultats de bout en bout pour tous les concepts d'emballage. Le potentiel de réchauffement planétaire avec et sans l'élimination et la libération de dioxyde de carbone biogénique est pris en compte, ainsi que les catégories d'impact de l'EF 3.0. La figure 4-1 et la figure 4-2 illustrent les résultats normalisés du scénario Carton.

En général, les impacts environnementaux potentiels sont principalement dus à la masse (voir la figure 3-1). Le Carton et le Wrap+Tray, qui pèsent plus que les deux autres alternatives d'emballage, ont généralement les impacts environnementaux potentiels les plus élevés. Le KeelClip offre une solution de remplacement au Carton si GPI souhaite réduire les impacts environnementaux potentiels. Les anneaux Hi-Cone, en tant que concept d'emballage de loin le plus léger, se révèlent avoir globalement les impacts environnementaux potentiels les plus faibles.

Tableau 4-1 : Résultats de bout en bout par unité fonctionnelle

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
IPCC AR5								
Changement climatique, sans CO ₂ bio.	1,10E+01	6,05E+00	1,22E+01	3,21E+00	1,03E+01	5,67E+00	8,79E+00	2,77E+00
Changement climatique, avec CO ₂ bio.	7,78E+00	4,24E+00	1,06E+01	3,16E+00	8,48E+00	4,65E+00	8,22E+00	2,72E+00
EE 3.0								
Acidification [éq. mol H ⁺]	3,91E-02	2,14E-02	7,24E-02	5,08E-03	5,13E-02	2,74E-02	1,94E-02	5,20E-03
Eutrophisation, frais [éq. kg P]	2,03E-04	1,10E-04	2,24E-04	2,83E-06	1,73E-04	9,25E-05	1,18E-04	4,90E-06
Eutrophisation, terr. [éq. mol N]	1,38E-01	7,50E-02	1,32E-01	1,72E-02	1,78E-01	9,52E-02	6,50E-02	1,42E-02
form. ozone photo. [éq. kg COVNM]	3,68E-02	2,00E-02	3,86E-02	4,59E-03	4,90E-02	2,62E-02	1,90E-02	4,44E-03
Ressource, énergie [MJ]	1,42E+02	8,17E+01	2,00E+02	7,16E+01	1,48E+02	8,48E+01	1,57E+02	6,31E+01
Resp. [incidences de maladies]	1,33E-06	6,98E-07	8,31E-07	4,92E-08	1,63E-06	8,51E-07	2,07E-07	4,60E-08
Eau [éq. m ³ monde]	2,72E+00	1,44E+00	2,21E+00	5,09E-01	2,73E+00	1,45E+00	2,01E+00	5,02E-01

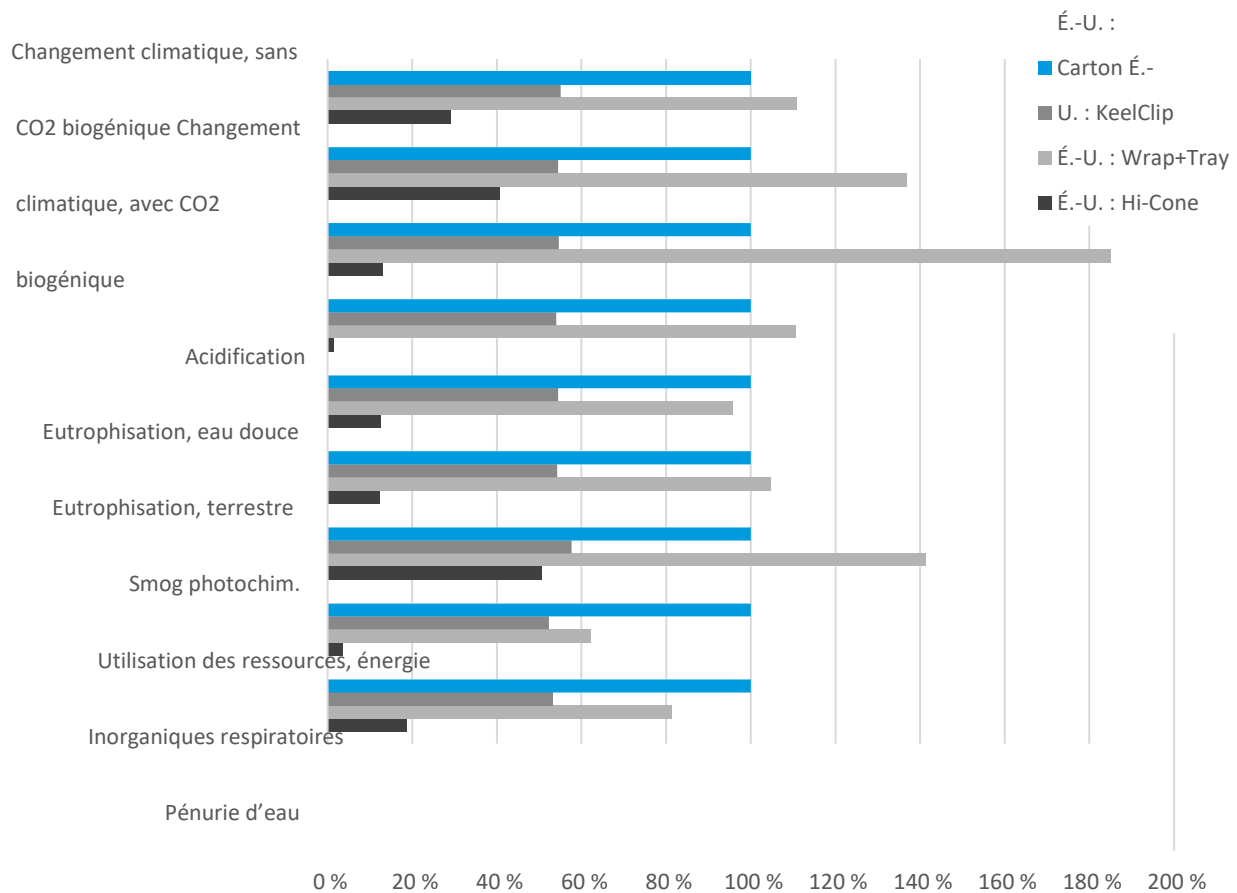
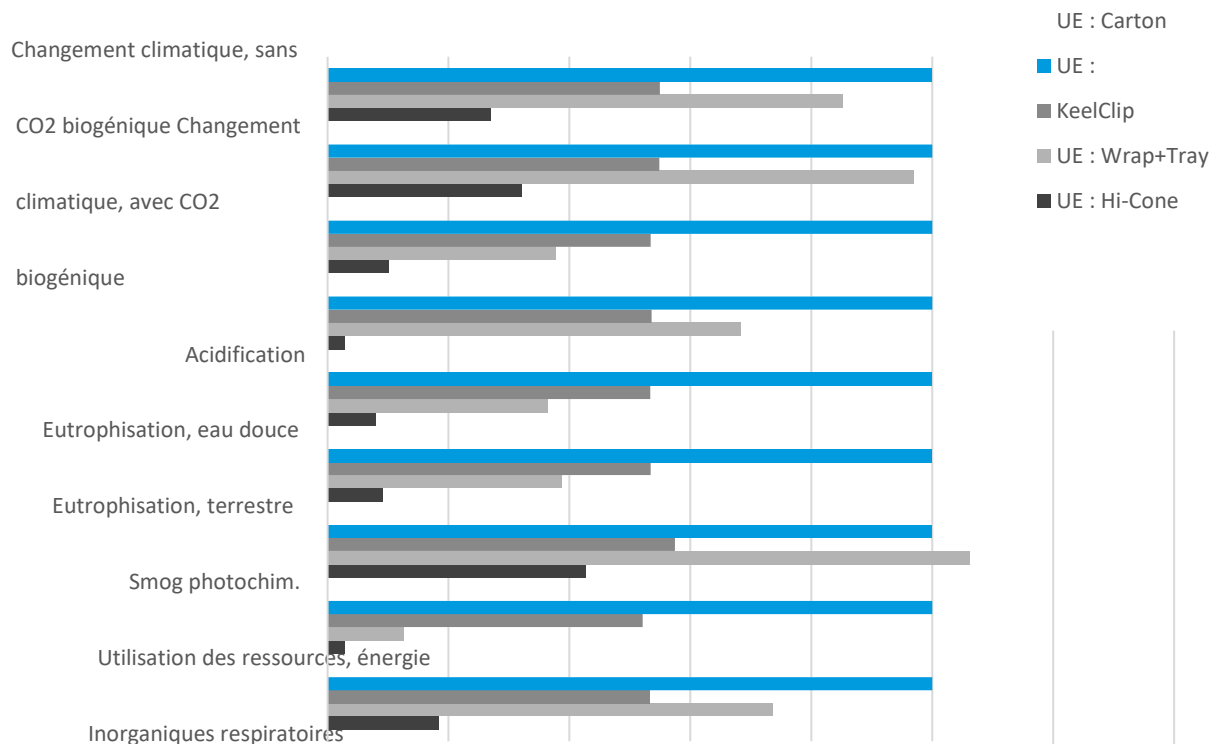


Figure 4-1 : Résultats de l'ACV de bout en bout (RE5 GIEC et EE 3.0), normalisés selon le scénario du carton américain (100 %)



Pénurie d'eau

0 % 20 % 40 % 60 % 80 % 100 % 120 % 140 %

Figure 4-2 : Résultats de l'ACV de bout en bout (RE5 GIEC et EE 3.0), normalisés selon le scénario du carton UE (100 %)

4.2. Résultats détaillés

Dans cette section, chaque indicateur environnemental est évalué séparément. Les résultats sont répartis dans les catégories suivantes :

- Bois – Production de bois et de fibres. Comprend la teneur en carbone biogénique du papier recyclé utilisé dans les usines de papier de GPI.
- Usines de papier – Les installations de GPI qui produisent des rouleaux de papier à partir de fibres vierges et recyclées.
- Transformation – Les installations de GPI qui transforment les rouleaux de papier en emballage en carton fini. Comprend un emballage de distribution pour les emballages de canettes de boisson.
- Production – Matières premières et production d’alternatives d’emballage non GPI.
- Emballage – Distribution de matières premières d’emballage et transformation pour des alternatives d’emballage non GPI.
- Remplissage – Remplissage des emballages avec des canettes de boisson. Comprend l’élimination des emballages de distribution.
- Transport – Toutes les étapes du transport, y compris le transport des matières premières (p. ex., les bûches, le papier pour le recyclage, la résine plastique, les matériaux d’emballage de distribution) vers l’usine de fabrication, le transport des rouleaux de papier jusqu’à l’usine de transformation et le transport en aval vers l’usine de remplissage, le détaillant et la fin de vie.
- Fin de vie – Élimination ou recyclage des déchets d’emballage.

4.2.1. Changement climatique, sans CO₂ biogène

Les résultats du changement climatique sont présentés dans la figure 4-3, et les résultats compilés, dans le tableau 4-2. Les matières premières et la production d’emballages sont les principaux contributeurs aux résultats en matière de changement climatique.

- Facteurs d’impact
 - Le changement climatique pour les emballages produits par GPI est principalement imputable aux activités des usines de carton, en particulier aux émissions de CO₂ fossile.
 - Pour les emballages non GPI, l’impact potentiel provient principalement de la production de matières premières et de la production d’emballages de boissons.
 - Le remplissage représente une contribution modeste.
 - Le transport est une contribution modeste pour le Wrap+Tray et les anneaux Hi-Cone, mais représente une part plus importante de l’impact potentiel pour les emballages GPI, en particulier lorsque le carton est expédié en Europe.
 - La fin de vie varie selon le concept d’emballage et est influencée par l’incinération des déchets plastiques et les émissions de méthane des décharges.
- Comparaisons d’impact
 - Le carton et le Wrap+Tray sont tous deux associés aux résultats les plus élevés de bout en bout.
 - Le carton tel que produit pour le marché européen a un impact potentiel plus faible que le carton tel que produit pour le marché américain. Si le premier inclut le transport du rouleau de carton vers l’Europe, l’usine de transformation de GPI en France utilise moins de gaz naturel par unité fonctionnelle et achète de l’électricité à un réseau électrique qui compte beaucoup d’énergie nucléaire.
 - Le Hi-Cone, en tant qu’option d’emballage la plus légère, est associé au changement climatique le plus faible.

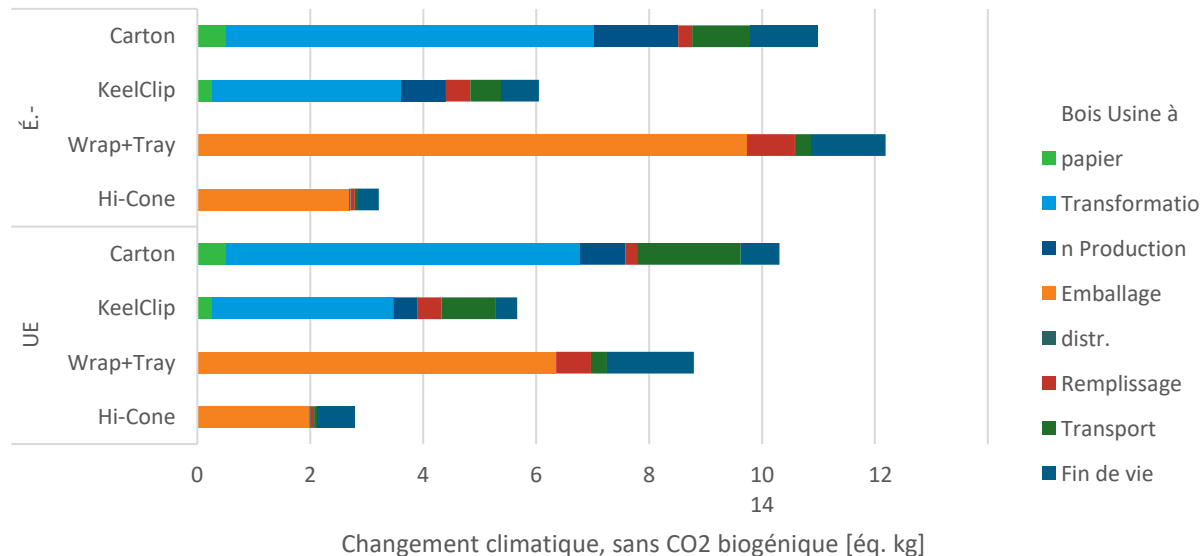


Figure 4-3 : Résultats du changement climatique par unité fonctionnelle, sans CO₂

Tableau 4-2 : Résultats du changement climatique par unité fonctionnelle, hors

CO₂ biogénique [éq. kg CO₂]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	5,17E-01	2,65E-01	-	-	5,21E-01	2,72E-01	-	-
Usine de papier	6,52E+00	3,34E+00	-	-	6,26E+00	3,21E+00	-	-
Transformation	1,48E+00	7,89E-01	-	-	8,01E-01	4,27E-01	-	-
Production	-	-	9,73E+00	2,69E+00	-	-	6,36E+00	1,99E+00
Emballage	-	-	0,00E+00	2,35E-02	-	-	0,00E+00	2,35E-02
Remplissage	2,42E-01	4,36E-01	8,52E-01	7,42E-02	2,10E-01	4,17E-01	6,16E-01	5,28E-02
Transport	1,04E+00	5,44E-01	2,81E-01	5,30E-02	1,83E+00	9,51E-01	2,81E-01	5,30E-02
Fin de vie	1,19E+00	6,78E-01	1,32E+00	3,71E-01	6,88E-01	3,92E-01	1,54E+00	6,54E-01
Total	1,10E+01	6,05E+00	1,22E+01	3,21E+00	1,03E+01	5,67E+00	8,79E+00	2,77E+00

4.2.2. Changement climatique, avec CO₂ biogénique

Les résultats pour le changement climatique, avec CO₂ biogénique (Figure 4-4) sont assez similaires à ceux qui excluent le CO₂ biogénique pour les anneaux Hi-Cone, car ce concept est 100 % en plastique (bien que son emballage de distribution contienne des matériaux biosourcés). Les trois autres concepts d'emballage, cependant, utilisent du carton ou du carton ondulé. L'absorption de carbone lors de la croissance de la biomasse pour ces matériaux se reflète dans la catégorie « Bois » pour les produits GPI et dans la catégorie « Production » pour le Wrap+Tray. Ce carbone est ensuite totalement ou partiellement relâché dans l'atmosphère lorsque l'emballage est incinéré, mis à la décharge en fin de vie ou transféré au cycle de vie du produit suivant lorsque l'emballage est recyclé, conduisant ainsi à un impact de fin de vie plus élevé par rapport à celui du changement climatique sans CO₂ biogénique (section 4.2.1).

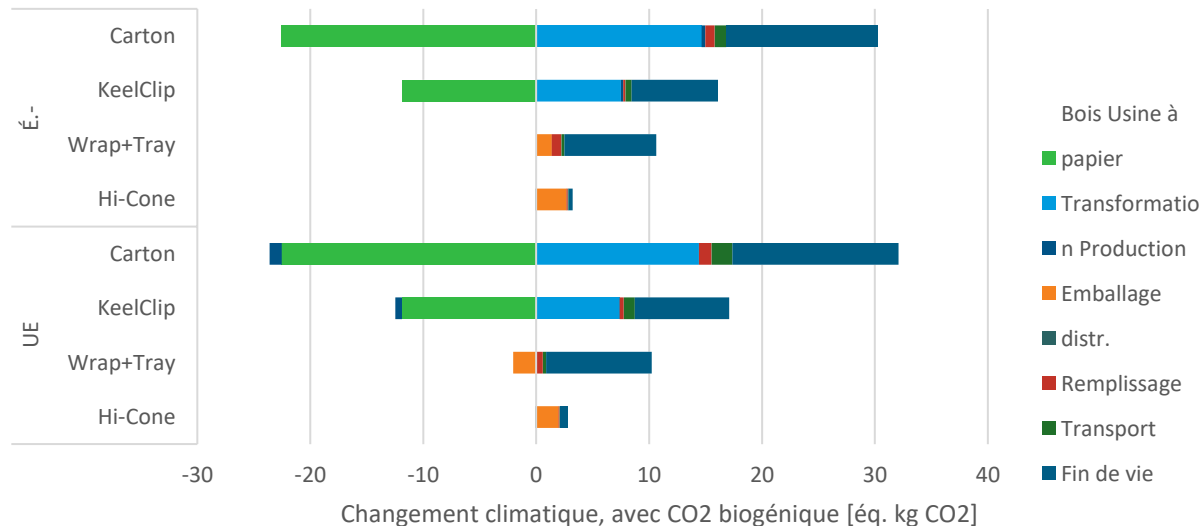


Figure 4-4 : Résultats du changement climatique par unité fonctionnelle, avec CO₂

Tableau 4-3 : Résultats du changement climatique par unité fonctionnelle, avec CO₂ biogénique [éq. kg CO₂]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	-2,255+01	-1,19E+01	-	-	-2,255+01	-1,19E+01	-	-
Usine de papier	1,47E+01	7,52E+00	-	-	1,44E+01	7,40E+00	-	-
Transformation	3,49E-01	1,86E-01	-	-	-1,08E+00	-5,75E-01	-	-
Production	-	-	1,38E+00	2,69E+00	-	-	-2,02E+00	1,99E+00
Emballage	-	-	0,00E+00	-7,00E-02	-	-	0,00E+00	-7,00E-02
Remplissage	8,08E-01	2,19E-01	8,51E-01	1,13E-01	1,12E+00	3,81E-01	6,13E-01	1,00E-01
Transport	1,03E+00	5,42E-01	2,79E-01	5,30E-02	1,83E+00	9,48E-01	2,79E-01	5,30E-02
Fin de vie	1,34E+01	7,65E+00	8,13E+00	3,70E-01	1,47E+01	8,38E+00	9,35E+00	6,54E-01
Total	7,78E+00	4,24E+00	1,06E+01	3,16E+00	8,48E+00	4,65E+00	8,22E+00	2,72E+00

4.2.3. Acidification

Les résultats d'acidification sont indiqués dans la figure 4-5, et les résultats compilés, dans le tableau 4-4. La production de matières premières et d'emballages ainsi que le transport sont les principaux contributeurs aux résultats d'acidification.

- Facteurs d'impact
 - Les émissions d'oxydes d'azote et de dioxyde de soufre de l'usine de carton sont les principaux facteurs pour le Carton et le KeelClip. La transformation a une contribution modeste, et son impact potentiel provient principalement du carton ondulé utilisé pour les emballages de distribution (et modélisé avec un jeu de données moyen pour le carton ondulé américain – voir le tableau 3-14).
 - Le transport par porte-conteneurs de rouleaux de papier vers l'Europe pour la transformation représente également une contribution significative à l'acidification pour les scénarios européens Carton et KeelClip.

- Les résultats pour le Wrap+Tray diffèrent entre les scénarios américain et européen en raison des différences entre les ensembles de données sur le carton ondulé européen et américain utilisés dans le modèle (en particulier, la quantité de contenu recyclé – voir le tableau C-3 et le texte d’accompagnement). Pour le marché final américain,

la production de carton ondulé est le principal contributeur à l'acidification, alors que pour le marché final européen, la production de carton ondulé et de polyéthylène y contribue.

- Comparaisons d'impact
 - Comme pour le changement climatique, Hi-Cone est associé à l'impact potentiel le plus faible en raison de l'utilisation de matériaux la plus faible.
 - Le Wrap+Tray est associé aux résultats d'acidification les plus élevés des scénarios américains en raison des émissions associées aux données américaines moyennes pour la production de carton ondulé.
 - Le Carton et le KeelClip ont l'impact potentiel le plus élevé parmi les scénarios européens en raison du transport vers l'Europe, car le Wrap+Tray et le Hi-Cone sont censés être fabriqués en Europe pour le marché européen.

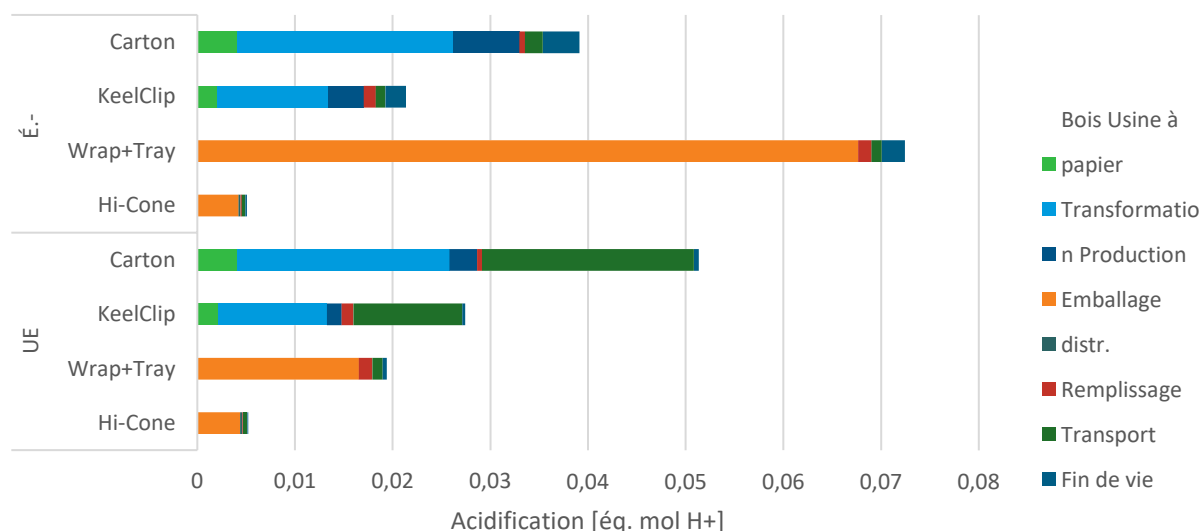


Figure 4-5 : Résultats en acidification par unité fonctionnelle

Tableau 4-4 : Résultats en acidification par unité fonctionnelle [éq. mol H+]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	4,08E-03	2,09E-03	-	-	4,11E-03	2,15E-03	-	-
Usine de papier	2,21E-02	1,13E-02	-	-	2,17E-02	1,11E-02	-	-
Transformation	6,83E-03	3,64E-03	-	-	2,83E-03	1,50E-03	-	-
Production	-	-	6,76E-02	4,22E-03	-	-	1,66E-02	4,40E-03
Emballage	-	-	0,00E+00	2,09E-04	-	-	0,00E+00	2,09E-04
Remplissage	5,92E-04	1,25E-03	1,40E-03	1,32E-04	5,00E-04	1,20E-03	1,37E-03	1,22E-04
Transport	1,85E-03	9,67E-04	1,04E-03	3,69E-04	2,17E-02	1,11E-02	1,04E-03	3,69E-04
Fin de vie	3,72E-03	2,12E-03	2,34E-03	1,54E-04	4,86E-04	2,76E-04	4,44E-04	9,83E-05
Total	3,91E-02	2,14E-02	7,24E-02	5,08E-03	5,13E-02	2,74E-02	1,94E-02	5,20E-03

4.2.4. Eutrophisation, eau douce

Les résultats de l'eutrophisation sont indiqués dans la figure 4-6, et les résultats compilés, dans le tableau 4-5. Les matières premières et la production d'emballages sont les principaux contributeurs aux résultats en matière d'eutrophisation, eau douce.

- Facteurs d'impact
 - Les émissions de phosphate dans l'eau provenant de la production d'amidon oxydé et celles de phosphore provenant du traitement des eaux usées municipales sont les principaux facteurs du Carton et du KeelClip de l'usine de carton. La transformation a une contribution modeste, et son impact potentiel provient principalement des émissions de phosphate et de phosphore provenant du carton ondulé utilisé pour les emballages de distribution.
 - Les résultats pour le Wrap+Tray diffèrent entre les scénarios américain et européen en raison des différences entre les ensembles de données sur le carton ondulé européen et américain utilisés dans le modèle (voir le tableau C-3).
- Comparaisons d'impact
 - Hi-Cone est à nouveau associé à l'impact potentiel le plus faible parce qu'il est fait d'un plastique de base et qu'il a la masse de matériau la plus faible.
 - Le Wrap+Tray et le Carton sont tous deux associés à une eutrophisation élevée lorsqu'ils sont considérés pour le marché final américain. Le résultat d'eutrophisation du Wrap+Tray est inférieur à celui du carton lorsqu'il est considéré pour le marché final européen en raison des différences régionales dans la production de carton ondulé.

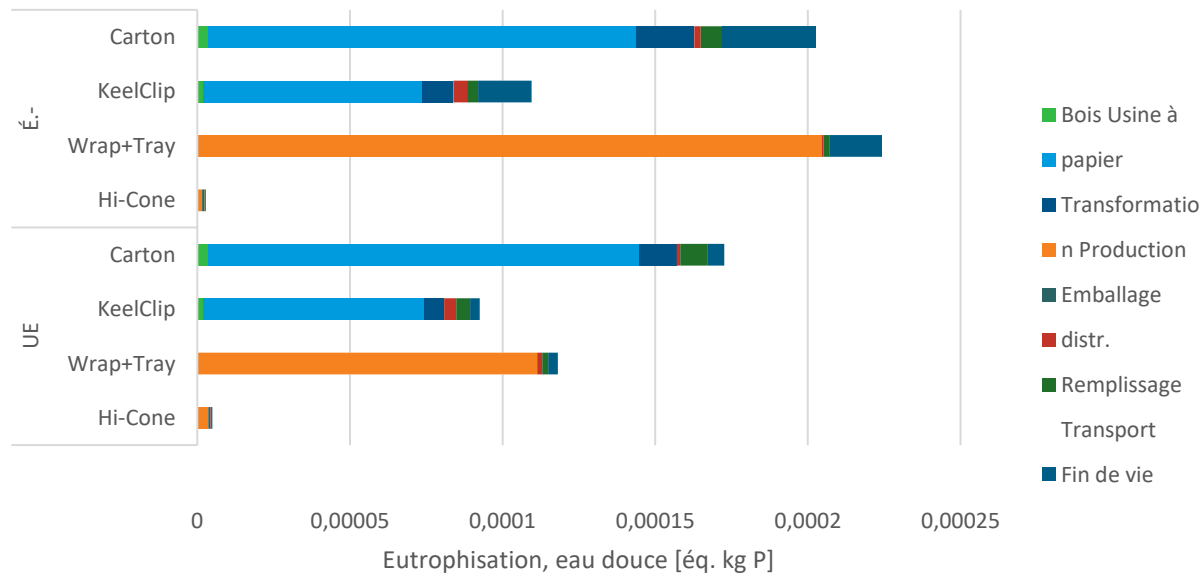


Figure 4-6 : Eutrophisation, résultats en eau douce par unité fonctionnelle

Tableau 4-5 : Eutrophisation, résultats en eau douce par unité fonctionnelle [éq. kg P]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	3,42E-06	1,75E-06	-	-	3,45E-06	1,80E-06	-	-
Usine de papier	1,40E-04	7,20E-05	-	-	1,41E-04	7,25E-05	-	-
Transformation	1,89E-05	1,00E-05	-	-	1,22E-05	6,50E-06	-	-
Production	-	-	2,05E-04	1,54E-06	-	-	1,11E-04	3,60E-06
Emballage	-	-	0,00E+00	7,29E-07	-	-	0,00E+00	7,29E-07
Remplissage	2,16E-06	4,49E-06	4,72E-07	1,22E-07	1,19E-06	3,98E-06	1,66E-06	1,68E-07
Transport	7,11E-06	3,72E-06	2,03E-06	3,74E-07	8,98E-06	4,68E-06	2,03E-06	3,74E-07
Fin de vie	3,07E-05	1,75E-05	1,72E-05	6,48E-08	5,45E-06	3,10E-06	3,08E-06	2,76E-08
Total	2,03E-04	1,10E-04	2,24E-04	2,83E-06	1,73E-04	9,25E-05	1,18E-04	4,90E-06

4.2.5. Eutrophisation, terrestre

Les résultats pour l'eutrophisation terrestre sont présentés dans la figure 4-7, et les résultats compilés, dans le tableau 4-6. Les matières premières, la production d'emballages et le transport sont les principaux contributeurs résultats pour l'eutrophisation terrestre.

- Facteurs d'impact
 - Les oxydes d'azote de l'usine de carton et les émissions d'ammoniac des produits chimiques des usines et des décharges américaines sont des facteurs clés des résultats pour l'eutrophisation terrestre des cartons et des KeelClip.
 - Le transport par porte-conteneurs de rouleaux de papier vers l'Europe pour la transformation représente également une contribution significative à l'eutrophisation pour les scénarios européens Carton et KeelClip.
 - Les résultats pour le Wrap+Tray diffèrent entre les scénarios américain et européen en raison des différences entre les ensembles de données sur le carton ondulé européen et américain utilisés dans le modèle (voir le tableau C-3). Pour le marché final américain, la production de carton ondulé est le principal facteur d'eutrophisation, tandis que pour le marché final européen, la production de carton ondulé et de polyéthylène y contribue.
- Comparaisons d'impact
 - Hi-Cone est à nouveau associé à l'impact potentiel le plus faible parce qu'il est fait d'un plastique de base et qu'il a la masse de matériau la plus faible.
 - Le Wrap+Tray et le Carton sont tous deux associés à la plus forte eutrophisation des scénarios américains.
 - Le Carton et le KeelClip ont l'impact potentiel le plus élevé parmi les scénarios européens en raison du transport vers l'Europe (alors que le Wrap+Tray et le Hi-Cone sont supposés être fabriqués en Europe pour le marché européen).

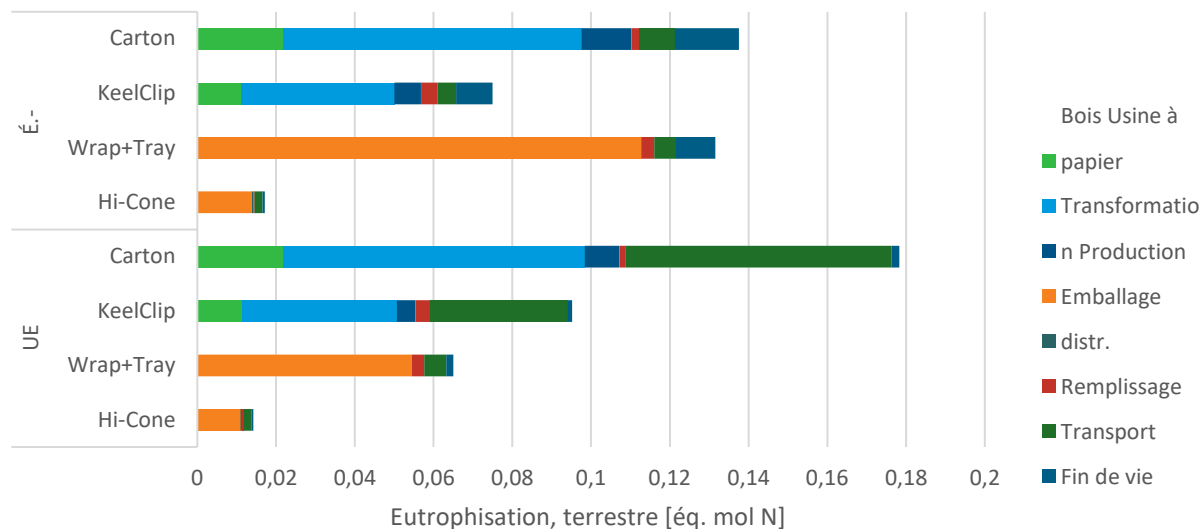


Figure 4-7 : Eutrophisation, résultats terrestres par unité fonctionnelle

Tableau 4-6 : Eutrophisation, résultats terrestres par unité fonctionnelle [éq. mol N]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	2,17E-02	1,11E-02	-	-	2,19E-02	1,14E-02	-	-
Usine de papier	7,59E-02	3,89E-02	-	-	7,65E-02	3,92E-02	-	-
Transformation	1,27E-02	6,76E-03	-	-	8,79E-03	4,68E-03	-	-
Production	-	-	1,13E-01	1,38E-02	-	-	5,45E-02	1,10E-02
Emballage	-	-	0,00E+00	4,43E-04	-	-	0,00E+00	4,43E-04
Remplissage	1,97E-03	4,19E-03	3,21E-03	3,33E-04	1,57E-03	3,98E-03	3,19E-03	3,03E-04
Transport	9,10E-03	4,76E-03	5,56E-03	2,05E-03	6,76E-02	3,47E-02	5,56E-03	2,05E-03
Fin de vie	1,62E-02	9,23E-03	9,99E-03	5,49E-04	1,95E-03	1,11E-03	1,80E-03	4,02E-04
Total	1,38E-01	7,50E-02	1,32E-01	1,72E-02	1,78E-01	9,52E-02	6,50E-02	1,42E-02

4.2.6. Formation d'ozone photochimique

Les résultats pour la formation d'ozone photochimique sont indiqués dans la figure 4-8, et les résultats compilés, dans le tableau 4-7. La production de matières premières et d'emballages ainsi que le transport sont les principaux contributeurs à la FOP.

- Facteurs d'impact
 - Les émissions d'oxydes d'azote et de COV de l'usine de carton sont les principaux facteurs pour le Carton et le KeelClip. La transformation a une contribution modeste, et son impact potentiel provient principalement du carton ondulé utilisé pour les emballages de distribution et de la production d'électricité.
 - Le transport par porte-conteneurs de rouleaux de papier vers l'Europe pour la transformation représente également une contribution significative à la FOP pour les scénarios européens Carton et KeelClip.
 - Les résultats pour le Wrap+Tray diffèrent entre les scénarios américain et européen en raison des différences entre les ensembles de données sur le carton ondulé européen et américain utilisés dans le modèle (voir le tableau C-3).
- Comparaisons d'impact
 - Hi-Cone est associé à l'impact potentiel le plus faible parce qu'il est fabriqué à partir d'un plastique de base et qu'il a la masse de matériau la plus faible.
 - Le Wrap+Tray et le Carton sont tous deux associés à la FOP élevée lorsqu'ils sont considérés pour le marché final américain. La FOP du Wrap+Tray est inférieure à celui du carton lorsqu'il est considéré pour le marché final européen en raison des différences régionales dans la production de carton ondulé.
 - Le Carton et le KeelClip ont l'impact potentiel le plus élevé parmi les scénarios européens en raison du transport vers l'Europe car le Wrap+Tray et le Hi-Cone sont supposés être fabriqués en Europe pour le marché européen.

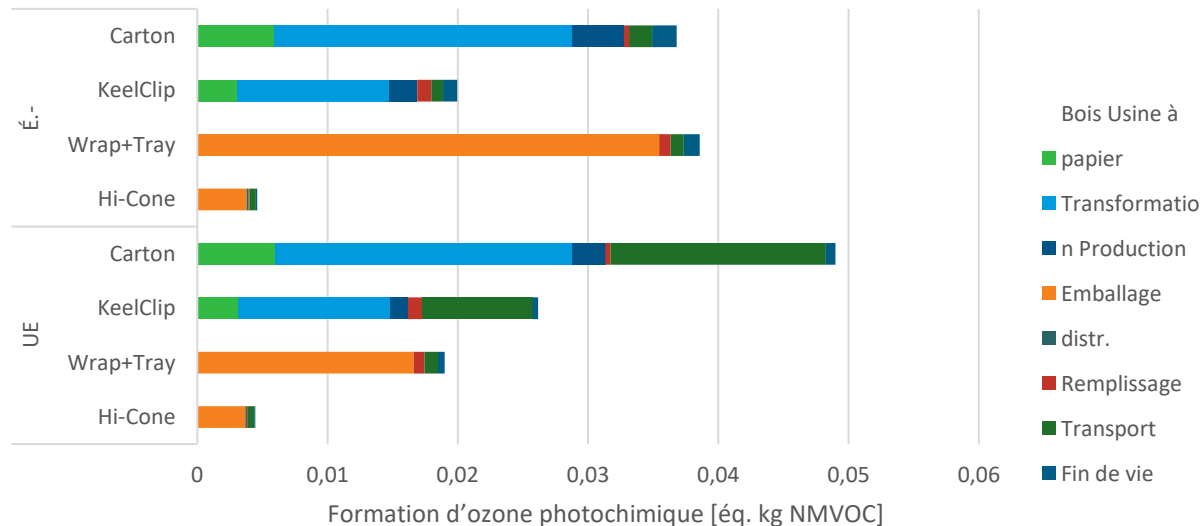


Figure 4-8 : Résultats de la formation photochimique d’ozone par unité fonctionnelle

Tableau 4-7 : Résultats de la formation photochimique d’ozone par unité fonctionnelle [éq. kg COVNM]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	5,96E-03	3,05E-03	-	-	6,00E-03	3,14E-03	-	-
Usine de papier	2,28E-02	1,17E-02	-	-	2,28E-02	1,17E-02	-	-
Transformation	3,97E-03	2,11E-03	-	-	2,53E-03	1,35E-03	-	-
Production	-	-	3,55E-02	3,79E-03	-	-	1,66E-02	3,68E-03
Emballage	-	-	0,00E+00	1,38E-04	-	-	0,00E+00	1,38E-04
Remplissage	3,97E-04	1,08E-03	8,56E-04	8,02E-05	3,88E-04	1,07E-03	8,33E-04	7,45E-05
Transport	1,78E-03	9,29E-04	1,01E-03	4,85E-04	1,65E-02	8,50E-03	1,01E-03	4,85E-04
Fin de vie	1,89E-03	1,08E-03	1,22E-03	9,76E-05	7,46E-04	4,25E-04	5,30E-04	6,50E-05
Total	3,68E-02	2,00E-02	3,86E-02	4,59E-03	4,90E-02	2,62E-02	1,90E-02	4,44E-03

4.2.7. Utilisation des ressources, énergie

Les résultats pour l’utilisation des ressources en énergie fossile sont indiqués dans la figure 4-9, et les résultats compilés, dans le tableau 4-8. La production de matières premières et d’emballages ainsi que le transport sont les principaux contributeurs à l’utilisation des ressources, suivis du transport et de la transformation.

- Facteurs d’impact
 - La consommation de gaz naturel et d’électricité sont des facteurs clés de l’utilisation des ressources énergétiques pour le carton et le KeelClip, à la fois à l’usine de papier et à la transformation.
 - La production de film ondulé et rétractable contribue à l’impact potentiel de la production de Wrap+Tray. Bien que ce concept d’emballage soit majoritairement en carton ondulé en terme de masse, le carton ondulé utilise des ressources renouvelables, qui ne sont pas comptabilisées dans cette mesure, alors que le film rétractable est fabriqué à partir de ressources fossiles.
 - De même, le Hi-Cone est fabriqué avec du plastique produit à partir de ressources fossiles.

- Comparaisons d'impact
 - Avec son utilisation des ressources fossiles pour la production de carton ondulé et d'emballage rétractable, le Wrap+Tray a l'impact potentiel le plus élevé pour le marché final américain, et son impact potentiel est comparable à celui du carton sur le marché final européen.
 - Le Hi-Cone a l'impact potentiel le plus faible sur le marché final européen. Pour le marché final américain, Hi-Cone et KeelClip ont à peu près le même impact potentiel, en partie parce que les anneaux Hi-Cone sont un produit à base de fossiles, alors que le KeelClip est biosourcé.

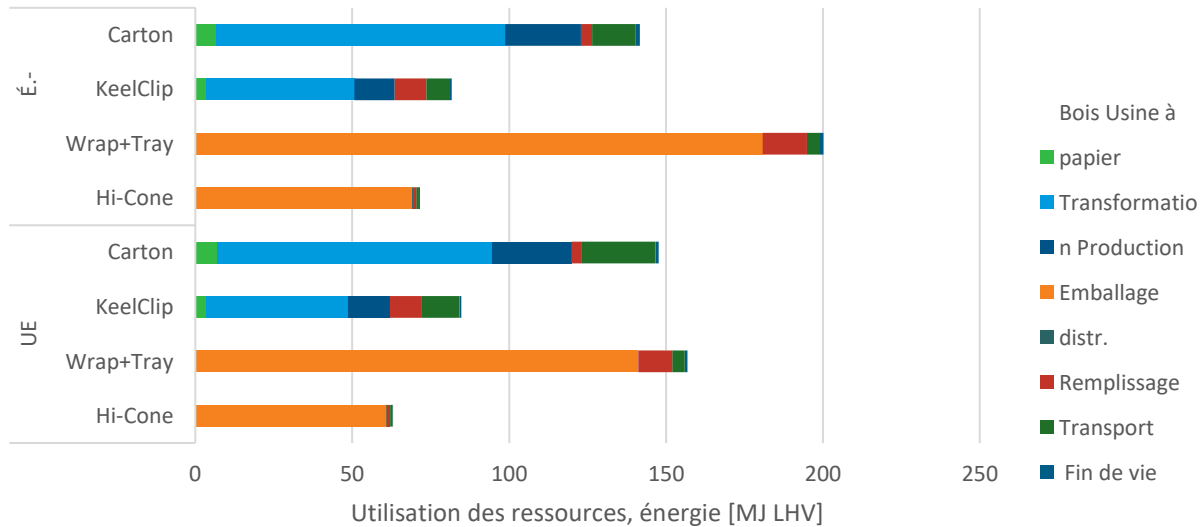


Figure 4-9 : Utilisation des ressources, résultats énergétiques par unité fonctionnelle

Tableau 4-8 : Utilisation des ressources, résultats énergétiques par unité fonctionnelle [MJ LHV]

	É.U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	6,76E+00	3,47E+00	-	-	6,81E+00	3,56E+00	-	-
Usine de papier	9,20E+01	4,72E+01	-	-	8,79E+01	4,51E+01	-	-
Transformation	2,41E+01	1,28E+01	-	-	2,51E+01	1,34E+01	-	-
Production	-	-	1,81E+02	6,90E+01	-	-	1,41E+02	6,09E+01
Emballage	-	-	0,00E+00	3,41E-01	-	-	0,00E+00	3,41E-01
Remplissage	3,57E+00	1,02E+01	1,40E+01	1,16E+00	3,22E+00	9,97E+00	1,09E+01	9,00E-01
Transport	1,37E+01	7,19E+00	3,94E+00	7,28E-01	2,36E+01	1,23E+01	3,94E+00	7,28E-01
Fin de vie	1,42E+00	8,09E-01	1,41E+00	3,52E-01	9,72E-01	5,53E-01	8,54E-01	1,77E-01
Total	1,42E+02	8,17E+01	2,00E+02	7,16E+01	1,48E+02	8,48E+01	1,57E+02	6,31E+01

4.2.8. Inorganiques respiratoires

Les résultats pour les inorganiques respiratoires sont indiqués dans la figure 4-10, et les résultats compilés, dans le tableau 4-9. Les matières premières et la production d'emballages sont les principaux contributeurs aux inorganiques respiratoires, suivis du transport et de la transformation.

- Facteurs d'impact

- Les émissions de poussière des usines de carton constituent le principal facteur pour le Carton et le KeelClip.

- Le transport par porte-conteneurs de rouleaux de papier vers l'Europe pour la transformation représente également une contribution significative pour les inorganiques respiratoires pour les scénarios européens Carton et KeelClip.
- Les résultats pour le Wrap+Tray diffèrent entre les scénarios américain et européen en raison des différences entre les ensembles de données sur le carton ondulé européen et américain utilisés dans le modèle (voir le tableau C-3).
- Comparaisons d'impact
 - Hi-Cone est associé à l'impact potentiel le plus faible parce qu'il est fabriqué à partir d'un plastique de base et qu'il a la masse de matériau la plus faible.
 - Le carton a l'impact potentiel le plus élevé pour les marchés finaux américains et européens.

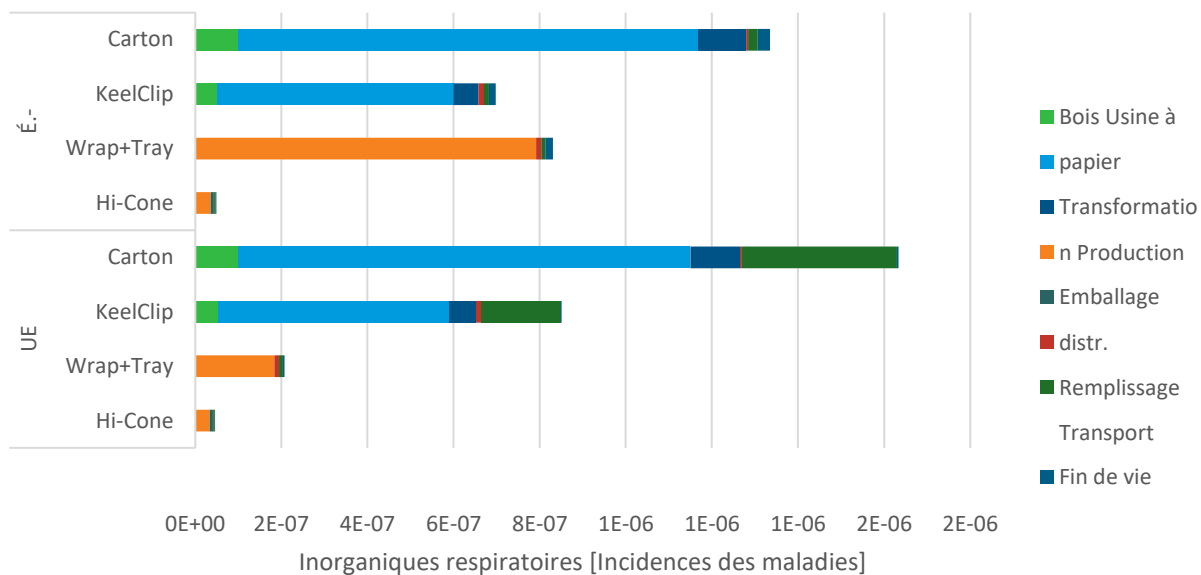


Figure 4-10 : Résultats pour les inorganiques respiratoires par unité fonctionnelle

Tableau 4-9 : Résultats pour les inorganiques respiratoires par unité fonctionnelle [incidence de la maladie]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	9,98E-08	5,12E-08	-	-	1,01E-07	5,25E-08	-	-
Usine de papier	1,07E-06	5,49E-07	-	-	1,05E-06	5,38E-07	-	-
Transformation	1,09E-07	5,79E-08	-	-	1,15E-07	6,13E-08	-	-
Production	-	-	7,92E-07	3,60E-08	-	-	1,84E-07	3,36E-08
Emballage	-	-	0,00E+00	7,03E-09	-	-	0,00E+00	7,03E-09
Remplissage	5,23E-09	1,25E-08	1,25E-08	1,16E-09	4,44E-09	1,21E-08	1,15E-08	1,01E-09
Transport	2,28E-08	1,20E-08	8,92E-09	3,65E-09	3,60E-07	1,85E-07	8,92E-09	3,65E-09
Fin de vie	2,75E-08	1,57E-08	1,78E-08	1,38E-09	3,71E-09	2,11E-09	3,36E-09	7,31E-10
Total	1,33E-06	6,98E-07	8,31E-07	4,92E-08	1,63E-06	8,51E-07	2,07E-07	4,60E-08

4.2.9. Pénurie d'eau

Les résultats pour la pénurie d'eau sont indiqués dans la figure 4-11, et les résultats compilés, dans le tableau 4-10. Les matières premières et la production d'emballages sont les principaux contributeurs.

- Facteurs d'impact
 - La consommation d'eau dans les usines de carton est le principal facteur des scénarios Carton et KeelClip.
 - Tant la production de film rétractable que celle de carton ondulé contribuent à l'impact potentiel du Wrap+Tray sur les marchés finaux américains et européens.
- Comparaisons d'impact
 - Hi-Cone est associé à l'impact potentiel le plus faible.
 - Le carton a l'impact potentiel le plus élevé pour les marchés finaux américains et européens.

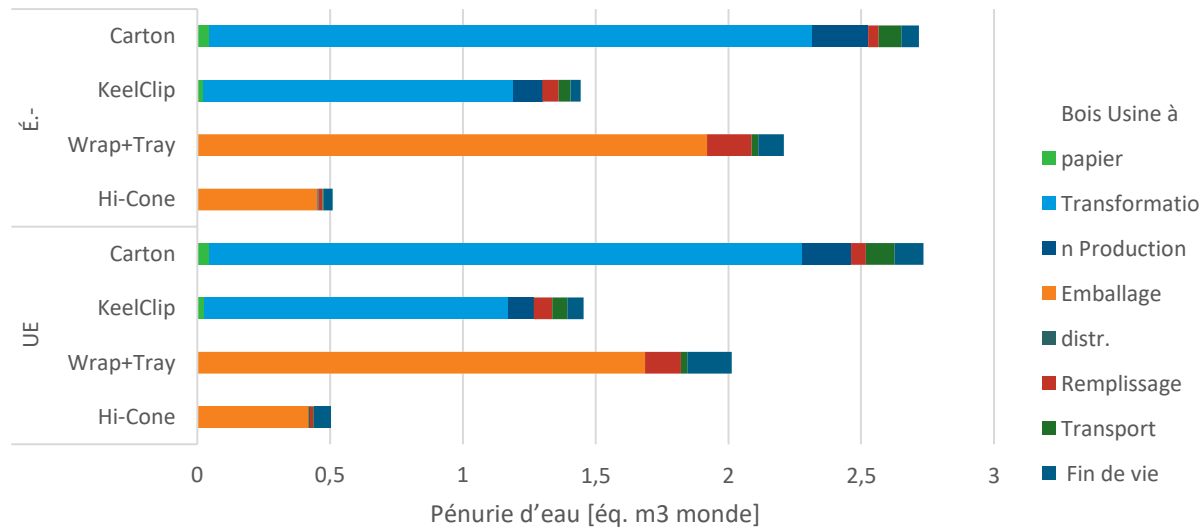


Figure 4-11 : Résultats de la pénurie d'eau par unité fonctionnelle

Tableau 4-10 : Résultats de la pénurie d'eau par unité fonctionnelle [éq. m³ monde]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	4,58E-02	2,35E-02	-	-	4,61E-02	2,41E-02	-	-
Usine de papier	2,27E+00	1,16E+00	-	-	2,23E+00	1,15E+00	-	-
Transformation	2,09E-01	1,11E-01	-	-	1,83E-01	9,74E-02	-	-
Production	-	-	1,92E+00	4,52E-01	-	-	1,69E+00	4,20E-01
Emballage	-	-	0,00E+00	4,73E-03	-	-	0,00E+00	4,73E-03
Remplissage	3,96E-02	6,14E-02	1,67E-01	1,47E-02	5,48E-02	6,93E-02	1,35E-01	1,24E-02
Transport	8,56E-02	4,48E-02	2,46E-02	4,55E-03	1,09E-01	5,68E-02	2,46E-02	4,55E-03
Fin de vie	6,66E-02	3,79E-02	9,66E-02	3,36E-02	1,08E-01	6,17E-02	1,67E-01	6,01E-02
Total	2,72E+00	1,44E+00	2,21E+00	5,09E-01	2,73E+00	1,45E+00	2,01E+00	5,02E-01

4.3. Analyses supplémentaires

4.3.1. Analyse de sensibilité : Contenu recyclé post-consommation Hi-Cone

Selon le site Web de Hi-Cone (Hi-Cone), les produits Hi-Cone peuvent contenir jusqu'à 50 % de contenu recyclé après consommation (RAC). L'analyse de base suppose l'absence de contenu recyclé. Bien que la modélisation de la production Hi-Cone à partir d'un contenu vierge à 100 % ne représente pas le meilleur cas de figure pour



le produit d'emballage, les résultats indiquent que les anneaux Hi-Cone

sont systématiquement associés aux impacts environnementaux potentiels les plus faibles, même dans ces conditions. Par conséquent, l'utilisation de contenu RAC n'est prise en compte que dans une analyse de sensibilité.

Les résultats de cette analyse de sensibilité sont présentés pour le potentiel de réchauffement planétaire, avec CO₂ biogénique (Figure 4-12) et pour l'utilisation des ressources énergétiques (Figure 4-13). L'approche de l'allocation de seuil est utilisée pour gérer le contenu recyclé, conformément à l'analyse principale de ce rapport. Les graphiques indiquent qu'une augmentation de 50 % de la teneur en contenu RAC entraîne une diminution d'environ 20 % du changement climatique produit par un cycle de vie et une diminution de 35 % de l'utilisation des ressources énergétiques utilisées par le cycle de vie. Les impacts environnementaux potentiels des autres scénarios restent les mêmes.

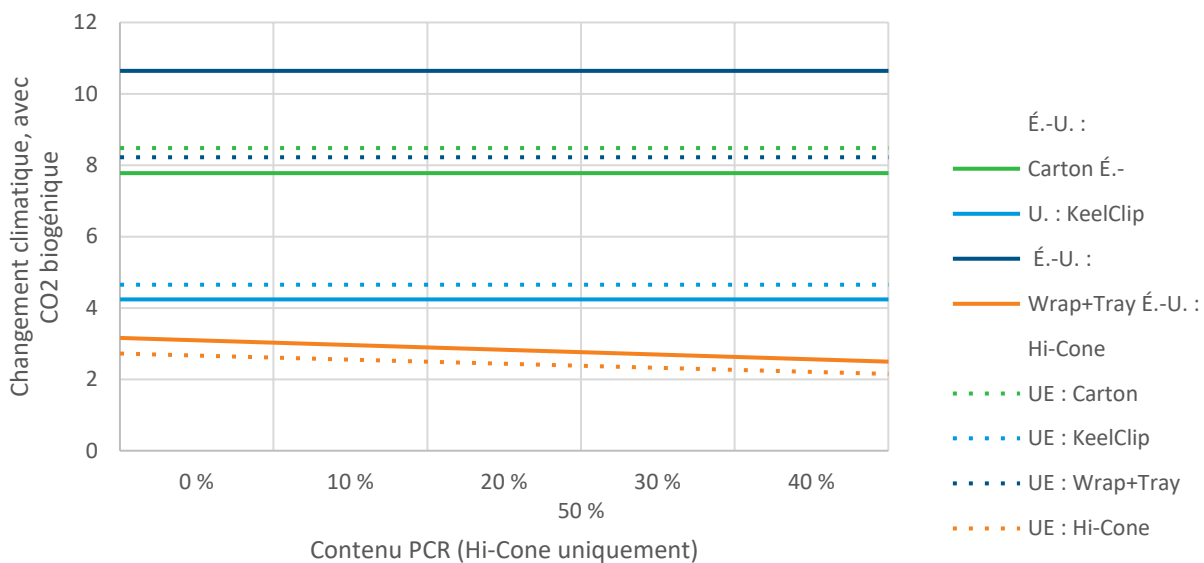


Figure 4-12 : Analyse de la sensibilité au changement climatique, avec CO₂ biogénique, pour RAC Hi-Cone

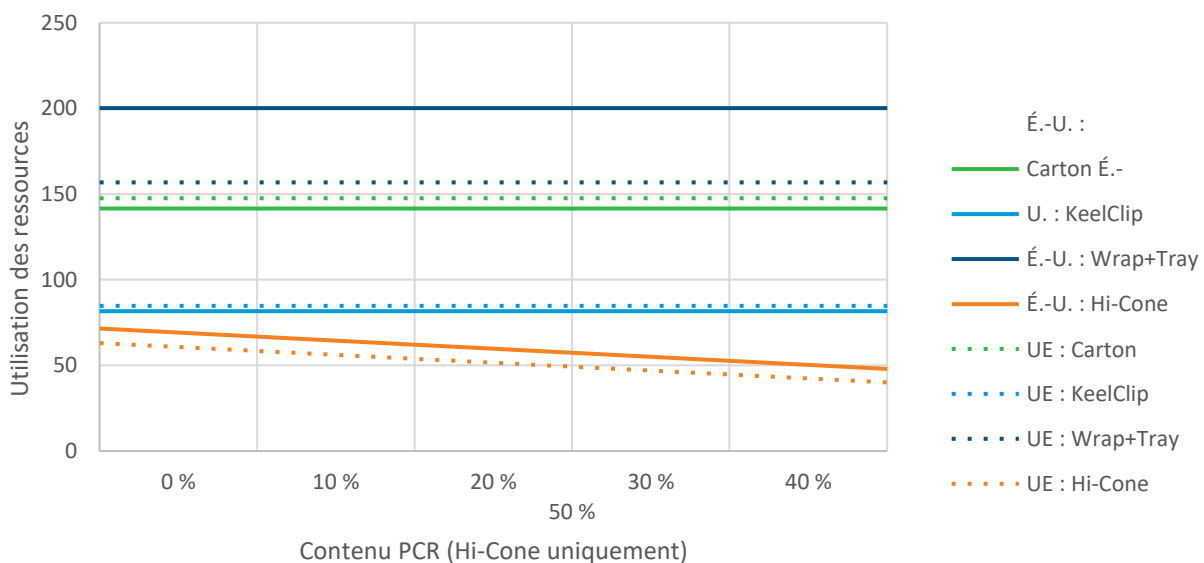


Figure 4-13 : Analyse de la sensibilité à l'utilisation des ressources énergétiques pour RAC Hi-Cone

4.3.2. Analyse de sensibilité : usine de carton

L'analyse principale prend en compte les moyennes des qualités de papier AquaKote et OmniKote produites dans les deux usines de GPI. L'analyse américaine utilise une moyenne pondérée de la production, tandis que l'analyse européenne estime que l'usine de transformation de Masnières reçoit environ 50 % du carton de chaque usine. Pour aider GPI à mieux comprendre quelle usine est à l'origine des impacts environnementaux potentiels, le pourcentage de papier de chaque usine varie dans cette analyse de sensibilité.

Les résultats de l'analyse sont affichés dans la figure 4-14 et la figure 4-15 pour le changement climatique et l'utilisation des ressources énergétiques, respectivement. L'axe des x dans les deux figures représente le pourcentage de papier provenant de l'usine GPI de West Monroe (le reste provenant de l'usine de GPI de Macon). Les points carrés et ronds représentent des scénarios de référence pour l'Europe et les États-Unis, respectivement. Les résultats indiquent que l'usine de West Monroe a un impact potentiel plus élevé sur le changement climatique et l'utilisation des ressources énergétiques que l'usine de Macon. Cela est dû à une combinaison de l'utilisation plus importante de matières premières, y compris des bûches, des produits chimiques de traitement et des colorants de West Monroe, et de l'utilisation de davantage d'électricité et de gaz naturel par unité de carton fabriquée (même en tenant compte des différences dans le mélange de réseau). Pour les valeurs exactes, voir le tableau A-1.

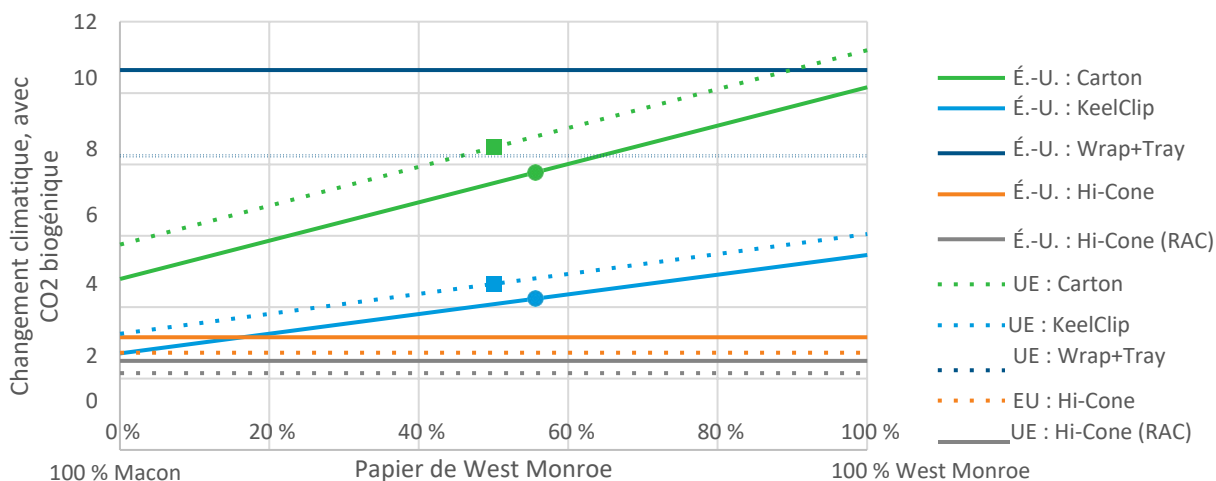


Figure 4-14 : Analyse de la sensibilité au changement climatique, avec CO₂ biogénique, pour usine de papier GPI

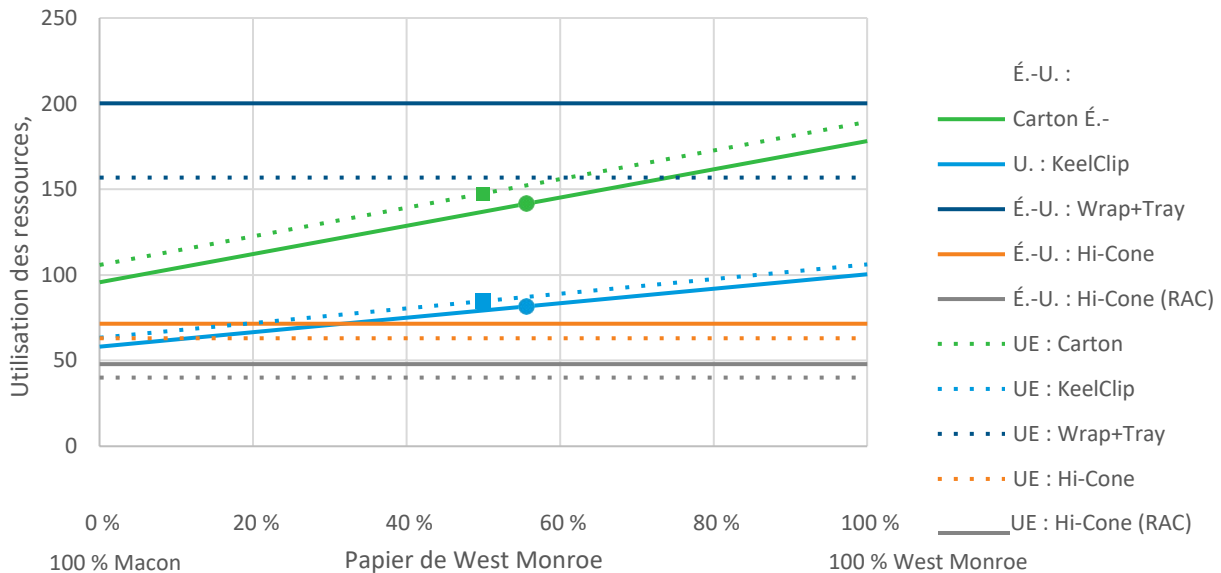


Figure 4-15 : Analyse de la sensibilité à l'utilisation des ressources énergétiques pour usine de papier GPI

4.3.3. Analyse de scénario : méthodologie d'évaluation

Bien que GPI ait des clients aux É.-U. et en Europe, ce sont principalement les clients européens de GPI qui sont intéressés par cette analyse. En tant que telle, la méthodologie européenne Empreinte environnementale v. 3.0 (EF 3.0) a été utilisée pour le corps principal de cette analyse. Pour évaluer les implications de la méthodologie ACV, les résultats sont calculés pour les catégories d'impact TRACI 2.1 suivantes :

- Acidification [éq. kg SO₂]
- Eutrophisation [éq. kg N]
- Particules pour la santé humaine [éq. kg PM_{2,5}]
- Ressources, fossiles [surplus MJ]
- Formation de smog [éq. kg O₃]

Ces résultats sont illustrés dans le tableau 4-11, de même que dans la figure 4-16 et dans la figure 4-17. Dans l'ensemble, les conclusions sont assez similaires à celles d'EF 3.0 (voir la figure 4-1 et la figure 4-2). Les anneaux Hi-Cone sont généralement associés aux impacts environnementaux potentiels les plus faibles, et le Carton ou le Wrap+Tray, aux impacts environnementaux potentiels les plus élevés. La seule exception est l'eutrophisation, pour laquelle le Carton et le KeelClip ont des résultats d'eutrophisation plus élevés selon la méthodologie TRACI 2.1, car TRACI 2.1 prend en compte d'autres espèces chimiques que celles qui sont incluses dans EF 3.0, ainsi que la demande biologique en oxygène (DBO) et la demande chimique en oxygène (DCO). La DCO, par exemple, représente environ la moitié de l'impact de l'eutrophisation. Des résultats supplémentaires TRACI 2.1 sont inclus dans l'annexe D.

Tableau 4-11 : Résultats TRACI 2.1 de bout en bout par unité fonctionnelle

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Acidification [éq. kg SO ₂]	3,70E-02	2,02E-02	6,24E-02	4,62E-03	4,64E-02	2,48E-02	1,74E-02	4,78E-03
Eutrophisation [éq. kg N]	1,08E-02	5,70E-03	5,06E-03	3,40E-04	1,09E-02	5,72E-03	3,76E-03	3,76E-04
Particules [éq. kg PM _{2,5}]	5,95E-03	3,12E-03	4,78E-03	2,81E-04	7,33E-03	3,83E-03	1,09E-03	2,69E-04
Ressources, fossiles [MJ]	1,85E+01	1,07E+01	2,30E+01	8,56E+00	1,84E+01	1,06E+01	1,95E+01	7,26E+00
Formation de smog [éq. kg O ₃]	7,38E-01	4,00E-01	6,98E-01	9,69E-02	1,05E+00	5,58E-01	3,50E-01	8,07E-02

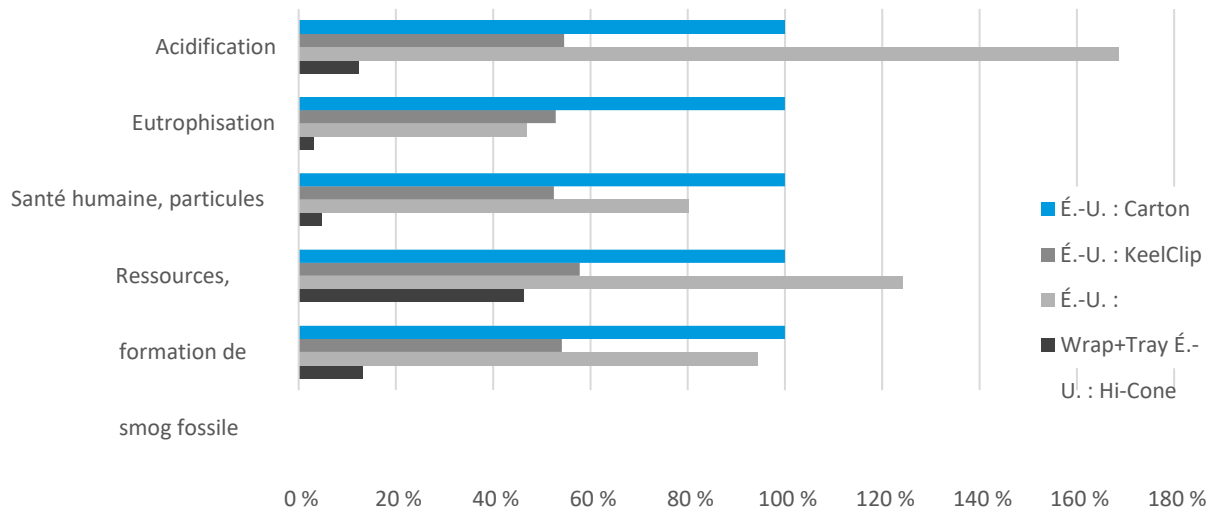


Figure 4-16 : Résultats TRACI 2.1 de bout en bout, normalisés selon le scénario du carton américain (100 %)

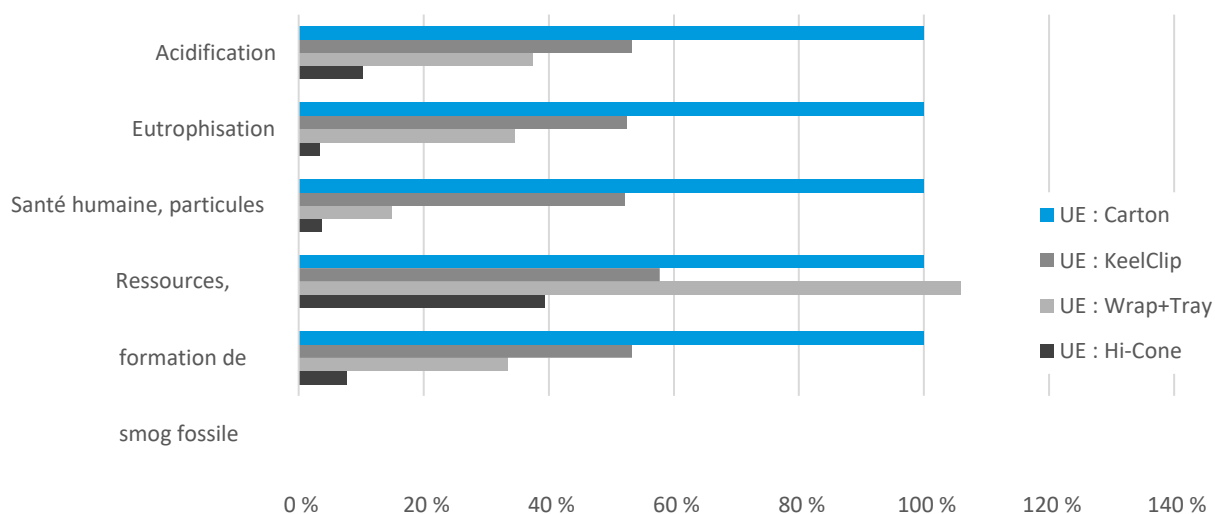


Figure 4-17 : Résultats TRACI 2.1 de bout en bout, normalisés selon le scénario du carton américain (100 %)

4.3.4. Analyse d'incertitude

Une certaine incertitude est inhérente à toute étude ACV. Cette incertitude peut résulter de l'imprécision du modèle, de l'incertitude d'entrée et de la variabilité des données, entre autres. Par exemple, dans cette analyse particulière, il peut y avoir une incertitude et une variabilité dans les données fournies par GPI (p. ex., à partir des modèles utilisés pour calculer les émissions des installations dans l'air et l'eau), dans les données de base (p. ex., l'utilisation de données d'ICV moyennes pour représenter la chaîne d'approvisionnement spécifique de GPI) et dans les facteurs de caractérisation. En raison de cette incertitude – en grande partie inconnue –, il est souvent impossible de dire si un système de produits est « meilleur » qu'un autre lorsque les résultats de l'ACV ne se distinguent que par quelques points de pourcentage. Certaines catégories d'impact telles que la toxicité nécessitent des différences de 2 à 3 ordres de grandeur pour qu'un système de produits soit considéré comme ayant des impacts environnementaux potentiels plus faibles.

Compte tenu de la disponibilité et de la qualité des données utilisées pour cette analyse, aucune incertitude ni variation potentielle des résultats ne devrait affecter les conclusions ou modifier le système d'emballage ayant

les impacts environnementaux potentiels les plus faibles. Les données de premier plan fournies par GPI sont, à la connaissance de l'auteur, exactes et comparables à celles des années précédentes. Les données relatives aux autres systèmes d'emballage sont considérées comme représentatives des systèmes. Enfin, les choix de données d'arrière-plan représentent les meilleurs choix disponibles. De plus, les données de base provenaient d'une seule base de données et devaient être cohérentes à l'interne.

5. Interprétation

5.1. Identification des résultats pertinents

5.1.1. Facteurs d'impact

- La production d'emballages en carton, en particulier à l'usine mais aussi à l'usine de transformation, est un facteur clé de l'impact du Carton et du KeelClip, quel que soit le marché final du produit d'emballage.
- De même, la production de matières premières et la transformation en composants d'emballage sont les principaux contributeurs aux alternatives d'emballage Wrap+Tray et Hi-Cone.
- L'impact environnemental potentiel du concept d'emballage Wrap+Tray varie considérablement entre les scénarios de marché final américain et européen en raison des différences de production moyenne de carton ondulé entre les deux régions. En particulier, le carton ondulé américain moyen est censé contenir 52 % de contenu recyclé, tandis que le carton ondulé européen moyen est censé en contenir 94 % (voir Tableau C-3 et texte d'accompagnement).
- Le transport d'emballages en carton vers l'Europe par porte-conteneurs est un facteur clé de l'acidification, de l'eutrophisation (terrestre), de la FOP et des inorganiques respiratoires; en revanche, le transport a tout au plus contribué modestement.
- Le remplissage de l'emballage avec des canettes de boisson et l'élimination des emballages de distribution représentaient généralement une fraction modeste de l'impact potentiel.
- La fin de vie, y compris la mise en décharge et l'incinération de l'emballage des canettes de boisson, a également représenté une contribution modeste pour la plupart des catégories d'impact.

5.1.2. Comparaisons d'impact

- Il est démontré que les anneaux Hi-Cone ont l'impact potentiel le plus faible pour toutes les catégories d'impact considérées, car ce produit est le concept d'emballage le plus léger (voir Figure 3-1).
- Le concept KeelClip a généralement le deuxième impact potentiel le plus faible pour toutes les catégories d'impact selon les hypothèses du marché final américain. Si on considère le marché final européen, le KeelClip est soit le deuxième soit le troisième impact le plus bas en raison d'une combinaison d'émissions causées par les porte-conteneurs du transport de rouleaux de papier vers l'usine de transformation de GPI en France et d'un impact potentiel plus faible de la production européenne de carton ondulé par rapport à la production aux États-Unis.
- Les scénarios d'emballage Carton et Wrap+Tray sont généralement associés aux impacts environnementaux potentiels les plus élevés. Selon les hypothèses du marché final américain, le Wrap+Tray est le plus lourdement responsable du changement climatique (avec CO₂ biogénique), l'acidification et l'utilisation des ressources énergétiques. Il est également comparable à la charge environnementale du Carton pour le changement climatique (sans le CO₂), l'eutrophisation et la FOP. Le Wrap+Tray est plus faible uniquement pour les inorganiques respiratoires et la pénurie d'eau.
- Selon les hypothèses du marché final européen, le carton a la charge environnementale la plus élevée pour le changement climatique (sans CO₂ biogénique), l'acidification, l'eutrophisation, la FOP, les inorganiques respiratoires et la pénurie d'eau. Il en va de même pour le changement climatique (avec CO₂ biogénique) et l'utilisation des ressources énergétiques. Comme pour l'emballage KeelClip, c'est dû à une combinaison d'émissions dues aux porte-conteneurs utilisés pour le transport de rouleaux de



papier vers l'usine de transformation de GPI en France et à un impact potentiel moindre de la production européenne de carton ondulé par rapport à la production aux États-Unis.

5.2. Hypothèses et limites

L'analyse suppose que chaque concept d'emballage de canettes de boisson répond à des spécifications des clients, telles que les exigences de levage et de transport de plusieurs canettes de boisson ou de résistance à l'humidité, c'est-à-dire la capacité d'un carton à rester intact même après une exposition à l'humidité ou à la condensation. De ce point de vue, les concepts sont donc censés être fonctionnellement équivalents. Ces exigences sont généralement définies par les fabricants de boissons (p. ex., les clients de GPI) et varient selon les fabricants et les régions. Aucune exigence explicite n'a été prise en compte dans cette analyse.

L'unité fonctionnelle est centrée sur les canettes de boisson. Ces canettes diffèrent légèrement en taille pour les États-Unis par rapport aux marchés européens, 330 ml contre 300 ml. On s'attend cependant à ce que les différences dans l'emballage des canettes de boisson (c'est-à-dire l'emballage secondaire) soient négligeables, car les dimensions des canettes ne sont pas significativement différentes et les canettes de boisson elles-mêmes sont en dehors des limites du système.

Les données primaires ont été utilisées pour la conception et la modélisation du Carton et du KeelClip, car GPI est le fournisseur de ces deux produits d'emballage. Des données moyennes ont été utilisées pour le Wrap+Tray et les anneaux Hi-Cone – à la fois pour la conception et le modèle LCA – parce que des données spécifiques à ces produits concurrents (p. ex., la consommation d'énergie pour la fabrication, les emplacements des installations, les détails de la chaîne d'approvisionnement) n'étaient pas disponibles. En outre, cela correspond à un objectif de l'analyse : comparer les emballages spécifiques à GPI aux emballages concurrents produits par un fabricant moyen.

Les données de production et de distribution des emballages Hi-Cone ont été calculées par un consultant indépendant engagé par GPI. Les données pour le Wrap+Tray étaient basées sur un rapport GPI précédent dans lequel les masses des composants d'emballage étaient mesurées. Aucune information sur l'emballage de distribution n'était disponible pour le Wrap+Tray, cela a donc été exclu de l'analyse.

L'épaisseur spécifique du carton AquaKote ou OmniKote utilisé pour les produits d'emballage de boissons de GPI n'a pas été modélisée. Au lieu de cela, ces impacts sur la production ont été évalués en fonction de l'impact moyen de toutes les nuances de calibre AquaKote ou OmniKote. L'influence de cette hypothèse sur les résultats est considérée comme faible car tous les produits AquaKote et OmniKote ont une composition similaire, quelle que soit l'épaisseur.

Les données de base sont généralement de bonne qualité. Autant que possible, les ensembles de données choisis étaient représentatifs de la géographie, des échelles de temps et de la technologie du système de produits modélisé. Cependant, lorsque des correspondances précises n'ont pas pu être faites, des données proxy ont été utilisées. Dans la plupart des cas, la principale différence était que la représentativité géographique n'était pas exacte; des données sur les matériaux ou processus corrects ont été utilisées, mais en fonction de la production ou de l'exploitation dans une autre région (généralement l'Union européenne ou l'Allemagne). On s'attend à ce que la technologie utilisée ne diffère pas, mais il y aura une certaine variation en raison de l'utilisation de différents mélanges énergétiques régionaux dans ces ensembles de données de base. Il convient de rappeler que les données spécifiques à la région ont été appliquées à toutes les sources d'électricité et d'énergie thermique utilisées par les processus de premier plan dans le modèle de cycle de vie.

5.3. Résultats d'analyses supplémentaires

Des analyses supplémentaires ont été menées pour tester l'effet sur les résultats des choix méthodologiques effectués lors de la modélisation. La première analyse a porté sur la quantité de contenu RAC dans les anneaux Hi-Cone. Les résultats indiquent que l'augmentation de la teneur en RAC diminue l'impact potentiel de l'emballage Hi-Cone. Comme le scénario Hi-Cone a déjà l'impact potentiel le plus faible dans toutes les

catégories d'impact, cela n'a pas affecté les conclusions. Cependant, cela sous-estime les défis potentiels si l'on souhaite créer un concept d'emballage de remplacement avec une charge environnementale moindre.

Une deuxième analyse a évalué les changements du rapport entre le carton de l'usine GPI de Macon et celui de l'usine GPI de West Monroe. L'analyse indique que West Monroe est associée à des impacts environnementaux potentiels plus élevés, au moins pour le changement climatique et l'utilisation des ressources énergétiques. L'approvisionnement en emballages provenant uniquement de l'usine de Macon a le potentiel de réduire les impacts du changement climatique au point qu'ils sont comparables à ceux des anneaux Hi-Cone.

La méthodologie européenne EF 3.0 a été choisie pour ce rapport, car ce sont les clients européens de GPI qui sont principalement intéressés par les résultats d'analyse. Cependant, les résultats d'ACV de TRACI 2.1 ont également été calculés, à la fois pour tester la solidité des conclusions et pour aider GPI à répondre aux demandes des clients américains. À l'exception de l'eutrophisation, la méthodologie américaine n'a pas modifié les conclusions de l'étude. Le potentiel d'eutrophisation dans TRACI 2.1 tient compte des émissions dans l'eau et dans l'air au-delà de celles de l'EF 3.0, ce qui fait que les produits en carton l'impact potentiel le plus élevé.

Enfin, l'effet d'incertitude sur les résultats d'analyse a été considéré. Compte tenu de la qualité des données de premier plan et des données de fond (évaluées plus en détail dans la section suivante) et de l'écart des résultats du système d'emballage, l'incertitude dans les résultats – bien qu'elle ne soit pas quantifiable de manière exhaustive – ne devrait pas affecter de manière significative les conclusions.

5.4. Évaluation de la qualité des données

La qualité des données d'inventaire est jugée par leur précision (mesurée, calculée ou estimée), leur exhaustivité (p. ex., émissions non déclarées), leur cohérence (degré d'uniformité de la méthodologie appliquée) et leur représentativité (géographique, temporelle et technologique).

Pour couvrir ces exigences et garantir des résultats fiables, ont été utilisées des données de première main sur l'industrie (le cas échéant) en combinaison avec des informations de base de l'ACV cohérentes tirées de la base de données GaBi 2020. Les ensembles de données d'ICV tirés de la base de données GaBi 2020 sont largement diffusés et utilisés avec le logiciel GaBi 9. Les ensembles de données ont été utilisés dans des modèles d'ACV dans le monde entier pour des applications industrielles et scientifiques en interne ainsi que pour de nombreuses études critiques et publiées. Au cours du processus de fourniture de ces ensembles de données, ils sont recoupés avec d'autres bases de données et des valeurs issues de l'industrie et de la science. Dans l'ensemble, les données de premier plan et les données de base utilisées dans cette analyse sont considérées comme appropriées compte tenu de l'objectif et de la portée de l'étude.

5.4.1. Précision et exhaustivité

- ✓ **Précision** : Comme la majorité des données de premier plan pertinentes pour les concepts d'emballage en carton sont des données mesurées ou calculées sur la base des sources d'informations primaires du propriétaire de la technologie, la précision est considérée comme élevée. Les variations saisonnières ont été compensées en utilisant des moyennes annuelles. Les données pour le Wrap+Tray et les anneaux Hi-Cone sont basées sur des nombres moyens de l'industrie. Toutes les données de base proviennent de bases de données GaBi avec la précision documentée.
- ✓ **Exhaustivité** : chaque processus de premier plan a été vérifié pour le bilan massique et l'exhaustivité de l'inventaire des émissions. À l'exception des emballages de distribution de Wrap+Tray pour lesquels les données n'étaient pas disponibles, aucune donnée n'a été sciemment omise. C'est considéré comme acceptable puisque cela profite au système d'emballage concurrent. L'exhaustivité des données de premier plan sur les processus de l'unité est considérée comme élevée. Toutes les données de base proviennent des bases de données GaBi avec l'exhaustivité documentée.

5.4.2. Cohérence et reproductibilité

- ✓ Cohérence : pour assurer la cohérence des données, toutes les données primaires ont été collectées avec le même niveau de détail, tandis que toutes les données de base provenaient des bases de données GaBi. Des données secondaires ont été utilisées pour le Wrap+Tray et le Hi-Cone; par conséquent, moins de détails étaient disponibles par rapport aux données primaires de GPI.

Des détails supplémentaires peuvent augmenter l'impact environnemental potentiel de ces choix, mais ils sont peu susceptibles de modifier de manière significative les conclusions de l'étude.

- ✓ **Reproductibilité** : la reproductibilité est prise en charge autant que possible par la divulgation des données d'entrée-sortie, des choix de jeux de données et des approches de modélisation dans ce rapport. Sur la base de ces informations, tout tiers devrait être en mesure de s'approcher des résultats de cette étude en utilisant les mêmes données et approches de modélisation.

5.4.3. Représentativité

- ✓ **Temporelle** : toutes les données primaires ont été collectées pour l'année 2019. Toutes les données secondaires proviennent des bases de données GaBi 2020 et sont représentatives des années 2011-2019. L'étude visant à comparer les systèmes de produits pour l'année de référence 2019, la représentativité temporelle est considérée comme élevée.
- ✓ **Géographique** : Toutes les données primaires et secondaires ont été collectées spécifiquement pour les pays ou régions étudiés. Lorsque les données spécifiques au pays ou à la région n'étaient pas disponibles, des données de substitution ont été utilisées. La représentativité géographique est considérée comme élevée, car les données de substitution se limitaient aux produits chimiques, aux emballages de distribution et à d'autres composants mineurs de l'analyse.
- ✓ **Technologique** : Toutes les données primaires et secondaires ont été modélisées pour être spécifiques aux technologies ou aux mélanges technologiques étudiés. Les données LCI moyennes ont été choisies pour modéliser les systèmes Wrap+Tray et Hi-Cone, car les emplacements des installations spécifiques et les détails de fabrication (p. ex., la quantité de contenu recyclé dans le carton ondulé) sont inconnus. Lorsque les données spécifiques à la technologie n'étaient pas disponibles, des données de substitution ont été utilisées. La représentativité technologique est considérée comme élevée.

5.5. Exhaustivité et cohérence du modèle

5.5.1. Exhaustivité

Toutes les étapes de processus pertinentes pour chaque système de produits ont été prises en compte et modélisées pour représenter chaque situation spécifique. La chaîne de processus est considérée comme suffisamment complète et détaillée au regard de l'objectif et de la portée de cette étude.

5.5.2. Cohérence

Toutes les hypothèses, méthodes et données sont cohérentes entre elles et avec l'objectif et la portée de l'étude. Les différences de qualité des données de base ont été minimisées en utilisant exclusivement les données d'ICV des bases de données GaBi 2020. Les limites du système, les règles d'allocation et les méthodes d'évaluation d'impact ont été appliquées de manière cohérente tout au long de l'étude.

5.6. Conclusions, limites et recommandations

5.6.1. Conclusions

Cette étude évalue quatre concepts d'emballage de canettes de boisson sur deux marchés finaux (les États-Unis et l'Europe) afin d'approfondir la compréhension de GPI de la façon dont ses produits se comparent à ceux de la concurrence. Les résultats indiquent que la production de matières premières et la fabrication LCA sur les emballages



d'emballages ont un impact, tout comme le transport des rouleaux de papier vers l'Europe pour le marché européen. Ils montrent également que, si les fabricants de boissons passaient du Carton ou du Wrap+Tray à KeelClip ou aux anneaux Hi-Cone, ils seraient en mesure de réduire l'impact potentiel de l'emballage des canettes de boissons.

Dans l'ensemble, les anneaux Hi-Cone ont les impacts environnementaux potentiels les plus faibles, car c'est le concept qui nécessite la plus faible masse de matériau. Ils sont en général suivis par le KeelClip, qui nécessite également une masse de matériau inférieure par rapport aux modèles à 18 unités. La seule catégorie d'impact dans laquelle le KeelClip dépasse les anneaux Hi-Cone est l'utilisation des ressources énergétiques sur le marché final américain, car les anneaux Hi-Cone sont un produit à base de plastique fossile, tandis que le KeelClip est à base de papier.

Le carton et le Wrap+Tray sont généralement associés aux impacts environnementaux potentiels les plus élevés, bien que le plus élevé dépende de la catégorie d'impact et du marché final. En général, le carton est associé à un impact potentiel similaire ou inférieur pour le marché final américain, mais à un impact potentiel plus élevé pour le marché européen. C'est dû à la nécessité de transporter des rouleaux de papier vers l'Europe à partir des usines de carton de GPI de l'É.-U., combiné aux impacts potentiels plus faibles de la production moyenne de carton ondulé en Europe.

La méthodologie européenne Empreinte environnementale v 3.0 (EE 3.0) a été utilisée parce que ce sont principalement les clients européens de GPI qui sont intéressés par cette analyse. Cependant, les résultats ont été calculés en utilisant la méthodologie américaine TRACI 2.1. À l'exception du potentiel d'eutrophisation, la méthodologie différente n'a pas abouti à des conclusions différentes, ce qui montre la solidité des résultats quelle que soit la méthodologie appliquée.

5.6.2. Limites

Les concepts d'emballage Carton et KeelClip sont spécifiques à la production de GPI, tandis que les concepts Wrap+Tray et Hi-Cone sont destinés à représenter les moyennes de l'industrie. Des changements dans les concepts d'emballage, les processus de fabrication, la chaîne d'approvisionnement, entre autres, pourraient influencer les résultats de l'étude.

Seules les catégories d'impact pertinentes (tel qu'indiqué dans la section 2.6) sont prises en compte. Le potentiel d'épuisement abiotique des éléments (c.-à-d. les ressources minérales), l'utilisation des terres et la toxicité figurent parmi les catégories d'impact non prises en compte parce qu'ils n'ont pas été jugés pertinents pour l'emballage. Par conséquent, les problèmes tels que les émissions de métaux lourds dans l'air provenant de la combustion du mazout dans les porte-conteneurs ne sont pas pris en compte, car les métaux lourds ne contribuent pas aux catégories d'impact considérées.

De plus, les facteurs de caractérisation développés pour les catégories d'impact considérées supposent des émissions provenant de sources terrestres en Europe ou aux États-Unis. La plupart des émissions des porte-conteneurs ne se produisent pas près de la terre ferme, et les navires passent généralement à des carburants plus propres une fois qu'ils approchent des côtes en raison de conventions internes. Ainsi, il est possible que les émissions d'oxydes d'azote, d'oxydes de soufre et de particules aient des facteurs de caractérisation différents lorsqu'elles sont rejetées en plein océan plutôt que sur les terres.

En outre, l'analyse du cycle de vie ne traite pas du problème du plastique océanique. De plus en plus, le plastique provenant de l'emballage et d'autres sources se retrouve dans les océans plutôt que dans une installation de recyclage, d'enfouissement ou d'incinération. Plus précisément, les porte-cannes en plastique comme Hi-Cone se sont souvent révélés dangereux pour la faune en raison des possibilités d'enchevêtrement ou d'ingestion. Cependant, comme il n'existe pas à l'heure actuelle de méthode consensuelle pour évaluer l'impact sur la faune, l'écosystème et les humains des déchets océanique, les impacts environnementaux potentiels n'ont pas pu être inclus dans cette étude.

Par ailleurs, cette analyse ne traite pas de la circularité des matériaux. Étant donné que le carton peut être et est recyclé aux États-Unis et en Europe, il pourrait valoir la peine d'effectuer une évaluation dans une étude distincte, surtout compte tenu des différences de taux de recyclage entre le carton et les films plastiques.

5.6.3. Recommandations

Bien que l'emballage de distribution ne contribue que légèrement à l'impact potentiel, l'ajout d'un emballage de distribution pour le scénario Wrap+Tray serait idéal dans un souci d'exhaustivité et de cohérence. En outre, une répartition 50/50 est présumée pour les rouleaux de carton expédiés des usines américaines vers l'Europe. GPI souhaitera peut-être revoir cette hypothèse à l'avenir pour représenter plus précisément sa production européenne.

Les résultats indiquent que les usines de carton représentent la majorité de l'impact environnemental potentiel. Si GPI souhaite réduire l'impact de ses produits, cela nécessiterait de réduire la consommation d'énergie, car la plupart des résultats de l'ACV sont, à leur tour, motivés par les émissions de l'usine (p. ex., les émissions de combustion et la poussière). Les émissions liées au transport de produits en papier vers l'Europe contribuent également de manière significative à certaines catégories d'impact. Si GPI pouvait éviter cette étape de transport (p. ex., en travaillant avec un partenaire en Europe) des réductions de l'empreinte environnementale pourraient être réalisables.

Enfin, une étape future pourrait consister à évaluer les concepts d'emballage à l'aide de l'indicateur de circularité des matériaux, fourni par la Fondation Ellen MacArthur, pour mieux comprendre comment ils fonctionnent selon cette méthodologie.

Références

- Ardente, F., et Cellura, M. (2012, juin). Economic Allocation in Life Cycle Assessment. *Journal of Industrial Ecology*, 16(3), 387-398. Extrait de <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00434.x>
- Boulay, A.-M. J. (2018). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23, 368-378. doi : <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1333-8>
- EPA. (2012). *Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other Environmental Impacts (TRACI) – User’s Manual*. Washington, D.C.: U.S. EPA. Extrait de <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100HN53.pdf>
- EPA. (2019). *Advancing Sustainable Materials Management: 2016 and 2017 Tables and Figures*. Washington, DC: US EPA. Extrait le 12/07/2020 de https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-11/documents/2016_and_2017_facts_and_figures_data_tables_0.pdf
- Eurostat. (2017). Packaging waste by waste management operations and waste flow. Extrait le 1er juin 2020 de https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_waspc&lang=en
- Fantke, P. E. (2016). Health Impacts of Fine Particulate Matter. In U.-S. L. Initiative, *Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators Volume 1*. UNEP.
- FEFCO. (2015). *European database for corrugated board life cycle studies*. Bruxelles: FEFCO & Cepi ContainerBoard. Extrait de <https://www.fefco.org/download/file/fid/2135>
- Graedel, T. et Reck, B. (2015, 30 juin). Six Years of Criticality Assessments – What Have We Learned So Far? *Journal of Industrial Ecology*, 20(4), 692-699. doi: <https://doi.org/10.1111/jiec.12305>
- Graphic Packaging International. (2010). *Life Cycle Assessment of Beverage Packaging Systems*.
- Guinée, JB, Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., de Koning, A. . . Huijbregts, M. (2002). *Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards*. Dordrecht: Kluwer.
- Hauschild M, G. M. (2011). *Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context - based on existing environmental impact assessment models and factors*. Luxembourg: European Commission.
- Hi-Cone. (n.d.). RingCycles: A PCR Solution from Hi-Cone. Extrait le 12 juillet 2020 de <https://ringcycles.squarespace.com/>
- Hi-Cone. (n.d.). *The State of Plastic Recycling 2020*. Extraite le 19 août 2020 de <https://hi-cone.com/sustainability/>
- GIEC. (2013). *Changement climatique 2013 : les bases scientifiques*. Genève, Suisse : GIEC.
- ISO. (2006). *ISO 14040 : Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Principes et cadre*. Genève : Organisation internationale de normalisation.
- ISO. (2006). *ISO 14044: Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Exigences et lignes directrices*. Genève : Organisation internationale de normalisation.

- JRC. (2010). *ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance. EUR 24708 EN* (1^{re} éd.). Luxembourg: Joint Research Centre.
- NCASI. (2017). *2014 Life Cycle Assessment of U.S. Average Corrugated Product*. Cary, NC. Extrait le 12 juin 2020 de http://www.corrugated.org/wp-content/uploads/PDFs/LCA/NCASI_2014_LCA_Final.pdf
- Posch, M. S. (2008). The role of atmospheric dispersion models and ecosystem sensitivity in the determination of characterisation factors for acidifying and eutrophying emissions in LCIA. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13, 477-486.
- Seppälä J., P. M. (2006). Country-dependent Characterisation Factors for Acidification and Terrestrial Eutrophication Based on Accumulated Exceedance as an Impact Category Indicator. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(6), 403-416.
- Sphera. (2020). *GaBi LCA Database Documentation*. Extrait de Sphera Solutions Inc. : <http://database-documentation.gabi-software.com>
- Struijs, J. B. (2009). *Aquatic Eutrophication. Chapter 6 in: ReCiPe 2008 A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. Report I: Characterisation factors, first edition.* .
- van Oers, L., de Koning, A., Guinée, J. B., & Huppes, G. (2002). *Abiotic resource depletion in LCA*. The Hague: Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Extrait de https://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/projects/lca2/report_abiotic_depletion_web.pdf
- Van Zelm R., H. M. (2008, January). European characterisation factors for human health. *Atmospheric Environment*, 42(3), 441-453. doi:<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.09.072>

Annexe A. Données

Cette annexe contient des données confidentielles que GPI souhaitera peut-être supprimer avant de partager le rapport d'ACV avec des parties prenantes externes (p. ex., sous la forme d'un rapport tiers).

A.1. Entrées et sorties GPI

Les entrées et sorties des usines de carton sont présentées dans le tableau A-1, et ceux des usines de transformation sont présentés dans le tableau A-2

Tableau A-1 : Entrée en matériau et en énergie et sorties des usines de carton

Type	Flux	Unité	2012		2014		2019	
			Macon	West Monroe	Macon	West Monroe	Macon	West Monroe
Contributions	Grumes longues de résineux	tonnes/an	1 994 910	2 287 540	2 087 043	2 435 493	273 279	386 548
	Copeaux de résineux	tonnes/an	3 773	745 926	622	557 499	0	0
	CKNRA	tonnes/an	29 020	94 473	41 518	121 283	29 246	75 007
	DNK	tonnes/an	50	17 056	518	1 345	932	2 334
	Électricité	MWh/an	183 948	353 259	23 286	326 283	37 605	74 756
	Gaz naturel	mmBTU/an	1 955 562	4 036 008	1 734 204	4 691 685	1 632 149	7 626 836
	Mazout lourd	gal/an	551 252	0	460 404	0	0	0
	Écorce	tonnes/an	152 883	216 803	643 888	263 831	831 986	540 151
	Charbon	tonnes/an	23 564	0	2 599	0	0	0
	Mazout léger	gal/an	0	0	0	0	701 803	0
	Propane	gal/an	0	37 132	0	73 962	45 895	97 813
	Diesel	gal/an	0	414 388	0	430 609	223 408	127 840
	Essence	gal/an	0	27 250	0	31 282	18 772	398 400
	Argile BR	lb/année	35 336 000	44 828 968	35 255 245	81 726 186	33 591 346	38 193 386

Type	Flux	Unité	2012		2014		2019	
			Macon	West Monroe	Macon	West Monroe	Macon	West Monroe
	Argile AK	lb/année	67 560 000	57 058 186	70 442 971	135 690 434	57 143 658	75 647 495
	Argile TR	lb/année	0	11 543 644	0	13 293 574	0	13 479 794
	Dioxyde de titane	lb/année	9 928 680	9 069 176	10 415 110	10 339 346	8 214 172	12 086 685
	Latex SB	lb/année	21 282 514	0	27 914 265	1 661 231	0	0
	Protéine	lb/année	915 659	1 038 045	237 801	0	0	0
	Gomme d'alcool	lb/année	23 992	0	0	0	142 845	0
	Biocide	lb/année	42 577	0	176 351	0	0	0
	Glyoxal	lb/année	124 476	0	194 917	0	156 194	148 184
	Colorant bleu	lb/année	34 027	0	18 497	0	0	77 079
	Dispersant (colorants)	lb/année	15 400	0	140 958	0	330 315	311 000
	Ammoniac	lb/année	606 000	487 860	418 326	434 880	0	114 475
	Latex SA	lb/année	0	0	0	0	10 891 285	14 775 536
	Polyco 2160	lb/année	0	0	0	0	56 848	6 413 130
	Polyco 3960	lb/année	0	0	0	0	13 379 719	10 762 065
	Hydroxyde de calcium	lb/année	3 178 000	24 268 260	3 368 000	18 757 021	4 454 000	15 188 000
	Hydrosulfure de sodium	lb/année	0	1 956 452	0	2 879 490	476 000	4 854 000
	Hydroxyde de sodium	lb/année	9 842 807	46 269 112	6 104 000	11 431 244	27 667 904	42 039 865
	Fond de décapant d'huile	lb/année	65 948 000	0	61 292 000	0	0	0
	Acide sulfurique	lb/année	27 672 000	49 219 420	26 496 000	50 931 896	21 236 000	5 418 549
	Alun	lb/année	7 060 000	7 599 620	7 050 000	21 433 568	9 918 000	12 815 688
	Colophane	lb/année	4 762 000	2 769 441	5 274 000	5 697 960	7 283 223	2 558 450
	Résine de résistance à l'humidité	lb/année	8 319 914	21 605 500	5 944 126	55 938 594	3 405 828	8 586 102
	Amidon cationique	lb/année	0	0	425 232	0	685 137	42 558
	Amidon oxydé	lb/année	160 333	275 780	188 633	495 070	215 541	28 729 295
	Acétate de sodium	lb/année	7 420 000	0	0	0	0	0
	Carbonate de sodium	lb/année	48 000	0	0	0	106 000	2 336 000
	Polymère de traitement de l'eau	lb/année	775 958	1 217 443	760 241	1 249 640	919 652	0
	Anti-mousse	lb/année	2 176 758	964 741	2 244 952	1 314 731	2 027 686	1 708 358

Type	Flux	Unité	2012		2014		2019	
			Macon	West Monroe	Macon	West Monroe	Macon	West Monroe
	Conservateur	lb/année	0	255 690	0	0	0	0
	Dispersant	lb/année	45 327	1 599 641	222 838	584 080	138 793	1 344 569
	Vinnapas	lb/année	0	22 077 077	0	0	0	0
	Émulsion PE	lb/année	0	1 113 648	0	1 195 715	0	0
	Résistance à sec	lb/année	0	0	0	0	0	283 990
	Floculant	lb/année	987 956	919 681	996 384	470 753	2 377 704	2 055 336
	Sulfate de sodium	lb/année	0	1 077 232	0	8 805 680	0	0
	Émulsion PVAC (50 %)	lb/année	0	28 505 050	0	27 456 189	0	0
	Biocide	lb/année	372 580	143 361	524 270	304 486	0	0
	Hypochlorite de sodium	lb/année	887 654	0	0	0	1 528 707	3 475 594
	Sterocoll	lb/année	313 894	227 894	176 351	0	0	178 935
	Engrais	lb/année	0	0	0	0	1 363 495	0
	Entrée d'eau municipale	gal/an	180 206 451	688 000 000	13 385 391	1 357 731 054	149 580 232	1 412 078 400
	Entrée d'eau de puits ou souterraine	gal/an	147 150 000	2 511 471 230	142 350 000	2 945 316 875	115 867 852	3 427 478 720
	Entrée d'eau de rivière	gal/an	4 344 770 000	4 500 015 420	3 835 350 000	4 562 500 000	4 437 000 000	3 292 150 240
Les sorties	Production totale de carton de l'usine	tonnes/an	579 710	909 350	611 642	911 987	764 979	951 597
	Sortie d'AquaKote de l'usine	tonnes/an	325 668	512 415	351 001	526 831	443 210	554 957
	Sortie d'OmniKote de l'usine	tonnes/an	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible	321 769	265 881
	Sortie d'autres cartons	tonnes/an	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible	0	130 759
	Tallöl	lb/année	40 712 000	48 941 987	39 206 000	52 872 115	43 268 056	63 916 000
	Essence de térébenthine	gal/an	728 411	361 319	768 885	409 531	731 012	358 128
	Émissions de CO ₂ (fossiles)	kg/an	174 740 242	217 537 051	108 937 731	251 464 723	133 524 187	564 109 221
	Émissions de CO ₂ (biogénique)	kg/an	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible	1 359 293 259	1 273 590 410
	PM10	lb/année	448 103	871 040	23 286	785 570	461 446	861 360
	PM2,5	lb/année	420 179	811 862	832 678	723 970	443 153	792 180
	Dioxyde de soufre	lb/année	941 023	1 533 882	1 266 199	2 245 984	225 336	1 543 040
	Oxydes d'azote	lb/année	2 613 975	2 607 162	2 879 037	2 032 840	2 491 802	2 145 380
	Monoxyde de carbone	lb/année	1 884 176	3 043 085	6 660 479	3 542 994	1 088 354	4 517 200

Type	Flux	Unité	2012		2014		2019	
			Macon	West Monroe	Macon	West Monroe	Macon	West Monroe
	Demande en oxygène biologique	lb/année	1 612 521	1 971 352	2 550 982	1 285 229	2 289 100	1 471 264
	Demande en oxygène chimique	lb/année	0	22 907 700	0	22 779 430	24 591 846	14 235 100
	Total des solides en suspension	lb/année	2 847 903	1 822 359	2 385 882	1 023 540	3 391 998	2 294 112
	COVNM	lb/année	1 523 024	3 997 076	1 637 530	4 003 995	1 773 669	4 720 696
	Méthane	lb/année	1 313 955	0	665 207	0	640 780	136 444
	Déchets solides à la décharge	lb/année	112 328 000	8 769 060	89 036 000	14640460	137 184 000	3 136 000
	Déchets solides pour la valorisation énergétique	lb/année	31 756 357	0	0	0	44 896 000	0
	Composés soufrés réduits	lb/année	380 000	210 860	388 979	219 300	80 000	467 030
	Eau vers traitement municipal	gal/an	2 422 920 000	0	2 497 210 000	0	2 785 680 000	0
	Eau vers la rivière	gal/an	1 923 100 000	5 916 100 000	1 340 000 000	6 831 200 000	1 652 520 000	6 473 600 000
	Vapeur d'eau	gal/an	326 106 451	5 916 100	150 000 000	6 831 200	0	6 473 600

Tableau A-2 : Entrées de matières et d'énergie et sorties à partir des usines de transformation

Type	Flux	Unité	2012		2014		2019	
			Macon	West Monroe	Macon	West Monroe	Perrys	Masnières
	Production	tonnes/an	235 773	215 113	238 161	197 657	1 699	27 703
Contributions	Puissance du réseau	kWh/an	22 266 958	6 819 921	20 763 068	6 923 703	192 281	5 314 734
	Propane	gal/an	0	143	0	140	0	0
	Gaz naturel	mmBTU/an	64 064	59 098	49 181	58 580	431	2 961
	Eau	gal/an	816 200	0	48 450	0	0	0
	Encre	lb/année	5 024 834	4 648 085	3 875 654	4 231 203	19 582	153 965
	Brillant	lb/année	0	2 824 640	0	2 447 310	0	399 892

5 Représente uniquement des cartons de 18 paquets

Type	Flux	Unité	2012		2014		2019	
			Macon	West Monroe	Macon	West Monroe	Perrys	Masnières
	Flexo antidérapant	lb/année	3 324 228	154 404	2 697 825	193 017	16 092	0
	Roto antidérapant	lb/année	0	1 049 275	0	1 240 290	0	0
	Rouleaux de ruban adhésif	N°/année	9 116	6 566	12 761	13 247	73	0
	Encre d'image	litres/an	1 013	255	1 239	698	0	30
	Encre pour jet vidéo	gal/an	0	235	0	294	1	4
	Liquide de composition (impression)	gal/an	229	23	428	416	0	0
	Lavage sans COV	lb/année	0	0	0	0	0	5 893
	Farbloser	lb/année	0	0	0	0	0	5 132
	Solution de mouillage	lb/année	0	0	0	0	0	16 579
	Additif de lavage	lb/année	0	0	0	0	0	4 453
	ISO 800	lb/année	0	0	0	0	0	50 265
	Colle froide 1	lb/année	250 800	1 064 988	366 267	1 149 333	0	62 500
	Colle froide 2	lb/année	0	783 299	864 897	488 107	0	0
	Colle thermofusible Henkel	lb/année	837 983	660	1 260	8 784	7 124	7 231
	Liquide de composition (finition)	gal/an	0	319	0	396	2	0
	Anti-mousse	lb/année	14 173	39 826	9 331	31 016	111	0
	Isopropanol	lb/année	100	269 607	240	293 950	3	0
	régulateur de pH	lb/année	59 458	480	45 380	5 040	368	1 102
	Glycol	lb/année	3 055	0	480	0	0	0
	Extenseur	lb/année	32 060	50 745	38 498	751 182	7 030	0
	Feuilles de couverture	lb/année	0	569 881	0	0	16 533	191 888
	Cas	lb/année	22 537 955	19 258 214	21 353 814	19 610 109	249 791	4 514 925
	Palettes	lb/année	0	0	0	0	91 850	4 250 778
	Panneaux de particules	lb/année	0	0	0	0	0	12 511
	Emballage	lb/année	102 292	87 406	12 000	323 675	31	87 346

Type	Flux	Unité	2012		2014		2019	
			Macon	West Monroe	Macon	West Monroe	Perrys	Masnières
Les sorties	Déchets à recycler	%	8	15	0	8	4 à 8 %	4 à 8 %
	Ammoniac	tonnes/an	15	15	15	21	Calculé par la chaleur technique GaBi ensembles de données	
	Monoxyde de carbone	tonnes/an	2	13	2	12		
	Dioxyde de carbone	kg/an	3 400 005	5 056 541	2 612 101	3 111 301		
	Particules PM10	tonnes/an	0	8	0	7		
	Particules PM2,5	tonnes/an	0	1	0	1		
	Oxydes d'azote	tonnes/an	3	15	2	14		
	COVNM	tonnes/an	135	290	122	229		
	Déchets à éliminer	tonnes/an	369	121	743	118		

A.2. Résultats de l'ACV de l'unité GPI

Les impacts environnementaux potentiels par kg de carton produit et par kg de production suivie de transformation sont indiqués dans le tableau A-3. Le transport est exclu; seuls le bois, le moulin à papier et la transformation (voir la section 4.2) sont inclus dans les nombres ci-dessous. Ces résultats sont ensuite comparés aux données des produits ondulés (à partir du tableau C-3) dans la figure A-1 et la figure A-2 pour donner une idée approximative de la façon dont les opérations de GPI se comparent aux données moyennes. En général, la production et la transformation du carton de GPI semblent avoir un impact potentiel plus faible que la production moyenne de carton ondulé aux États-Unis, et un impact potentiel à peu près identique ou supérieur à ceux de la production de carton ondulé de l'Union européenne. L'inclusion du transport entrant de fibre et des transferts inter-installations augmentera les résultats de GPI.

Tableau A-3 : Impacts environnementaux potentiels de la production et de la transformation de carton de GPI de la fabrication à la sortie d'usine (par kg)

	Par kg de production de carton uniquement				Par kg de production et de transformation de carton			
	É.-U. : Carton	É.-U. : KeelClip	UE : Carton	UE : KeelClip	É.-U. : Carton	É.-U. : KeelClip	UE : Carton	UE : KeelClip
IPCC AR5								
Changement climatique, sans CO ₂	7,99E-01	7,99E-01	7,69E-01	7,70E-01	1,04E+00	9,40E-01	9,22E-01	8,35E-01
Changement climatique, avec CO ₂	-8,74E-01	-9,46E-01	-9,04E-01	-9,76E-01	-8,96E-01	-8,76E-01	-1,10E+00	-1,07E+00
EE 3.0								
Acidification [éq. mol H ⁺]	2,95E-03	2,95E-03	2,92E-03	2,92E-03	3,99E-03	3,63E-03	3,47E-03	3,15E-03
Eutrophisation, eau douce [éq. kg P]	1,62E-05	1,62E-05	1,63E-05	1,63E-05	1,97E-05	1,78E-05	1,90E-05	1,72E-05
Eutrophisation, terrestre [éq. mol N]	1,10E-02	1,10E-02	1,11E-02	1,12E-02	1,34E-02	1,21E-02	1,30E-02	1,18E-02
Utilisation du sol [Pt]	2,84E+02	2,84E+02	2,88E+02	2,92E+02	3,06E+02	2,75E+02	3,12E+02	2,85E+02
Appauvrissement de la couche d'ozone [éq. kg CFC11]	4,78E-10	4,78E-10	5,39E-10	5,39E-10	2,98E-09	2,77E-09	5,85E-10	5,27E-10
Form. ozone photochim. [éq. kg COVNM]	3,25E-03	3,25E-03	3,25E-03	3,26E-03	3,97E-03	3,59E-03	3,79E-03	3,44E-03
Utilisation des ressources, énergie [MJ LHV]	1,12E+01	1,12E+01	1,07E+01	1,08E+01	1,50E+01	1,36E+01	1,46E+01	1,32E+01
Resp. [incidences de maladies]	1,32E-07	1,32E-07	1,29E-07	1,30E-07	1,55E-07	1,40E-07	1,53E-07	1,38E-07
Eau [éq. m ³ monde]	2,61E-01	2,61E-01	2,57E-01	2,57E-01	3,06E-01	2,76E-01	2,98E-01	2,69E-01
TRACI 2.1								
Acidification [éq. kg SO ₂]	2,75E-03	2,75E-03	2,73E-03	2,74E-03	3,65E-03	3,31E-03	3,24E-03	2,93E-03
Eutrophisation [éq. kg N]	1,03E-03	1,03E-03	1,06E-03	1,06E-03	1,17E-03	1,05E-03	1,18E-03	1,07E-03
Particules [éq. kg PM 2,5]	5,78E-04	5,78E-04	5,67E-04	5,68E-04	6,91E-04	6,25E-04	6,72E-04	6,08E-04
Appauvrissement de la couche d'ozone [éq. kg CFC11]	7,03E-10	7,03E-10	7,92E-10	7,92E-10	4,03E-09	3,74E-09	8,59E-10	7,74E-10
Ressources [surplus MJ]	1,54E+00	1,54E+00	1,48E+00	1,48E+00	1,95E+00	1,77E+00	1,78E+00	1,61E+00
Formation de smog [éq. kg O ₃]	6,77E-02	6,77E-02	6,81E-02	6,83E-02	8,16E-02	7,38E-02	7,91E-02	7,17E-02

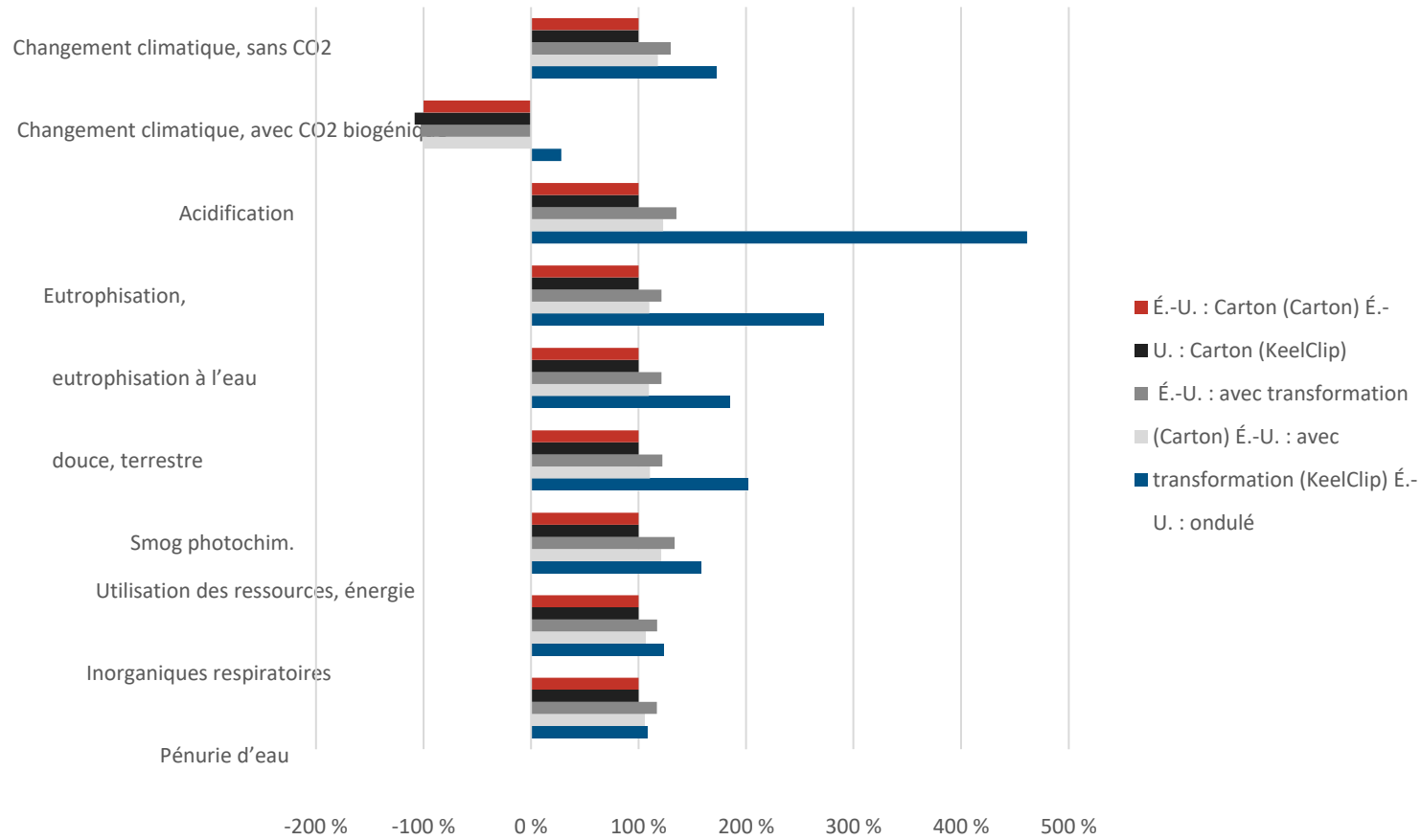


Figure A-1 : Résultats de l'ACV de la fabrication à la sortie d'usine (RE5 GIEC et EE 3.0), normalisés selon le scénario du carton américain (100 %)

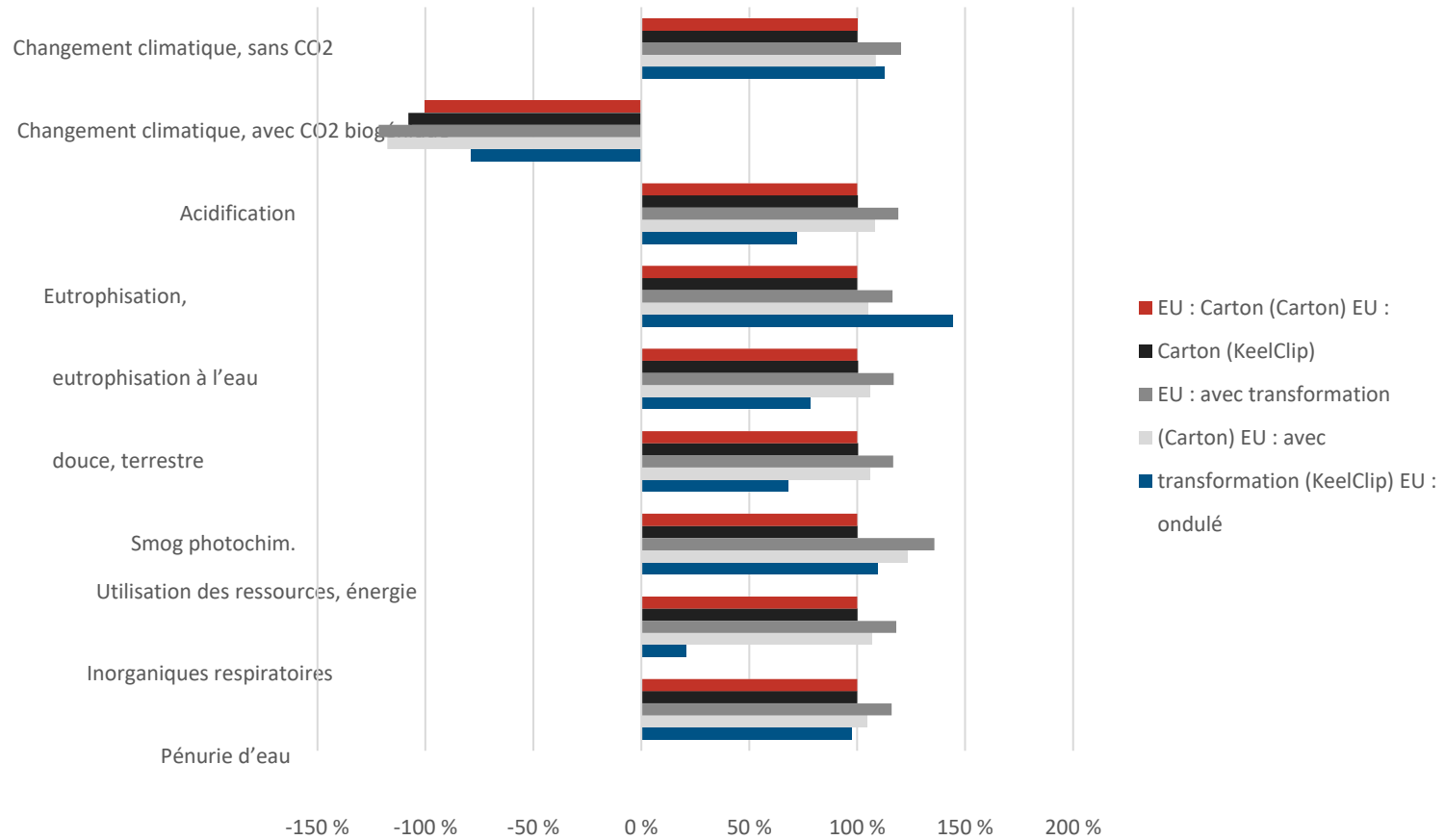


Figure ES-1-2 : Résultats de l'ACV de la fabrication à la sortie d'usine (RE5 GIEC et EE 3.0), normalisés selon le scénario du carton de l'UE (100 %)

A.3. Captures d'écran du modèle76

Pour faciliter l'examen critique, des captures d'écran de certaines parties des modèles Carton, KeelClip, Wrap+Tray et Hi-Cone GaBi sont incluses dans les figures suivantes. La figure A-3 illustre le flux de cycle de vie de haut niveau pour les concepts d'emballage Carton et KeelClip. L'emballage en carton est fabriqué, transporté à l'usine de remplissage, puis transporté chez le client et finalement éliminé. La figure A-4 montre le plan pour « Prod. d'emballage en carton » tiré de la figure A-3. Ce chiffre comprend des sous-plans pour les grumes et copeaux de résineux et de feuillus, un sous-plan représentant les activités de l'usine de carton, un processus de correction du bilan carbone (voir 3.5), un sous-plan pour la transformation et les entrées et sorties de contenu recyclé. Des détails supplémentaires pour le sous-plan « Mélange d'usine de carton » (à partir de la figure A-4) sont illustrés dans la figure A-5.

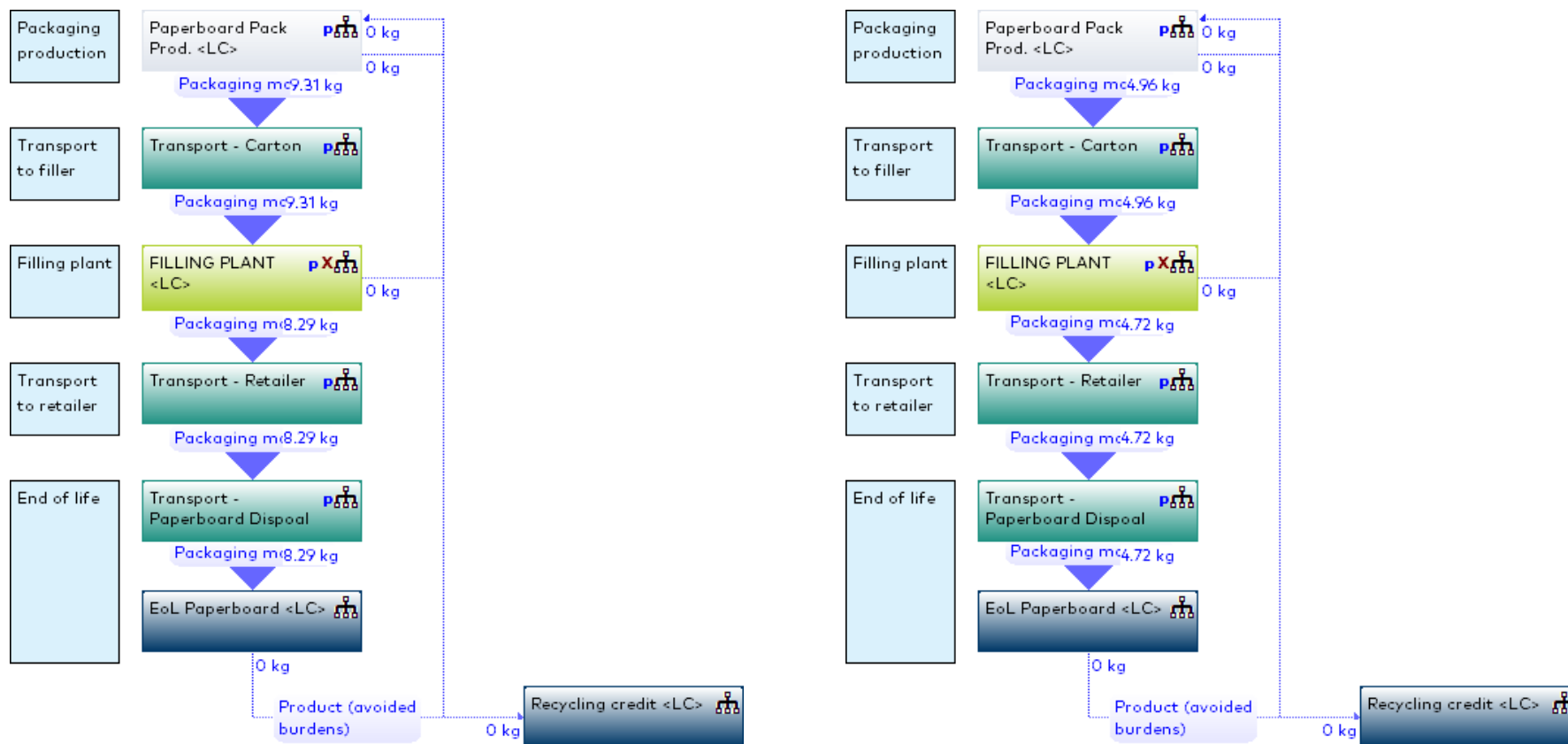


Figure A-3 : Plan de haut niveau pour l'UE : Carton (à gauche) et l'UE : KeelClip (à droite)

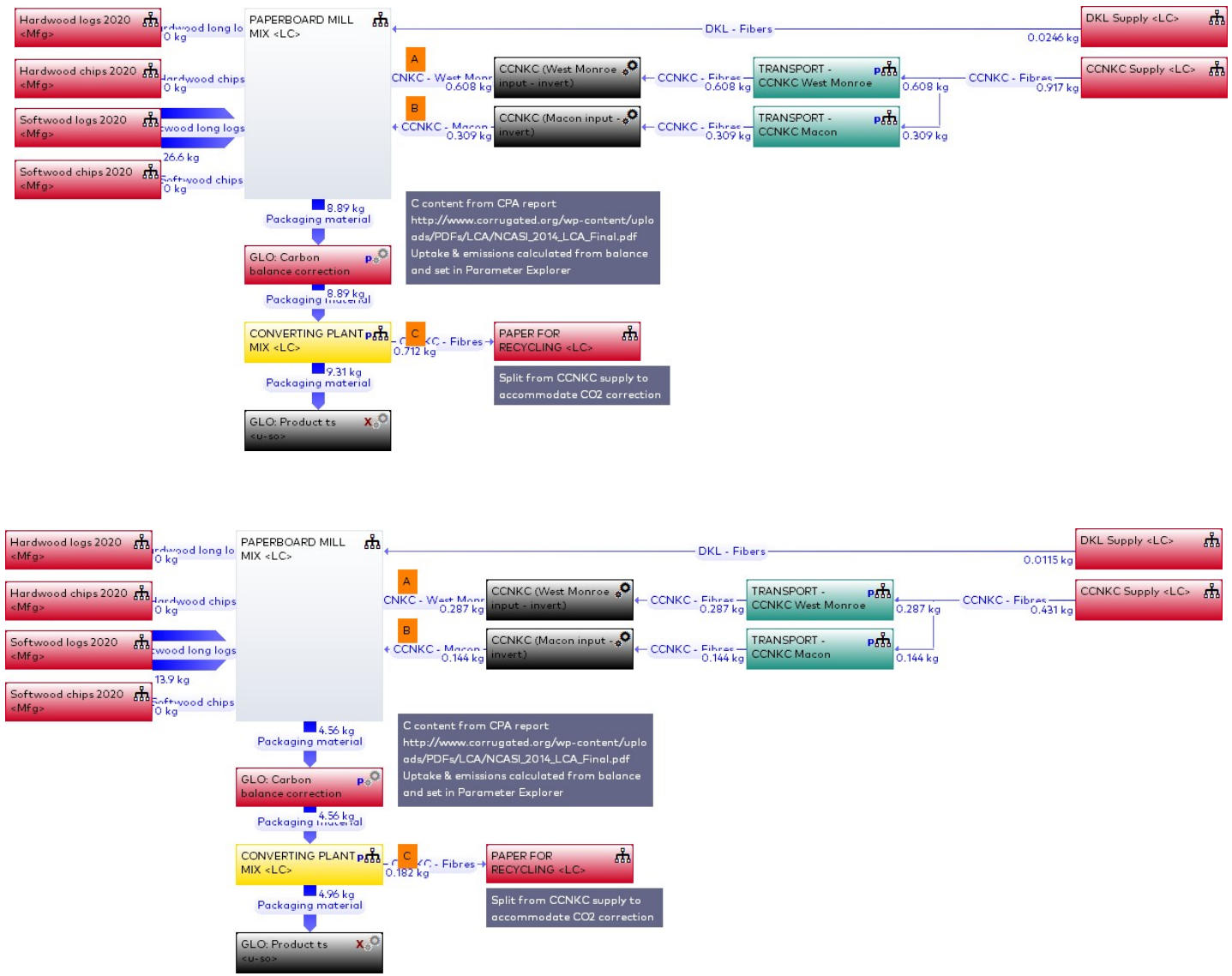


Figure A-4 : Plan de production des emballages pour l'UE : Carton (en haut) et l'UE : KeelClip (en bas)



Figure A-5 : Mélangeur d'usine de carton pour l'UE : Carton

Les plans utilisés pour modéliser le Wrap+Tray sont illustrés dans les figures de A-6 à A-8. La figure A-6 présente le flux du cycle de vie au plus haut niveau, de la production à la fin de vie. Étant donné que l'analyse de base a utilisé l'approche d'allocation de seuil, la flèche représentant le flux « Produit (charges évitées) » a une valeur nulle. La figure A-7 montre des détails supplémentaires pour le sous-plan « Production de plateaux rétractables » de la figure A-6, et la figure A-8 montre des détails supplémentaires du sous-plan « FdV de plateau et rétractable ».

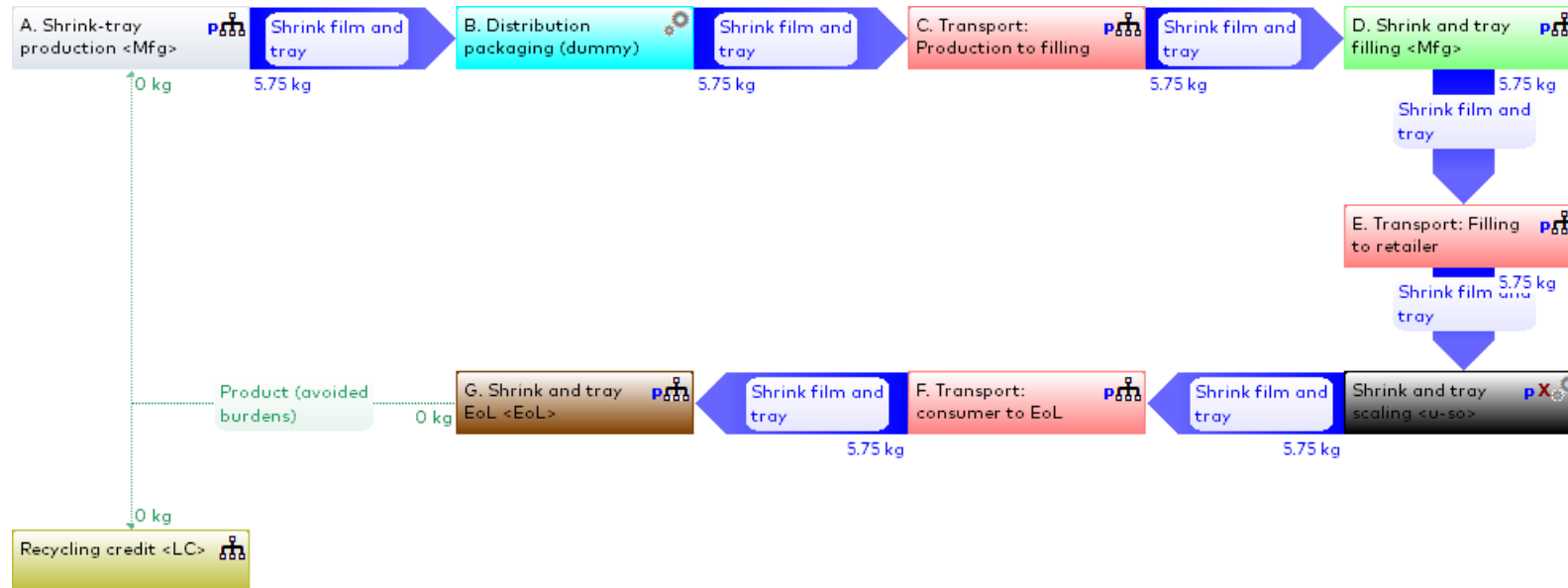


Figure A-6 : Plan de haut niveau pour l'UE : Wrap+Tray

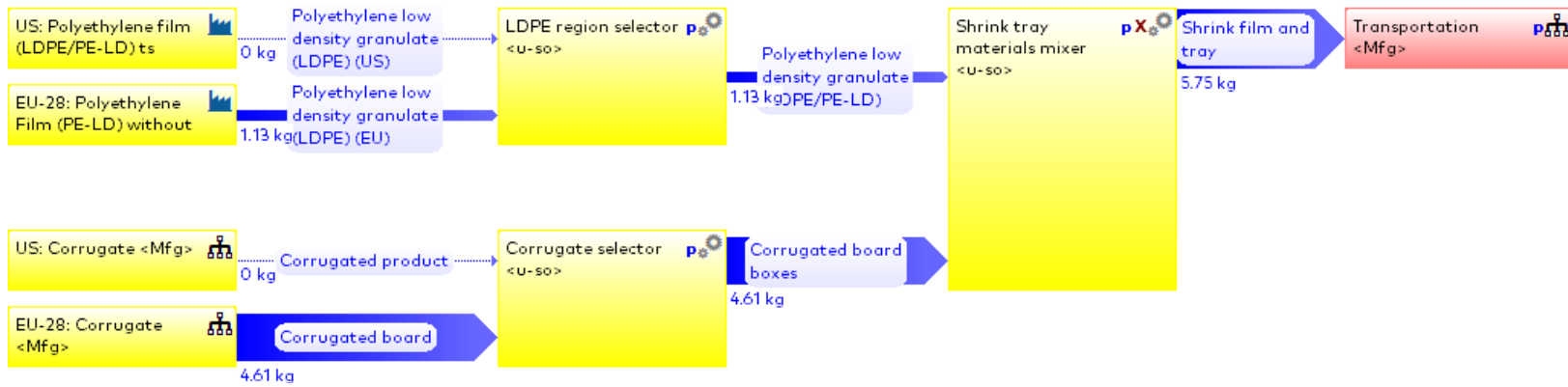


Figure A-7 : Plan de production d'emballages pour l'UE : Wrap+Tray

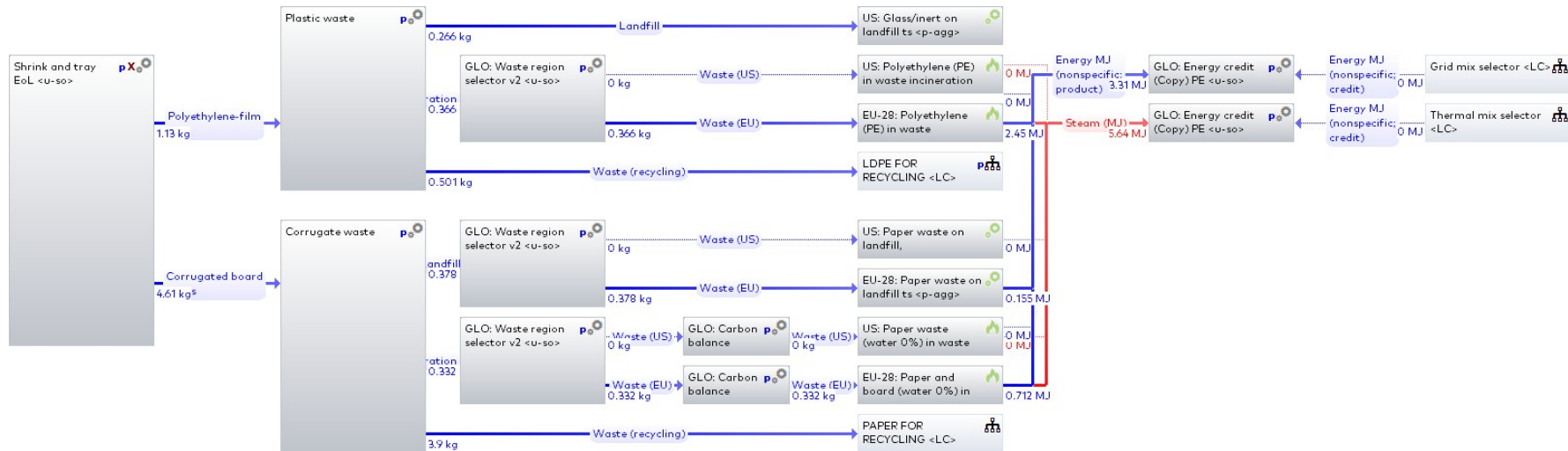


Figure A-8 : Plan de fin de vie pour l'UE : Wrap+Tray

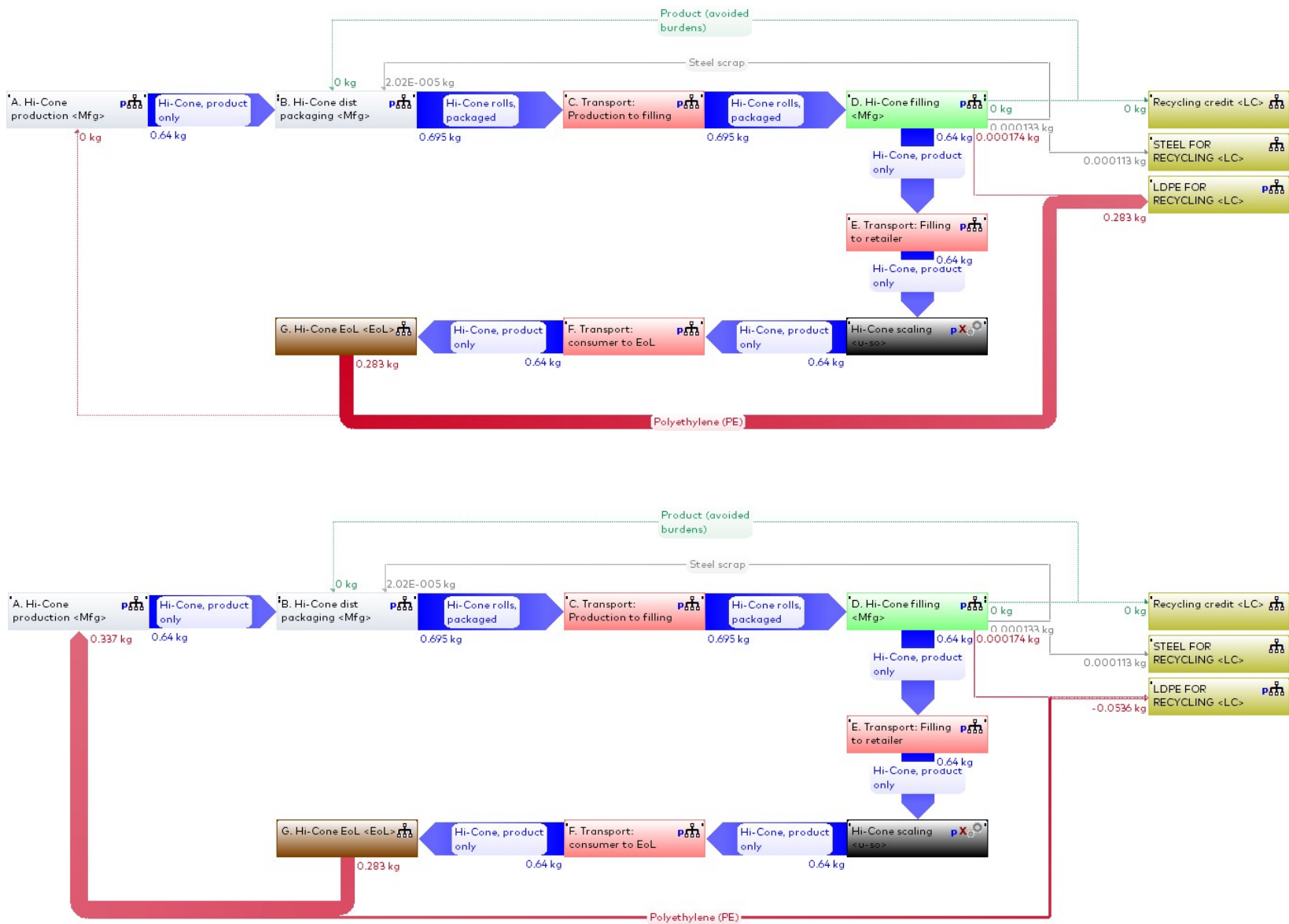


Figure A-9 : Plan de fin de vie pour l'UE : Hi-Cone, 100 % vierge (en haut) et 50 % vierge-50 % RAC (en bas)

La figure A-9 et la figure A-10 sont des captures d'écran du modèle Hi-Cone. La figure A-9 montre les modifications apportées au plan de niveau supérieur lorsque 50 % de RAC pour le plastique est utilisé (par rapport à 100 % vierge). La figure A-10 comprend des détails supplémentaires sur la partie de fin de vie du modèle Hi-Cone.

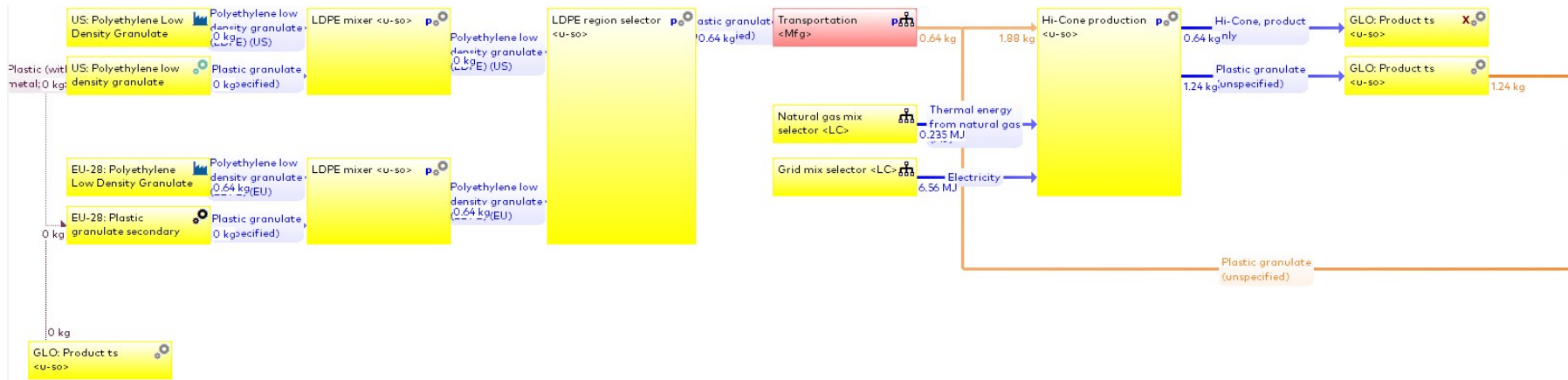


Figure A-10 : Plan de fin de vie pour l'UE : Hi-Cone, 100 % vierge

Annexe B. Résultats de l'inventaire du

Les principaux flux d'entrée et de sortie sont présentés dans le tableau B-1 et le tableau B-2, respectivement. L'ICV complet comprend généralement des centaines de flux. Par conséquent, seuls ceux qui sont pertinents pour les résultats de l'analyse d'impact de la section 4 sont présentés.

Le tableau B-1 montre les flux d'entrée pour les énergies renouvelables et non renouvelables, l'eau et le dioxyde de carbone biogénique. Les flux d'énergie et d'eau affectent respectivement l'utilisation des ressources énergétiques et les catégories d'impact de la rareté de l'eau. Le dioxyde de carbone biogénique contribue au potentiel de réchauffement climatique, bien que son facteur de caractérisation soit d'éq. $-1 \text{ kg CO}_2 / \text{kg}$. car il représente l'absorption de dioxyde de carbone de l'atmosphère en raison de la croissance de la biomasse.

Les flux de sortie sont présentés dans le tableau B-2. Les débits d'eau représentent l'eau retournée à une rivière après le traitement des eaux usées, après avoir traversé une turbine pour produire de l'énergie hydroélectrique ou après un autre processus similaire. La consommation nette d'eau est la différence entre les flux d'entrée d'eau présentés dans le tableau B-1 et les flux de sortie d'eau présentés dans le tableau B-2. Les flux d'émission représentent le rejet de substances dans l'air, l'eau et le sol. Comme mentionné ci-dessus, seuls ceux qui concernent les catégories d'impact énumérées dans la section 2.6 sont indiqués.

Tableau B-1 : Principaux flux d'entrée du ICV

Flux d'entrée	Unités	É.-U. : Carton	É.-U. : KeelClip	É.-U. : Wrap+Tray	É.-U. : Hi-Cone	UE : Carton	UE : KeelClip	UE : Wrap+Tray	UE : Hi-Cone
Énergie									
Huile brute	MJ	3,27E+01	2,39E+01	4,05E+01	1,41E+01	4,23E+01	2,89E+01	6,82E+01	3,17E+01
Anthracite et bitumineux	MJ	1,17E+01	6,43E+00	3,98E+01	8,57E+00	6,34E+00	3,56E+00	7,25E+00	3,62E+00
Lignite	MJ	6,82E-01	4,17E-01	8,84E-01	6,46E-01	1,18E+00	6,95E-01	5,79E+00	2,93E+00
Gaz naturel	MJ	9,28E+01	4,92E+01	1,13E+02	4,39E+01	8,43E+01	4,47E+01	6,44E+01	1,78E+01
Uranium	MJ	5,61E+00	3,14E+00	7,77E+00	5,38E+00	1,61E+01	8,74E+00	1,10E+01	7,06E+00
Géothermie	MJ	6,80E-02	4,02E-02	2,38E-01	1,89E-01	6,39E-02	3,76E-02	1,18E-01	8,28E-02
Hydro énergie	MJ	6,24E-01	3,70E-01	1,18E+00	9,22E-01	1,67E+00	9,33E-01	2,34E+00	1,55E+00
Solaire	MJ	3,27E+02	1,75E+02	5,17E+00	1,72E+00	3,35E+02	1,81E+02	3,39E+01	4,60E+00
Énergie éolienne	MJ	6,80E-01	4,15E-01	1,67E+00	1,34E+00	1,58E+00	8,97E-01	3,29E+00	2,35E+00
Eau									
Eau souterraine	L	1,27E+02	6,59E+01	3,04E+01	8,12E+00	1,20E+02	6,22E+01	4,87E+01	8,55E+00
Eau de lac	L	1,49E+02	8,75E+01	2,92E+02	2,33E+02	2,75E+02	1,55E+02	4,24E+02	2,75E+02
Eau de rivière	L	9,45E+02	5,84E+02	1,16E+03	8,94E+02	5,65E+03	3,11E+03	7,19E+03	4,61E+03
Ressources									
Dioxyde de carbone, biogénique	kg	2,00E+01	1,06E+01	8,18E+00	1,72E-01	1,89E+01	9,98E+00	2,87E+00	3,29E-01

Tableau B-2 : Principaux flux de sortie du ICV

Flux de sortie	Unités	É.-U. : Carton	É.-U. : KeelClip	É.-U. : Wrap+Tray	É.-U. : Hi-Cone	UE : Carton	UE : KeelClip	UE : Wrap+Tray	UE : Hi-Cone
Eau									
Eau de refroidissement vers la rivière	L	7,98E+01	4,62E+01	9,44E+01	6,84E+01	9,49E+01	5,42E+01	1,19E+02	6,69E+01
Eau traitée vers la rivière	L	2,54E+02	1,34E+02	1,28E+02	3,24E+00	2,46E+02	1,29E+02	4,82E+01	5,00E+00
Eau turbinée vers la rivière	L	8,37E+02	5,30E+02	1,35E+03	1,05E+03	5,64E+03	3,10E+03	7,42E+03	4,81E+03
Émissions dans l'air									
Ammoniac	kg	1,55E-03	8,56E-04	1,17E-03	4,29E-05	5,11E-04	2,68E-04	2,88E-04	4,99E-05
Dioxyde de carbone, biogénique	kg	1,67E+01	8,77E+00	6,55E+00	1,17E-01	1,70E+01	8,94E+00	2,28E+00	2,78E-01
Dioxyde de carbone, fossile	kg	8,91E+00	4,90E+00	9,99E+00	2,89E+00	8,81E+00	4,84E+00	7,85E+00	2,56E+00
Monoxyde de carbone	kg	2,34E-02	1,25E-02	1,05E-02	1,58E-03	2,44E-02	1,31E-02	8,84E-03	1,59E-03
Méthane	kg	2,30E-02	1,25E-02	3,15E-02	1,03E-02	2,09E-02	1,13E-02	1,71E-02	6,24E-03
Méthane, biogénique	kg	4,74E-02	2,66E-02	3,99E-02	2,21E-04	2,88E-02	1,61E-02	1,32E-02	4,48E-04
Dioxyde d'azote	kg	2,55E-04	1,36E-04	1,33E-04	2,35E-05	3,80E-04	2,01E-04	1,75E-04	2,19E-05
Monoxyde d'azote	kg	1,09E-03	5,87E-04	7,79E-04	8,89E-05	1,29E-03	6,88E-04	1,31E-03	8,25E-05
Oxydes d'azote	kg	2,55E-02	1,39E-02	2,60E-02	3,74E-03	3,79E-02	2,03E-02	1,22E-02	3,04E-03
Oxyde nitreux	kg	2,35E-04	1,28E-04	4,96E-04	4,33E-05	2,28E-04	1,24E-04	2,21E-04	4,77E-05
COV sans méthane	kg	1,85E-03	1,03E-03	3,20E-03	2,71E-04	2,25E-03	1,24E-03	3,51E-03	7,22E-04
Dioxyde de soufre	kg	1,08E-02	5,92E-03	3,73E-02	1,58E-03	1,52E-02	8,13E-03	6,04E-03	2,06E-03
Oxydes de soufre	kg	2,20E-05	1,17E-05	1,81E-06	3,63E-06	6,24E-05	3,32E-05	1,81E-06	3,63E-06
COV (non spécifié)	kg	1,67E-02	8,55E-03	0,00E+00	2,35E-05	1,61E-02	8,25E-03	0,00E+00	2,35E-05
Émissions dans l'eau douce									
Ammoniac	kg	1,55E-03	8,56E-04	1,17E-03	4,29E-05	5,11E-04	2,68E-04	2,88E-04	4,99E-05
Demande en oxygène biologique	kg	1,05E-02	5,41E-03	5,74E-03	3,10E-05	1,05E-02	5,42E-03	1,09E-03	2,15E-05
Demande en oxygène chimique	kg	1,01E-01	5,27E-02	5,01E-03	1,67E-03	1,06E-01	5,50E-02	1,14E-02	1,46E-03
Nitrate	kg	1,26E-03	6,63E-04	4,71E-04	1,10E-04	1,38E-03	7,29E-04	1,67E-03	2,02E-04
Azote organique lié	kg	1,19E-03	6,19E-04	2,42E-04	2,01E-05	1,18E-03	6,16E-04	7,43E-04	4,66E-05
Phosphate	kg	2,69E-04	1,40E-04	1,10E-04	4,80E-06	2,62E-04	1,37E-04	1,77E-04	1,06E-05
Phosphore	kg	1,10E-04	6,08E-05	1,80E-04	1,21E-06	8,29E-05	4,56E-05	5,91E-05	1,35E-06

Flux de sortie	Unités	É.-U. : Carton	É.-U. : KeelClip	É.-U. : Wrap+Tray	É.-U. : Hi-Cone	UE : Carton	UE : KeelClip	UE : Wrap+Tray	UE : Hi-Cone
Émissions dans l'eau de mer									
Ammoniac	kg	1,55E-03	8,56E-04	1,17E-03	4,29E-05	5,11E-04	2,68E-04	2,88E-04	4,99E-05
Ammonium/ammoniac	kg	1,22E-08	6,44E-09	1,94E-08	5,57E-09	1,11E-08	5,89E-09	7,42E-09	3,20E-09
Demande en oxygène biologique	kg	1,05E-02	5,41E-03	5,74E-03	3,10E-05	1,05E-02	5,42E-03	1,09E-03	2,15E-05
Demande en oxygène chimique	kg	1,01E-01	5,27E-02	5,01E-03	1,67E-03	1,06E-01	5,50E-02	1,14E-02	1,46E-03
Phosphate	kg	2,69E-04	1,40E-04	1,10E-04	4,80E-06	2,62E-04	1,37E-04	1,77E-04	1,06E-05
Phosphore	kg	1,10E-04	6,08E-05	1,80E-04	1,21E-06	8,29E-05	4,56E-05	5,91E-05	1,35E-06

Annexe C. Données de base

Des ensembles de données de base supplémentaires utilisés pour modéliser les produits chimiques et les colorants dans les usines de papier et les usines de transformation GPI sont fournis dans le tableau C-1. Les ensembles de données clés se trouvent dans la section 3.6.

Tableau C-1 : Autres jeux de données sur les matériaux et les procédés utilisés dans l'analyse des stocks

Matériau/Processus	Référence géographique	Ensemble de données	Fournisseur de données	Année de réf.	Proxy?
Eau	É.-U.	É.-U. : Eau désionisée	Sphera	2019	Non
Eau du robinet	É.-U.	É.-U. : Eau du robinet provenant des eaux souterraines	Sphera	2019	Non
Eau du robinet	France	EU-28 : Eau du robinet provenant des eaux souterraines	Sphera	2019	Non
Produits chimiques					
Alun	É.-U.	É.-U. : Sulfate d'aluminium (estimation)	Sphera	2019	Non
Hydroxyde de calcium	É.-U.	É.-U. : Hydroxyde de calcium (Ca(OH) ₂ ; sec; chaux éteinte)	Sphera	2019	Non
Amidon cationique	É.-U.	É.-U. : Amidon séché (mouture humide de maïs) (allocation économique)	Sphera	2019	Non
Anti-mousse	É.-U.	É.-U. : Cire/paraffines à la raffinerie	Sphera	2016	Non
	É.-U.	É.-U. : Propylène glycol (par hydrogénation PO)	Sphera	2019	Non
Agents de dispersion	É.-U.	GLO : agent de savonnage (acide phosphonique et stabilisants de mousse)	Sphera	2019	Oui
	É.-U.	É.-U. : Hydroxyde de sodium (provenant de l'électrolyse chloro-alcali, diaphragme)	Sphera	2019	Non
	É.-U.	DE : Dispersion de polyacrylate (contenu solide)	Sphera	2019	Oui
	É.-U.	É.-U. : Superphosphate triple (SPT)	Sphera	2019	Oui
Résistance à sec (acrylamide)	É.-U.	É.-U. : Acrylonitrile (AN) sous forme de sulfate d'ammonium, cyanure d'hydrogène	Sphera	2019	Non
	É.-U.	É.-U. : Acide sulfurique mélange aq. (96 %)	Sphera	2019	Non
	É.-U.	É.-U. : Ammoniac (NH ₃) sans récupération de CO ₂ (émissions de dioxyde de carbone dans l'air)	Sphera	2019	Non
Engrais	É.-U.	É.-U. : Concentré de phosphate (phosphate brut 31,9 %)	Sphera	2019	Non
	É.-U.	É.-U. : Nitrate d'ammonium (AN, solution)	Sphera	2019	Non

Floculant	É.-U.	DE : Polyacrylamide (cationique), poudre	Sphera	2019	Oui
Amidon oxydé	É.-U.	É.-U. : Amidon (de blé d'hiver)	Sphera	2019	Non
Colophane	É.-U.	EU-28 : Colophonie (colophane)	Sphera	2019	Oui
Carbonate de sodium	É.-U.	É.-U. : Soda (Na ₂ CO ₃)	Sphera	2019	Non
Hydrosulfure de sodium	É.-U.	EU-28 : Sulfure d'hydrogène	Sphera	2019	Oui

Matériau/Processus	Référence géographique	Ensemble de données	Fournisseur de données	Année de réf.	Proxy?
	É.-U.	É.-U. : Hydroxyde de sodium (provenant de l'électrolyse chlore-alkali, diaphragme)	Sphera	2019	Oui
Hydroxyde de sodium	É.-U.	É.-U. : Mélange d'hydroxyde de sodium (soude caustique) (100 %)	Sphera	2019	Non
Hypochlorite de sodium	É.-U.	É.-U. : Solution d'hypochlorite de sodium	Sphera	2019	Non
Acide sulfurique	É.-U.	É.-U. : Acide sulfurique mélange aq. (96 %)	Sphera	2019	Non
Polymère de traitement de l'eau	É.-U.	É.-U. : Cire/paraffines à la raffinerie	Sphera	2016	Oui
	É.-U.	É.-U. : Anhydride maléique (MSA) (par oxydation du xylol)	Sphera	2019	Oui
	É.-U.	DE : Acrylamide (hydratation enzymatique) (solution à 50 %)	Sphera	2019	Oui
	É.-U.	É.-U. : Acide citrique (provenant de l'amidon)	Sphera	2019	Oui
Résistance à l'état humide (polyamide épichlorohydrine)	É.-U.	É.-U. : Granulé de polyamide 6 (PA 6)	Sphera	2019	Oui
	É.-U.	É.-U. : Glycérine (issue de l'épichlorohydrine)	Sphera	2019	Oui
Colorants					
Argile AK	É.-U.	É.-U. : Kaolin (extraction et transformation)	Sphera	2019	Non
Alco-gomme	É.-U.	GLO : Agent savonneux (polymère acrylique)	Sphera	2019	Oui
Ammoniaque	É.-U.	É.-U. : Ammoniaque (part du poids 25 % NH3)	Sphera	2019	Non
Argile BR	É.-U.	É.-U. : Kaolin (extraction et transformation)	Sphera	2019	Non
Colorants	É.-U.	DE : Colorants	Sphera	2019	Oui
Glyoxal	É.-U.	É.-U. : Éthylène glycol (à partir d'éthène et d'oxygène par OE)	Sphera	2019	Non
Polyco 2160	É.-U.	EU-28 : Polyacétate de vinyle (PVAC) (estimation)	Sphera	2019	Oui
Polyco 3960	É.-U.	EU-28 : Polyacétate de vinyle (PVAC) (estimation)	Sphera	2019	Oui
	É.-U.	É.-U. : Acide acrylique (propène)	Sphera	2019	Non
Latex SA	É.-U.	EU-28 : Acrylate de styrène	Sphera	2019	Non
Sterocoll	É.-U.	É.-U. : Amidon séché (mouture humide de maïs) (allocation économique)	Sphera	2019	Oui
	É.-U.	DE : Acrylate de méthyle à partir d'acide acrylique par estérification	Sphera	2019	Oui
Dioxyde de titane	É.-U.	É.-U. : Pigment de dioxyde de titane (procédé au sulfate)	Sphera	2019	Non
Argile TR	É.-U.	É.-U. : Kaolin (extraction et transformation)	Sphera	2019	Non
Transformation					

Colle froide	É.-U., France	DE : Polyacétate de vinyle (PVAC) (estimation)	Sphera	2019	Oui
Extenseur	É.-U., France	É.-U. : Diméthylamine	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : oxyde d'éthylène (OE) par air	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : Isopropanol	Sphera	2019	Oui

Matériau/Processus	Référence géographique	Ensemble de données	Fournisseur de données	Année de réf.	Proxy?
Colle thermofusible	É.-U., France	É.-U. : Propylène glycol (par hydrogénation PO)	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	DE : Urée (procédé Stamicarbon)	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	DE : Polyacétate de vinyle (PVAC) (estimation)	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : Cire/paraffines à la raffinerie	Sphera	2016	Oui
	É.-U., France	EU-28 : Colophonie (colophane)	Sphera	2019	Oui
Encre d'image	É.-U., France	DE : Colorants	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : Éthanol (96 %) (hydrogénation avec de l'acide nitrique)	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : Isopropanol	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : méthanol de gaz naturel (reformage combiné)	Sphera	2019	Oui
Encre	É.-U., France	DE : Styrene acrylonitrile (SAN)	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	GLO : Agent savonneux (polymère acrylique)	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : urée (procédé stamicarbon)	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : Ammoniaque (part du poids 25 % NH3)	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : Isopropanol	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : Glycérine (issue de l'épichlorohydrine)	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : Éthylène glycol (à partir d'éthène et d'oxygène par OE)	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	DE : Colorants	Sphera	2019	Oui
Isopropanol	É.-U., France	É.-U. : Isopropanol	Sphera	2019	Oui
Liquide de composition	É.-U., France	É.-U. : Éthanol (96 %) (hydrogénation avec de l'acide nitrique)	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : méthylisobutylcétone (MIBK)	Sphera	2019	Oui
Brillant flexo antidérapant	É.-U., France	É.-U. : Ammoniaque (part du poids 25 % NH3)	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : Isopropanol	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : Film polyéthylène (PEbd/LDPE)	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	DE : Styrene acrylonitrile (SAN)	Sphera	2019	Oui
régulateur de pH	É.-U., France	É.-U. : Diméthylamine	Sphera	2019	Oui
	É.-U., France	É.-U. : oxyde d'éthylène (OE) par air	Sphera	2019	Oui

Des informations supplémentaires sur le mélange de grumes de résineux américains, utilisé pour modéliser les grumes pour les usines de GPI, sont fournies dans le tableau C-2. Cet ensemble de données est utilisé en interne chez Sphera et a été développé pour modéliser le bois d'œuvre américain et adapter les données FEFCO européennes aux conditions américaines. Il a été choisi par rapport à l'ensemble de données de CORRIM sur le bois d'œuvre résineux, car le bois comprend le séchage au four, ce qui n'est pas nécessaire pour les grumes envoyées à une usine de carton.

L'ensemble de données sur les résineux suppose un mélange de 50 % de pin et 50 % d'épinette. La sylviculture et la récolte du pin et
LCA sur les emballages



de l'épinette, à son tour, sont modélisées. On suppose que les grumes contiennent 100 % d'humidité à leur arrivée aux usines de GPI.

Tableau C-2 : Résultats de l'ACV sur les résineux américains (par kg)

	É.-U. : Mélange de bois résineux	États-Unis : piste forestière sans grume de pin	États-Unis : piste forestière sans grume d'épinette
IPCC AR5			
Changement climatique, sans CO ₂	8,58E-01	1,36E+00	2,12E+00
Changement climatique, avec CO ₂	-7,20E-01	2,48E-01	2,12E+00
EE 3.0			
Acidification [éq. mol H ⁺]	2,09E-03	1,36E-02	6,09E-03
Eutrophisation, eau douce [éq. kg P]	2,34E-05	4,39E-05	2,83E-06
Eutrophisation, terrestre [éq. mol N]	8,64E-03	2,03E-02	1,29E-02
Rayonnement ionisant [éq. kBq U235]	5,11E-04	4,67E-04	5,44E-04
Utilisation du sol [Pt]	4,88E+01	2,25E+00	4,50E-01
Appauvrissement de la couche d'ozone [éq. kg CFC11]	1,45E-11	5,14E-08	4,64E-15
Form. ozone photochim. [éq. kg COVNM]	2,20E-03	6,53E-03	5,71E-03
Utilisation des ressources, énergie [MJ LHV]	1,16E+01	1,76E+01	7,72E+01
Resp. [incidences de maladies]	2,65E-08	1,62E-07	5,40E-08
Eau [éq. m ³ monde]	2,50E-01	2,81E-01	4,71E-01
TRACI 2.1			
Acidification [éq. kg SO ₂]	1,89E-03	1,14E-02	5,24E-03
Eutrophisation [éq. kg N]	6,82E-04	8,86E-04	2,72E-04
Particules [éq. kg PM 2,5]	1,31E-04	9,43E-04	3,23E-04
Appauvrissement de la couche d'ozone [éq. kg CFC11]	1,93E-11	6,84E-08	6,19E-15
Ressources [surplus MJ]	1,43E+00	1,69E+00	1,04E+01
Formation de smog [éq. kg O ₃]	4,58E-02	1,15E-01	7,97E-02

Le tableau C-3 présente les résultats de l'ACVI pour 1 kg de carton ondulé et 1 kg de film en PEbd, représentés par des ensembles de données américains et européens moyens. Ces ensembles de données sont répertoriés dans le tableau 3-13 et sont utilisés pour modéliser le scénario d'emballage Wrap+Tray, ainsi que l'emballage de distribution pour les scénarios Carton, KeelClip et Hi-Cone. Le carton ondulé moyen européen est basé sur les données FEFCO (FEFCO, 2015) et représente un produit à 94 % de contenu recyclé; l'ensemble de données moyen aux États-Unis est basé sur l'étude du NCASI (NCASI, 2017) et représente un produit contenant 52 % de contenu recyclé.

Tableau C-3 : Moyenne européenne par rapport aux États-Unis pour les films ondulés et PEbd (par kg)

	É.-U. : Ondulé	UE : Ondulé	É.-U. : Film en PEbd	UE : Film PEbd
IPCC AR5				
Changement climatique, sans CO ₂	1,36E+00	8,58E-01	3,04E+00	2,12E+00
Changement climatique, avec CO ₂	2,48E-01	-7,20E-01	3,04E+00	2,12E+00
EE 3.0				
Acidification [éq. mol H ⁺]	1,36E-02	2,09E-03	4,52E-03	6,09E-03
Eutrophisation, eau douce [éq. kg P]	4,39E-05	2,34E-05	1,71E-06	2,83E-06
Eutrophisation, terrestre [éq. mol N]	2,03E-02	8,64E-03	1,71E-02	1,29E-02
Rayonnement ionisant [éq. kBq U235]	1,90E-02	4,99E-02	9,42E-02	1,76E-01
Utilisation du sol [Pt]	2,25E+00	4,88E+01	1,37E+00	4,50E-01
Appauvrissement de la couche d'ozone [éq. kg CFC11]	5,14E-08	1,45E-11	2,85E-15	4,64E-15
Form. ozone photochim. [éq. kg COVNM]	6,53E-03	2,20E-03	4,72E-03	5,71E-03
Utilisation des ressources, énergie [MJ LHV]	1,76E+01	1,16E+01	8,81E+01	7,72E+01
Resp. [incidences de maladies]	1,62E-07	2,65E-08	3,75E-08	5,40E-08
Eau [éq. m ³ monde]	2,81E-01	2,50E-01	4,64E-01	4,71E-01
TRACI 2.1				
Acidification [éq. kg SO ₂]	1,14E-02	1,89E-03	4,10E-03	5,24E-03
Eutrophisation [éq. kg N]	8,86E-04	6,82E-04	2,82E-04	2,72E-04
Particules [éq. kg PM 2,5]	9,43E-04	1,31E-04	2,11E-04	3,23E-04
Appauvrissement de la couche d'ozone [éq. kg CFC11]	6,84E-08	1,93E-11	3,80E-15	6,19E-15
Ressources [surplus MJ]	1,69E+00	1,43E+00	1,19E+01	1,04E+01
Formation de smog [éq. kg O ₃]	1,15E-01	4,58E-02	9,91E-02	7,97E-02

Annexe D. Autres résultats ACV

Les résultats de l'analyse d'impact du cycle de vie pour les catégories d'impact TRACI 2.1 sont inclus dans cette section. Un résumé de ces résultats est présenté sous forme d'analyse de scénario dans la section 4.3.2. Les tableaux suivants comprennent la ventilation par étape du cycle de vie.

Tableau D-1 : Résultats d'acidification (TRACI 2.1) par unité fonctionnelle [éq. kg SO₂]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	3,80E-03	1,95E-03	-	-	3,83E-03	2,00E-03	-	-
Usine de papier	2,05E-02	1,05E-02	-	-	2,04E-02	1,04E-02	-	-
Transformation	5,84E-03	3,11E-03	-	-	2,52E-03	1,34E-03	-	-
Production	-	-	5,74E-02	3,84E-03	-	-	1,46E-02	4,06E-03
Emballage	-	-	0,00E+00	1,79E-04	-	-	0,00E+00	1,79E-04
Remplissage	5,94E-04	1,14E-03	1,28E-03	1,23E-04	4,67E-04	1,08E-03	1,33E-03	1,19E-04
Transport	1,68E-03	8,77E-04	9,66E-04	3,46E-04	1,87E-02	9,60E-03	9,66E-04	3,46E-04
Fin de vie	4,61E-03	2,62E-03	2,79E-03	1,25E-04	5,93E-04	3,38E-04	4,68E-04	7,81E-05
Total	3,70E-02	2,02E-02	6,24E-02	4,62E-03	4,64E-02	2,48E-02	1,74E-02	4,78E-03

Tableau D-2 : Résultats d'eutrophisation (TRACI 2.1) par unité fonctionnelle [éq. kg N]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	3,11E-04	1,59E-04	-	-	3,13E-04	1,64E-04	-	-
Usine de papier	8,86E-03	4,54E-03	-	-	9,07E-03	4,65E-03	-	-
Transformation	4,72E-04	2,52E-04	-	-	3,99E-04	2,13E-04	-	-
Production	-	-	4,41E-03	2,73E-04	-	-	3,45E-03	3,12E-04
Emballage	-	-	0,00E+00	1,81E-05	-	-	0,00E+00	1,81E-05
Remplissage	7,47E-05	1,58E-04	9,70E-05	1,03E-05	5,13E-05	1,46E-04	1,24E-04	1,13E-05
Transport	2,69E-04	1,41E-04	1,08E-04	3,05E-05	9,27E-04	4,78E-04	1,08E-04	3,05E-05
Fin de vie	7,84E-04	4,46E-04	4,49E-04	7,51E-06	1,21E-04	6,90E-05	7,62E-05	4,96E-06
Total	1,08E-02	5,70E-03	5,06E-03	3,40E-04	1,09E-02	5,72E-03	3,76E-03	3,76E-04

Tableau D-3 : Résultats des particules pour la santé humaine (TRACI 2.1) par unité fonctionnelle [éq. kg PM2,5]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	4,32E-04	2,21E-04	-	-	4,35E-04	2,27E-04	-	-
Usine de papier	4,70E-03	2,41E-03	-	-	4,61E-03	2,36E-03	-	-
Transformation	5,86E-04	3,12E-04	-	-	5,22E-04	2,78E-04	-	-
Production	-	-	4,59E-03	2,17E-04	-	-	9,68E-04	2,10E-04
Emballage	-	-	0,00E+00	3,33E-05	-	-	0,00E+00	3,33E-05
Remplissage	2,84E-05	6,80E-05	8,47E-05	7,54E-06	2,55E-05	6,64E-05	7,50E-05	6,47E-06
Transport	9,47E-05	4,96E-05	3,44E-05	1,54E-05	1,72E-03	8,83E-04	3,44E-05	1,54E-05
Fin de vie	1,02E-04	5,83E-05	6,99E-05	7,27E-06	2,03E-05	1,16E-05	1,76E-05	3,53E-06
Total	5,95E-03	3,12E-03	4,78E-03	2,81E-04	7,33E-03	3,83E-03	1,09E-03	2,69E-04

Tableau D-4 : Résultats des ressources, fossiles (TRACI 2.1) par unité fonctionnelle [surplus MJ]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	9,02E-01	4,62E-01	-	-	9,08E-01	4,75E-01	-	-
Usine de papier	1,27E+01	6,51E+00	-	-	1,21E+01	6,20E+00	-	-
Transformation	2,41E+00	1,28E+00	-	-	1,65E+00	8,77E-01	-	-
Production	-	-	2,14E+01	8,31E+00	-	-	1,84E+01	7,06E+00
Emballage	-	-	0,00E+00	3,44E-02	-	-	0,00E+00	3,44E-02
Remplissage	3,36E-01	1,30E+00	8,75E-01	7,39E-02	2,88E-01	1,27E+00	4,62E-01	3,94E-02
Transport	1,96E+00	1,03E+00	5,60E-01	1,03E-01	3,37E+00	1,75E+00	5,60E-01	1,03E-01
Fin de vie	1,80E-01	1,02E-01	1,78E-01	4,37E-02	1,17E-01	6,67E-02	1,02E-01	2,07E-02
Total	1,85E+01	1,07E+01	2,30E+01	8,56E+00	1,84E+01	1,06E+01	1,95E+01	7,26E+00

Tableau D-5 : Résultats de la formation de smog (TRACI 2.1) par unité fonctionnelle [éq. kg O₃]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	1,28E-01	6,56E-02	-	-	1,29E-01	6,74E-02	-	-
Usine de papier	4,72E-01	2,42E-01	-	-	4,74E-01	2,43E-01	-	-
Transformation	7,35E-02	3,91E-02	-	-	4,99E-02	2,66E-02	-	-
Production	-	-	6,43E-01	7,98E-02	-	-	3,02E-01	6,44E-02
Emballage	-	-	0,00E+00	2,59E-03	-	-	0,00E+00	2,59E-03
Remplissage	7,39E-03	2,20E-02	1,82E-02	1,65E-03	7,84E-03	2,23E-02	1,77E-02	1,56E-03
Transport	3,66E-02	1,92E-02	2,19E-02	1,09E-02	3,75E-01	1,93E-01	2,19E-02	1,09E-02
Fin de vie	2,12E-02	1,20E-02	1,53E-02	2,00E-03	1,09E-02	6,22E-03	8,38E-03	1,30E-03
Total	7,38E-01	4,00E-01	6,98E-01	9,69E-02	1,05E+00	5,58E-01	3,50E-01	8,07E-02

Les résultats de l'EF 3.0 pour les rayonnements ionisants et l'utilisation des sols sont également inclus dans cette annexe. Les rayonnements ionisants sont ajoutés parce que l'installation de transformation de GPI en France, où l'énergie nucléaire représente une part importante du mélange de réseaux, est utilisée pour représenter la transformation du carton en Europe (bien que GPI dispose d'installations de transformation ailleurs en Europe). L'utilisation des terres est ajoutée pour traiter la foresterie et l'exploitation minière



requises par le papier et le plastique, respectivement.

Les résultats des rayonnements ionisants sont indiqués dans la figure D-1 et le tableau D-6. La transformation domine les résultats de Carton et KeelClip pour l'Europe en raison du mélange de réseaux de la France, qui utilise beaucoup d'énergie nucléaire. L'énergie nucléaire dans le mélange de réseaux moyen en Europe influence également la production et le remplissage de Wrap+Tray et Hi-Cone, qui sont modélisés avec des ensembles de données moyens européens.

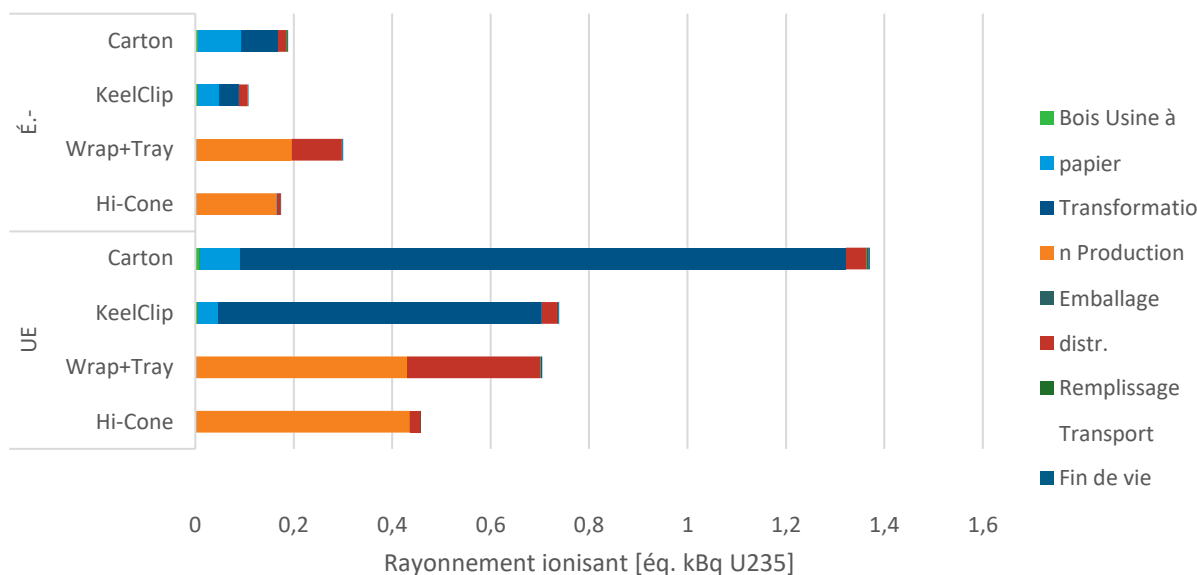


Figure D-1 : Résultats des rayonnements ionisants (EE 3.0) par unité fonctionnelle

Tableau D-6 : Résultats des rayonnements ionisants (EE 3.0) par unité fonctionnelle [éq. kBq U235]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	6,74E-03	3,46E-03	-	-	6,79E-03	3,55E-03	-	-
Usine de papier	8,69E-02	4,46E-02	-	-	8,50E-02	4,36E-02	-	-
Transformation	7,43E-02	3,96E-02	-	-	1,23E+00	6,55E-01	-	-
Production	-	-	1,95E-01	1,64E-01	-	-	4,30E-01	4,35E-01
Emballage	-	-	0,00E+00	8,36E-04	-	-	0,00E+00	8,36E-04
Remplissage	1,66E-02	1,84E-02	1,03E-01	8,40E-03	4,12E-02	3,27E-02	2,71E-01	2,21E-02
Transport	2,29E-03	1,20E-03	8,13E-04	1,50E-04	4,00E-03	2,07E-03	8,13E-04	1,50E-04
Fin de vie	1,54E-03	8,77E-04	1,54E-03	3,85E-04	3,38E-03	1,92E-03	3,30E-03	8,3E-04
Total	1,88E-01	1,08E-01	3,00E-01	1,74E-01	1,37E+00	7,39E-01	7,5E-01	4,8E-01

Les résultats de l'utilisation des terres sont affichés dans la figure D-2 et le tableau D-7. Ces résultats pour le Carton et le KeelClip sont stimulés par la production de grumes de résineux et d'autres biomasses. Le concept d'emballage Wrap+Tray pour le marché final européen a un impact beaucoup plus faible puisque le carton ondulé est censé être produit principalement à partir de contenu recyclé. Le Wrap+Tray pour le marché final américain a un impact encore plus faible, peut-être parce que l'ensemble de données LCI moyen ne tient pas entièrement compte de l'utilisation des terres.

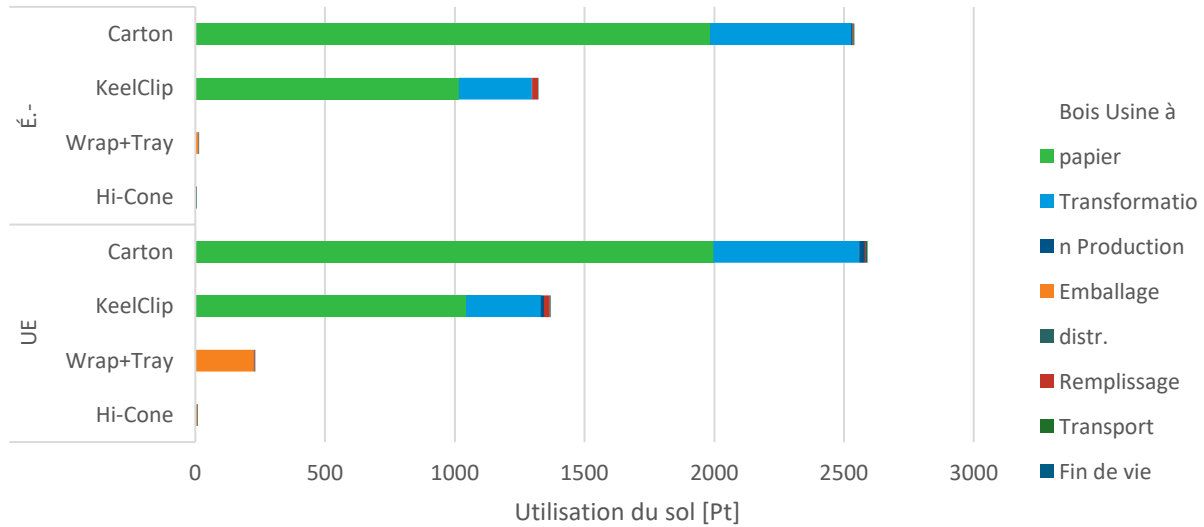


Figure D-2 : Résultats de l'utilisation des terres (EE 3.0) par unité fonctionnelle

Tableau D-7 : Résultats de l'utilisation des terres (EE 3.0) par unité fonctionnelle [Pt]

	É.-U.				UE			
	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone	Carton	KeelClip	Wrap+Tray	Hi-Cone
Bois	1,98E+03	1,2E+03	-	-	2,00E+03	1,4E+03	-	-
Usine de papier	5,46E+02	2,80E+02	-	-	5,62E+02	2,88E+02	-	-
Transformation	4,54E+00	2,42E+00	-	-	2,26E+01	1,20E+01	-	-
Production	-	-	1,19E+01	2,17E+00	-	-	2,26E+02	5,61E+00
Emballage	-	-	0,00E+00	2,0E+00	-	-	0,00E+00	2,0E+00
Remplissage	3,5E+00	2,9E+01	1,28E+00	1,7E-01	3,87E+00	2,21E+01	3,47E+00	2,84E-01
Transport	3,33E+00	1,74E+00	9,51E-01	1,76E-01	4,7E+00	2,17E+00	9,51E-01	1,76E-01
Fin de vie	1,1E-01	9,5E-02	1,72E-01	4,4E-02	1,20E-01	6,84E-02	1,27E-01	3,0E-02
Total	2,54E+03	1,32E+03	1,43E+01	4,69E+00	2,59E+03	1,37E+03	2,0E+02	8,0E+00

Annexe E. Années

Au cours de la dernière décennie, GPI a mené de nombreuses ACV de ses propres produits ainsi que de produits concurrents. Des résultats supplémentaires sont fournis dans cette annexe pour assurer la continuité avec les analyses précédentes.

E.1. Révision des résultats précédents

Le tableau E-1 et le tableau E-2 fournissent les résultats générés en entrant les données des années précédentes dans le modèle actuel. Tous les résultats représentent une unité fonctionnelle (c.-à-d. 1 000 canettes de boisson de 12 oz.).

Tableau E-1 : Résultats des cartons de 18 paquets basés sur les données de 2012

	Total	Bois	Usine de papier	Transformation	Remplissage	Transport	Fin de vie
IPCC AR5							
Changement climatique, sans CO ₂ biogénique	1,14E+01	5,8E-01	6,76E+00	1,30E+00	1,87E-01	6,80E-01	1,92E+00
Changement climatique, incluant CO ₂ biogénique	6,97E+00	-1,22E+01	4,78E+00	5,0E-01	7,3E-01	6,6E-01	1,24E+01
EE 3.0							
Acidification [éq. mol H ⁺]	4,87E-02	4,6E-03	3,5E-02	6,6E-03	3,96E-04	1,27E-03	5,77E-03
Eutrophisation, eau douce [éq. kg P]	1,52E-04	3,83E-06	7,43E-05	1,78E-05	9,59E-07	4,65E-06	5,03E-05
Eutrophisation, terrestre [éq. mol N]	1,60E-01	2,43E-02	9,25E-02	1,12E-02	1,15E-03	6,28E-03	2,50E-02
Utilisation du sol [Pt]	2,40E+03	2,22E+03	1,75E+02	2,92E+00	3,52E+00	2,17E+00	2,26E-01
Appauvrissement de la couche d'ozone [éq. kg CFC11]	2,00E-08	2,31E-16	7,49E-14	2,00E-08	1,96E-13	5,42E-17	3,05E-16
Form. ozone photochim. [éq. kg COVNM]	4,20E-02	6,67E-03	2,75E-02	3,54E-03	2,86E-04	1,22E-03	2,80E-03
Utilisation des ressources, énergie [MJ LHV]	1,54E+02	7,57E+00	1,10E+02	2,21E+01	3,39E+00	8,98E+00	1,89E+00
Resp. [incidences de maladies]	1,52E-06	1,12E-07	1,27E-06	7,10E-08	3,70E-09	1,58E-08	4,31E-08
Eau [éq. m ³ monde]	3,40E+00	5,12E-02	3,07E+00	1,79E-01	3,09E-02	5,59E-02	1,70E-02
TRACI 2.1							
Acidification [éq. kg SO ₂]	4,62E-02	4,26E-03	2,79E-02	5,27E-03	3,70E-04	1,15E-03	7,26E-03
Eutrophisation [éq. kg N]	8,61E-03	3,48E-04	6,34E-03	4,30E-04	4,20E-05	1,79E-04	1,27E-03
Particules [éq. kg PM 2,5]	6,86E-03	4,83E-04	5,72E-03	4,13E-04	2,20E-05	6,51E-05	1,58E-04
Appauvrissement de la couche d'ozone [éq. kg CFC11]	2,66E-08	3,08E-16	9,99E-14	2,66E-08	2,62E-13	7,23E-17	4,07E-16
Ressources [surplus MJ]	1,82E+01	1,01E+00	1,29E+01	2,45E+00	3,14E-01	1,28E+00	2,46E-01
Formation de smog [éq. kg O ₃]	8,48E-01	1,43E-01	5,82E-01	6,45E-02	5,82E-03	2,52E-02	2,77E-02

Tableau E-2 : Résultats des cartons de 18 paquets basés sur les données de 2014

	Total	Bois	Usine de papier	Transformation	Remplissage	Transport	Fin de vie
IPCC AR5							
Changement climatique, sans CO ₂ biogénique	1,01E+01	5,37E-01	5,53E+00	1,26E+00	1,88E-01	6,79E-01	1,92E+00
Changement climatique, incluant CO ₂ biogénique	5,50E+00	-9,85E+00	9,82E-01	5,61E-01	7,75E-01	6,6E-01	1,24E+01
EE 3.0							
Acidification [éq. mol H ⁺]	4,87E-02	4,23E-03	3,09E-02	6,10E-03	3,96E-04	1,27E-03	5,77E-03
Eutrophisation, eau douce [éq. kg P]	1,42E-04	3,55E-06	6,52E-05	1,77E-05	9,60E-07	4,64E-06	5,03E-05
Eutrophisation, terrestre [éq. mol N]	1,47E-01	2,26E-02	8,12E-02	1,09E-02	1,15E-03	6,29E-03	2,50E-02
Utilisation du sol [Pt]	2,44E+03	2,06E+03	3,74E+02	2,42E+00	3,52E+00	2,17E+00	2,26E-01
Appauvrissement de la couche d'ozone [éq. kg CFC11]	2,00E-08	2,15E-16	9,79E-14	2,00E-08	1,96E-13	5,42E-17	3,05E-16
Form. ozone photochim. [éq. kg COVNM]	3,95E-02	6,19E-03	2,56E-02	3,47E-03	2,86E-04	1,22E-03	2,80E-03
Utilisation des ressources, énergie [MJ LHV]	1,37E+02	7,02E+00	9,48E+01	2,12E+01	3,40E+00	8,97E+00	1,89E+00
Resp. [incidences de maladies]	1,56E-06	1,04E-07	1,33E-06	7,05E-08	3,71E-09	1,58E-08	4,31E-08
Eau [éq. m ³ monde]	3,00E+00	4,75E-02	2,67E+00	1,76E-01	3,10E-02	5,59E-02	1,70E-02
TRACI 2.1							
Acidification [éq. kg SO ₂]	4,56E-02	3,95E-03	2,77E-02	5,21E-03	3,71E-04	1,15E-03	7,26E-03
Eutrophisation [éq. kg N]	7,91E-03	3,23E-04	5,67E-03	4,24E-04	4,20E-05	1,79E-04	1,27E-03
Particules [éq. kg PM 2,5]	7,08E-03	4,49E-04	5,98E-03	4,10E-04	2,20E-05	6,51E-05	1,58E-04
Appauvrissement de la couche d'ozone [éq. kg CFC11]	2,66E-08	2,86E-16	1,30E-13	2,66E-08	2,62E-13	7,23E-17	4,07E-16
Ressources [surplus MJ]	1,73E+01	9,37E-01	1,22E+01	2,33E+00	3,14E-01	1,28E+00	2,46E-01
Formation de smog [éq. kg O ₃]	7,74E-01	1,33E-01	5,19E-01	6,30E-02	5,82E-03	2,53E-02	2,77E-02

Une comparaison du changement climatique est présentée dans la figure E-1 et des comparaisons d'autres catégories d'impact, dans la figure E-2. Notez que le changement climatique, avec CO₂ biogénique, peut ne pas être entièrement comparable aux années précédentes en raison des différences entre les données primaires et la configuration du modèle. Les émissions d'eutrophisation plus élevées de 2019 peuvent être en partie attribuées aux émissions de DCO (demande chimique en oxygène), qui n'étaient pas fournies par Macon les années précédentes.

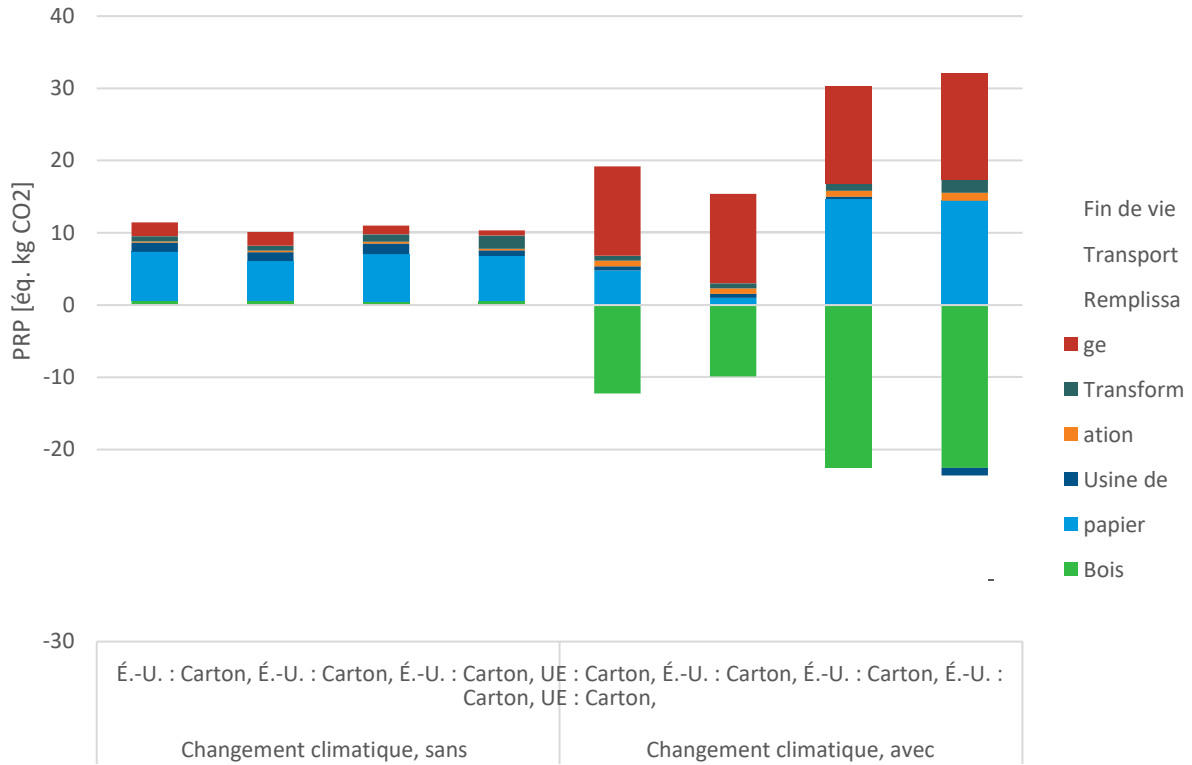


Figure E-1 : Comparaison du changement climatique pour le carton de 18 paquets avec les années précédentes

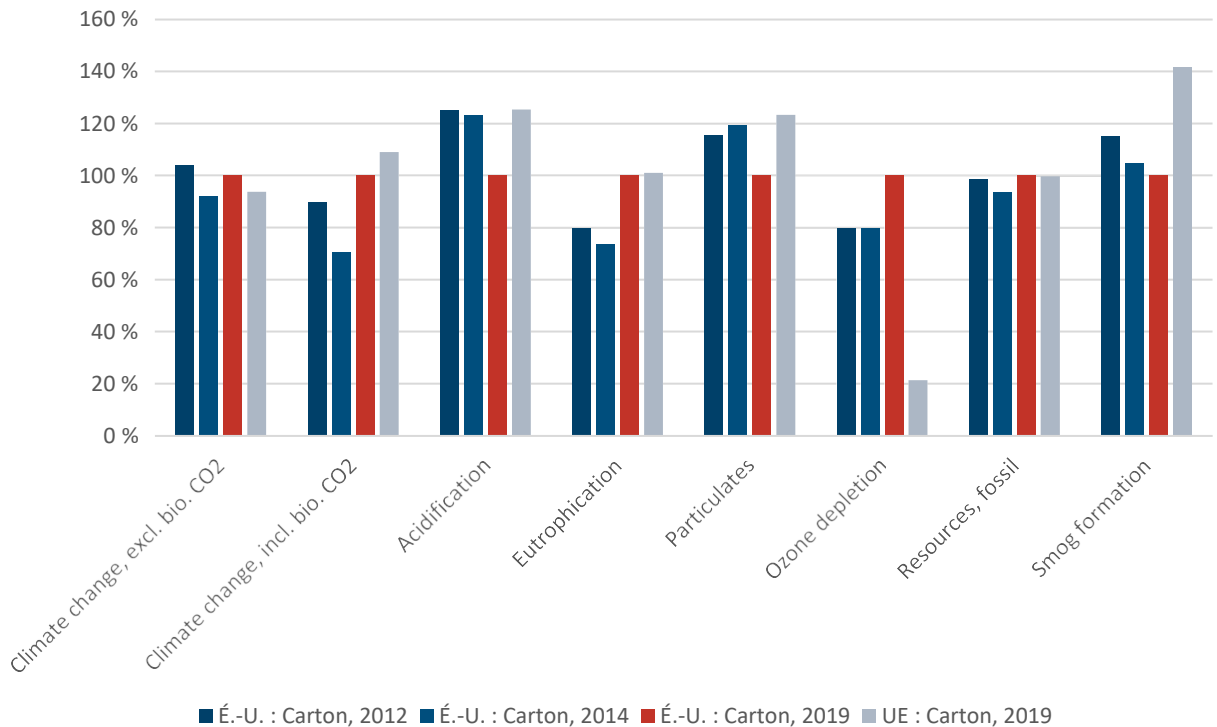


Figure E-2 : Comparaison pour le carton de 18 paquets avec les années précédentes

E.2. Analyse de scénario : allocation de fin de vie

L'approche de l'allocation limite a été adoptée pour l'analyse principale. Cette analyse de scénario évalue l'utilisation de la substitution comme approche alternative à l'allocation. La substitution adopte l'approche du « rebut net » dans lequel la quantité nette de rebut entrant ou sortant du périmètre du système est d'abord calculée. Si plus de rebuts quittent les limites du système que ce qui est utilisé par le système (c'est-à-dire que le système a une production nette de rebuts), les rebuts quittant le système sont modélisés comme étant recyclés et le crédit est basé sur la matière vierge. Cependant, si le système utilise plus de rebuts qu'il n'en récupère (c'est-à-dire que le système a une consommation de rebuts nette), le système se voit attribuer la charge de la production de matière vierge moins la charge associée au recyclage de la ferraille. En outre, un crédit est accordé pour l'énergie récupérée de l'incinération et du gaz de décharge.

Cette analyse de scénario est incluse dans une annexe plutôt que dans le corps du rapport principal car les données pour calculer correctement les résultats de substitution ne sont pas disponibles (voir l'explication dans la section 2.4.2). Plus précisément, l'ensemble de données « EU-28 : papier kraft (EN15804 A1-A3) » (voir Tableau E-3), qui est destiné à représenter du papier fabriqué à partir de contenu vierge à 100 %, incorpore en fait environ 35 % de contenu recyclé. Des versions plus anciennes de cet ensemble de données ont été utilisées dans les études précédentes de GPI, de sorte que les résultats de substitution sont calculés ici pour veiller à la continuité.

Tableau E-3 : Ensembles de données de fin de vie

Mode/carburants	Référence géographique	Ensemble de données	Fournisseur de données	Année de réf.	Proxy?
Carton GPI					
Récupération, carton	États-Unis/Europe	EU-28 : Testliner (2015) à utiliser dans les cas de scénarios de FdV à charge évitée	FEFCO	2015	Géo
Crédit, carton	États-Unis/Europe	EU-28 : papier Kraft (EN15804 A1-A3)	Sphera	2019	Géo
Wrap+Tray					
Récupération, emballage rétractable	É.-U.	É.-U. : Granulé polyéthylène basse densité (PEbd/LDPE) secondaire	Sphera	2019	Non
Récupération, emballage rétractable	Europe	EU-28 : Granulés plastiques secondaires (simplifiés, non spécifiques)	Sphera	2019	Non
Crédit, emballage rétractable	É.-U.	É.-U. : Granulé de polyéthylène à faible densité (PEbd/LDPE)	Sphera	2019	Non
Crédit, emballage rétractable	Europe	EU-28 : Granulat de polyéthylène à faible densité (PEbd/LDPE)	Sphera	2019	Non
Récupération, carton ondulé	États-Unis/Europe	EU-28 : Testliner (2015) à utiliser dans les cas de scénarios de FdV à charge évitée	FEFCO	2015	Géo
Crédit, carton ondulé	États-Unis/Europe	EU-28 : papier Kraft (EN15804 A1-A3)	Sphera	2019	Géo
Hi-Cone					
Récupération, anneaux en	É.-U.	É.-U. : Granulé polyéthylène basse densité (PEbd/LDPE) secondaire	Sphera	2019	Non

 plastique

Récupération, anneaux en plastique	Europe	EU-28 : Granulés plastiques secondaires (simplifiés, non spécifiques)	Sphera	2019	Non
Crédit, anneaux en plastique	É.-U.	É.-U. : Granulé de polyéthylène à faible densité (PEbd/LDPE)	Sphera	2019	Non
Crédit, anneaux en plastique	Europe	EU-28 : Granulat de polyéthylène à faible densité (PEbd/LDPE)	Sphera	2019	Non

Mode/carburants	Référence géographique	Ensemble de données	Fournisseur de données	Année de réf.	Proxy?
Autre					
Récupération + crédit, bandes en acier	États-Unis/Europe	GLO : valeur des rebuts	worldsteel	2017	Non
Crédit, électricité	É.-U.	É.-U. : Mélange de réseaux électriques	Sphera	2016	Non
Crédit, électricité	Europe	EU-28 : mélange de réseaux électriques	Sphera	2016	Non
Crédit, vapeur	É.-U.	États-Unis : vapeur de traitement du gaz naturel à 90 %	Sphera	2016	Non
Crédit, vapeur	Europe	EU-28 : vapeur de traitement du gaz naturel à 90 %	Sphera	2016	Non

Le Tableau E-3 répertorie les ensembles de données utilisés pour modéliser le recyclage des matériaux et les crédits. Par exemple, un jeu de données pour le carton testliner est utilisé pour modéliser le recyclage du carton et du carton ondulé et un jeu de données pour le papier kraft est utilisé pour modéliser le crédit que représente le fardeau de la production de matière vierge qui est transféré au système de produits subséquent. De même, des ensembles de données pour la production secondaire de PEbd sont utilisés pour modéliser la récupération des films plastiques; à la fois à partir des scénarios du Hi-Cone et du Wrap+Tray et à partir des ensembles de données pour les PEbd granulés afin de représenter le fardeau de la production de matière primaire transférée. Une comparaison des deux approches d'allocation est présentée dans la Figure E-3 pour le changement climatique, y compris le CO₂ biogénique et dans la Figure E-4 pour l'utilisation des ressources énergétiques. Les résultats du Hi-Cone avec et sans contenu recyclé post-consommation sont inclus.

Pour la plupart des scénarios de conception d'emballage, le calcul des résultats du changement climatique à l'aide de la substitution réduit les impacts environnementaux potentiels. Les impacts du carton, du KeelClip et du Wrap+Tray sont plus faibles en partie en raison de la récupération d'énergie dans les installations d'incinération et d'enfouissement. Dans les deux approches d'allocation, la teneur en carbone biogénique du carton recyclé est « transférée » à un cycle de vie ultérieur du produit. Pour l'approche de seuil, ce transfert est modélisé comme une élimination négative du carbone de l'atmosphère (voir la section 3.5); pour la substitution, un crédit de matière vierge est accordé - et avec lui, l'élimination négative du carbone également.

Les impacts environnementaux potentiels du scénario Hi-Cone sont réduits dans le cadre de l'approche d'allocation de substitution grâce aux crédits pour le recyclage des matériaux et la récupération d'énergie provenant de l'incinération. Lorsque le contenu de RAC est pris en compte pour la production d'emballage, l'analyse donne le même résultat que sans contenu de RAC. En effet, il y a une quantité nette de rebut entrant dans le système du produit lorsque les anneaux Hi-Cone sont supposés utiliser 50 % de RAC. Ces rebuts se voient attribuer la charge de la production de matière vierge; par conséquent, l'utilisation du contenu RAC par rapport au contenu vierge n'affecte pas les résultats dans le cadre de l'approche d'allocation de substitution. Le taux d'incinération et la valorisation énergétique plus élevés en Europe par rapport aux États-Unis, et les crédits correspondants, réduisent encore davantage les impacts environnementaux potentiels et conduisent ainsi à des résultats de substitution inférieurs à ceux de la coupure, du moins en ce qui a trait au marché final européen.

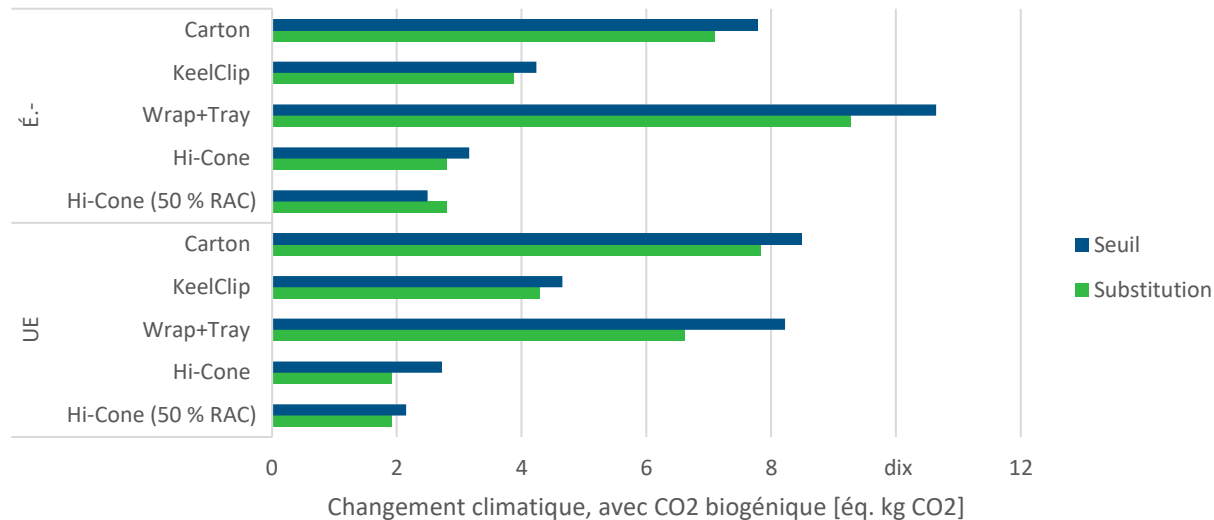


Figure E-3 : Effet de l'approche d'allocation sur les résultats du changement climatique, y compris le CO₂ biogénique

L'utilisation de la substitution augmente légèrement l'utilisation des ressources énergétiques pour le carton et le KeelClip (Figure E-4) en raison des différences de consommation d'énergie fossile entre le papier recyclé et le papier vierge. La production de papier vierge consomme moins d'énergie fossile que la production de papier recyclé car les papeteries vierges peuvent utiliser d'autres parties des bûches et des copeaux de bois (p. ex. la lignine, l'écorce) qui ne sont pas disponibles pour les usines de papier recyclé.

Bien que le Wrap+Tray contienne du carton ondulé dont le recyclage augmente l'utilisation des ressources énergétiques fossiles, cette augmentation est compensée par des crédits de recyclage du plastique et de récupération d'énergie dans les décharges et les installations d'incinération. L'utilisation des ressources énergétiques fossiles est notablement réduite pour le scénario européen Wrap+Tray en raison de la quantité nette de déchets de papier entrant dans le système de produits. Ces rebuts de papier se voient attribuer la charge de la production de papier vierge moins la charge de la production de papier recyclé, ce qui a pour effet net de réduire la consommation d'énergie fossile.

Les résultats de l'eutrophisation sont présentés dans la Figure E-5 et ceux-ci tendent à être assez représentatifs de l'acidification et du FOP également, c'est-à-dire que l'impact environnemental potentiel diminue avec l'approche de substitution en raison des crédits de récupération d'énergie.

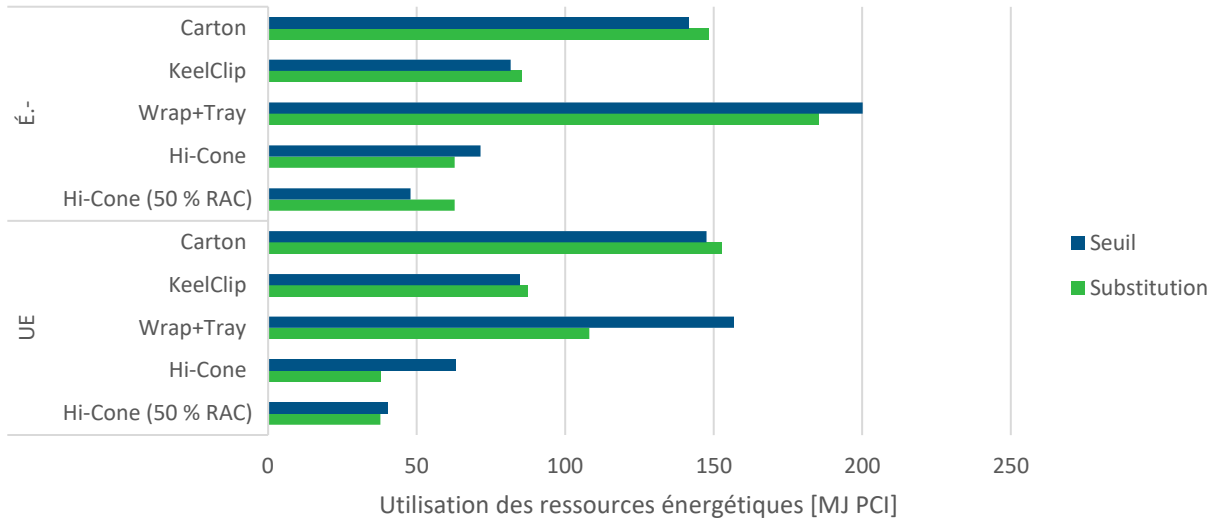


Figure E-4 : Effet de l'approche d'allocation sur l'utilisation des ressources énergétiques

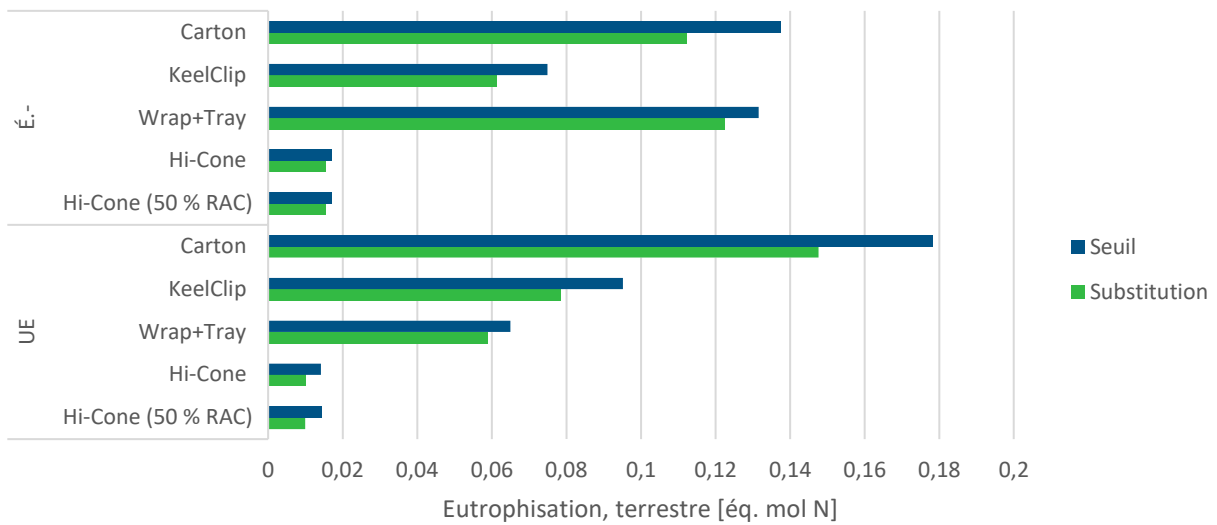


Figure E-5 : Effet de l'approche d'allocation sur l'eutrophisation terrestre

Annexe F. Énoncé d'examen critique

Examen du rapport « Analyse du cycle de vie des emballages de boissons »

Étude commandée par : Graphic Packaging International

Rapport rédigé par : Trisha Montalbo, Sphera Solutions, Inc., Boston,

MA Critical Review Panel : Arpad Horvath, consultant; Berkeley, CA

(président)

Angela Schindler, consultante; Salem, Allemagne

Bill Flanagan, cofondateur et directeur, Aspire Sustainability; Albany, NY

Valable à partir du : 25 août 2020

Portée de l'examen critique

L'examen a porté sur deux versions du rapport « Analyse du cycle de vie des emballages de boissons ». Cette déclaration d'examen s'applique à la dernière version, 1.0, datée du 25 août 2020.

Conformément à la norme ISO 14044 : 2006, section 6.1, le but de l'examen critique était d'évaluer si :

- les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont conformes aux normes internationales ISO 14040 et ISO 14044,
- les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont scientifiquement et techniquement valables,
- les données utilisées sont appropriées et raisonnables par rapport à l'objectif de l'étude,
- les interprétations reflètent les limites identifiées et le but de l'étude, et
- le rapport d'étude est transparent et

cohérent. Processus d'examen critique

L'examen a été mené en échangeant des commentaires et des réponses entre le comité d'examen critique et le praticien de l'ACV à l'aide d'une feuille de calcul Excel basée sur l'annexe A de l'ISO/TS 14071 : 2014. Il y a eu deux séries de commentaires formels. Une copie de la feuille de calcul d'examen contenant tous les commentaires et réponses est disponible sur demande auprès du commissaire à l'étude.

Évaluation générale

La portée de l'étude a été définie de manière appropriée pour soutenir l'objectif d'établir une ACV de diverses options d'emballage de boissons. L'auteur du rapport a fait preuve d'un haut niveau de connaissances techniques et de compétences méthodologiques. Les données primaires ont été recueillies auprès du commissaire à l'étude. Le reste des données provient des ensembles de données GaBi. Des efforts considérables ont été déployés pour garantir la représentativité des données et développer une étude avec des résultats défendables. Le rapport a été rédigé avec une attention particulière aux détails.

Conclusions

Sur la base du rapport d'étude révisé, on peut conclure que les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont cohérentes avec la norme internationale ISO 14044, qu'elles sont scientifiquement et techniquement valables, que les données utilisées sont appropriées et raisonnables par rapport à l'objectif de l'étude et que



les interprétations reflètent les limites identifiées

et le but de l'étude. Le rapport est suffisamment transparent et cohérent et est conforme aux exigences de rapport d'ISO 14044, sections 5.1 et 5.2.

Cette déclaration de révision s'applique uniquement au rapport et à la version nommés dans le titre et non pas à d'autres versions de ce rapport, à d'autres rapports dérivés, à d'autres extraits, à d'autres communiqués de presse et à d'autres documents similaires.

25 août 2020



Arpad Horvath



Angela Schindler

Bill Flanagan