

Louvain School of Management

**Pistes et implications managériales
d'une diminution de l'empreinte
carbone d'une boîte de carton
produite au sein de la société
cartonnage Lammerant: analyse
systémique**

Auteur : Dupire Simon
Promoteur(s) : Madame Dhaeyer Christine
Année académique 2019-2020
Master en Sciences de gestion

Résumé

De nos jours, la matière plastique est encore très utilisée. Cela peut s'expliquer par le fait qu'elle possède beaucoup d'avantages et peut se présenter sous toutes les formes et structures. Malgré l'apparition de bioplastique, cette matière reste très polluante en raison de sa biodégradation lente. Ainsi, il serait préférable de la remplacer par une autre matière. Le carton est un matériau qui peut lui aussi prendre beaucoup de formes et avoir une forte résistance. Il conviendrait parfaitement pour remplacer le plastique dans plusieurs applications. Il le fait déjà dans le domaine du conditionnement. En effet, beaucoup de produits sont conditionnés dans des boîtes de ce matériau. Mais à quel prix pour l'environnement ?

L'empreinte carbone d'une boîte de carton peut se calculer en utilisant la méthode du bilan carbone. Cette dernière se base sur l'étude des entrées et des sorties du site de production. Cette méthode comporte 5 étapes :

Définir le périmètre de l'étude ; collecter des données ; rechercher des facteurs d'émissions et des méthodologies applicables ; calculer l'empreinte carbone à l'aide d'outils appropriés ; produire un rapport d'empreinte carbone.

En suivant cette démarche, il devient facile de calculer une empreinte carbone. Le plus difficile reste de trouver toutes les données nécessaires. Pour les empreintes carbone des composants de l'étude, elles sont disponibles dans des bases de données appelées base carbone. Ces dernières comportent des études *ACV* de beaucoup d'éléments. Il suffit de récolter les informations en entreprise et calculer.

Pour les Cartonnages Lammerant, l'empreinte carbone d'une boîte de carton représente 259 grammes de CO_2 . La composante majeure de cette empreinte est les intrants, à cause de leur considérable quantité. Mais cette matière première est indispensable au fonctionnement de l'usine.

Cependant, cette valeur peut être améliorée. En effet, en étudiant les fonctionnements de l'entreprise, il est possible de cerner des sections qui peuvent être corrigées. Par exemple, si un standard de production est mis en place, il engendrerait une réduction du nombre de déchets papier et dans un même temps, une réduction de besoin en matière première.

Par conséquent, en calculant de nouveau l'empreinte carbone d'une boîte de carton au sein du Cartonnage Lammerant en prenant en compte toutes les solutions imaginées, cette empreinte peut descendre à 251 grammes de CO_2 . Cette diminution de 3 % est atteignable moyennant quelques investissements.

En conclusion, le Cartonnage Lammerant est une usine déjà bien investie dans l'optimisation de ses processus de fabrication, mais une optimisation est encore possible. Ce genre d'étude permet de pousser sa réflexion, et de mieux comprendre les éléments impactant pour la nature.

Avant-propos

Dans ce travail, nous étudierons l'empreinte carbone d'une boîte de carton produite au sein du cartonnage Lammerant. L'empreinte carbone est un indicateur couramment utilisé de nos jours, c'est pourquoi je me demandais quelle était-elle pour une boîte de carton ? De plus, travaillant au sein même de l'entreprise cartonnage Lammerant, je me demandais spécifiquement quel était l'impact de notre production. Ce sont toutes ces raisons qui m'ont motivé dans la réalisation de ce travail. L'aspect le plus difficile a été la recherche d'informations car il en faut énormément pour pouvoir arriver au résultat. A vrai dire, il faut vraiment tout savoir. Finalement, ce travail m'a permis de regarder différemment l'entreprise où je travaille et de me sensibiliser à des choses qui ne me paraissaient pas importantes tels que les déchets de production. Pour moi, comme ils étaient recyclés, cela n'était pas grave d'en produire. Or, lorsque l'on étudie l'impact final, on se rend compte que ce point pourrait permettre de diminuer efficacement l'empreinte carbone de la société.

Remerciements

Je voudrais remercier toutes les personnes qui ont participé au succès de ce mémoire.

Je tiens à remercier grandement ma promotrice, Madame Dhaeyer, pour sa disponibilité, sa patience et ses précieux conseils. Elle a su me guider dans la construction et la rédaction de mon travail académique.

Finalement, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à la famille Lammerant de m'avoir permis de réaliser mon travail de fin d'études sur leur entreprise familiale.

Table des matières

Introduction	1
Empreinte carbone d'une boîte de carton et étude de solutions	3
Problématique.	3
Synthèse de la littérature	8
Démarche méthodologique	12
Analyse des résultats et solutions	27
Conclusion	40
Bibliographie	41
Annexes.	43

Liste des symboles

ACV analyse du cycle de vie

ADEME Agence de la transition écologique

CH₄ Méthane

CO₂ Dioxyde de carbone

CV Chevaux fiscaux

DIB Déchet industriel banal

ERP Enterprise Resource Planning ou Progiciel de Gestion Intégré

GES Gaz à effet de serre

LPG Liquefied Petroleum Gas ou Gaz de pétrole liquéfié

MMA Masse maximum autorisée

N₂O protoxyde d'azote

PET Polytéréphtalate d'éthylène

PP Polypropylène

SF₆ hexafluorure de soufre

STEP Station d'épuration

Liste des tableaux

1	Empreinte carbone de quelques énergies utilisées en industrie	4
2	Énergies consommées	15
3	Halocarbures évaporés	15
4	Quantité de transports	16
5	Quantité d'intrants	17
6	Quantité de déchets	18
7	Quantité d'emballages	18
8	Quantité de services	18
9	Quantité de déplacements du personnel	19
10	Estimation des immobilisations	19
11	Quantité de produits finis	20
12	Empreinte carbone des énergies	20
13	Empreinte carbone des halocarbures utilisés	21
14	Empreinte carbone des transports	21
15	Empreinte carbone des intrants	22
16	Empreinte carbone des déchets	22
17	Empreinte carbone des emballages	23
18	Empreinte carbone des services	23
19	Empreinte carbone des déplacements du personnel	23
20	Empreinte carbone des immobilisations	24
21	Empreinte carbone de la fin de vie des produits finis	24
22	Calcul de l'empreinte carbone d'une boîte de carton	25
23	Calcul de l'empreinte carbone d'une boîte de carton (suite)	26
24	Améliorations possibles et quantifiables de l'énergie consommée	34
25	Améliorations possibles et quantifiables de l'énergie consommée (suite)	35
26	Améliorations possibles et quantifiables sur les halocarbures	36
27	Améliorations possibles et quantifiables sur le fret	36
28	Améliorations possibles et quantifiables sur les déchets	37
29	Améliorations possibles et quantifiables globales	39

Table des figures

1	Système d'une onduleuse	4
2	Système d'une station colle	5
3	Boite américaine	5
4	Boite par découpe	6
5	Système d'une ligne FFG ou DRO	6
6	Système d'un bâtiment	7
7	Le cycle de vie d'un produit	10
8	Responsible Waste Management Hierarchy	11
9	Système d'une usine	12
10	Comparaison des différents domaines d'émission	27
11	Proportion des différents domaines d'émission	27
12	Proportion des composantes de l'énergie	28
13	Proportion des composantes du fret	29
14	Proportion des composantes des intrants	29
15	Proportion des composantes des déchets	30
16	Proportion des composantes des emballages	30
17	Proportion des composantes des services	31
18	Proportion des composantes des déplacements	31
19	Proportion des composantes des immobilisations	32

Introduction

Ces dernières années, la tendance est à l'écologie. En effet, l'esprit de chacun a été sensibilisé à l'avenir de notre planète et, de ce fait, tout le monde devient de plus en plus attentif à la cause environnementale ainsi que toutes les thématiques en rapport avec celle-ci. Ainsi, il est courant d'observer des consommateurs étudier eux-mêmes quels sont les produits en accord avec leurs besoins et quels sont leurs impacts sur la nature. Dans la plupart des cas, ces produits, alimentaires, ménagers ou autres sont vendus en supermarché et dans ce type de structure, il est courant de les trouver conditionnés par lot. Pour ce faire, une matière est couramment utilisée pour ces conditionnements : le plastique. Il existe sous forme de contenant, filet, film ... et donc, cette matière s'adapte à toutes les situations. Malgré qu'elle soit facile d'utilisation grâce à ses propriétés et qu'elle soit bon marché, elle est responsable du rejet de 1,89 Mt de CO_2 ¹ par an pour sa production et elle n'est que partiellement recyclée depuis les années 2000. Une grande partie du plastique produit finit soit dans les océans, soit en décharge ou soit incinéré. Même si de plus en plus de plastiques biosourcés et 100 % recyclables sont développés, cette matière n'est toujours pas biodégradable. Et tant qu'elle ne le sera pas, elle sera une source de pollution. Cette matière est donc à exclure de notre mode de consommation à l'avenir.

Dès lors, il est important de lui trouver une alternative qui est capable d'endosser son rôle. Une matière qui peut se montrer à la hauteur est le carton. Ce dernier peut prendre à peu près toutes les formes, être très résistant, être recyclable, mais surtout il peut être produit de manière respectueuse de l'environnement. La matière première principale pour produire du carton est le papier, lui-même fabriqué à partir de bois. Ce dernier point ne sera pas détaillé afin de ne pas nous détourner du sujet de ce document, mais il y a des labels qui certifient que le papier a été fabriqué à partir de bois issu d'une forêt gérée de manière durable. Nous allons donc nous intéresser à la fabrication du carton, et plus particulièrement à la fabrication des boîtes de carton au sein du Cartonnage Lammerant. Le but de cette démarche est de déterminer l'empreinte carbone d'une boîte de carton afin de prouver que ce matériau est une solution imaginable, mais aussi qu'il est encore possible de diminuer cette empreinte carbone. La démarche sera réalisée de cette manière : dans un premier temps, une étude de la problématique sera réalisée afin de connaître le processus de fabrication du carton, les matières premières nécessaires, et ainsi que les besoins indirects induits par ce type de production. Ensuite, une recherche des méthodes utilisables pour calculer l'empreinte carbone d'une boîte de carton sera réalisée. Après tout cela, les outils nécessaires au calcul de l'empreinte carbone seront utilisés et permettront d'estimer la valeur de celle-ci.

1. <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/05/Plastic-and-Climate-FINAL-2019.pdf>

Les résultats ainsi que leurs analyses seront présentés afin de cerner l'origine de cette empreinte ainsi que ses composantes majeures. Finalement, une synthèse des solutions envisageables sera présentée pour améliorer le résultat obtenu. Celle-ci sera une compilation des solutions technologiques trouvées au travers des recherches menées ainsi que leurs possibilités de mise en œuvre. Dans une dernière partie, les calculs des effets possibles avec de telles solutions seront réalisés. Ce document se terminera par une conclusion qui permettra de mettre en évidence le fruit de ce travail.

Empreinte carbone d'une boîte de carton et étude de solutions

Problématique

La société Cartonnage Lammerant a été créée en 1964 à Thulin par Roger Lammerant et son épouse. Au départ, l'entreprise travaillait le carton compact pour en faire des boîtes pour une utilisation dans le secteur de la verrerie, faïencerie, chaussures et autres types d'applications similaires. Dans le début des années 70, l'entreprise va se délocaliser à Leuze-en-Hainaut et se lancer dans le carton ondulé. Au fur et à mesure du temps, l'entreprise s'est développée jusqu'à devenir un acteur de moyenne importance sur le marché du carton ondulé en Belgique. Elle a pu se développer sur ce marché notamment grâce à l'industrie de la pomme de terre, industrie largement présente en Belgique et qui nécessite l'utilisation de carton pour le conditionnement des produits finis. Avec le temps, cette société familiale a vu de nouvelles générations s'investir en son sein. Ainsi, de nos jours, la société est gérée par les 2e et 3e générations de la famille Lammerant depuis le lancement de l'usine. Ces générations qui ont grandi dans une actualité baignée par la cause environnementale. De ce fait, celles-ci sont attentives aux possibilités de réduction de la pollution émise par leur usine, et donc par la production des boîtes de carton. Ce pourquoi ce travail a pour but de calculer l'empreinte carbone d'une boîte de carton produite au Cartonnage Lammerant et de trouver des solutions plausibles pour la diminution de celle-ci.

Les usines sont des acteurs majeurs pour le rejet de, CO_2 car elles sont la source d'environ 20 % de celui-ci. Il est donc important que ces infrastructures soient optimisées en termes de rendement, mais aussi en termes de rejet de CO_2 . De plus, les industries utilisent énormément d'énergie et ce, sous des formes très variées. Il y a l'électricité, le mazout, le gaz, l'air comprimé, la vapeur ou encore les systèmes hydrauliques. Toutes ces "formes" d'énergie ont des caractéristiques bien différentes et donc des applications bien spécifiques. Malheureusement, l'empreinte CO_2 de ces dernières diverge beaucoup et donc certaines doivent être préférées à d'autres. Leurs empreintes CO_2 diffèrent fortement à cause de leurs processus de fabrication qui n'ont pas la même efficacité et n'utilisent pas la même énergie primaire. Le calcul de l'empreinte carbone de l'air comprimé est présenté en annexe. L'empreinte carbone de l'électricité provient d'un document de la société DELPOWER présent aussi en annexe.

Type d'énergie	Empreinte carbone pour la fabrication
Électricité	502,2 gCO ₂ e/KWh
Air comprimé	60,4 gCO ₂ e/Kg air
Vapeur	245 gCO ₂ e/Kg vapeur ²

TABLE 1 – Empreinte carbone de quelques énergies utilisées en industrie

Ce document portera uniquement sur les données des Cartonnages Lammerant de l'année 2019. Les limites de l'étude iront de l'acheminement des matières premières incluant, leur transport à la livraison des produits finis. Un maximum d'éléments sera pris en compte de manière à avoir un résultat le plus proche de la réalité.

Pour produire une boîte de carton, il y a 2 étapes : premièrement, fabriquer une plaque de carton et ensuite la découper, plier et coller afin d'en faire une boîte. L'usine est donc structurée en 2 parties. Dans la première partie, la machine utilisée est une "onduleuse". Elle permet d'assembler du papier à l'aide de colle et de vapeur pour en faire une plaque de carton qui est ensuite coupée pour correspondre aux dimensions de la plaque nécessaire à la fabrication de la boîte. Le système de cette partie de l'usine peut être schématisé comme ceci :

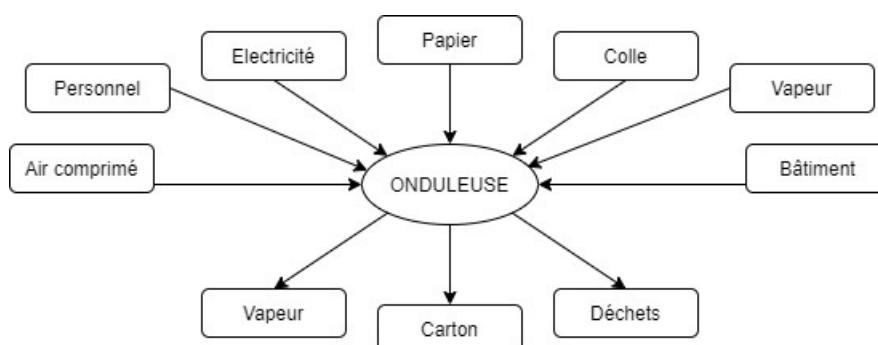


FIGURE 1 – Système d'une onduleuse

Bien entendu, le système est composé d'autres éléments utilisés de nos jours, sur la plupart des lignes de production tels que le personnel, l'électricité, etc.

Un autre élément utilisé lors de la production de carton ondulé est la colle. Celle-ci est produite au sein même de l'usine. La machine utilisée est une station à colle. La colle est fabriquée à partir d'un mélange composé essentiellement de farine de froment et d'eau. Voici le système de la station à colle :

2. [urlhttp://www.platformechimiquedupontdeclaix.com/wp-content/uploads/2016/06/D2015-172-PJ-Rapport-bilan-carbone-2014.pdf](http://www.platformechimiquedupontdeclaix.com/wp-content/uploads/2016/06/D2015-172-PJ-Rapport-bilan-carbone-2014.pdf)

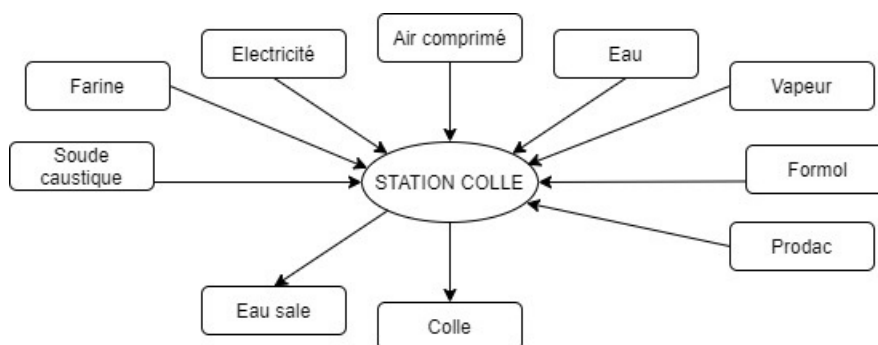


FIGURE 2 – Système d’une station colle

Ce système crée un peu de déchet composé essentiellement de l’eau de nettoyage des cuves à colles.

La seconde partie de l’usine est composée majoritairement de lignes de production FFG : Flexo Folder Gluer qui peut-être traduit en français par Imprimeuse Plieuse Colleuse. Évidemment une partie de ces lignes de production est consacrée à la découpe de la boîte (Slotter et Die Cutter). Elle permet de fabriquer des boîtes "américaines" par exemple, une boîte en carton pour bouteilles de vin.

FIGURE 3 – Boîte américaine³

3 lignes de production sont un peu différentes car celles-ci sont uniquement capables d’imprimer et de découper, ce sont des lignes de découpe à plat ou rotative. Mais le principe reste le même pour cette étude, une plaque de carton est découpée en une boîte, la seule différence est que cette dernière doit être pliée manuellement pour être formée et elle n’utilise pas de colle par exemple, la boîte à pizza traditionnelle.

3. [urlhttps://prod.isg.bruneau.media/OMM/Images_Basse_Definition/ZoomHD/11/13/11131.jpg?width=2000&height=2000&mode=Default&quality=85&scale=upscalecanvas](https://prod.isg.bruneau.media/OMM/Images_Basse_Definition/ZoomHD/11/13/11131.jpg?width=2000&height=2000&mode=Default&quality=85&scale=upscalecanvas)

FIGURE 4 – Boîte par découpe⁴

Comme pour l'onduleuse, il est possible de schématiser le système de ces lignes :

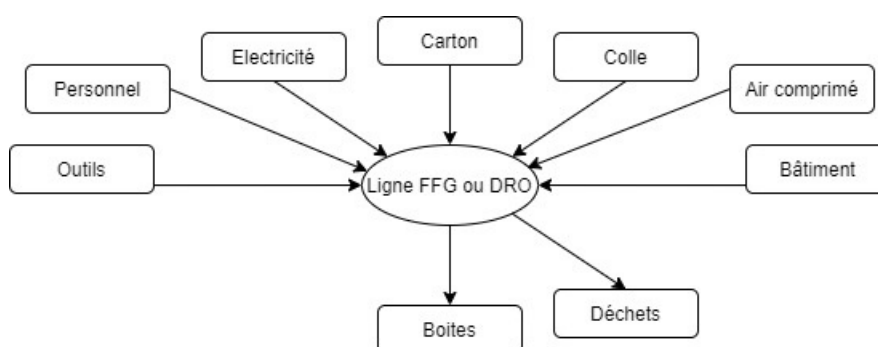


FIGURE 5 – Système d'une ligne FFG ou DRO

Les déchets sont composés de morceaux de carton qui sont broyés et ballotés afin de les renvoyer dans une usine de papier pour en faire du papier recyclé. Mais il y a aussi des déchets composés d'eau chargée en impuretés. Cette dernière est traitée en interne dans l'usine notamment par deux stations d'ultrafiltration et une station filtre-pressé. Les stations d'ultrafiltration permettent de retirer un maximum d'eau de l'eau chargée récupérée des machines et de la réinjecter dans le circuit d'eau de l'usine. Le reste de l'eau chargée est ensuite mélangé à une substance coagulante et passé dans le filtre-pressé qui se charge de finir la séparation de l'eau et des impuretés. Les impuretés sont des déchets à haute valeur calorifique, ils sont donc évacués pour servir de combustible pour d'autres industries. Ces systèmes seront pris en compte dans nos calculs.

L'ensemble de l'usine est installé dans un seul bâtiment. Celui-ci fait office de bureau, stockage, lieu de production ... Mais un bâtiment est aussi un système, car il ne peut perdurer et remplir son rôle s'il n'a pas d'entretien ou de chauffage. Voici un exemple de système qui permettrait de décrire un bâtiment :

4. [urlhttps://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQXeu_QeNYQf431d-6EdRn7z2xBOwSO0F5dFg&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQXeu_QeNYQf431d-6EdRn7z2xBOwSO0F5dFg&usqp=CAU)

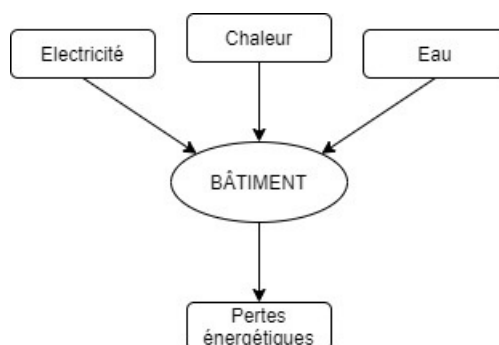


FIGURE 6 – Système d'un bâtiment

Le dernier élément à prendre en compte est la manutention. En effet, dans ce type d'usine, les produits sont constamment déplacés. Dans certains cas de manière automatisée, dans d'autres cas de manière manuelle (élévateur à fourche, transpalette ...). Cela génère aussi un rejet de CO_2 à cause de la consommation électrique et l'utilisation de personnel. Il est donc logique de le prendre en compte.

La ressource commune à tous ces systèmes est le personnel. Elle est aussi la ressource la plus compliquée à évaluer. En effet, ce personnel peut être responsable d'émission de carbone de plusieurs manières différentes : déplacement, fourniture de vêtements de travail, besoin en chaleur ou fraîcheur ... De ce fait, il n'est pas possible de calculer exactement l'impact d'un travailleur sur l'environnement.

Afin de calculer l'empreinte carbone d'une boîte de carton, il faut donc trouver une méthode qui permet de calculer l'impact de chacun des éléments et ressources mentionnées précédemment. Ensuite, il sera possible de connaître l'impact global de l'usine pour une année donnée. Il suffira donc de déterminer le nombre de boîtes produites cette année-là pour répartir cet impact global par boîte et donc connaître l'empreinte carbone moyenne d'une boîte de carton au sein de l'entreprise Cartonnage Lammerant. Aucune différence ne sera faite entre les boîtes américaines et les boîtes à plat, car cela ne sera pas possible étant donné qu'il est très difficile de séparer les consommations des 2 types de boîtes. De plus, peu importe que la boîte soit collée ou non, elle compte pour une unité.

Dans un deuxième temps, les sources les plus importantes de CO_2 seront étudiées afin de déterminer les moyens avec lesquels il sera possible de diminuer l'impact global et donc indirectement l'impact d'une boîte de carton. Toutes les solutions n'intervenant pas au cœur même de l'industrie ne seront pas retenues, car dans ce cas-ci, il s'agit bien de l'usine dont il faut améliorer le potentiel écologique et non pas le compenser par des moyens externes qui, même s'ils sont bons pour la planète, ne sont pas une réelle avancée écologique.

Synthèse de la littérature

L’empreinte environnementale

L’empreinte environnementale traduit l’impact direct ou indirect des activités humaines sur l’environnement dans le but de les quantifier afin d’en discerner leurs dangers pour la nature. Les activités humaines étudiées peuvent être des services ou bien une consommation de biens.

Plusieurs catégories d’indicateurs d’empreinte environnementale existent et ont pour but d’étudier chacun un seul domaine environnemental. Ainsi, il existe un indicateur pour la consommation d’eau, la consommation d’énergie, l’émission de gaz à effets de serre, les combustibles fossiles. Dans ce cas-ci, celui qui sera utilisé est l’empreinte carbone.

L’empreinte carbone

L’empreinte carbone est un indicateur de l’empreinte environnementale. Elle traduit la quantité équivalente de carbone rejeté lors de la consommation d’énergie et de matière pour la production d’un bien ou l’appel à un service. Son unité est la masse équivalente de CO_2 , souvent exprimé en tonne, malgré que en réalité, elle ne comprend pas dans son calcul que le gaz CO_2 . En effet, le méthane (CH_4) et le protoxyde d’azote (N_2O) sont également comptabilisés pour déterminer l’empreinte carbone. Ces gaz représentent 97 % des gaz à effet de serre (*GES*).

Cet indicateur est calculé, car il permet de situer si un bien ou un service est néfaste pour l’environnement. Il n’est possible d’améliorer que ce qu’il est possible de quantifier, donc cet indice permet de trouver des solutions pour diminuer le rejet. La diminution de ce rejet permettrait de limiter le phénomène de réchauffement climatique.

Cet indicateur prend en compte 2 types d’émissions de CO_2 : directe et indirecte. Les émissions directes sont les rejets de CO_2 lors du processus de la fabrication du bien ou de la réalisation du service. Par exemple, pour avoir de l’eau chaude, une chaudière consomme du fioul domestique qui lors de sa combustion va rejeter du CO_2 . Les émissions indirectes sont les rejets qui ne sont pas visibles dans un processus, mais qui sont impliqués par la consommation d’énergie ou de biens et services. Par exemple, une chaudière a besoin d’électricité pour alimenter son système de commande du brûleur. Mais pour fabriquer cette électricité, un autre processus a dû être réalisé qui rejette lui-même du CO_2 , par exemple, la production d’électricité par une centrale nucléaire. Ainsi, il faudra aussi comptabiliser cette autre émission pour connaître l’impact carbone de l’eau chaude.

Méthode de calcul de l’empreinte carbone

Le bilan carbone

Le bilan carbone est la méthode la plus utilisée quand il s’agit de calculer l’empreinte carbone d’une entreprise. Cette méthode se base sur les intrants et les extrants de l’entreprise. Chaque élément est repris dans un tableau entrée sortie (TES) et quantifié que ce soit de la matière première ou de l’énergie. Ainsi, un relevé exact sert de base à l’étude.

Les grandes étapes de ce type d'étude sont donc :

1. Définir le périmètre de l'étude
2. Collecter des données
3. Rechercher des facteurs d'émissions et des méthodologies applicables
4. Calculer l'empreinte carbone à l'aide d'outils appropriés
5. Produire un rapport d'empreinte carbone

Cette méthode permet une approche "compound" qui relève plus d'une étude précise d'un système. De cette manière, les chances de doubles comptages sont moins élevées. L'analyse est donc plus fiable et pertinente. Ce type d'analyse est dite "top-down". Les intrants sont d'abord étudiés pour ensuite étudier les extrants.

Méthode statistique

Cette méthode est basée sur des statistiques de consommation et des facteurs d'émissions détaillés. En d'autres mots, les habitudes et les produits finaux d'un secteur ou d'un consommateur sont utilisés comme données de référence, et ensuite sont convertis en rejet équivalent de CO_2 grâce à une table de correspondance empreinte carbone-produit/service. Cette méthode est dite "bottom-up", car le point de départ est la consommation. L'analyse permet de remonter vers tout ce qui est impliqué par cette consommation. Bien sûr, cette méthode est moins précise que la précédente étant donné que les statistiques laissent place à une part d'erreurs et qu'il est plus difficile d'éviter les doubles comptages étant donné la quantité moins importante d'informations nécessaires.

Le protocole GES

Le protocole *GES* ou aussi appelé "The GHG protocol" est une méthode permettant la comptabilisation des 6 gaz à effet de serre couverts par le protocole de Kyoto. Ces gaz sont le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), le protoxyde d'azote (N_2O), l'hexafluorure de soufre (SF_6), les hydrocarbures (HFC) et les perfluocarburants (PFC). Ce protocole a pour but de servir de référence en matière de comptabilisation des gaz à effet de serre et donc fournit les normes et directives nécessaires. Cette méthode a été développée par le World Resources Institute et le World Business Council for Sustainable Development.

La norme ISO14064-1

La norme ISO14064-1 définit les principes à utiliser pour les inventaires et les rapports des GES. Elle vise donc à développer les spécifications et lignes directrices, au niveau des organismes, pour la quantification et la déclaration des émissions et des suppressions des GES.

Le cycle de vie d'un produit

Le cycle de vie d'un produit est une notion qui a été introduite lors de la conception de la norme ISO14001. Cette notion permet de traduire les différentes étapes qui font partie de la vie d'un produit.

Premièrement, il faut extraire ou fabriquer les matières premières, ensuite fabriquer le produit en lui-même, le transporter et le distribuer grâce aux différents types de canaux de distribution. Enfin, le produit va servir à ce pour quoi il a été fabriqué pour finalement devenir obsolète. À ce moment-là, 2 chemins de fin de vie s'offrent à lui, la destruction ou la revalorisation.

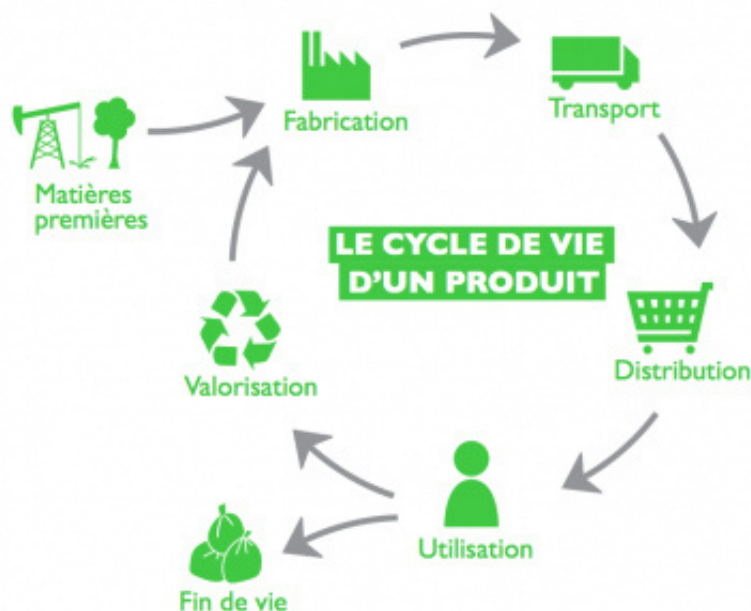


FIGURE 7 – Le cycle de vie d'un produit ⁵

Chacune de ces étapes est source de pollution, donc de rejet de CO_2 . Il est donc normal que lorsque l'empreinte carbone d'un produit est étudiée, tous les rejets de ces différentes étapes soient pris en compte. De cette manière, l'impact global d'un produit peut être connu. Ce cycle est valable pour n'importe quel produit.

Cette démarche est appelée étude *ACV* (analyse du cycle de vie). Il est possible de trouver ces analyses déjà faites pour beaucoup de biens. Cela permet donc de ne pas devoir en réaliser une pour connaître l'empreinte carbone de chaque élément faisant partie de notre étude. Cet avantage est nécessaire, car si une étude devait être faite pour chaque bien, celle-ci impliquerait d'en faire une pour tous les composants de chaque bien et ainsi de suite jusqu'à arriver aux matières premières extraites de la nature.

Limite de l'empreinte carbone

Grâce à l'empreinte carbone, il est possible de calculer l'impact qu'a un produit sur l'environnement. Mais cette notion n'est pas suffisante et ne doit pas être la référence unique même si c'est un indicateur fiable. Tous les inconvénients de la production d'un bien ou l'utilisation d'un service ne sont pas exprimés au travers de cet indicateur. En effet, la pollution des sols et des eaux n'est pas prise en compte. De plus, pour produire un bien, il y a une consommation de ressources naturelles qui ne sont pas forcément renouvelables. Comme expliqué précédemment, il existe d'autres indicateurs pour cela.

5. [urlhttp://management-environnemental.over-blog.com/2015/03/l-analyse-du-cycle-de-vie.html](http://management-environnemental.over-blog.com/2015/03/l-analyse-du-cycle-de-vie.html)

Les solutions pour la diminution de l’empreinte carbone

Une fois cet indicateur connu, il est possible d’envisager des solutions permettant de diminuer ces impacts ou de les compenser. Pour cela, il existe plusieurs outils tels qu’une hiérarchie des actions à mettre en œuvre prioritairement avec les déchets. Elle porte le nom de "Responsible Waste Management Hierarchy" ou en français "la hiérarchie de la gestion responsable des déchets".

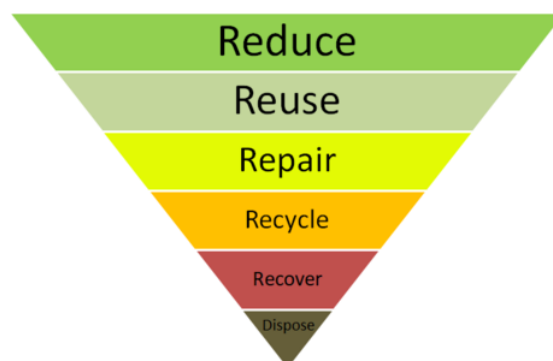


FIGURE 8 – Responsible Waste Management Hierarchy⁶

L’action à appliquer en priorité est la réduction à la source. En effet, plus la consommation est forte, plus il y a de déchets produits. Alors il n’y a donc aucun intérêt à surconsommer. De plus, les ressources doivent déjà être gérées de manière à en utiliser le moins possible pour optimiser les coûts financiers. Cela fait donc aussi partie de l’optimisation du coût de production. Ensuite, il y a la réutilisation. Dans le cas d’une industrie, certains "déchets" peuvent servir de ressource à une autre. La réparation arrive en 3e position, car celle-ci nécessite une ressource complémentaire pour pouvoir être réalisée et donc cette action aura un impact plus élevé que les actions précédentes. Le recyclage ou la réutilisation partielle ou complète après un procédé de traitement arrive en 4e position de par le fait que cette action nécessite beaucoup d’énergie étant donné que la matière première est un déchet à revaloriser. Finalement, la pyramide se termine avec la récupération et la destruction. Dans ces 2 cas, les déchets sont détruits, mais dans un cas, l’énergie thermique dégagée lors de l’incinération est réutilisée pour, par exemple, actionner une turbine et fabriquer de l’électricité.

Dans la littérature, des possibilités comme la compensation par des actions parallèles sont souvent proposées comme par exemple, planter des arbres. Mais ce type d’action n’est en aucun cas une diminution de l’impact carbone, car les actions étudiées gardent les mêmes rejets de CO_2 . C’est pourquoi ce type de solutions est exclu dans la démarche méthodologique de ce travail.

Une des sources d’émission de *GES* la plus importante en Belgique est les bâtiments, en effet, elle s’élèverait à plus de 20 % contrairement aux idées reçues. Énormément de bâtiments datent des années 1990-2006, années pendant lesquelles les performances du secteur du bâtiment étaient mauvaises. D’un autre côté, cette information est un atout pour la réduction de l’émission des GES. Elle donne un point de départ pour la recherche de solutions : étudier l’isolation du bâtiment, étudier le rendement de la chaudière, analyser la consommation en eau.

6. [urlhttps://whatplastic.co.uk/blogs/blog/the-waste-hierarchy](https://whatplastic.co.uk/blogs/blog/the-waste-hierarchy)

Démarche méthodologique

Chacune des ressources citées dans les systèmes présentés en introduction est également elle-même un système. Il devient donc compliqué de tous les étudier afin de déterminer le rejet de CO_2 de chacune d'entre elles. La méthodologie qui sera donc utilisée sera de considérer l'ensemble de l'usine comme un système, regarder ses intrants et ses entrants, déterminer leur impact CO_2 , sommer le tout et le diviser par le nombre de boîtes produites. Cela permettra notamment d'éviter de compter plusieurs fois la même ressource, ou d'en négliger une. Autrement dit, le bilan carbone sera la méthode utilisée.

Étape 1 : Définition le périmètre de l'étude

Cette étape permet de séparer l'étude en plusieurs sections qui seront chacune bien définies afin d'en comprendre le périmètre. Ces différentes sections sont définies de la même manière que dans les bilans carbone de l'ADEME.

Voici un schéma global reprenant toutes les entrées et sorties d'une usine :

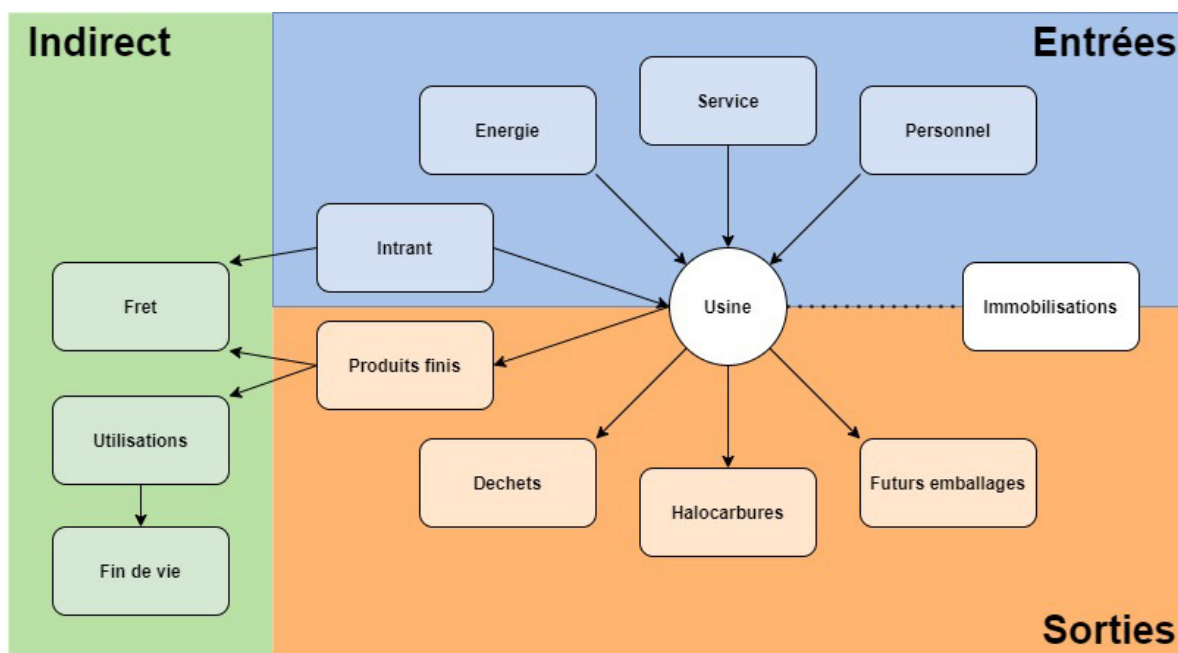


FIGURE 9 – Système d'une usine

L'énergie sur site

Cette section s'attardera sur les consommations en énergie de l'usine. Les procédés industriels et l'entretien des bâtiments nécessitent une grande quantité d'énergie sous forme d'électricité et de chaleur.

Les émissions d'halocarbures

Que ce soit pour le confort du personnel, ou pour les nécessités des procédés, une usine telle que le Cartonnage Lammerant utilise des systèmes de refroidissement basés sur des gaz frigorigènes. Malheureusement, ces systèmes admettent toujours une évaporation d'une petite partie de leurs gaz dans

l'atmosphère. Or, ces gaz sont des *GES* puissants. Dans cette section, l'émission de ces *GES* sera étudiée.

Le fret entrant et sortant

Afin de produire, l'usine a besoin d'apports en matière première et d'exports de produits finis, ce transport de marchandises est lui-même producteur de *GES*. Ceux-ci seront étudiés dans cette section afin d'estimer l'impact du fret. Généralement, le transport se fait par camions ou bateaux.

Les intrants

Cette section contiendra toutes les émissions de *GES* issus des intrants quels qu'ils soient. Cela comprendra donc le papier, la soude caustique, les encres, la colle et la farine. La soude caustique ou *NaOH* est un composé basique couramment utilisé en industrie. Elle a pour caractéristique d'être très corrosive et est même utilisée pour fabriquer les déboucheurs de canalisation. Dans ce cas, elle permet d'accélérer le processus de fabrication de la colle en augmentant la viscosité de la colle. Elle permet aussi une augmentation de la conservation de la solution. La farine est utilisée pour la fabrication de la colle à l'onduleuse comme expliqué dans la section Problématique.

Les déchets

Toutes les émissions de *GES* générées par les produits non désirés issus des lignes de production seront étudiées dans cette section. Elle comprendra donc le calcul de l'impact de la combustion ou la putréfaction de ces déchets.

Les emballages

Comme dans les autres sections, ici seront étudiées les émissions de *GES* allouées à la fabrication du packaging des produits finis de l'entreprise.

Les services

Afin de permettre le fonctionnement d'une usine tel que le Cartonnage Lammerant, une grande quantité de ressource humaine est nécessaire. De ce fait, le recours au "Out-sourcing" est obligatoire. Ainsi, une partie du service d'entretien est réalisée par des entreprises extérieures. De plus, un apport en matériel est nécessaire afin d'entretenir les biens de l'entreprise. Cette section prend donc en compte les rejets de *GES* générés par l'utilisation des services matériels (fournitures) et services non matériels (sous-traitance).

Les déplacements du personnel

La ressource la plus importante pour une entreprise telle que le Cartonnage Lammerant est le besoin en personnel. En effet, même si la majorité des procédés est automatisée, sans personnel, l'usine ne serait pas apte à produire. Mais afin de disposer de cette ressource, il faut qu'elle se déplace jusqu'au lieu de

production. Ce déplacement n'est pas sans impact sur l'environnement. Ainsi, cette section prend en compte l'émission de *GES* lors des déplacements des travailleurs de leur domicile à leur lieu de travail.

Les immobilisations

Dans cette section seront calculées les émissions en rapport avec les biens durables, autrement dit, les biens qui peuvent être amortis dans l'exercice comptable. Cela inclut donc les bâtiments et les lignes de production. La principale cause de rejet est leur fabrication. Ainsi ce rejet sera partagé sur la durée de vie du bien.

Utilisation

Étant donné que les produits finis du Cartonnage Lammerant sont des emballages, ils ne rejettent pas directement de *GES* lors de leur utilisation. Cette section est donc énumérée, mais elle ne sera pas développée dans les chapitres suivants.

La fin de vie

Les produits finis du Cartonnage Lammerant vont comme tous les produits, passer par le cycle de vie des produits (voir section : Le cycle de vie d'un produit). Et donc, ils émettront des *GES* lors de leur production qui seront calculés au travers des différentes sections énumérées précédemment, mais aussi lors de leur traitement en fin de vie. Cette section permet de calculer les rejets de *GES* lors de ce dernier procédé.

Étape 2 : Collecte des données

L'ensemble des données présentées ci-dessous est issu de la société Cartonnage Lammerant. Certaines ont été récupérées en utilisant le logiciel ERP de la société, d'autres en lisant les informations dans les documents récapitulatifs annuels. Certains de ces documents sont confidentiels, c'est pourquoi ils ne seront pas présentés en annexe.

L'énergie sur site

Sur le site, les mêmes énergies que pour un particulier sont utilisées. C'est à dire, l'électricité, le mazout ou fioul domestique et le *LPG*. L'électricité sert à fournir de l'énergie utilisable dans l'ensemble du bâtiment. Le fioul domestique sert à produire de l'énergie thermique, pour le chauffage du bâtiment ou la production de vapeur. Le *LPG* sert comme carburant pour quelques chariots élévateurs.

Chaque année, un audit énergétique de la société est réalisé (voir annexe). Les informations ci-dessous y sont reprises et sont elles-mêmes issues des relevés des compteurs électriques ainsi que des factures de fioul et de *LPG*. Ces informations sont donc fiables et très précises.

Énergie	Quantité	Unité
Électricité achetée	6.912.074	kWh
Fioul domestique	1.163.271	L
<i>LPG</i>	14.363	Kg
Électricité produite	38.667	kWh

TABLE 2 – Énergies consommées

Les émissions d'halocarbures

Dans l'entreprise, il y a plusieurs systèmes de refroidissement utilisés. Le plus courant est la climatisation pour les bureaux ou les armoires électriques, mais il y a aussi des groupes de froid industriels (chillers) servant à refroidir les liquides des circuits hydrauliques de l'onduleuse. Certains systèmes utilisent de l'eau, mais d'autres sont plus problématiques, ils utilisent un gaz à effet de serre puissant : le R410A. Et malheureusement, les systèmes ont tendance à perdre une partie de ce gaz lors de leur fonctionnement. Ainsi, périodiquement, l'appoint de ces gaz doit être fait.

L'évaluation de la quantité de ce gaz évaporée annuellement n'est pas évidente, mais elle a été estimée dans un rapport carbone de l'usine il y a quelques années. Étant donné que ces systèmes n'ont pas beaucoup évolué depuis lors, les mêmes valeurs seront donc reprises. Elles sont basées sur la quantité de machines présentes sur le site, le pourcentage moyen d'évaporation pour ces machines par rapport à leurs capacités et la capacité de ces machines en gaz.

Système	Quantité	Unité	Gaz utilisé
Climatisation bureau	14.1	Kg	R410A
Climatisation industrielle	36.1	Kg	R410A

TABLE 3 – Halocarbures évaporés

Le fret entrant et sortant

Afin d'acheminer la matière première, le transport routier est employé. Malgré que ce dernier n'est pas la solution la plus optimale, il n'y a pas d'autres choix. En effet, il n'y a pas de cours d'eau permettant un apport direct ni de ligne de chemin de fer avec un arrêt permettant de décharger de la marchandise à proximité. De plus, les entreprises de production de papier ne sont pas proches de la localisation du Cartonnage Lammerant. C'est pourquoi il y a énormément de transport qui est réalisé par camions. Une part du transport est cependant faite par bateaux maritimes. Cela est dû à la localisation des forêts et des usines de papiers qui sont présentes en nombre dans les pays nordiques.

La grande majorité des produits finis sont destinés à des entreprises belges. Cela implique des trajets moins longs et donc une quantité de transport plus faible. La totalité de ce transport est effectuée par camions étant donné les courtes distances. Dans ce cas-ci, ce moyen est parfaitement adapté.

L’empreinte carbone des transports se base sur l’unité de mesure des transports de marchandises : la tonne-kilomètre. Cette dernière représente un déplacement de une tonne de marchandise, emballage compris, sur une distance de un kilomètre.

Les données récoltées proviennent d’une étude réalisée par la société DELPOWER en 2016 (voir annexe). Malheureusement, aucune information plus récente n’a été trouvée. Afin d’estimer au mieux ces chiffres, la base de l’année 2016 sera multipliée par le coefficient d’augmentation de production de boîtes.

En 2016, 158.026.805 boîtes de carton ont été produites. En 2019, 202.120.813 boîtes de carton ont été produites. Ces chiffres proviennent du logiciel de gestion de production OMP Le coefficient d’augmentation de production de boîtes est donc de :

$$\bullet \text{Coeff.} = (202.120.813/158.026.805) - 1 = 1,28 - 1 = 0,28 \quad (1)$$

Voici donc le résultat de l’extrapolation des chiffres du transport.

Type de Fret	Quantité	Unité	Caract. des véhic.
Transport routier des matières premières	29.262.860	TKm	26T
Transport routier des emballages	2.660	TKm	26T
Transport maritime des matières premières	31.327.980	TKm	>880kW
Transport routier des déchets	581.615	TKm	26T
Transport routier des produits finis	2.845.550	TKm	30T

TABLE 4 – Quantité de transports

Les intrants

Afin de pouvoir faire fonctionner les différentes parties de l’usine dont les systèmes ont été décrits précédemment, un apport continu en matière première doit être assuré. Ces matières premières sont utilisées en grande quantité étant donné la capacité de l’usine et la production continue en 3 postes. Elles auront donc un impact non négligeable sur le calcul de l’empreinte carbone.

L’ensemble des valeurs présentées ci-dessous sont extraites du logiciel *ERP* de l’entreprise. Ces valeurs sont donc fiables et permettront de connaître avec précision l’empreinte carbone des intrants.

Intrants	Quantité	Unité
Papier	62.000	T
NaOH	50	T
Encre	250	T
Colle	65	T
Farine	900	T
Prodac	15,6	T
Formol	2.2	T

TABLE 5 – Quantité d'intrants

Les déchets

Dans tous les types de systèmes, il y a toujours un produit non désiré. Ceci est inévitable. Dans le cas du Cartonnage Lammerant, ces produits non désirés sont issus du nettoyage des machines, des productions non conformes, des découpes dans le carton ou encore du personnel en général (alimentation). Pour cela, l'usine est équipée de dispositifs permettant de préparer ces déchets au recyclage ou de les traiter partiellement.

Dans le cas des déchets carton ou papier, par exemple, les mauvaises productions ou les découpes, sont broyées et compressées en ballots qui seront redirigés vers un site de recyclage du papier. Ces déchets seront donc retransformés en papier recyclé et réintroduit dans la filiale du papier. Ainsi, il est possible que les déchets du Cartonnage Lammerant soient retransformés en boîtes de carton.

Entre chaque production, il faut nettoyer les imprimantes. Ce nettoyage engendre une eau chargée en encres. À ce stade, ce déchet est très difficile à traiter directement. C'est pourquoi l'entreprise est équipée de 2 stations d'ultrafiltration qui permettent de séparer une partie de l'eau de la masse de déchet. Cette eau est réinjectée dans le circuit d'alimentation en eau de l'usine. La boue résultant de ce processus est mélangée avec un coagulant et est passée dans un "filtre-pressé" permettant de séparer une grosse partie de l'eau du reste. Cette eau est encore une fois réinjectée dans le circuit d'alimentation en eau de l'usine. Le résultat de la filtration est un bloc noir qui peut s'apparenter à de l'encre séchée. Ce type de déchet a une très forte valeur calorifique. Une entreprise spécialisée l'évacue donc vers un lieu où il sera réutilisé comme combustible.

Finalement, il y a les déchets traditionnels issus indirectement de la production : des déchets "ménagers" et les déchets de bois issus des palettes cassées. Pour réduire ces derniers, des ateliers de réparation de palettes sont mis en place dans l'usine. Mais malgré cela, il est difficile de réduire leur nombre à 0.

Les valeurs présentées ci-dessous sont donc issues des indications de pesée présentes sur les factures des sociétés qui évacuent ces déchets, ou des relevés des stations. Ces valeurs sont donc fiables. Comme le traitement des eaux est entièrement effectué sur le site de la société, ses coûts sont déjà pris en compte. Dès lors, cette valeur sera mise à 0.

Déchets	Quantité	Unité
Papier	3932	T
<i>DIB</i>	39,9	T
Boue de <i>STEP</i>	81,42	T
Déchet de bois	20,78	T
Traitement des eaux	0	T

TABLE 6 – Quantité de déchets

Les emballages

Les produits finis du cartonnage sont des boîtes de carton qui sont conditionnées généralement par paquets de 15 à 30 boîtes, eux-mêmes conditionnés en palettes. Mais ces dernières ne sont pas très stables. Afin d'éviter tout éboulement, et en fonction des exigences des clients, ces palettes peuvent être cerclées avec deux feuilards et dans certains cas, renforcées avec du film *PET*.

Ces articles sont commandés et gérés par le logiciel *ERP* de la société, il est donc facile de retrouver la quantité qui a été utilisée pour une année donnée. Les valeurs ci-dessous sont donc fiables.

Type d'emballage	Quantité	Unité
Feuilards <i>PP</i>	13	T
Films <i>PET</i>	25,6	T

TABLE 7 – Quantité d'emballages

Les services

Afin de subvenir aux différents besoins de l'entreprise, il est nécessaire de faire appel à des sociétés de vente de service. Ainsi, certaines tâches sont sous-traitées comme une partie de la maintenance et du nettoyage. Une autre partie des services l'achat de pièces de rechange et de matériels en tout genre.

Les chiffres présentés ci-dessous sont issus de la comptabilité de la société. Ils sont présentés en euros et ne sont donc pas très représentatifs de ce qui les composent. Il sera donc plus difficile d'évaluer l'émission équivalente de CO_2 pour cette partie. Mais il serait trop fastidieux de faire une recherche service par service et article par article.

Service	Quantité	Unité
Matériel	8.300.000	€
Non-matériel	2.700.000	€

TABLE 8 – Quantité de services

Les déplacements du personnel

La quantité de personnel au sein du cartonnage Lammerant est relativement stable, et le turn-over y est très faible. Ces informations permettent d'estimer la quantité de déplacement du personnel plus facilement.

Les données présentes ci-dessous sont issues d'une étude de la DELPOWER de 2016 (voir annexe). Comme expliqué ci-dessus, il est donc assuré que ces chiffres n'ont pas beaucoup changés. Dès lors, pour cette partie, les mêmes données seront réutilisées.

Pour les véhicules Diesel, l'étude fournit la même quantité de kilomètres pour les véhicules de 0-5 CV et les véhicules de 6-10 CV. Ces chiffres découlent certainement d'une estimation de la société DELPOWER.

Déplacements	Quantité	Unité
Véhicules Essences 0-5 CV	98.410	Km
Véhicules Diesel 0-5 CV	73.807	Km
Véhicules Diesel 6-10 CV	73.807	Km

TABLE 9 – Quantité de déplacements du personnel

Les immobilisations (bâtiment et infrastructures)

Afin d'être capable de produire, il faut l'infrastructure adaptée à cette production. Pour cela, l'usine a fait construire un bâtiment suffisamment grand pour y entreposer machines de production, stock de matières premières, stock de produits finis et bureaux. Tout ceci n'est pas sans impact sur l'environnement. Mais cet impact a lieu une fois, au moment de la construction/achat alors qu'il est utilisé durant une longue période. Afin de solutionner ce problème, l'empreinte carbone des machines et autres matériels va être répartie sur le nombre d'années d'amortissement dans la comptabilité. Ainsi, le rejet de *GES* ponctuel peut être étalé sur la durée de vie théorique de l'infrastructure et permettre un calcul raisonnable. Pour ce qui est des bâtiments, cela sera en fonction du nombre de mètres carrés. Pour connaître les valeurs à utiliser pour quantifier l'impact des infrastructures, il suffit donc de reprendre les chiffres de la comptabilité et les dimensions du bâtiment.

Immobilisations	Quantité	Unité
Bâtiments	50.000	m ²
Parc Machine	2.300.000	€
Informatique	20.000	€

TABLE 10 – Estimation des immobilisations

La fin de vie

L'ensemble des produits finis du cartonnage Lammerant est composé de carton, une matière relativement facile à recycler. Mais il n'est pas possible de connaître exactement quelle quantité va être recyclée ou mise en décharge ou encore incinérée. La solution est donc de se baser sur les statistiques de fin de vie du carton et de l'extrapoler à la quantité de produits finis fabriquée au cartonnage Lammerant.

Le chiffre ci-dessous n'est donc que le poids total du carton fabriqué à l'usine. Ce chiffre est issu du logiciel de gestion de production "OMP".

Produits finis	Quantité	Unité
Boîtes de carton (papiers)	60.000	T

TABLE 11 – Quantité de produits finis

Étape 3 : Recherche des facteurs d'émissions et des méthodologies applicables

Comme expliqué dans le chapitre sur la synthèse de la littérature, chaque élément est caractérisé par un poids équivalent de CO_2 par unité de mesure adaptée. Afin de calculer le rejet total équivalent de CO_2 , chaque facteur caractéristique doit être trouvé. Pour ce faire, il faut trouver des études *ACV* sur les éléments en question. Dans ce travail, certains facteurs seront repris dans des rapports sur le Cartonnage Lammerant réalisé par des sociétés d'audit énergétique, d'autres seront issus de registres appelés base carbone qui reprennent le résultat d'étude *ACV*. Malheureusement, il n'existe pas une étude *ACV* pour tous les produits utilisés au cartonnage Lammerant. De ce fait, dans certains cas, le facteur de rejet équivalent de carbone sera celui d'un produit équivalent.

L'énergie sur site

Le cartonnage Lammerant réalise régulièrement des audits énergétiques afin la consommation soit suivie. De ce fait, dans ces rapports, les empreintes carbone des énergies sont utilisées pour connaître leur impact.

Les chiffres ci-dessous sont donc repris de ces rapports qui sont une source fiable.

Énergie	Émissions équivalentes CO_2	Unité
Électricité achetée	502,2	gCO_2e/kWh
Fioul domestique	2.679,1	gCO_2e/L
<i>LPG</i>	2.714,3	gCO_2e/Kg
Électricité produite	0	gCO_2e/kWh

TABLE 12 – Empreinte carbone des énergies

Les émissions d'halocarbures

Le seul et unique halocarbure utilisé sur le site est le R410A comme précisé précédemment. Il est le sujet de nombreuses études *ACF* donc son coefficient (7) n'a pas été difficile à trouver. Celui présenté ci-dessous provient de la base carbone de l'*ADEME*. L'*ADEME* est l'agence de la transition écologique française. Elle est par conséquent une source fiable.

Halocarbure	Emissions équivalentes CO_2	Unité
R410A	1924 ⁷	Kg CO_2e /Kg

TABLE 13 – Empreinte carbone des halocarbures utilisés

Le fret entrant et sortant

Le cartonnage Lammerant emploie 2 types de transport comme cité dans la section précédente : routier et maritime.

L'indicateur du transport routier n'est pas facile à déterminer, car de nombreuses études sont présentées sur le réseau internet. Elle varie en fonction de la motorisation du camion, de sa charge maximale autorisée, de sa configuration (camion, camion-remorque, semi-remorque), ... Pour cette étude, l'indicateur de référence sera celui d'un semi-remorque avec une motorisation diesel avec une *MMA* de 40T. L'indicateur (8) est issu de la base carbone de l'*ADEME*, car cette base est fiable.

Pour ce qui est de l'indicateur du transport maritime (9), il est aussi issu de la base carbone de l'*ADEME*.

Type de Fret	Emissions équivalentes CO_2	Unité
Transport routier	199,0 ⁸	g CO_2e /TKm
Transport maritime	10,2 ⁹	g CO_2e /TKm

TABLE 14 – Empreinte carbone des transports

Les intrants

Les intrants représentent la majeure partie des consommations de l'usine. Comme présenté précédemment, il y a 5 intrants principaux : le papier, le NaOH, l'encre, la colle et la farine. Le Prodac et le formol seront négligés pour 2 raisons :

1. Ces produits ne sont utilisés qu'en petite quantité.
2. Ces produits sont trop spécifiques pour avoir leurs propres études *ACF*

Leurs coefficients (10,11,12,13,14) sont tous les 5 issus de la base carbone de l'*ADEME*. Il n'y a juste que pour l'encre que le coefficient n'est pas disponible sur la base présentée "online". Il faut donc télécharger la base de donnée pour le retrouver.

Intrants	Emissions équivalentes CO_2	Unité
Papier	317 ¹⁰	Kg CO_2 e/T
NaOH	587 ¹¹	Kg CO_2 e/T
Encre	2750 ¹²	Kg CO_2 e/T
Colle	550 ¹³	Kg CO_2 e/T
Farine	429 ¹⁴	Kg CO_2 e/T

TABLE 15 – Empreinte carbone des intrants

Les déchets

Les déchets du Cartonnage Lammerant sont des déchets génériques des usines. Le papier, issu en grande quantité des lignes de production peut-être valorisé par une usine en papier recyclé et reprendre le chemin des cartonnages ou autres usines transformant le papier. La différence entre le coefficient du papier dans la section sur les intrants et le papier dans cette section est qu'ici, seul ce recyclage est pris en compte étant donné que la matière première a déjà été comptabilisée. Cela explique pourquoi son coefficient est moindre. Dans ce cas-ci, comme le papier est envoyé directement dans une usine de recyclage, il est possible d'affirmer que le traitement de revalorisation sera le recyclage pour l'entièreté du papier.

Pour ce qui est des autres déchets, encore une fois, seule la fin de vie est prise en compte. Le seul indicateur qui a été problématique est celui pour les déchets de bois, car il n'y a pas d'étude pour cela. Par conséquent, l'indicateur qui a été sélectionné est celui pour les déchets types bois B du bâtiment. Les déchets bois de type B sont les bois faiblement traités. Il correspond aux déchets du Cartonnage Lammerant, car certains types de palettes sont traitées et donc les déchets qu'elles génèrent le sont aussi.

Tous les indicateurs (15,16,17,18) proviennent donc de la base carbone de l'ADEME hormis pour les boues de STEP où le facteur d'un rapport précédent (voir annexe) a été repris, car ces boues sont bien spécifiques et donc il ne sera pas possible le retrouver ailleurs.

Déchets	Émissions équivalentes CO_2	Unité
Papier	155 ¹⁵	Kg CO_2 e/T
<i>DIB</i>	5,58 ¹⁶	Kg CO_2 e/T
Boue de STEP	36,42	CO_2 e/T
Déchet de bois	5,110 ¹⁷	Kg CO_2 e/T
Traitement des eaux	0,262 ¹⁸	Kg CO_2 e/M3

TABLE 16 – Empreinte carbone des déchets

Les emballages

Pour les emballages 2 types de plastiques sont utilisés : le *PP* et le *PET*. Le *PP* est un plastique relativement rigide qui peut être recyclé. Son indicateur (19) est relativement correct pour un plastique. Par contre, le *PET* sous forme de film a un indicateur élevé (20). Cela est certainement dû au procédé nécessaire pour sa transformation sous forme de film.

Les indicateurs ci-dessous sont donc issues de la base carbone de l'*ADEME*.

Type d'emballage	Émissions équivalentes CO_2	Unité
Feuillards <i>PP</i>	2000 ¹⁹	Kg CO_2 e/T
Films <i>PET</i>	5500 ²⁰	Kg CO_2 e/T

TABLE 17 – Empreinte carbone des emballages

Les services

Les services ne sont pas faciles à évaluer, ils sont exprimés en euros, et peuvent varier énormément d'une industrie à l'autre. Pour cela, la base carbone de l'*ADEME* précise un indicateur monétaire (21,22). Celui-ci est moins fiable, mais il est une indication moyenne des rejets provoqués par l'achat de services. Ainsi, dans ce cas, les indicateurs présentés ci-dessous sont approximatifs.

Service	Émissions équivalentes CO_2	Unité
Matériel	700 ²¹	Kg CO_2 e/K€
Non-matériel	170 ²²	Kg CO_2 e/K€

TABLE 18 – Empreinte carbone des services

Les déplacements du personnel

Le type de véhicules utilisés par les travailleurs peut fortement varier. Dans une étude précédente, ils avaient été scindés en 3 catégories présentées ci-dessous. La base carbone de l'*ADEME* fournit un indicateur pour chacune des catégories (23,24,25). Malgré cela, la différence entre ces indicateurs n'est pas marquante. Une autre solution aurait pu être de ne prendre qu'un seul et unique facteur moyen pour les 3 types de véhicules.

Déplacements	Émissions équivalentes CO_2	Unité
Véhicules Essences 0-5 CV	234 ²³	g CO_2 e/Km
Véhicules Diesel 0-5 CV	230 ²⁴	g CO_2 e/Km
Véhicules Diesel 6-10 CV	261 ²⁵	g CO_2 e/Km

TABLE 19 – Empreinte carbone des déplacements du personnel

Les immobilisations (bâtiment et infrastructures)

Les immobilisations représentent la plus grosse partie de l'usine : les bâtiments, les machines, le parc informatique. Il va de soi que les indicateurs pour ces derniers doivent être précis. Mais malheureusement, la seule manière de quantifier précisément ces éléments est de les mesurer en mètre carré pour le bâtiment et en euros pour le parc machines et informatique.

Ainsi, pour les éléments quantifiés en euros, le ratio monétaire du bilan carbone de l'ADEME sera utilisé. Bien évidemment, la précision de ces indicateurs (27,28) est moindre, mais elle permet de trouver rapidement un résultat satisfaisant.

Pour le bâtiment, il faut que l'indicateur (26) traduise le rejet généré par l'entretien et la fabrication du bâtiment, car cet indicateur n'est pas dépendant du temps. Le temps de vie du bâtiment est donc une constante moyenne utilisée lors du calcul de celui-ci. Cela a pour effet que cet indicateur sera moins fiable.

Immobilisations	Émissions équivalentes CO_2	Unité
Bâtiments	275 ²⁶	Kg CO_2 e/m ²
Parc Machines	700 ²⁷	Kg CO_2 e/€
Informatique	400 ²⁸	Kg CO_2 e/€

TABLE 20 – Empreinte carbone des immobilisations

La fin de vie

Il n'est pas possible de connaître quel sera le traitement que vont subir les boîtes de carton quand elles ne seront plus utiles. Pour cela, il faut donc se baser sur des statistiques afin de se rapprocher au plus de la réalité.

Selon le site web "STATBEL", le taux de recyclage du carton serait de 90 %. Étant donné que le seul indicateur donné pour les déchets de papier en fin de vie est pour le recyclage à 100 % du carton, celui-ci sera utilisé. De plus, la différence entre une fin de vie à 100 % recyclée et 90 % recyclée ne doit pas être énorme étant donné que dans un cas, l'énergie est utilisée pour revaloriser un produit et dans l'autre, le produit est incinéré pour produire de l'électricité. Dans chacune des 2 méthodes, il y a une source de rejet, et une production d'un élément utile.

Produits finis	Emissions équivalentes CO_2	Unité
Boîtes de carton (papiers)	155 ²⁹	Kg CO_2 e/T

TABLE 21 – Empreinte carbone de la fin de vie des produits finis

Étape 4 : Calcul de l'empreinte carbone totale

Maintenant que toutes les informations nécessaires sont récoltées, il est possible de calculer le bilan carbone de l'usine et donc de savoir la quantité équivalente totale émise par l'entreprise pour fabriquer sa

production annuel. Ensuite, il ne restera plus qu' à faire une règle de trois pour trouver le rejet équivalent de CO_2 pour une boîte de carton.

Voici le tableau récapitulatif.

Domaine	Type	Conso.	Unité	Empr.	Unité	Total [KgCO ₂ e]
Énergie						
	Électricité achetée	6912074	kWh	502,2	gCO ₂ e/kWh	3471243,563
	Fioul domestique	1163271	L	2679,1	gCO ₂ e/L	3116519,336
	LPG	14363	Kg	2714,3	gCO ₂ e/Kg	38985,4909
	Électricité produite	38667	kWh	0	gCO ₂ e/kWh	0
Halocarburant						
	R410A	40,2	Kg	1924	KgCO ₂ e/Kg	77344,8
Fret						
	Fret routier entrant	29265520	TKm	199	gCO ₂ e/TKm	5823838,48
	Fret maritime entrants	31327980	TKm	10,2	gCO ₂ e/TKm	319545,396
	Fret sortant	3427165	TKm	199	gCO ₂ e/TKm	682005,835
Intrants						
	Papier	62000	T	317	KgCO ₂ e/T	19654000
	NaOH	50	T	587	KgCO ₂ e/T	29350
	Encre	250	T	2750	KgCO ₂ e/T	687500
	Colle	65	T	550	KgCO ₂ e/T	35750
	Farine	900	T	429	KgCO ₂ e/T	386100
	Prodac	15,6	T		KgCO ₂ e/T	0
	Formol	2,2	T		KgCO ₂ e/T	0
Déchets						
	Vieux papiers	3932	T	155	KgCO ₂ e/T	609460
	DIB	39,9	T	5,58	KgCO ₂ e/T	222,642
	Boues de STEP	81,42	T	36,42	KgCO ₂ e/T	2965,3164
	Déchets de bois	20,78	T	5,11	KgCO ₂ e/T	106,1858
	Traitement des eaux	0	T	0,262	KgCO ₂ e/T	0

TABLE 22 – Calcul de l'empreinte carbone d'une boîte de carton

Domaine	Type	Conso.	Unité	Empr.	Unité	Total [KgCO ₂ e]
Emballages						
	PP	13	T	2000	KgCO ₂ e/T	26000
	PET	25,6	T	5500	KgCO ₂ e/T	140800
Services						
	Matériel	8300000	€	700	KgCO ₂ e/€	5810000
	Non-matériel	2700000	€	170	KgCO ₂ e/€	459000
Déplacements du personnel						
	Voitures type essence 0-5CV	98410	Km	234	gCO ₂ e/Km	23027,94
	Voitures type diesel 0-5CV	73807	Km	230	gCO ₂ e/Km	16975,61
	Voitures type diesel 6-10CV	73807	Km	261	gCO ₂ e/Km	19263,627
Immobilisations						
	Bâtiments	50000	m ²	275	KgCO ₂ e/€	13750000
	Machines	2300000	€	700	KgCO ₂ e/€	1610000
	Informatique	20000	€	400	KgCO ₂ e/€	8000
Fin de vie						
	Papiers cartons	60000	T	155	KgCO ₂ e/T	9300000
Total global						
Nombre de boites de carton	Boites de carton	202120813	Pièces			52.361.754,2
Empreinte carbone d'une boite de carton	Boite de carton	1	Pièce	0,259	KgCO ₂ e/pièce	

TABLE 23 – Calcul de l’empreinte carbone d’une boite de carton (suite)

Pour conclure cette section, il est possible d’affirmer qu’une boite de carton a une empreinte moyenne de rejet équivalent en CO₂ de 259 grammes. Ce résultat paraît pertinent étant donné que l’indicateur pour le carton est de 390 KCO₂e/T et pour le carton recyclé est de 670 KCO₂e/T. Il faudrait donc ajouter à cela l’impression, la découpe, le collage, le transport et la fin de vie pour retrouver un résultat similaire à celui obtenu.

Analyse des résultats et solutions

Analyse des proportions

Les résultats obtenus précédemment peuvent être étudiés en fonction du champs. De cette manière, il est possible de décerner les parties qui ont le plus d'impact et donc celles permettant de diminuer le plus l'impact carbone. Le graphique ci-dessous permet de se rendre compte de l'importance de chaque domaine.

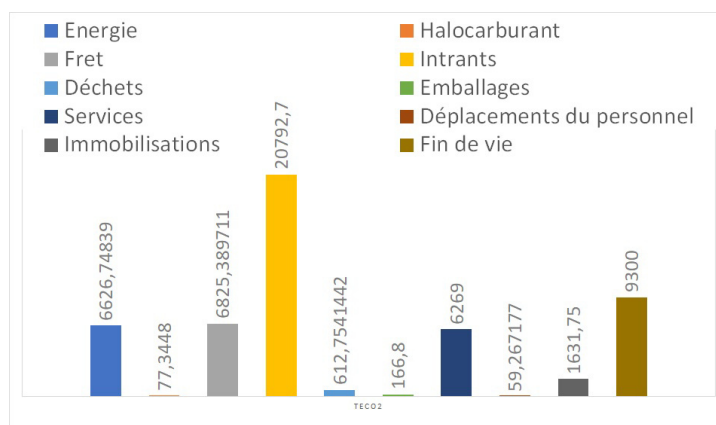


FIGURE 10 – Comparaison des différents domaines d'émission

Le domaine de loin le plus polluant est les intrants. Il est logique que dans une usine de cette taille, la quantité de matière première soit conséquente. Dès lors, si l'impact carbone de ces matières premières est élevé, le domaine le plus polluant sera les intrants.

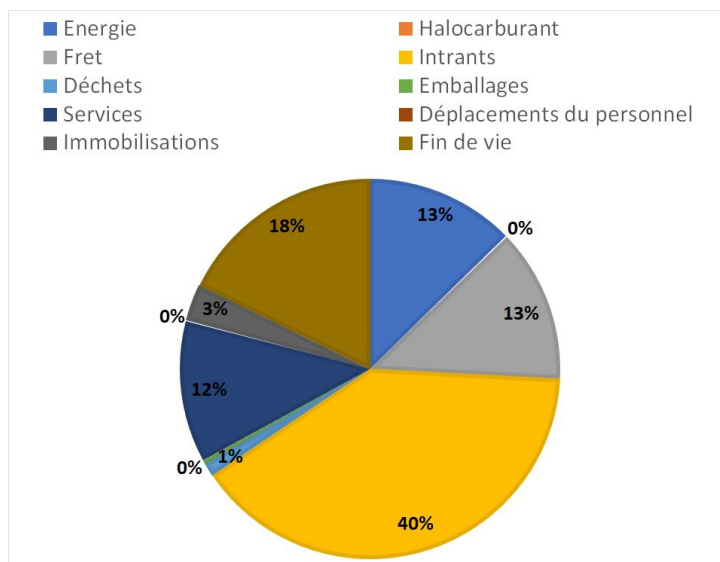


FIGURE 11 – Proportion des différents domaines d'émission

Ensuite, 4 domaines se partagent la deuxième place : la fin de vie, le fret, l'énergie et les services.

La fin de vie est le domaine le plus important des 4. Cependant, ce dernier est très théorique, car il n'est basé que sur des statistiques. Il est fort probable que sa valeur réelle soit plus élevée.

Le fret, donc l'impact principal, provient de la combustion dans les moteurs, c'est un domaine qui évolue au fur et à mesure du temps grâce aux nouvelles technologies. Cette quantité aura donc tendance à légèrement diminuer avec le temps. Cependant, son importance est logique dans le monde de la mondialisation. Les entreprises préfèrent faire jouer la concurrence pour optimiser leur marge. Cela implique qu'elles ne se fournissent pas forcément chez le fournisseur le plus proche. Tout cela entraîne du transport supplémentaire et augmente l'impact de ce domaine. De plus, le papier (non recyclé) n'est pas produit en Belgique, cela implique dès lors du transport pour l'importer.

L'énergie se retrouve aussi dans le groupe de deuxième place. Cela est normal, car il a de nombreuses machines à alimenter en différentes énergies et chacune de ces machines a déjà à elle seule une consommation élevée. En plus de cela, vient se rajouter toute une série d'éléments comme l'éclairage ou encore l'informatique.

Ensuite, il y a les services. La valeur obtenue est une estimation, car comme expliqué précédemment, il est difficile de calculer exactement le rejet équivalent de CO_2 dans l'atmosphère (voir section : Démarche méthodologique). Mais en conséquence de la quantité de service acheté par l'usine, il est normal que son empreinte carbone soit élevée.

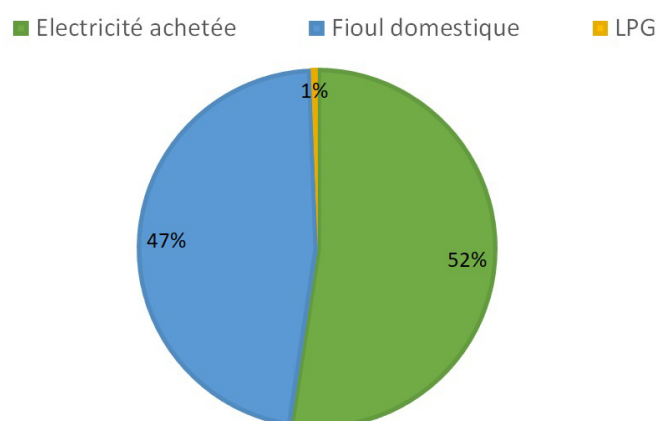


FIGURE 12 – Proportion des composantes de l'énergie

Si la composition de la consommation énergétique est étudiée, 2 grands composants sont directement remarquables : l'électricité achetée (52 %) et le fioul domestique (47 %). Il est normal de trouver une telle proportion d'électricité, car elle est présente partout. Cependant, la quantité de fioul domestique consommée est uniquement due au processus thermique de l'onduleuse (voir section Problématique). Cette quantité est certainement le résultat des nombreuses pertes thermiques qui sont relativement difficiles à éviter lors de la production et le transport de vapeur.

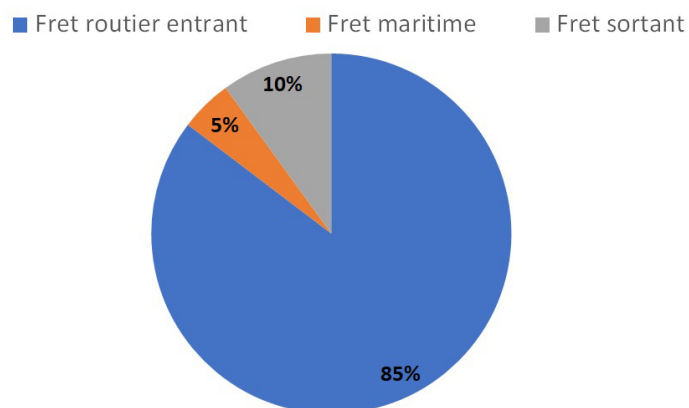


FIGURE 13 – Proportion des composantes du fret

Étant donné qu'une grande partie de la matière première vient du nord du continent et que la méthode d'acheminement principal, le transport routier, a un gros impact carbone, il est logique que le fret routier entrant représente une part importante des rejets de CO_2 du fret soit dû au . Les 2 autres composantes sont relativement faibles. Cela signifie pour le fret routier sortant que les clients se situent à proximité de l'usine et que le transport maritime est une très bonne solution pour diminuer les rejets inutiles de CO_2 .

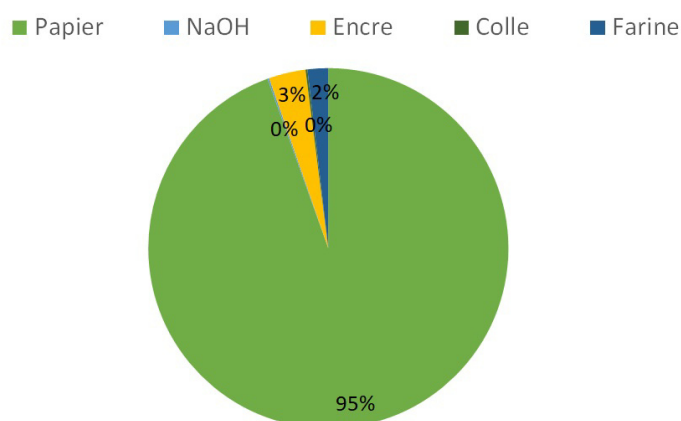


FIGURE 14 – Proportion des composantes des intrants

L'impact carbone des intrants est presque entièrement composé de l'impact de l'utilisation du papier. Mais ce composant est nécessaire à la production. Les autres composants des intrants sont négligeables, car ils ont des proportions minimales.

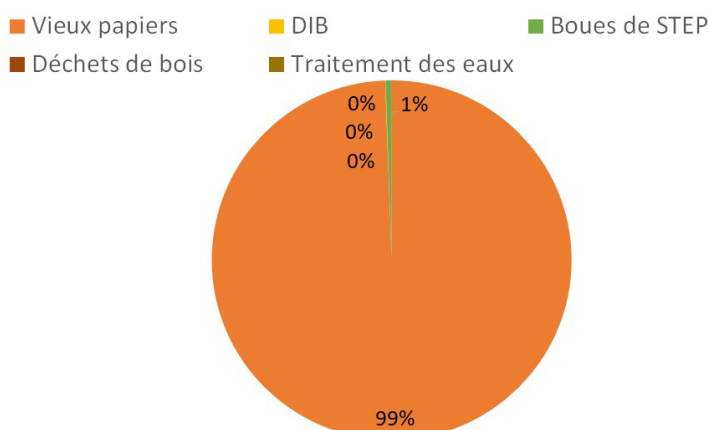


FIGURE 15 – Proportion des composantes des déchets

Comme dans le cas des intrants, la composante majoritaire est le papier. Cela est une conséquence du procédé de transformation (voir section Problématique). Par contre, l'impact des boues de *STEP* est faible. Il est probable que son coefficient de rejet équivalent de CO_2 ne soit pas correct, mais pour le connaître avec précision, cela demanderait une étude approfondie. Or le but de ce travail n'est pas de le connaître avec précision, mais plutôt d'estimer sa valeur, raison pour laquelle le coefficient de l'étude de 2016 est utilisé.

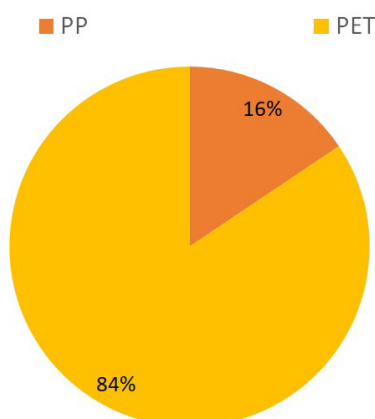


FIGURE 16 – Proportion des composantes des emballages

Le composant majeur de ce domaine est le film *PET*. Cela est une conséquence directe de sa consommation élevée et de son empreinte carbone élevée. De plus, la pose de ce film peut se faire de 2 manières : soit par un filmage partiel pour stabiliser la pile de carton ou par un filmage complet pour protéger le carton, mais cela n'est fait qu'à la demande du client. Une sensibilisation des clients à ce rejet de CO_2 pourrait peut-être diminuer la consommation si ce filmage n'a pas d'autre intérêt pour lui que de stabiliser la pile car les feuilards seraient suffisants.

Le reste de l'impact carbone des emballages est composé par le *PP*. Comme expliqué ci-dessus, les piles de carton ne sont pas très stables. Le cerclage avec des feuilards de *PP* permet de "sangler" la pile de carton à la palette. Ce rejet est donc, au même titre que le papier en matière première, inévitable.

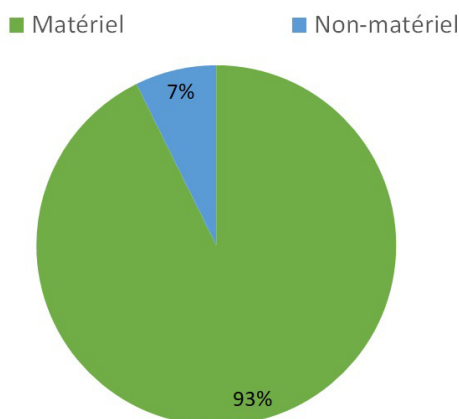


FIGURE 17 – Proportion des composantes des services

L'impact carbone des services matériel est responsable d'une grosse partie de l'impact carbone du domaine des services. Cela peut s'expliquer par le fait que l'entretien d'un parc de machines nécessite beaucoup de pièces de rechange pour que la production soit toujours optimum. Et ces pièces ont elles-mêmes un impact lourd sur l'environnement à cause de leur composition qui est généralement en métal et des usinages qu'elles ont dû subir pour prendre la forme nécessaire.

Une petite partie de l'impact carbone du domaine des services est causé par tous les services non matériels ou autrement dit, la sous-traitance, mais cela est, encore une fois, inévitable, car une usine emploie un nombre défini de travailleurs qui ne sont pas toujours une ressource suffisante car ils ne possèdent pas forcément toutes les compétences techniques dont une usine peut avoir besoin. Il est donc normal que pour des besoins temporaires, l'entreprise achète des services.

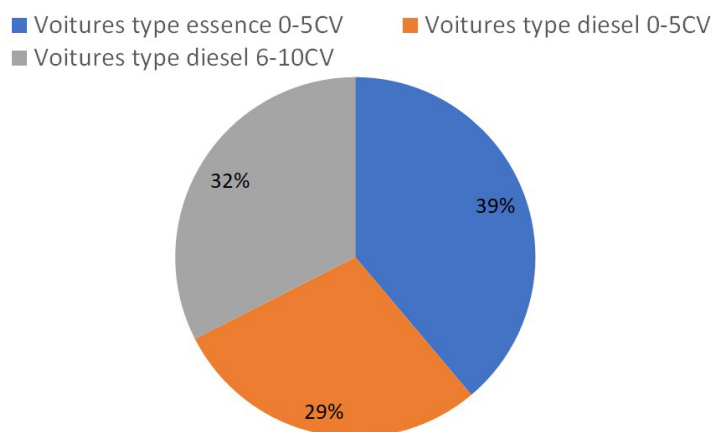


FIGURE 18 – Proportion des composantes des déplacements

L'impact des déplacements du personnel est presque équitablement partagé entre les 3 composantes. Un seul et même indicateur moyen aurait pu être utilisé comme expliqué précédemment. Cet impact est une conséquence directe des choix de déplacement du personnel, il n'est donc pas possible de le modifier facilement.

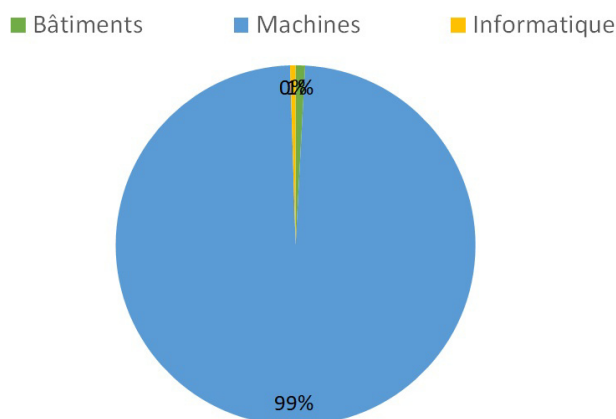


FIGURE 19 – Proportion des composantes des immobilisations

La majorité de l'impact des immobilisations est causé par les machines. Mais l'indicateur de ces dernières est basé sur un ratio monétaire, il est donc possible qu'il soit éloigné de la réalité. Malgré cela, les machines sont des éléments technologiques sophistiqués, il est donc normal qu'elles soient responsables d'une grande partie de l'impact des immobilisations. De plus, les machines, après la matière première et l'énergie, sont un élément indispensable pour la production de l'usine. Il sera donc difficile de diminuer leur impact.

Solutions envisageables

L'énergie sur site

L'énergie sur le site est le point sur lequel le plus de solutions sont envisageables. Comme ce domaine concerne la majeure partie de l'usine, il est facile de trouver des améliorations. La chose la plus logique et la plus basique est de travailler la consommation électrique.

Pour ce faire, il suffit de faire une chasse aux appareils étant allumés inutilement. Les machines inutilisées peuvent être éteintes et allumées en fonction des commandes. Généralement, toutes les machines sont allumées durant la période du lundi 6h au vendredi 21h alors que parfois, certaines d'entre-elles ne tournent pas de la semaine. Si une bonne organisation est mise en place entre le planning de production et la maintenance, les machines pourront être éteintes à la fin de la production et réallumées pour de la prochaine production et cela, avant que celle-ci ait commencée. La consommation qui pourrait être économisée serait petite par rapport à la consommation globale de l'usine, mais non négligeable sur une longue période.

De plus, la consommation de chaque machine pourrait être mesurée de manière indépendante. Ainsi les machines les plus énergivores seraient utilisées en dernier. Cela pourrait être aussi un indicateur de l'état de la machine. Quand celle-ci a des problèmes mécaniques, cela peut se ressentir au niveau de la consommation électrique. De cette manière, ce surplus de consommation pourrait être vite supprimé.

Bien souvent, les ordinateurs restent allumés. Or, tous ces petits appareils n'impactent pas la consommation par la puissance qu'ils consomment, mais plus par la durée durant laquelle ils consomment. De ce

fait, une mise en veille automatique pourrait diminuer cette consommation. La meilleure solution serait l'extinction, mais cela n'est pas toujours possible, car parfois, le besoin est immédiat et le démarrage peut être long.

Dans l'usine, des déchets de carton de l'onduleuse sont transportés par un système d'aspiration jusqu'au broyeur. Ce système est extrêmement énergivore, conséquence directe de la compressibilité de l'air. Un système similaire existait il y a peu pour le déplacement des déchets de lignes de production FFG (voir section problématique) et a été remplacé par un système de tapis. La consommation d'électricité est passée de 37KW à une consommation de 3x1.5KW. Cette diminution de 88 % n'est pas négligeable. Si la même intervention était appliquée à l'aspiration onduleuse, la consommation pourrait passer de 90KW à environ 11KW si la même diminution est considérée, soit un gain de 79KW en permanence. Mais cela impliquerait une étude et une manutention pour l'installation compliqué d'un système de "pré broyeur" et de tapis, à cause des différents défis à relever comme le placement aérien des tapis.

La dernière grosse possibilité pour économiser de l'énergie est de diminuer la pression dans le réseau pneumatique. Actuellement, le réseau est à une pression de 8,2 bars en sortie de la salle des compresseurs. Les machines nécessitent une pression de 6,5 bars minimum et pour les machines en bout de ligne, cela est parfois juste. Une diminution de 1 bar du circuit pneumatique représente une diminution de consommation de 7 % pour les compresseurs³⁰ et cela serait possible à condition d'installer un nouveau réseau d'air comprimé de section plus importante afin de diminuer les pertes de charge. Dans la même optique, une chasse aux fuites d'air peut être aussi bénéfique.

Pour diminuer la consommation d'énergie, il y a aussi de petits gestes qui peuvent légèrement améliorer la consommation. Par exemple, sensibiliser le personnel à transmettre un maximum d'informations par voie orale plutôt que par email. Comme expliqué précédemment, la diminution de consommation serait faible, mais plusieurs gestes responsables combinés comme ceux-ci peuvent avoir un impact visible au final.

Une autre petite économie d'énergie pourrait être réalisée par des consignes fixes de température dans les locaux de l'entreprise. En effet, quand ces dernières peuvent être modifiées, un abus se crée. En hiver, le chauffage fonctionne pour avoir une température plus que confortable, mais peut-être pas nécessaire, et même chose pour la climatisation en été. Or, en hiver, une augmentation de la température de 1 degré augmente la consommation de 6 à 11 %³¹.

Une augmentation de l'isolation des bâtiments de l'usine pourrait permettre de diminuer la consommation d'énergie pour le chauffage du bâtiment en hiver. La meilleure solution serait d'isoler le bâtiment par l'extérieur. Mais ce projet serait relativement conséquent étant donné la superficie des bâtiments (50.000 mètres carrés).

30. [urlhttps://www.actu-environnement.com/ae/news/Caroll-Chemali-Okavango-Energy-air-comprime-economie-energie-26633.php4#:~:text=Diminuer%20de%201%20bar%20la,la%20production%20d'air%20comprim%C3%A9.&text=Un%20r%C3%A9seau%20d'air%20comprim%C3%A9,fuite%20de%2030%20%C3%A0%2040%25](https://www.actu-environnement.com/ae/news/Caroll-Chemali-Okavango-Energy-air-comprime-economie-energie-26633.php4#:~:text=Diminuer%20de%201%20bar%20la,la%20production%20d'air%20comprim%C3%A9.&text=Un%20r%C3%A9seau%20d'air%20comprim%C3%A9,fuite%20de%2030%20%C3%A0%2040%25).

31. https://conseils.xpair.com/consulter_savoir_faire/20-faits-optimiser-chauffage-climatisation/fait-12-1-degre-de-plus-chauffage-fait-augmenter.htm#:~:text=En%20chauffage%2C%20une%20temp%C3%A9rature%20ambiante,consommation%20%C3%A9nergie%20%C3%A9t%C3%A9%20installation.&text=Une%20temp%C3%A9rature%20ambiante%20stable%20et,de%20limiter%20la%20consommation%20%C3%A9nergie%20%C3%A9t%C3%A9.

Une usine de 50.000 mètres carrés nécessite beaucoup d'éclairage. Dans ce cas-ci, certaines zones sont parfois éclairées sans qu'aucune personne ne s'y rende pendant des heures. L'installation d'un éclairage intelligent pourrait permettre de réduire la consommation d'électricité. Les éclairages intelligents sont équipés de capteurs permettant de détecter les mouvements et donc la présence d'un membre du personnel. Cette solution est techniquement facile à mettre en place et donc peu onéreuse.

Domaine	Solution	Donnée	Calcul	Amélioration
L'énergie sur le site		-Temps de fonct. de l'usine : 111 h/semaine -Nombre de semaines de const. de l'usine : 52		
	Eteindre les machines inutilisées	-Conso. moyenne totale machines : 688 KVA -Cos phi : 0,93 -Nombre de machines moyen en prod. : 9 sur 11 -Estimation de la consommation à l'arrêt : 0,01	$688 * 0,93 / 9 * 2 * 0,01$	12,6 KW 72.727 kWh 36.523,5 KgCO ₂ e
	Mettre en veille les ordinateurs non utilisés	-Conso. ordinateur fixe : 600 kWh/an pour 8 h/jour -Conso.veille : 0,3 * conso. ordinateur fixe -Temps de fonct. ordinateur : 24 h/jour	$600 * 3 * (1-0,3)$	1.260 kWh 632,8 KgCO ₂ e
	Transport des déchets carton de l'onduleuse par tapis	-Conso. turbine : 90KW -Économie possible : 88%	$90 * 0,88$	79,2 KW 457.142 kWh 229.581,7 KgCO ₂ e
	Diminution des emails	-Empreinte carbone email : 19 gCO ₂ e -Diminution cible : 30% -Nombre de mails par jours et par personne : 39 -Nombre de personnes envoyant des mails : 15	$19 * 0,3 * 39 * 15$	3334,5 gCO ₂ e 3,3 KgCO ₂ e

TABLE 24 – Améliorations possibles et quantifiables de l'énergie consommée

Domaine	Solution	Donnée	Calcul	Amélioration
	Nouveau circuit pneumatique avec réduction de pression de 1 bar	-Puissance du compresseur 1 = 132 -Puissance du compresseur 2 = 75 -État du compresseur 1 : 100 % -État du compresseur 2 : $2,2/14 \times 100$ % -Économie : 7 %	$(132 + 75 \times 2,2/14)$ 0,07	10,065 KW 58.095 KWh 29.175,3 KgCO ₂ e
	Fixer consigne de température	-Économie possible : 6% -Part du fioul domestique pour le chauffage : 5% -Conso. fioul domestique : 1.163.271	$0,06 \times 0,05$ 1.163.271	3490 L 9.472,9 KgCO ₂ e
	Extention de l'éclairage intelligent	-Conso. lampe : 150 W -Surface lampe : 6mx8m -Surface utilisée dans l'usine en moyenne : 70% -Surface usine : 50000 m ²	$50000 / (6 \times 8)$ $150 \times (1 - 0,7)$	46.875 W 286.172 KWh 143.715,6 KgCO ₂ e
Total				449.105,1 KgCO ₂ e

TABLE 25 – Améliorations possibles et quantifiables de l'énergie consommée (suite)

Les émissions d'halocarbures

La totalité des halocarbures rejetés émane des systèmes de refroidissement. Changer de technologie de refroidissement serait donc une solution pour diminuer l'impact causé par l'évaporation des halocarbures. Des technologies existent déjà, comme les climatisations à eau glacée. Ces dernières fonctionnent très bien en dessous de 35 degrés Celsius³² et cela convient parfaitement au climat local. Les inconvénients sont le bruit et la structure spécifique nécessaire pour le montage. Mais dans le cas du Cartonnage Lammerant, ces inconvénients peuvent être évités avec un montage en toiture. Cette solution permettrait de supprimer la totalité des émissions dues aux halocarbures.

32. [urlhttps://conseils.xpair.com/consulter_savoir_faire/solutions-climatisation-eau-glacee/systemes_climatisation_eau_glacee.htm#:~:te](https://conseils.xpair.com/consulter_savoir_faire/solutions-climatisation-eau-glacee/systemes_climatisation_eau_glacee.htm#:~:te)

Domaine	Solution	Donnée	Calcul	Économie
Les halocarbures				
	Climatisation par eau glacée	-Rejet des systèmes actuels : 77344,8 KgCO ₂ e -Rejet des systèmes finaux : 0	77344,8 - 0	77344,8 KgCO ₂ e

TABLE 26 – Améliorations possibles et quantifiables sur les halocarbures

Le fret entrant et sortant

Comme présenté dans la section précédente, la majorité de l'impact du fret est causé par l'acheminement des matières premières par voie routière. Pour améliorer ce point, il faudrait connaître les trajets effectués par les camions afin d'étudier la possibilité d'augmenter le transport maritime, et ferroviaire. Sans ces informations, il serait incohérent d'estimer une quelconque diminution de l'impact du transport.

Cependant, une solution plausible serait de standardiser la hauteur des palettes dans le but d'optimiser la capacité de chargement des camions. Ainsi, la quantité de transport nécessaire pour acheminer les produits finis diminuerait.

Domaine	Solution	Donnée	Calcul	Amélioration
Le fret				
	Hauteur de palette standardisée	-Hauteur palette moyenne : 1,70 m -Hauteur palette possible : 2,10 m -Impact fret routier sortant : 682.005,835 KgCO ₂ e	(2,1/1,7)-1	23,5% 160.271,4 KgCO ₂ e

TABLE 27 – Améliorations possibles et quantifiables sur le fret

Les intrants

Comme expliqué précédemment, les intrants sont indispensables pour le fonctionnement de l'usine. Diminuer leur quantité est difficile. Pourtant une solution est possible. Si les données des intrants et des déchets sont étudiées parallèlement, le même composant majeur peut être identifié : le papier. Il serait donc possible de diminuer la quantité de papier matière première qui se transforme en papier déchet. Pour cela, la mise en place d'un standard des opérations de réglage de boîte permettrait de diminuer de 50 % le nombre de mauvaises boîtes produites lors de celui-ci. De plus, une augmentation du contrôle de qualité pourrait diminuer le nombre de produits finis non conformes par la mise en place d'une intervention plus rapide.

Les déchets

Actuellement, l'entreprise Cartonnage Lammerant n'est pas certifiée ISO 14001, la norme du système de management environnemental. Malgré cela, certains éléments de cette norme sont déjà mis en place comme les poubelles de tri. Une adhésion à cette norme permettrait de diminuer la quantité de déchet *DIB* grâce aux exigences d'amélioration continue. De plus, la société y gagnerait une certaine reconnaissance sur les marchés. En Effet, certaines sociétés ne souhaitent travailler qu'avec des sociétés certifiées ISO14001. Cette solution n'est pas quantifiable en termes d'amélioration de rejet de CO₂, car aucune information n'est disponible sur les effets finaux.

Un point mineur qui pourrait être amélioré serait d'utiliser des produits écologiques quand cela est possible. Récemment, l'adoption de produits verts a permis de supprimer partiellement l'utilisation de produit nettoyant frein. Si cette politique pouvait se généraliser, elle permettrait de diminuer l'impact global des déchets. Malheureusement, cette solution n'est pas facilement quantifiable en raison de manque de données.

Domaine	Solution	Donnée	Calcul	Amélioration
Les dechets				
	Standard de production	-Poids de papier déchet : 3932 -Amélioration possible : 50%	0,5 * 3.932	1.966 T de papier déchet + 1966 T de papier intrant = 927.952 KgCO ₂ e

TABLE 28 – Améliorations possibles et quantifiables sur les déchets

Les emballages

La partie majoritairement responsable du rejet de CO₂ dans le domaine des emballages est le film plastique *PET*. Une solution qui pourrait être mis en place serait de remplacer le film *PET* par un film en plastique composé d'amidon de maïs³³. Ce type serait peut-être un peu plus onéreux, mais permettrait de diminuer drastiquement les rejets de CO₂ en raison de son origine naturelle et sa biodégradation. Aucune étude ne permet de connaître réellement l'impact carbone de ce plastique, dès lors il n'est pas possible de quantifier cette solution.

Les services

Pour diminuer l'impact des services, il faudrait diminuer l'achat de service. Or, cela n'est pas possible si l'entretien et l'évolution de l'usine doivent prospérer. De plus l'effet serait même contraire, car il aurait un impact sur la consommation énergétique à cause des systèmes mal-entretenus et sur la quantité de machines de l'usine, à cause de l'augmentation de production non conforme.

Une possibilité serait de travailler avec des sociétés ayant pris des engagements écologiques, comme la certification de la norme ISO 14001. Dans ce cas, il faudrait faire une étude pour réestimer le ratio

33. [urlhttps://www.aera-sa.fr/gamme-films/films-pla/](https://www.aera-sa.fr/gamme-films/films-pla/)

monétaire des rejets de CO_2 des services dans le cas d'un travail plus écologique.

Une dernière solution serait de travailler avec des sociétés locales. En effet, beaucoup de pièces proviennent de France, de Hollande, ou encore d'Allemagne alors que pour certaines d'entre elles, il serait possible de se les fournir ou de se les faire fabriquer localement. Un tel changement permettrait de diminuer l'impact carbone des pièces grâce à la diminution radicale de transport.

Malheureusement, pour quantifier toutes ces améliorations, il faudrait avoir des statistiques sur l'origine exacte des pièces ainsi que l'empreinte de leur production à un niveau industriel et à un niveau plus artisanal.

Les déplacements du personnel

Pour les déplacements du personnel, il n'est pas possible d'agir directement, car tout est une question de volonté individuelle. Actuellement, certains membres du personnel font du covoiturage, mais cela ne reste qu'une partie minoritaire. Une solution pour pousser le personnel à partager leurs transport serait d'organiser un bus de transport vers l'usine. Un rendez-vous pourrait être fixé sur les places des villes ou villages où habitent le plus de travailleurs, un bus viendrait les chercher à une certaine heure afin de les conduire pour le début de leur poste à l'usine. Ensuite dans un trajet retour, ce bus rapatrierait les ouvriers ayant fini leur travail. Ce type de transport pourrait être qualifié de transport en commun dédié à une entreprise. Mais pour mettre en place et évaluer le potentiel d'une telle mise en œuvre, il faudrait étudier quel est le meilleur itinéraire, en déduire le nombre de kilomètres en bus et le nombre de kilomètres restant en voiture, et en déduire la diminution de rejet de CO_2 .

La quantification de cette amélioration demanderait de connaître les lieux de résidence de tous les ouvriers et de chercher un itinéraire optimisé pour chaque équipe. Mais cette initiative permettrait de réduire aisément le rejet de CO_2 étant donné que l'empreinte carbone d'un bus est de 0.103 Kg CO_2 e/pas-sager.Km³⁴, soit environ la moitié en moins que la voiture si elle est utilisée individuellement.

Les immobilisations (bâtiment et infrastructures)

Les immobilisations font partie des éléments indispensables pour le fonctionnement de l'usine. En conséquence, il n'est pas facile de diminuer leur impact. Le seul point où il serait possible de s'améliorer serait d'acheter directement des solutions plus écologiques.

La fin de vie

La fin de vie des produits finis du cartonnage Lammerant ne se passe pas dans l'entreprise où ils ont été produits. De ce fait, il n'est pas facile d'intervenir sur ce point. Cependant, le taux de recyclage du carton s'est amélioré ces dernières années et donc a permis une diminution du rejet. Pour continuer dans cette direction, le cartonnage Lammerant pourrait sensibiliser ses clients par des "campagnes" présentes sur les documents officiels et dans l'usine.

34. [urlhttps://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/liste-element?recherche=Bus](https://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/liste-element?recherche=Bus)

Résultat final

En utilisant les économies de rejet équivalent de CO₂ calculées précédemment, il est possible de recalculer l'empreinte de carbone d'une boîte de carton produite au sein du Cartonnage Lammerant et donc de voir les améliorations possibles.

		Quantité	Unité
Nombres de boîtes de carton		202120813	Pièces
Empreinte globale précédente		52.361.754,2	KgCO ₂ e
Amélioration grâce aux solutions			
	Eteindre les machines inutilisées	-36523,5	KgCO ₂ e
	Mettre en veille les ordinateurs non utilisés	-632,8	KgCO ₂ e
	Transport des déchets carton de l'onduleuse par tapis	-229581,7	KgCO ₂ e
	Diminution des emails	-3,3	KgCO ₂ e
	Nouveau circuit pneumatique avec réduction de pression de 1 bar	-29175,3	KgCO ₂ e
	Fixer consigne de température	-9472,9	KgCO ₂ e
	Extension de l'éclairage intelligent	-143715,6	KgCO ₂ e
	Climatisation par eau glacée	-77344,8	KgCO ₂ e
	Hauteur de palette standardisée	-160272,4	KgCO ₂ e
	Standard de production	-927952	KgCO ₂ e
Empreinte globale recalculée avec les améliorations		50748079,9	KgCO ₂ e

Empreinte carbone d'une boîte de carton après la mise en place des solutions	0,251	KgCO ₂ e
Amélioration relative	3,08361591	%

TABLE 29 – Améliorations possibles et quantifiables globales

À condition que toutes les solutions énumérées dans le tableau ci-dessus soient mises en place, il serait possible de diminuer l'empreinte carbone des boîtes de carton d'environ 3 %. Ce résultat serait plus que satisfaisant étant donné que dans ce travail, il ne s'agit pas de supprimer simplement le domaine responsable du plus gros rejet équivalent de CO₂ mais plutôt de trouver des solutions permettant de le diminuer. Ainsi, ces solutions permettront de tendre vers une limite en dessous de laquelle il ne sera jamais possible d'aller. Cette limite pourrait être décrite comme les consommations théoriques et parfaites de chaque domaine.

Conclusion

Le Cartonnage Lammerant est une société soucieuse de l'environnement malgré qu'elle ne soit pas certifiée par toutes les normes environnementales. La cause principale de son impact environnemental est l'achat et l'acheminement des matières premières. Cependant, cette part de son processus de fabrication est essentielle pour le bon fonctionnement de l'usine. Pour le reste, les émissions sont raisonnables dans le sens où elles sont réparties presque équitablement dans les domaines importants comme l'énergie, le fret, les services et la fin de vie des produits. Il en résulte une empreinte carbone de 259 grammes de CO_2 par boîte. Cette empreinte ne semble pas élevée quand le nombre de processus pour avoir ce résultat est analysé : fabrication du carton, découpe, impression, collage, préparation à l'expédition, transport et prise en compte de la fin de vie du produit.

Les méthodes possibles pour calculer l'empreinte carbone d'un produit sont au nombre de 2. L'une permet de connaître avec plus de précision l'empreinte carbone, car elle se base sur des données propres au sujet, tandis que l'autre méthode se base sur des statistiques. Il est donc normal que dans le cadre de ce travail, la méthode la plus objective ait été utilisée : le bilan carbone. Cette dernière est basée sur un système de tableau entrée sortie du sujet et donc permet de ne négliger aucun aspect. Le seul point qui est plus difficile dans ce type d'étude est de se fournir les données complémentaires provenant d'études similaires pour les éléments composant ce tableau. Néanmoins, maintenant, il existe des bases de données reprenant toutes ces données, elles sont appelées les bases carbone.

Dans une dernière partie, une étude des composants du bilan carbone a été réalisée afin de trouver des solutions plausibles permettant une diminution de rejet de CO_2 . Dans ces conditions, plusieurs solutions ont été trouvées. Toutefois, il n'a pas été possible de les quantifier toutes en raison d'un manque de données. Pour la part des solutions quantifiables, le calcul de leur résultat a été réalisé et a permis de trouver une possibilité de réduire l'empreinte carbone des boîtes de carton de 3 %. Cette quantité est plus que satisfaisante étant donné que les solutions ne permettent pas de supprimer du rejet de CO_2 simplement, mais d'améliorer les processus existants.

Ce type d'étude est un bon moyen pour se rendre compte de la manière dont est calculée une empreinte carbone et quelles sont ses composantes majeures. Par exemple, la prise en compte de la fin de vie du produit est un aspect à ne surtout pas négliger. De plus, afin de trouver des solutions, il faut avoir des connaissances pluridisciplinaires et une certaine créativité. En effet, il faut parfois savoir sortir de l'ordinaire pour trouver des solutions plausibles et qui permettront de soulager partiellement notre environnement.

Bibliographie

ADEME. (s. d.-a). ADEME - Site Bilans GES. Consulté le 2 août 2020, à l'adresse <https://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/choix-categorie>

ADEME. (s. d.-b). Documentation Base Carbone. Consulté le 2 août 2020, à l'adresse https://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_{D0C_}FR/index.htm?ratio-monetaires.htm

ADEME. (2012). CdC_ADEME_BILAN_des_émissions_de_gaz_a_effet_de_serre_d_une_entreprise_ou_administration_2013. Consulté le 2 août 2020, à l'adresse <https://www.bilans-ges.ademe.fr/static/documents/ressources/cdchentreprisesetorganisations.pdf>

ADEME. (2014). Documentation des facteurs d'émissions de la Base Carbone. Consulté le 2 août 2020, à l'adresse <https://www.bilans-ges.ademe.fr/static/documents/\%5BBase\%20Carbone\%5D\%20Documentation\%20g\%C3\%A9n\%C3\%A9rale\%20v11.0.pdf>

BOBST. (s. d.). Impression flexo—Pliage-collage—Combinés FFG | BOBST. Consulté le 13 juillet 2020, à l'adresse <https://www.bobst.com/befr/produits/flexo-pliage-collage/combines-ffg/>

Cartonnage Lammerant. (s. d.). Histoire du Cartonnage Lammerant. Consulté le 13 juillet 2020, à l'adresse <http://www.lammerant.be/histo.aspx>

confederatiebouw. (2007). L'empreinte écologique des bâtiments. Consulté le 21 juillet 2020, à l'adresse https://www.confederatiebouw.be/files/annual_report/Pages_{31_}to_{52_}from_{132309-jaarverslag-FR.pdf

CRP consulting. (2018). Diagnostic des émissions de GES, des consommations et des productions d'énergie du territoire. Consulté le 2 août 2020, à l'adresse https://www.scot-bergeracois.com/images/Diagnostic_des_{C3\%A9missions_}de_{GES_}des_{consommations_}et_{production_}d_{C3\%A9nergie.pdf

ghgprotocol. (2001). Le Protocole des gaz à effet de serre: Une norme de comptabilisation et de déclaration destinée à l'entreprise. Consulté le 20 juillet 2020, à l'adresse https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/standards/ghg_{protocol_}french-2001.pdf

IBM®, & IBM Knowledge Center. (2014, octobre 24). Calculs de l'empreinte carbone. Consulté le 2 août 2020, à l'adresse www.ibm.com/support/knowledgecenter/fr/ssfcz3_{10.5.2/com.ibm.tri.doc/tre_{measure/c_}carbon_{ftpt_}calcs.html

ISO. (2018). ISO 14064-1:2018(fr), Gaz à effet de serre—Partie 1: Spécifications et lignes directrices, au niveau des organismes, pour la quantification et la déclaration des émissions et des suppressions des gaz à effet de serre. Consulté le 21 juillet 2020, à l'adresse <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:>

iso:14064:-1:ed-2:v1:fr

Jean-François, G. (2014). Bilan des gaz à effet de serre. Consulté le 20 juillet 2020, à l'adresse <http://www.plateformechimiquedupontdeclaix.com/wp-content/uploads/2016/06/D2015-172-PJ-Rapport-bilan-carbone-2014.pdf>

Le dico du commerce international. (s. d.). Définition de Tonne-kilomètre (Tkm ou t-k). Consulté le 23 juillet 2020, à l'adresse <https://www.glossaire-international.com/pages/tous-les-termes/tonne-kilometre.html>

les horizons. (2020, janvier 18). Empreinte carbone • Les Horizons. Les Horizons. Consulté le 19 juillet 2020, à l'adresse <https://leshorizons.net/empreinte-carbone/>

Marcheteau, G. (2016, mai 25). Air comprimé: Économiser de l'énergie en ayant les bons réflexes. L'Energie Tout Compris.fr. Consulté le 14 juillet 2020, à l'adresse <https://www.lenergiesoutcompris.fr/actualites-et-informations/economies-d-energie/air-comprime-economiser-de-l-energie-en-ayant-les-bons-reflexes-47921>

OVERBLOG. (s. d.). L'analyse du cycle de vie. Système de Management Environnemental. Consulté le 21 juillet 2020, à l'adresse <http://management-environnemental.over-blog.com/2015/03/l-analyse-du-cycle-de-vie.html>

Pasquier, J.-L. (2020). Méthodologie de calcul de l'empreinte carbone. Consulté le 20 juillet 2020, à l'adresse <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-07/methodologie-document-travail-43-empreinte-carbone-2018-juillet2019.pdf>

Planetoscope. (s. d.). Planetoscope—Statistiques: Emissions mondiales de CO2 dans l'atmosphère. Consulté le 14 juillet 2020, à l'adresse <https://www.planetoscope.com/co2/261-emissions-mondiales-de-co2-dans-l-atmosphere.html>

Selectra. (2019, février 5). Bilan Carbone personnel & entreprise (Ademe): Calculateur et données. Selectra. Consulté le 14 juillet 2020, à l'adresse <https://selectra.info/energie/guides/environnement/bilan-carbone>

STATBEL. (2018, 10). Déchets d'emballages | Statbel. Consulté le 5 août 2020, à l'adresse <https://statbel.fgov.be/fr/themes/environnement/dechets-et-pollution/dechets-demballages>

STID. (s. d.). 1.2. Empreinte carbone | Ticket To Kyoto. Consulté le 14 juillet 2020, à l'adresse <https://www.stib-mivb.be/irj/go/km/docs/resource/tickettokyoto/fr/chapter/12-empreinte-carbone.html>

Vergne, F. (2015). Six actions pour réduire l'impact carbone des bâtiments. Consulté le 19 juillet 2020, à l'adresse <https://www.lemoniteur.fr/article/six-actions-pour-reduire-l-impact-carbone-des-batiments.766484>

What Plastic. (s. d.). The waste hierarchy. What Plastic? Consulté le 19 juillet 2020, à l'adresse <https://whatplastic.co.uk/blogs/blog/the-waste-hierarchy>

Annexes

Code Scilab pour calculer l’empreinte carbone de l’air

Debit=15,47 //NM3/min d’un compresseur du Cartonnage Lammerant

Puissance=90 //KW d’un compresseur du Cartonnage Lammerant

EmprunteCarboneElectricité=502,2 //g CO2/KwH voir rapport annuel de la société DELPOWER

ConvKwH=3600 //KJ

PoidsNM3=1.204 //Kg/NM3

EmprunteCarboneAir=Puissance/(Debit/60)/ConvKwH*EmprunteCarboneElectricité*PoidsNM3 //g
CO2/Kg d’air

Cartonnage Lammerant

Suivi annuel 2019 de l'audit ADBG2



Rapport confidentiel

Adresse du site	Zoning industriel de l'Europe 3, 7900 Leuze-en-Hainaut
Bureau d'étude	Delpower SPRL
Numéro d'agrément	RW/11267201
Référence dossier	DEL_2020_02

Edition	Date	Description	Concepteur
1	31/03/2020	1 ^{ère} diffusion	Fabien Galle Hervé Delporte

DELPower SPRL

Ruelle des Frères, 2 • bte 9
4650 Herve
Belgique

TVA BE 0835.503.560
IBAN BE57 7320 2499 5335
BIC CREGBEBB

info@delpower.be
+32 (0)498 15 13 82
www.delpower.be

Table des matières

<u>1</u>	<u>INTRODUCTION.....</u>	<u>2</u>
<u>2</u>	<u>DESCRIPTION DU SITE</u>	<u>2</u>
2.1	GENERALITES	2
2.2	PROCEDES ET UTILITES	3
<u>3</u>	<u>INDICATEURS D'ACTIVITE</u>	<u>5</u>
<u>4</u>	<u>CONSOMMATIONS D'ENERGIE ET EMISSIONS DE CO₂.....</u>	<u>6</u>
<u>5</u>	<u>EVOLUTION DES CONSOMMATIONS ET EMISSIONS SPECIFIQUES</u>	<u>6</u>
<u>6</u>	<u>INDICES D'AMELIORATION.....</u>	<u>9</u>
6.1	PRINCIPE DE CALCUL	9
6.2	CONSOMMATIONS REELLES 2019	9
6.3	CONSOMMATIONS ET EMISSIONS THEORIQUES 2019	10
6.4	MODIFICATIONS STRUCTURELLES	11
6.5	AJUSTEMENT CONJONCTUREL	11
6.6	NOUVEL USAGE	11
6.7	INDICES FSER ET FDSER	11
6.8	INDICES 2019	12
<u>7</u>	<u>PISTES REALISEES</u>	<u>15</u>
<u>8</u>	<u>PISTES A REALISER</u>	<u>17</u>
<u>9</u>	<u>CONCLUSIONS.....</u>	<u>18</u>



1 Introduction

Inscrite dans l'accord de branche signé entre la FETRA et la Wallonie, la société Lammerant a pour obligation de communiquer annuellement le suivi de ses indices d'efficacité énergétique et d'efficacité en CO2 et de fraction renouvelable.

A l'horizon 2020, l'entreprise s'est engagée à participer à l'objectif d'amélioration sectorielle de l'efficacité énergétique (AEE 2020 : 19,36 %) et de réduction des émissions spécifiques de CO2 (ACO2 2020 : 19,06 %) avec 2009 comme année de référence.

Dans le cadre du prolongement des Accords de Branche, l'objectif 2023 est redéfini comme étant le maximum entre l'objectif 2020 initial et l'AEE réalisé en 2017. Dans le cas du Cartonnage Lammerant, l'objectif 2020 ayant été dépassé en 2017, les nouveaux objectifs 2023 sont fixés à AEE_2023 : 21,68% et ACO2_2023 : 21,70%.

Ce rapport présente les éléments nécessaires à l'évaluation de l'avancement de l'objectif sectoriel, sur base des actions menées au sein de l'entreprise pour l'année 2019.

2 Description du site

2.1 Généralités

L'entreprise Lammerant produit sur son site de Leuze-en-Hainaut des cartons d'emballage. Ceux-ci sont produits à hauteur de 85% à partir de papier recyclé brun ou blanc. Le reste de la production (15%) est réalisée à partir de papier Kraft.

Le papier recyclé est fourni vers des pays voisins, comme la France, l'Angleterre, les Pays-Bas ou encore de manière locale en Belgique. La clientèle de l'entreprise est essentiellement belge, française et hollandaise.

Afin de pouvoir répondre aux exigences du « Just in Time » de sa clientèle, l'entreprise dispose de capacité de stockage de matières premières et de produits finis relativement importantes. Les espaces de stockage de produits finis sont alimentés par deux lignes de manutention de 200 palettes par heure.

Le périmètre de l'audit est celui du site situé Zoning industriel de l'Europe, 3 à 7900 Leuze-en-Hainaut – Belgique. Il n'y a pas d'exportation d'énergie en dehors du périmètre.



2.2 Procédés et utilités

En tête de procédé, le papier, matière première de la fabrication du carton, est conditionné sur une onduleuse. Le rôle de cette première étape est d'obtenir un assemblage de plusieurs feuilles de papier ayant des propriétés spécifiques et prêtes à être transformées en boîte.

La production peut atteindre 200 000 mètres linéaires de carton par jour en deux équipes. Le site comporte également neuf machines de transformation capables de produire plus de 800.000 boîtes par jour.

Les boîtes en carton peuvent être définies selon trois grandes catégories, à savoir :

- Les boîtes américaines grand modèle regroupant les lignes 924, 944, 1224, 1636 et 934, cette dernière ayant été installée en 2016 ;
- Les boîtes américaines petit modèle, regroupant les lignes 616-1, 616-2 et 618 ;
- Les découpes rotatives, regroupant les lignes Cuir, Mecanelec et 1628.

Dans le périmètre de l'audit, nous retrouvons les éléments suivants :

- En tête de procédé, le déchargement et le stockage des matières premières ;
- L'onduleuse, consommant de la vapeur, de l'électricité et de l'air comprimé ;
- Le stockage automatique, opérationnel depuis 2015, et dont la fonction est de gérer de manière autonome les flux entre l'onduleuse et les machines de transformation ;
- Les machines de transformation, dédiée à la transformation des cartons ondulés en provenance de l'onduleuse ;
- La manutention des produits finis et des matières premières, réalisées avec des Clark électriques ou au LPG ;
- La déchiqueteuse, qui récupère les déchets de carton des différentes lignes de transformation et les découpe afin de les conditionner pour la revente. L'ensemble de la ligne de déchets est équipé de plusieurs ventilateurs et tapis. Les ventilateurs, en particulier, sont des équipements dont la consommation d'électricité est relativement importante.

Au niveau des utilités du site, l'entreprise dispose des équipements principaux suivants :

- Une chaufferie gasoil/vapeur de 10 To/h pour l'alimentation de l'onduleuse, principal consommateur de gasoil du site (>90%) ;
- Deux chaufferies gasoil/eau chaude pour le chauffage du hall de stockage et de production ;
- Une centrale de traitement d'air comprimé (production à 9 bars) ;
- Une station d'épuration ;
- Des bureaux.



En termes d'usages électriques, le site consomme essentiellement de l'électricité sous forme de forces motrices et d'éclairage. L'éclairage est un usage particulièrement consommateur du site, notamment en raison de la surface au sol importante, nécessaire pour stocker l'ensemble des matières premières et produits finis. Durant l'année 2017, un hall de stockage supplémentaire de 5000 m² a été construit.

Le site s'est équipé de panneaux photovoltaïques en septembre 2016 à hauteur de 145 panneaux de 260 Wc ou encore une capacité de 37,7 kWc.



3 Indicateurs d'activité

Le tableau suivant présente l'évolution des indicateurs d'activité :

Tableau 1: Evolution des indicateurs d'activité

Description de l'indicateur	Unités	Quantité 2009	Quantité 2014	Quantité 2015	Quantité 2016	Quantité 2017	Quantité 2018	Quantité 2019
Production								
Onduleuse								
Partie dépendante de la production	m²	87.927.282	89.804.292	96.957.203	102.670.630	108.833.465	112.831.195	123.785.343
Partie indépendante de la production	Heures	4.030	4.116	4.444	4.706	4.988	5.171	5.673
Partie dépendante de la production et des degrés jours	m²	87.927.282	89.804.292	96.957.203	102.670.630	108.833.465	112.831.195	123.785.343
Stockage automatique								
Presses à déchets								
Ventilateur boîtes petit format	Heures	5.439	5.439	5.872	6.218	6.592	6.834	7.497
Déchiquteuse	Heures	5.439	5.439	5.872	6.218	6.592	6.834	7.497
Boîtes américaines grands modèles								
924								
Partie dépendante de la production	pc	15.072.780	17.393.329	19.519.104	19.793.614	20.418.367	22.768.079	25.229.881
Partie indépendante de la production	Heures	4.713	5.439	6.104	6.190	6.385	7.120	7.890
1.224								
Partie dépendante de la production	pc	21.250.006	21.498.339	23.734.332	19.354.042	19.642.135	20.691.047	20.142.297
Partie indépendante de la production	Heures	5.376	5.439	6.005	4.897	4.969	5.235	5.096
944								
Partie dépendante de la production	pc	15.243.640	16.446.705	17.895.733	18.015.318	17.475.527	18.423.041	19.818.806
Partie indépendante de la production	Heures	5.041	5.439	5.918	5.958	5.779	6.093	6.554
1.636								
Partie dépendante de la production	pc	9.047.888	11.142.152	11.489.879	9.618.967	9.148.872	9.455.222	11.140.385
Partie indépendante de la production	Heures	4.417	5.439	5.609	4.695	4.466	4.616	5.438
934								
Partie dépendante de la production	pc	0			17.445.859	30.237.250	30.968.947	34.761.570
Partie indépendante de la production	Heures	0			5.769	10.000	10.242	11.496
Boîtes américaines petits modèles								
616-1								
Partie dépendante de la production	pc	18.373.689	12.033.775	16.003.965	11.435.132	6.544.686	7.786.903	11.463.222
Partie indépendante de la production	Heures	8.305	5.439	7.233	5.168	2.958	3.520	5.181
616-2								
Partie dépendante de la production	pc	25.408.488	25.443.825	25.334.803	26.179.676	25.362.027	28.044.408	31.611.083
Partie indépendante de la production	Heures	5.431	5.439	5.416	5.596	5.422	5.995	6.757
618								
Partie dépendante de la production	pc	20.949.521	18.843.604	19.861.753	22.020.388	22.694.389	22.278.510	26.704.055
Partie indépendante de la production	Heures	6.047	5.439	5.733	6.356	6.550	6.430	7.708
Découpe rotative								
1.628								
Partie dépendante de la production	pc	3.145.996	9.146.837	10.287.922	10.249.537	11.576.625	13.306.877	12.494.880
Partie indépendante de la production	Heures	1.871	5.439	6.118	6.095	6.884	7.913	7.430
CUIR								
Partie dépendante de la production	pc	966.373	2.118.642	2.242.056	2.130.380	3.229.809	4.538.602	5.861.527
Partie indépendante de la production	Heures	2.481	5.439	5.756	5.469	8.292	11.652	15.048
MECANELEC								
Partie dépendante de la production	pc	618.596	935.707	1.298.365	1.783.892	1.845.734	2.358.890	2.503.174
Partie indépendante de la production	Heures	3.596	5.439	7.547	10.369	10.729	13.712	14.550
Station épuration	Heures	8.423	8.423	8.423	8.423	8.423	8.700	8.700
Clark électrique	Clark	7	7	7	7	7	8	8
Clark gaz	Clark	6	6	6	6	6	3	3
Bâtiment								
Batiment administratif								
Chauffage	DJé16,5.m²	553.000	457.000	528.000	582.250	538.750	522.750	519.000
Eclairage	m²	250	250	250	250	250	250	250
Informatique	PC	8	8	8	8	8	8	8
Hall de production								
Chauffage	DJé16,5.m²	62.004.710	55.772.280	64.437.120	71.057.790	76.524.050	74.251.410	73.718.760
Eclairage	m²	28.031	30.510	30.510	30.510	35.510	35.510	35.510
ECS	jour de trava	230	230	230	230	230	230	230
Informatique	PC	38	38	38	38	38	38	38
Serveurs	Serveurs	7	7	7	7	7	7	7



4 Consommations d'énergie et émissions de CO₂

Le tableau suivant présente les quantités d'énergies approvisionnées durant l'année 2019. Elles sont exprimées par vecteur énergétique en unités physiques, en unités d'énergie primaire et en émissions de CO₂.

Tableau 2: Energies approvisionnées

2019	Electricité approvisionnée	Gasoil	Production Photovoltaïque	LPG	Totaux
Quantité	6.912.074 kWh	1.163.271 Litres	38.667 kWh	14.363 kg	
Energie primaire	62.209 GJp	42.518 GJp	139 GJp	625 GJp	105.490 GJp
Energie finale	6.912.074 kWhf	11.810.426 kWhf	38.667 kWhf	173.540 kWhf	18.934.707 kWhf
Emissions de CO2	3.471.244 kgCO2	3.116.537 kgCO2	0 kgCO2	38.984 kgCO2	6.626.764 kgCO2

Le tableau ci-dessous reprend les facteurs de conversion en énergie primaire et finale ainsi que les facteurs de conversion en émission de CO₂.

Tableau 3: Facteurs de conversion des énergies approvisionnées

	Unité	Electricité approvisionnée [kWh]	Gasoil [litres]	Production Photovoltaïque [kWh]	LPG [kg]
Facteur de conversion en énergie primaire	GJp/Unité	0,009	0,03655	0,0036	0,043498264
Facteur de conversion en E. finale	kWhf/Unité	1	10,1528	1,0000	12,0829
Facteur de conversion en CO2	kgCO2/Unité	0,5022	2,6791	0,0000	2,7143

5 Evolution des consommations et émissions spécifiques

Le tableau ci-dessous représente l'évolution des consommations spécifiques en GJp/unité :



Tableau 4: Evolution des consommations spécifiques [GJp/unité]

Consommations spécifiques de référence (GJp/unité)	2009	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Production							
Onduleuse							
Partie dépendante de la production	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Partie indépendante de la production	1,8378	1,8378	1,8378	1,8378	1,8378	1,8378	1,8378
Partie dépendante de la production et des degrés jours	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Stockage automatique							
Presses à déchets							
Ventilateur boîtes petit format	0,3195	0,3195	0,3195	0,3195	0,3195	0,3195	0,3195
Déchetuse	1,3115	1,3115	1,3115	1,3115	1,3115	1,3115	1,3115
Boîtes américaines grands modèles							
924							
Partie dépendante de la production	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,00019
Partie indépendante de la production	0,0872	0,0872	0,0872	0,0872	0,0872	0,0872	0,0872
1.224							
Partie dépendante de la production	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00009
Partie indépendante de la production	0,0635	0,0635	0,0635	0,0635	0,0635	0,0635	0,0635
944							
Partie dépendante de la production	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,00019
Partie indépendante de la production	0,1660	0,1660	0,1660	0,1660	0,1660	0,1660	0,1660
1.636							
Partie dépendante de la production	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,00021
Partie indépendante de la production	0,1553	0,1553	0,1553	0,1553	0,1553	0,1553	0,1553
934							
Partie dépendante de la production	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,00019
Partie indépendante de la production	0,1660	0,1660	0,1660	0,1660	0,1660	0,1660	0,1660
Boîtes américaines petits modèles							
616-1							
Partie dépendante de la production	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00011
Partie indépendante de la production	0,0341	0,0341	0,0341	0,0341	0,0341	0,0341	0,0341
616-2							
Partie dépendante de la production	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00011
Partie indépendante de la production	0,0766	0,0766	0,0766	0,0766	0,0766	0,0766	0,0766
618							
Partie dépendante de la production	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00011
Partie indépendante de la production	0,1005	0,1005	0,1005	0,1005	0,1005	0,1005	0,1005
Découpe rotative							
1.628							
Partie dépendante de la production	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,00024
Partie indépendante de la production	0,1453	0,1453	0,1453	0,1453	0,1453	0,1453	0,1453
CUIR							
Partie dépendante de la production	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,00020
Partie indépendante de la production	0,0060	0,0060	0,0060	0,0060	0,0060	0,0060	0,0060
MECANELEC							
Partie dépendante de la production	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00008
Partie indépendante de la production	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
Station épuration	0,2030	0,2030	0,2030	0,2030	0,2030	0,2030	0,2030
Clark électrique	59,6160	59,6160	59,6160	59,6160	59,6160	59,6160	59,6160
Clark gaz	378,4675	378,4675	378,4675	378,4675	378,4675	378,4675	378,4675
Bâtiment							
Bâtiment administratif							
Chauffage	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Eclairage	0,1229	0,1229	0,1229	0,1229	0,1229	0,1229	0,1229
Informatique	7,8840	7,8840	7,8840	7,8840	7,8840	7,8840	7,8840
Hall de production							
Chauffage	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Eclairage	0,4889	0,4889	0,4889	0,4889	0,4889	0,4889	0,4889
ECS	0,2013	0,2013	0,2013	0,2013	0,2013	0,2013	0,2013
Informatique	7,8840	7,8840	7,8840	7,8840	7,8840	7,8840	7,8840
Serveurs	31,6594	31,6594	31,6594	31,6594	31,6594	31,6594	31,6594



Le tableau ci-dessous représente l'évolution des émissions spécifiques en kgCO₂/unité :

Tableau 5: Evolution des émissions spécifiques [kgCO₂/unité]

Consommations spécifiques de référence (GJp/unité)	2009	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Production							
Onduleuse							
Partie dépendante de la production	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040
Partie indépendante de la production	127,2911	127,2911	127,2911	127,2911	127,2911	127,2911	127,2911
Partie dépendante de la production et des degrés jours	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263
Stockage automatique							
Presses à déchets							
Ventilateur boîtes petit format	17,8279	17,8279	17,8279	17,8279	17,8279	17,8279	17,8279
Déchetiqueuse	73,1809	73,1809	73,1809	73,1809	73,1809	73,1809	73,1809
Boîtes américaines grands modèles							
924							
Partie dépendante de la production	0,0106	0,0106	0,0106	0,0106	0,0106	0,0106	0,0106
Partie indépendante de la production	4,8650	4,8650	4,8650	4,8650	4,8650	4,8650	4,8650
1.224							
Partie dépendante de la production	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048
Partie indépendante de la production	3,5432	3,5432	3,5432	3,5432	3,5432	3,5432	3,5432
944							
Partie dépendante de la production	0,0109	0,0109	0,0109	0,0109	0,0109	0,0109	0,0109
Partie indépendante de la production	9,2605	9,2605	9,2605	9,2605	9,2605	9,2605	9,2605
1.636							
Partie dépendante de la production	0,0116	0,0116	0,0116	0,0116	0,0116	0,0116	0,0116
Partie indépendante de la production	8,6648	8,6648	8,6648	8,6648	8,6648	8,6648	8,6648
934							
Partie dépendante de la production	0,0109	0,0109	0,0109	0,0109	0,0109	0,0109	0,0109
Partie indépendante de la production	9,2605	9,2605	9,2605	9,2605	9,2605	9,2605	9,2605
Boîtes américaines petits modèles							
616-1							
Partie dépendante de la production	0,0060	0,0060	0,0060	0,0060	0,0060	0,0060	0,0060
Partie indépendante de la production	1,9053	1,9053	1,9053	1,9053	1,9053	1,9053	1,9053
616-2							
Partie dépendante de la production	0,0062	0,0062	0,0062	0,0062	0,0062	0,0062	0,0062
Partie indépendante de la production	4,2739	4,2739	4,2739	4,2739	4,2739	4,2739	4,2739
618							
Partie dépendante de la production	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064
Partie indépendante de la production	5,6095	5,6095	5,6095	5,6095	5,6095	5,6095	5,6095
Découpe rotative							
1.628							
Partie dépendante de la production	0,0131	0,0131	0,0131	0,0131	0,0131	0,0131	0,0131
Partie indépendante de la production	8,1100	8,1100	8,1100	8,1100	8,1100	8,1100	8,1100
CUIR							
Partie dépendante de la production	0,0112	0,0112	0,0112	0,0112	0,0112	0,0112	0,0112
Partie indépendante de la production	0,3340	0,3340	0,3340	0,3340	0,3340	0,3340	0,3340
MECANELEC							
Partie dépendante de la production	0,0044	0,0044	0,0044	0,0044	0,0044	0,0044	0,0044
Partie indépendante de la production	0,1385	0,1385	0,1385	0,1385	0,1385	0,1385	0,1385
Station épuration	11,3255	11,3255	11,3255	11,3255	11,3255	11,3255	11,3255
Clark électrique	3.326,5728	3.326,5728	3.326,5728	3.326,5728	3.326,5728	3.326,5728	3.326,5728
Clark gaz	23.616,3694	23.616,3694	23.616,3694	23.616,3694	23.616,3694	23.616,3694	23.616,3694
Bâtiment							
Batiment administratif							
Chauffage	0,0305	0,0305	0,0305	0,0305	0,0305	0,0305	0,0305
Eclairage	6,8601	6,8601	6,8601	6,8601	6,8601	6,8601	6,8601
Informatique	439,9272	439,9272	439,9272	439,9272	439,9272	439,9272	439,9272
Hall de production							
Chauffage	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059
Eclairage	27,2827	27,2827	27,2827	27,2827	27,2827	27,2827	27,2827
ECS	11,2349	11,2349	11,2349	11,2349	11,2349	11,2349	11,2349
Informatique	439,9272	439,9272	439,9272	439,9272	439,9272	439,9272	439,9272
Serveurs	1.766,5961	1.766,5961	1.766,5961	1.766,5961	1.766,5961	1.766,5961	1.766,5961



6 Indices d'amélioration

6.1 Principe de calcul

L'analyse des performances de l'entreprise en 2019 est basée sur une reconstitution du tableau de consommation en énergie finale complet. Le calcul des indices est conforme à la note méthodologique REV2 du 3 mars 2016 « Pi_ADB2_NoteMethodo_20160303 ».

6.2 Consommations réelles 2019

La consommation réelle est calculée à partir des factures en utilisant les paramètres de conversion conventionnels cités à la section 0 : soit une consommation réelle 2019 basée sur les factures de **105.490 GJp** et une émission réelle de **6.626 tCO₂**.

La Figure ci-dessous reprend l'évolution des consommations par type d'énergie en GJp :

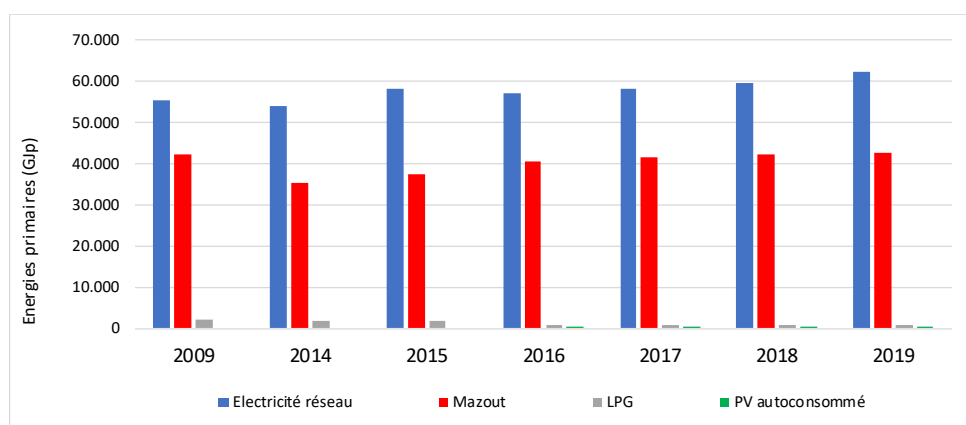


Figure 1: Evolution des consommations en énergies primaires par énergies approvisionnées

L'évolution des émissions annuelles de CO₂ par énergie approvisionnée se trouve à la Figure ci-dessous :

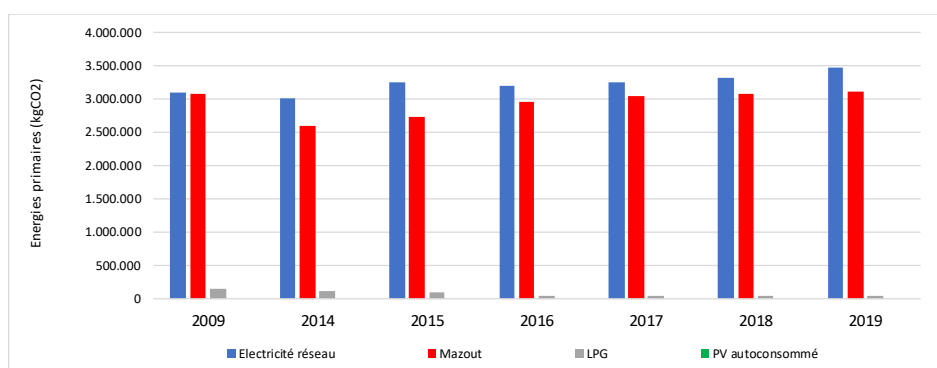


Figure 2: Evolution des émissions CO₂ par énergies approvisionnées



6.3 Consommations et émissions théoriques 2019

Les consommations et émissions théoriques sont calculées en multipliant les consommations spécifiques de référence (voir section 0) par les indicateurs d'activités 2019 (voir section 0).

Tableau 6: Consommations et émissions théoriques pour 2019

Usage	Unités	Quantité 2019	C_TH 2019	% C_TH	E_TH 2019
Production					
Onduleuse					
Partie dépendante de la production	m²	123.785,343	8.919	6%	497.707
Partie indépendante de la production	Heures	5.673	10.427	7%	722.180
Partie dépendante de la production et des degrés jours	m²	123.785,343	44.431	31%	3.256.769
Stockage automatique					
Presses à déchets					
Ventilateur boîtes petit format	Heures	7.497	2.395	2%	133.657
Déchiqueteuse	Heures	7.497	9.832	7%	548.642
Boîtes américaines grands modèles					
924					
Partie dépendante de la production	pc	25.229,881	4.812	3%	268.511
Partie indépendante de la production	Heures	7.890	688	0%	38.382
1.224					
Partie dépendante de la production	pc	20.142,297	1.740	1%	97.101
Partie indépendante de la production	Heures	5.096	324	0%	18.056
944					
Partie dépendante de la production	pc	19.818,806	3.862	3%	215.517
Partie indépendante de la production	Heures	6.554	1.088	1%	60.695
1.636					
Partie dépendante de la production	pc	11.140,385	2.312	2%	129.037
Partie indépendante de la production	Heures	5.438	844	1%	47.120
934					
Partie dépendante de la production	pc	34.761,570	6.774	5%	378.010
Partie indépendante de la production	Heures	11.496	1.908	1%	106.456
Boîtes américaines petits modèles					
616-1					
Partie dépendante de la production	pc	11.463,222	1.229	1%	68.553
Partie indépendante de la production	Heures	5.181	177	0%	9.872
616-2					
Partie dépendante de la production	pc	31.611,083	3.539	2%	197.461
Partie indépendante de la production	Heures	6.757	518	0%	28.880
618					
Partie dépendante de la production	pc	26.704,055	3.065	2%	171.049
Partie indépendante de la production	Heures	7.708	775	1%	43.237
Découpe rotative					
1.628					
Partie dépendante de la production	pc	12.494,880	2.938	2%	163.960
Partie indépendante de la production	Heures	7.430	1.080	1%	60.256
CUIR					
Partie dépendante de la production	pc	5.861,527	1.175	1%	65.571
Partie indépendante de la production	Heures	15.048	90	0%	5.026
MECANELEC					
Partie dépendante de la production	pc	2.503,174	198	0%	11.023
Partie indépendante de la production	Heures	14.550	36	0%	2.016
Station épuration	Heures	8.700	1.766	1%	98.532
Clark électrique	Clark	8	477	0%	26.613
Clark gaz	Clark	3	1.135	1%	70.849
Bâtiment					
Bâtiment administratif					
Chauffage	DJé16,5.m²	519.000	284	0%	15.843
Eclairage	m²	250	31	0%	1.715
Informatique	PC	8	63	0%	3.519
Hall de production					
Chauffage	DJé16,5.m²	73.718,760	5.971	4%	434.917
Eclairage	m²	35.510	17.362	12%	968.808
ECS	jour de trava	230	46	0%	2.584
Informatique	PC	38	300	0%	16.717
Serveurs	Serveurs	7	222	0%	12.366
			142.832		8.997.207

L'ensemble des usages mène à un total de **142.832GJp** pour la consommation théorique et à un total de **8.997 tCO₂** pour l'émission théorique.



6.4 Modifications structurelles

Il n'y a pas eu des modifications structurelles durant l'année 2019.

6.5 Ajustement conjoncturel

Il n'y a pas eu de modification conjoncturelle durant l'année 2019.

6.6 Nouvel usage

Aucun nouvel usage n'est apparu durant l'année 2019.

6.7 Indices Fser et Fdser

Les indices Fser et Fdser représentent l'image de la part d'énergie renouvelable dans le mix énergétique de l'entreprise.

- L'indice Fser représente la part des SER autoproduites dans la consommation totale de l'entité
- L'indice Fdser représente la part des SER consommés par l'entité et la consommation totale de l'entité

L'entreprise dispose d'une installation photovoltaïque de 37,7 kWc depuis 2016. Le tableau ci-dessous reprend les deux indices Fser et Fdser :

Tableau 7: Indices Fser et Fdser pour 2019

Variable	Indice	Unité	2009	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Energie totale autoproduite	Q SER A	kWhf	-	-	-	2.967	39.150	41.536	38.667
Energie finale consommée	Q tot Conso Site	kWhf	18.503.878	16.323.869	17.265.329	17.819.714	18.267.069	18.510.380	18.934.707
Energie autoproduite et exportée	Q SER AE	kWhf	0	0	0	0	0	0	0
Energie renouvelable importée	Q SER I	kWhf	0	0	0	0	0	0	0
Energie renouvelable importée et exportée	Q SER IE	kWhf	0	0	0	0	0	0	0
Fraction énergie renouvelable FSER	FSER	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	0,21%	0,22%	0,20%
Fraction énergie renouvelable FDSER	FDSER	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	0,21%	0,22%	0,20%

L'évolution des indices d'amélioration énergétique depuis l'année de référence est représentée dans le graphique ci-dessous :



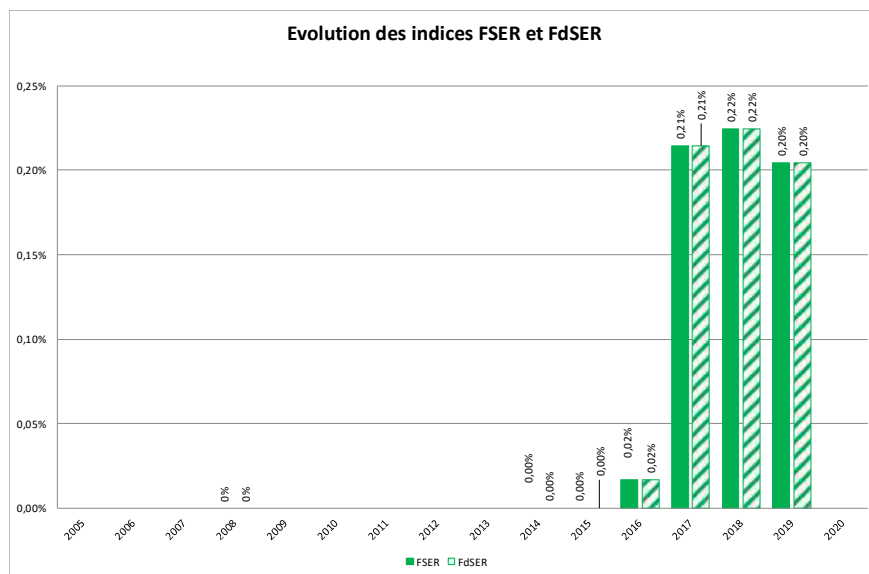


Figure 3: Evolution des indices Fser et Fdser

La part d'énergie renouvelable dans le mix énergétique de l'entreprise reste très marginale.

6.8 Indices 2019

Les indices d'amélioration de l'efficacité énergétique et d'amélioration en émission de CO₂ (AEE et ACO₂) sont calculés à partir de la formule suivante :

$$AEE (2019/2005) = 1 - \frac{CONS. RÉELLE (2019)}{\Sigma [Cons Spécifiques (2005) \times IA(2019)]}$$

$$ACO_2 (2019/2005) = 1 - \frac{ÉMISS RÉELLE (2019)}{\Sigma [Emiss spécifiques (2005) \times IA(2019)]}$$

Les résultats pour l'année 2019 sont les suivants :

Tableau 8: Indices AEE et ACO₂ pour 2019

	2019
AEE	26,14%
ACO2	26,35%
Conso Théorique [GJp]	142.832
Emissions Théorique [kg CO2]	8.997.207
Objectif AEE 2023	21,68%
Objectif ACO2 2023	21,70%

Le graphique et la table ci-dessous représentent l'évolution des indices d'amélioration énergétique depuis 2005 :



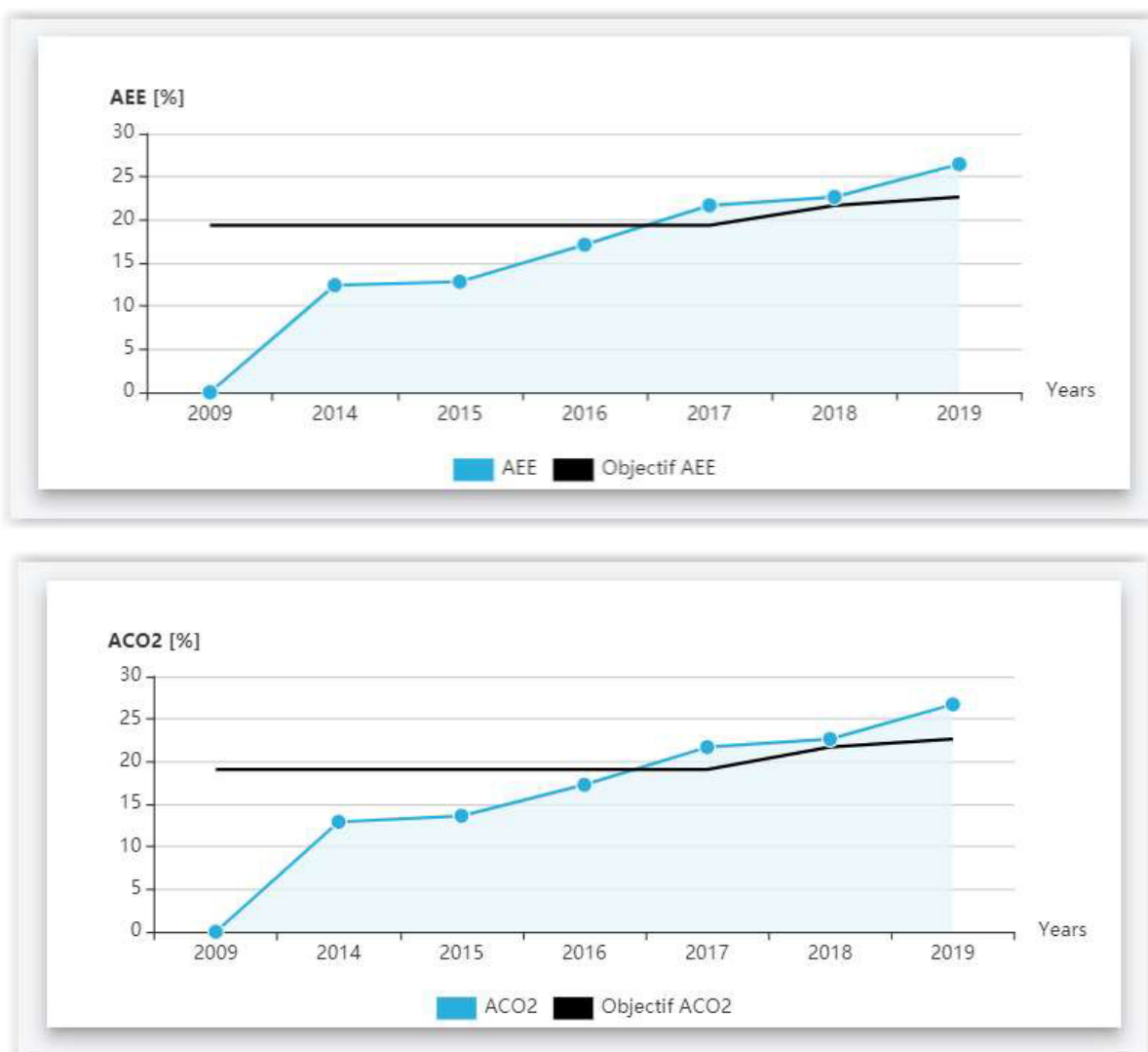


Figure 4: Evolution des indices AEE et ACO₂

Tableau 9: Evolution des indices AEE et ACO₂

	2009	2014	2015	2016	2017	2018	2019
AEE	0,00%	12,41%	12,83%	17,11%	21,68%	22,65%	26,14%
ACO2	0,00%	12,91%	13,62%	17,27%	21,70%	22,65%	26,35%



En termes d'évolution de la consommation en énergie primaire, le graphique suivant représente une comparaison entre le cumul des énergies consommées en GJp et la consommation théorique totale en GJp :

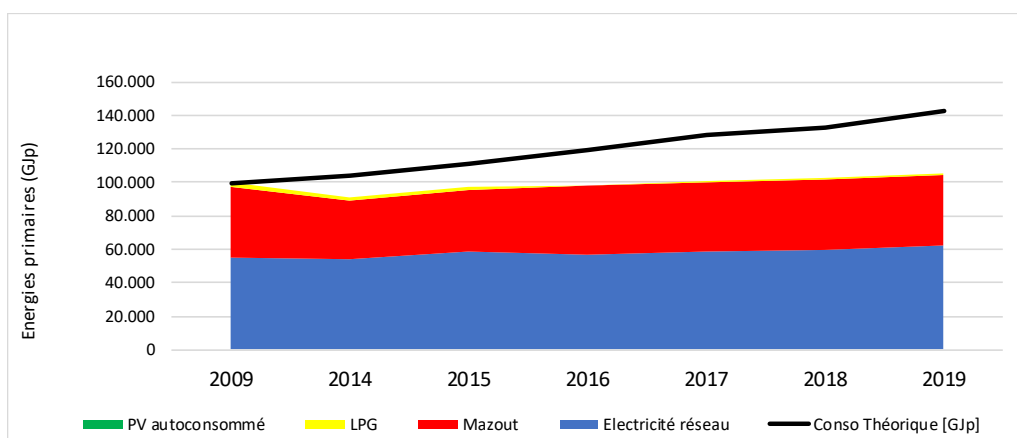


Figure 5: Evolution cumulée des consommations en énergies primaires par énergies approvisionnées

Le graphique suivant représente également une comparaison entre le cumul des émissions de CO₂ et l'émission théorique totale en kgCO₂.

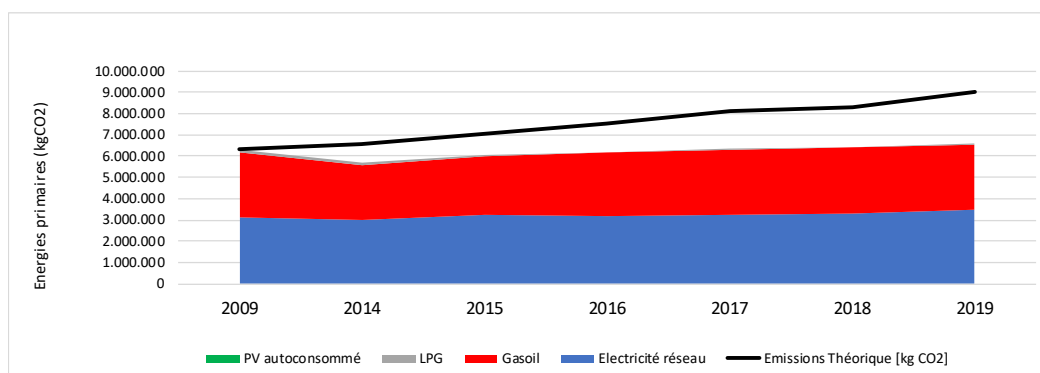


Figure 6: Evolution cumulée des émissions CO₂ par énergies approvisionnées



7 Pistes réalisées

Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des pistes identifiées lors de l'audit initial:

Tableau 10: Liste des pistes identifiées

Référence	Dénomination	Faisabilité technique	Faisabilité économique	Energie primaire économisée (GJp/année)	Energie CO2 (kgCO2/année)	AEEi (%)	ACO2i (%)	Année réalisation
GAS01	Remplacement brûleur chaudière vapeur	A	3	481	35231	0,46%	0,54%	
ECL01	Remplacement lampes à décharge par LED et sonde crépusculaire	A	2	4509	251621	4,33%	3,83%	2014-2019
ECL02	Remplacement lampes à décharge par LED	R	2	3298	184030	3,17%	2,80%	2009-2014
ACO01	Diminution des fuites d'air comprimé	A	2	552	30795	0,53%	0,47%	
GAS02	Récupération de chaleur onduleuse	B	3	926	67883	0,89%	1,03%	2019
ACO02	Remplacement compresseurs d'air	R	2	1232	68742	1,18%	1,05%	2009-2014
PROD01	Installation tapis en lieu et place de l'aspirateur déchets	B	3	2414	134710	2,32%	2,05%	
GAS03	Installation d'un économiseur sur la chaudière vapeur	B	2	1326	97185	1,27%	1,48%	2019
EL01	Remplacement moteurs courant continu 616-2	A	1	891	49742	0,86%	0,76%	
GAZ01	Passage au gaz pour la production de vapeur	A	3	0	560571	0,00%	8,54%	
ACO03	Déplacement centrale air comprimé	R	2	436	24346	0,42%	0,37%	2009-2014
SER01	Solaire photovoltaïque	B	3	756	70301	0,73%	1,07%	2016
SER02	Solaire thermique	B	3	37	2067	0,04%	0,03%	
SER03	Eolien	B	3	710	65989	0,68%	1,01%	
SER04	Cogénération biomasse - bois	B	3	1620	130714	1,56%	1,99%	
SER05	Chaudière bois	A	3	2957	216712	2,84%	3,30%	
SER06	Pompe à chaleur	B	3	680	49844	0,65%	0,76%	
SER07	Chaudière huiles végétales	B	3	2677	196229	2,57%	2,99%	
EL02	Remplacement moteurs courant continu 1224	A	2	594	33161	0,57%	0,51%	
ACO04	Installation séquenceur électronique : contribution 2014	R	2	149	8326	0,14%	0,13%	2009-2014
ACO05	Installation séquenceur électronique : contribution 2015	Z	1	558	31133	0,54%	0,47%	2015
GAS04	Calorifugeage tuyauteries vapeur	R	2	2177	159595	2,09%	2,43%	2009-2014
GAS05	Volets rapides	R	2	452	33104	0,43%	0,50%	2009-2014
EL03	Installation variateur sur sècheur 944	R	1	183	10189	0,18%	0,16%	2009-2014
GAS04	Remplacement cylindre chauffant par filtre à presse	R	2	516	37791	0,50%	0,58%	2009-2014
PROD02	Stockage automatique	Z	2	133	7400	0,13%	0,11%	2015
ACO06	Remplacement moteurs air comprimé 1224	B	2	75	4191	0,07%	0,06%	
ACO07	Remplacement moteurs air comprimé 616-2	B	2	61	3429	0,06%	0,05%	
GAS05	Diminution pression vapeur et augmentation productivité onduleuse	R	1	3318	243194	3,19%	3,70%	2009-2014
LPG01	Optimisation Clark au LPG	R	1	544	33915	0,52%	0,52%	2009-2014
GAS06	Calorifugeage tuyauteries eau chaude hall stockage	R	2	601	44030	0,58%	0,67%	2009-2014

Les dates de mise en œuvre des différentes pistes réalisées par le client sont reprises dans la dernière colonne du tableau ci-dessus.

Par ailleurs, d'autres projets d'amélioration énergétique ont été mis en oeuvre en 2019, comme par exemple :

- Un nouveau dégazeur et système économiseur sur la chaudière vapeur 10 T ; (récupération de chaleur) a été mis en service en juillet 2019. Cette optimisation montrera ses pleins effets dans le suivi 2020.



- En juillet, un système de récupération de chaleur pour l'onduleuse a été installé, mais ce projet n'est pas encore opérationnel à 100%. Ce système permet de transférer les calories (anciennement évacuées à l'extérieur) vers le hall de stockage voisin avec un débit nominal de 40.000m³/h.
- Le relighting par des lampes LED intelligentes a continué (environ 100 points lumineux en 2019) et doit encore se poursuivre en 2020.

La Figure ci-dessous résume les améliorations réalisées et projetées par rapport au plan d'action initial :

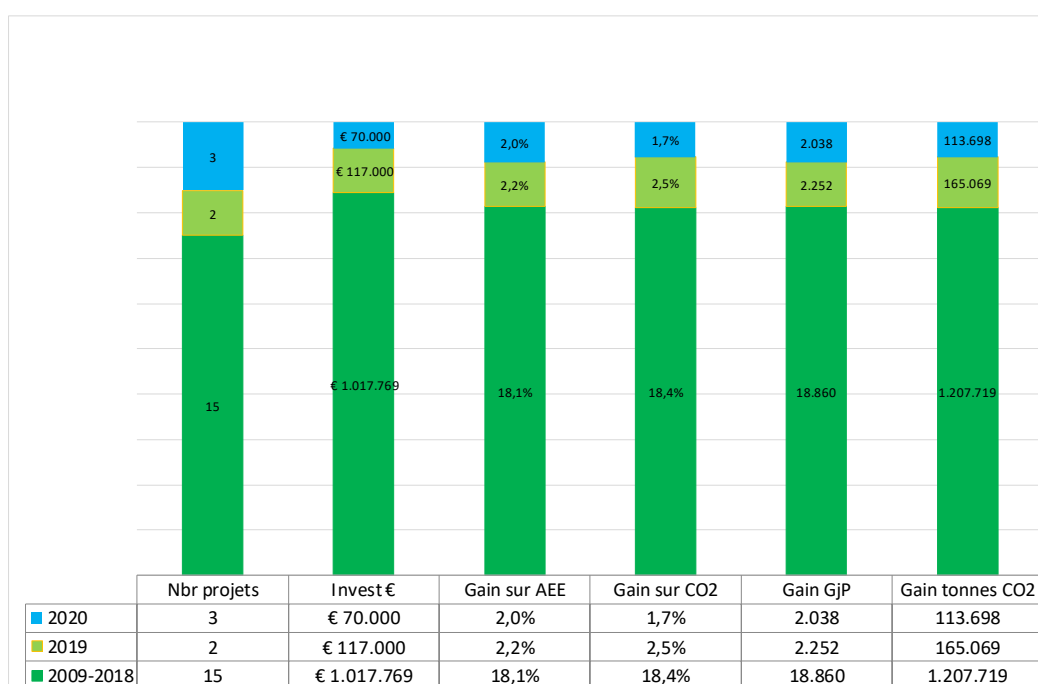


Figure 7: résumé des améliorations réalisées et projetées

La Figure suivante représente la répartition des gains par classe de faisabilité :



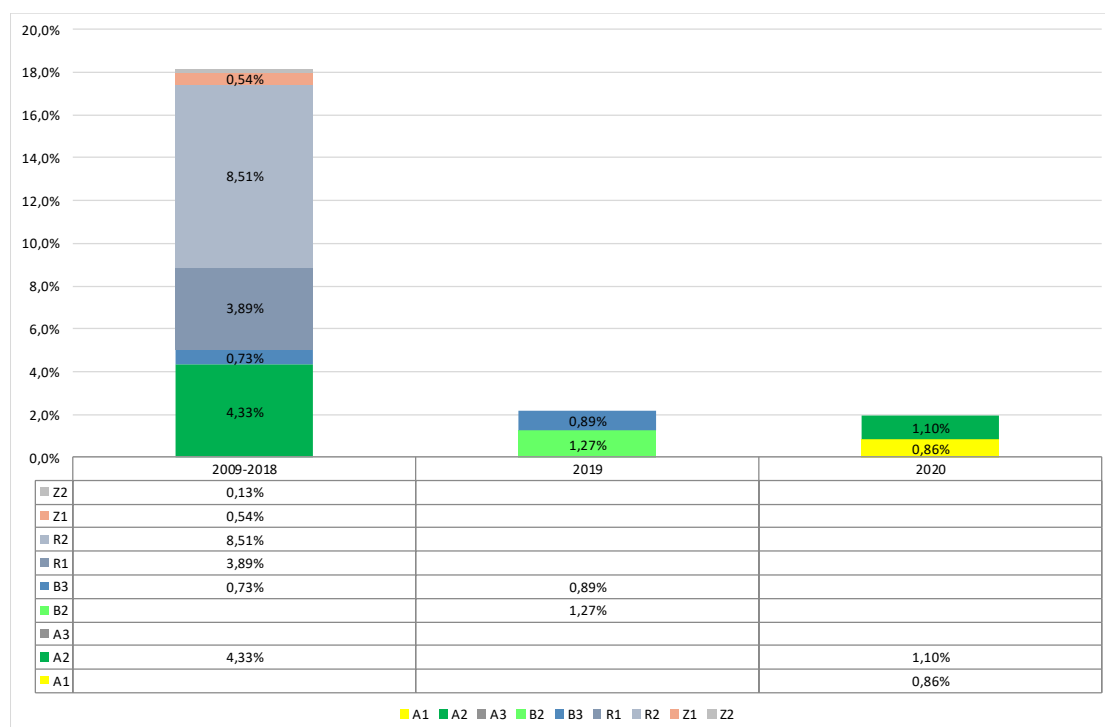


Figure 8: Gain sur AEE par classe de faisabilité

8 Pistes à réaliser

En 2020, l'entreprise a programmé les améliorations suivantes :

- Diminution des fuites d'air comprimé
- Remplacement d'une turbine de 80kW
- Poursuite du projet de relighting



9 Conclusions

Les résultats 2019 pour Cartonnage Lammerant sont les suivants :

Tableau 11: Résultats 2019

	2019
AEE	26,14%
ACO2	26,35%
Fser	0,20%
Fdser	0,20%

Les objectifs 2020 (AEE 2020 : 19,36 % et ACO2 2020 : 19,06 %) sont donc dépassés en 2019. Dans le cadre de la prolongation des Accords de Branche à l'horizon 2023, étant donné que l'objectif 2020 était déjà dépassé en 2017, les nouveaux objectifs sont définis sur base des résultats 2017, c'est-à-dire AEE : 21,68% et ACO2 : 21.7%.

Depuis l'entrée en Accords de Branche du Cartonnage Lammerant, ses indices d'amélioration énergétique sont en progression continue et les objectifs 2023 sont déjà atteints à l'heure actuelle.

Plusieurs projets d'amélioration énergétique ont été réalisés en 2019, ce qui explique cette progression des indices. Nous citerons notamment :

- L'installation d'un nouveau dégazeur et système économiseur sur la chaudière vapeur 10 T. (récupération de chaleur)
- Le remplacement d'une machine (CUIR) par une nouvelle équivalente de dernière génération
- L'installation, en juillet, d'un système de récupération de chaleur de l'onduleuse pour le chauffage des halls
- La poursuite du relighting par des lampes LED intelligentes

Si l'entreprise maintient son attention des aspects énergétiques dans sa gestion quotidienne de l'activité et dans ses investissements, les objectifs seront atteints et dépassés à l'horizon 2023.



RAPPORT D'ETUDE FINAL

MAPPING CO₂ : LAMMERANT CARTONNAGES

Projet Mapping CO₂

Maître d'œuvre LAMMERANT CARTONNAGES

Référence DEL/2017

2	29-05-17	Rapport Final	S. Belboom	H. Delporte
1	25-05-17	Rapport Intermédiaire	S. Belboom	
ÉDITION	DATE	DESCRIPTION	REDACTEUR	VERIFICATEUR

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION AU MAPPING CO₂	4
2	MÉTHODOLOGIE	5
3	DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ DE L'ENTREPRISE	7
4	CARTOGRAPHIE DES FLUX ET RESULTATS	8
4.1	RÉSULTATS GLOBAUX.....	8
4.2	INTRANTS	10
4.2.1	Périmètre du poste.....	10
4.2.2	Données utilisées pour la modélisation.....	11
4.2.3	Résultats principaux.....	11
4.3	FUTURS EMBALLAGES.....	12
4.3.1	Périmètre du poste.....	12
4.3.2	Données utilisées pour la modélisation.....	13
4.3.3	Résultats principaux.....	13
4.4	FRET	14
4.4.1	Périmètre du poste.....	14
4.4.2	Fret entrant	14
4.4.3	Fret sortant	15
4.4.4	Résultats principaux.....	15
4.5	DÉCHETS.....	15
4.5.1	Périmètre du poste.....	15
4.5.2	Traitement des données collectées	16
4.5.3	Résultats principaux.....	16
4.6	CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE	17
4.6.1	Périmètre du poste.....	17
4.6.2	Données utilisées pour la modélisation.....	17
4.6.3	Résultats principaux.....	18
4.7	DÉPLACEMENTS	19
4.7.1	Périmètre du poste.....	19
4.7.2	Données utilisées pour la modélisation.....	19
4.7.3	Résultats principaux obtenus	19
4.8	RÉFRIGÉRANTS	20
4.8.1	Périmètre du poste.....	20

4.8.2	Données utilisées pour la modélisation.....	21
4.8.3	Résultats principaux.....	21
4.9	IMMOBILISATIONS.....	22
4.9.1	Périmètre du poste.....	22
4.9.2	Données utilisées pour la modélisation.....	22
4.9.3	Résultats principaux.....	23
4.10	UTILISATION.....	23
4.11	FIN DE VIE.....	23
4.11.1	Périmètre du poste.....	23
4.11.2	Données utilisées pour la modélisation.....	24
4.11.3	Résultats principaux.....	24
5	BRAINSTORMING BASE SUR LES RESULTATS DU BILAN CARBONE.....	25
5.1	CAHIER DES CHARGES DE LA REGION WALLONNE	25
5.1.1	Caractéristiques générales.....	25
5.1.2	Calcul de l'indicateur A_MCO_2	25
5.2	CLASSEMENT DES HOTSPOTS POUR L'ENTREPRISE LAMMERANT CARTONNAGES.....	26
5.3	PISTES DE REFLEXION POUR LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE .	27
5.3.1	Hotspots abordés	27
5.4	CALCUL DE L' A_MCO_2 SUR BASE DES PISTES DE RÉFLEXION	29

1 INTRODUCTION AU MAPPING CO₂

L'entreprise « Lammerant Cartonnages » étant signataire des accords de branche avec la Fetra-Indufed, elle est invitée à réaliser un mapping CO₂ de son activité.

En termes de planning, on trouve essentiellement l'échéance réglementaire à savoir la réalisation du bilan carbone de l'activité ainsi que le calcul de l'AM_{CO2}, la rédaction du plan d'action et du rapport final endéans les 18 mois après la ratification aux accords de branche. Cette échéance prendra cours au mois de mai 2017 pour la société Lammerant Cartonnages.

Le rapport final présenté ici fait part des résultats de l'étude. Il comprend essentiellement les résultats du bilan carbone, ainsi que les hypothèses considérées dans l'étude. Une partie consacrée au brainstorming est également accessible.

Complémentairement à l'audit énergétique réalisé par la société Lammerant Cartonnages dans le cadre des accords de branche dans le courant de l'année 2016, l'entreprise doit établir un « mapping CO₂ » :

- Soit de leur(s) produit(s) sur l'ensemble du cycle de vie ;
- Soit de l'impact CO₂ de leur activité.

L'audit énergétique a la particularité d'étudier les flux énergétiques et CO₂ du périmètre interne de l'entreprise, alors que le mapping CO₂ se penchera davantage sur les émissions de gaz à effet de serre du périmètre externe du site.

Les modalités réglementaires de mise en œuvre de ce mapping sont données par l'arrêté du gouvernement wallon du 15 mai 2014. Les précisions techniques sont complétées par la note méthodologique éditée par la région wallonne.

Le mapping CO₂ vise à donner aux industriels et fédérations une visibilité complète sur l'empreinte carbone de l'activité considérée dans son ensemble, en intégrant les émissions de CO₂ des activités **internes et externes** du site (transport des matières premières, poids CO₂ des intrants, fin de vie et recyclage du produit, etc.).

Les consommations et émissions du périmètre interne du site ayant été préalablement définies dans l'audit de 2016, le travail à réaliser dans le cadre du mapping CO₂ porte essentiellement sur l'évaluation des **émissions de CO₂ externes** au périmètre du site tout en intégrant les émissions de carbone préalablement calculées.

Le mapping CO₂ contraint les entreprises signataires des accords de branche à réaliser une évaluation des émissions de CO₂ en réalisant, **au choix**, une analyse du cycle de vie d'un ou de plusieurs de ses produits, **ou** un bilan carbone global de son activité.

Le choix de la société Lammerant Cartonnages s'est porté ici sur le bilan carbone global de son activité pour l'année 2016. La suite du rapport reprend les hypothèses principales ainsi que les résultats globaux de cette étude.

2 MÉTHODOLOGIE

Les méthodologies utilisables dans le cadre du mapping CO₂ sont les suivantes :

Bilan des émissions de CO ₂ d'une entreprise		
1	ISO14064-1 [1] : Spécifications et lignes directrices, au niveau des organismes, pour la quantification et la déclaration des émissions et des suppressions des Gaz à Effet de Serre (GES)	Spécifie les principes et les exigences, au niveau des organismes, pour la quantification et la rédaction de rapports sur les émissions de GES
2	The GHG protocol [2] : Corporate standard & Corporate value chain	Corporate standard : méthodologie pour réaliser un inventaire et rapporter toutes les émissions de GES produites par une organisation privée et publique Corporate value chain : méthodologie pour évaluer les émissions de GES sur toute la chaîne de valeur d'une entreprise et pour identifier les meilleures façons de les réduire
3	Bilan Carbone ® [3]	La méthode Bilan Carbone ® permet d'évaluer les émissions de GES engendrées par l'ensemble des processus physiques qui sont nécessaires à l'existence d'une activité ou organisation humaine.
Bilan des émissions de CO ₂ d'un produit		
1	PAS2050 : 2011	Méthodologie pour évaluer les émissions de GES d'un produit sur tout son cycle de vie
2	GHG protocol : product standard	Méthodologie pour évaluer les émissions de GES d'un produit sur tout son cycle de vie
Analyse de Cycle de Vie d'un produit		
1	Analyse de Cycle de Vie, ACV en abrégé (ou Life Cycle Assessment – LCA)	Evalue l'impact environnemental (émissions de CO ₂ comprises) d'un produit, d'un service ou d'un système en relation à une fonction particulière et ceci en considérant toutes les étapes de son cycle de vie. Elle permet d'identifier les points sur lesquels un produit peut être amélioré et elle contribue au

		développement de nouveaux produits.
2	Etudes ACV existantes au niveau européen ou international	De nombreuses études ACV ont été réalisées et sont disponibles. Plutôt que de refaire une étude ACV en partant de la base, les entreprises peuvent choisir d'adapter une étude ACV existante.

Le choix de la méthodologie est laissé au prestataire et à l'industriel.

L'étude réalisée pour le compte de la société Lammerant Cartonnages est une étude basée organisationnelle (site), et non une analyse du cycle de vie. Elle est réalisée avec les outils de la méthode **bilan carbone de l'ADEME**.

Les étapes prises en considération dans le bilan carbone sont les suivantes :

- L'énergie sur site ;
- Les émissions d'halocarbures ;
- Le fret entrant et sortant ;
- Les intrants ;
- Les déchets ;
- Les futurs emballages ;
- Les services ;
- Les déplacements du personnel ;
- Les immobilisations (bâtiment et infrastructures).
- La fin de vie.

L'année de référence étudiée est **2016**.

3 DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ DE L'ENTREPRISE

L'activité de l'entreprise sur le site de Leuze-en-Hainaut est essentiellement dédiée à la production de carton d'emballages.

La mapping CO₂ est l'occasion pour la société Lammerant Cartonnages d'obtenir une visibilité plus précise sur ses émissions de gaz à effet de serre et de quantifier ses efforts en termes de réduction de ces gaz à effet de serre. À ce titre, la société est historiquement engagée dans une démarche d'optimisation énergétique et de réduction de son impact carbone. Cet aspect sera présenté plus en détails dans la 2^{ème} phase de l'étude où le calcul des pistes d'amélioration est réalisé.

4 CARTOGRAPHIE DES FLUX ET RESULTATS

4.1 RESULTATS GLOBAUX

Ci-dessous, nous reprenons les étapes qui seront prises en considération dans l'étude ainsi qu'une note explicative succincte du périmètre desdites étapes. Une note plus détaillée du périmètre de chaque poste est reprise en début de chaque chapitre :

Énergie 1	Énergie procédés – toutes consommations confondues ;
Énergie 2	Énergie bâtiments – éclairage, chauffage et consommations tertiaires – prise en compte dans Énergie 1 ;
Hors énergie 1	Gaz réfrigérants, essentiellement les groupes frigorifiques ;
Hors énergie 2	Halocarbures procédé – néant ;
Intrants	Papier, NaOH, encre, colle, farine et services matériels ;
Futurs emballages	Emballages des produits finis – Polypropylène et films plastique PET ;
Fret	Camion matières premières, expédition produit ;
Déplacements	Domicile – travail des salariés ;
Déchets directs	Traitement et valorisation des déchets issus de l'activité industrielle (sur site) ;
Immobilisations	Prise en compte de l'amortissement carbone des immobilisations du site (bâtiment, infrastructures, machines). Dans notre cas, seuls les bâtiments sont considérés ;
Utilisation	Le CO ₂ équivalent issu de l'utilisation du produit. Dans notre cas, le produit étant un bien d'emballages, aucune consommation énergétique n'a lieu durant son utilisation. Cette dernière ne sera donc pas prise en compte.

Fin de vie

Le CO₂ équivalent issu de la fin de vie du produit. Dans notre cas, le produit étant un bien d'emballage dont la fin de vie n'a pas été prise en compte dans la partie « futurs emballages », nous en tiendrons compte ici sur base du scénario moyen de traitement des déchets carton en Belgique.

La Figure 1 illustre une synthèse des résultats globaux de l'étude, étape par étape.

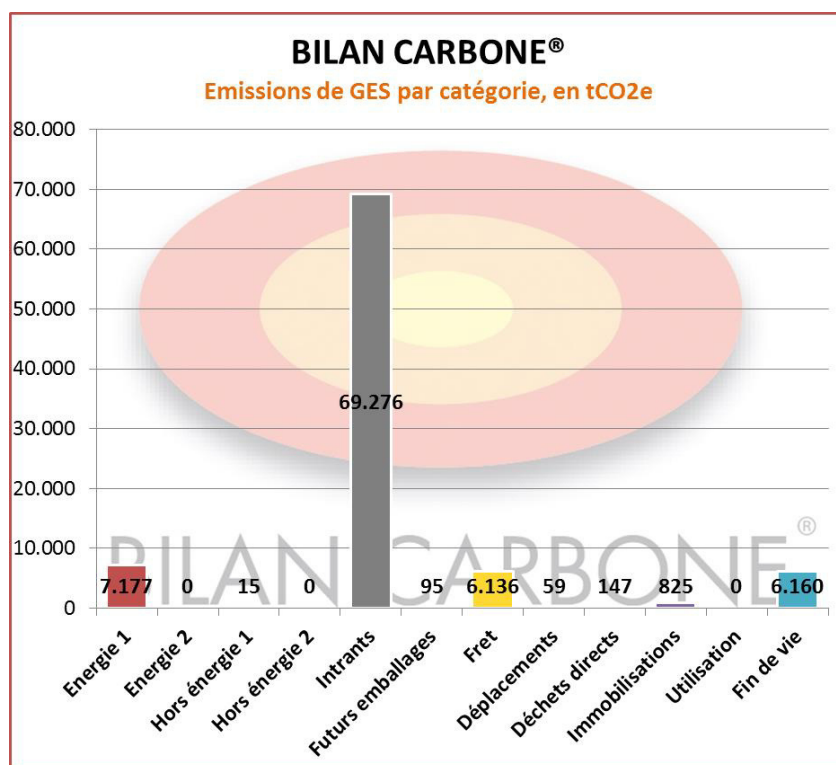


Figure 1 Emissions de GES par catégorie, en t CO₂ - 2016

La Figure 2 illustre une même répartition mais cette fois-ci présentée sous forme de pourcentage.

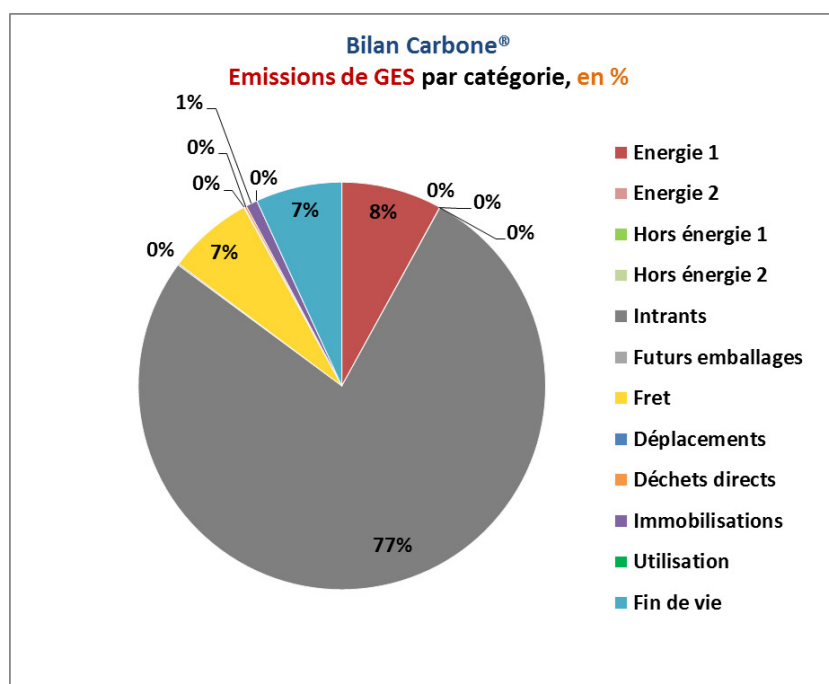


Figure 2 Emissions de GES par catégorie, en % - 2016

Les intrants représentent 77% de l'impact global associé à l'activité de Lammerant cartonnages. La phase d'énergie est la deuxième étape la plus importante avec 8% des émissions globales. Le fret et la fin de vie sont les troisième et quatrième causes avec 7% suivi par les immobilisations 1%.

Le détail des différents onglets ainsi que la mise en évidence des différentes sous-étapes vont être présentés dans les paragraphes suivants.

4.2 INTRANTS

4.2.1 Périmètre du poste

Le poste des intrants regroupe les émissions de gaz à effet de serre induites par la production des intrants, quels qu'ils soient, et qui sont relatifs à l'activité de Lammerant cartonnages. Les valeurs de facteurs d'émission considérés sont reprises directement de la base du bilan carbone de l'ADEME. Les données reprises ci-dessous correspondent aux consommations globales de 2016.

4.2.2 Données utilisées pour la modélisation

Ce paragraphe reprend, de manière résumée, les différents intrants nécessaires à l'activité de l'entreprise en 2016.

Le Tableau 1 présente la nature, la quantité ainsi que le facteur d'émission associé à chaque intrant pour l'année 2016 utilisé chez Lammerant cartonnages. La colonne % précise le facteur d'incertitude associé à chaque facteur d'émission utilisé.

Tableau 1 Nature, quantité et facteur d'émission des intrants en 2016

Nature	Unité	Quantité	Facteur d'émission (kg CO ₂ équivalent/t d'intrant ou par k€)	% incertitude
Papier (recyclé à 95%)	t	51 020	1320	20
NaOH	t	40	587	50
Encre	t	220	3260	20
Colle	t	60	2250	20
Farine	t	750	267	50
Services fortement matériels	k€	5 818	110	50
Services faiblement matériels	k€	1 898	37	50

Les services faiblement et fortement matériels interviennent dans les émissions dues aux intrants. Les services faiblement matériels correspondent principalement aux prestations intellectuelles de toute nature (juridique, technique...) et aux services dématérialisés ne nécessitant pas une utilisation importante de matériels et d'équipements alors que les services fortement matériels rassemblent les prestations essentiellement matérielles comme par exemple la maintenance de machines. Pour les comptabiliser dans le bilan carbone de Lammerant cartonnages, nous avons désagréé le compte de résultat reprenant la comptabilité des « services extérieurs » (compte 61).

4.2.3 Résultats principaux

La Figure 3 montre la répartition des émissions des intrants par catégorie d'intrants en tCO_{2e}. La catégorie « Papiers & Cartons » représentent la plus grande partie des émissions de CO₂. Cela s'explique par la nature même de l'entreprise Lammerant cartonnages. Le papier représente 97% des émissions globales de cet onglet comme présenté à la Figure 4.

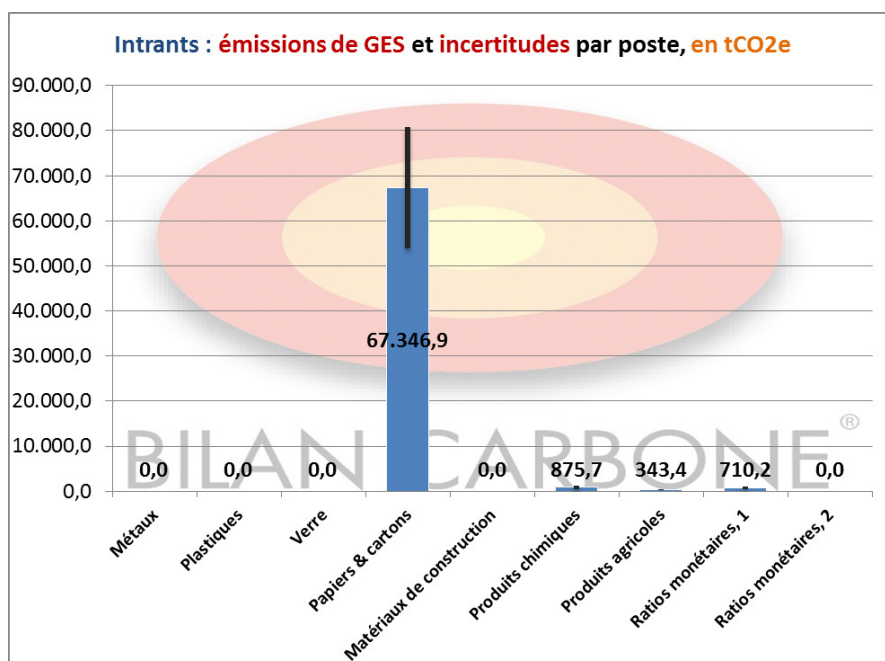


Figure 3 Importance des différentes catégories d'intrants dans le score obtenu - 2016

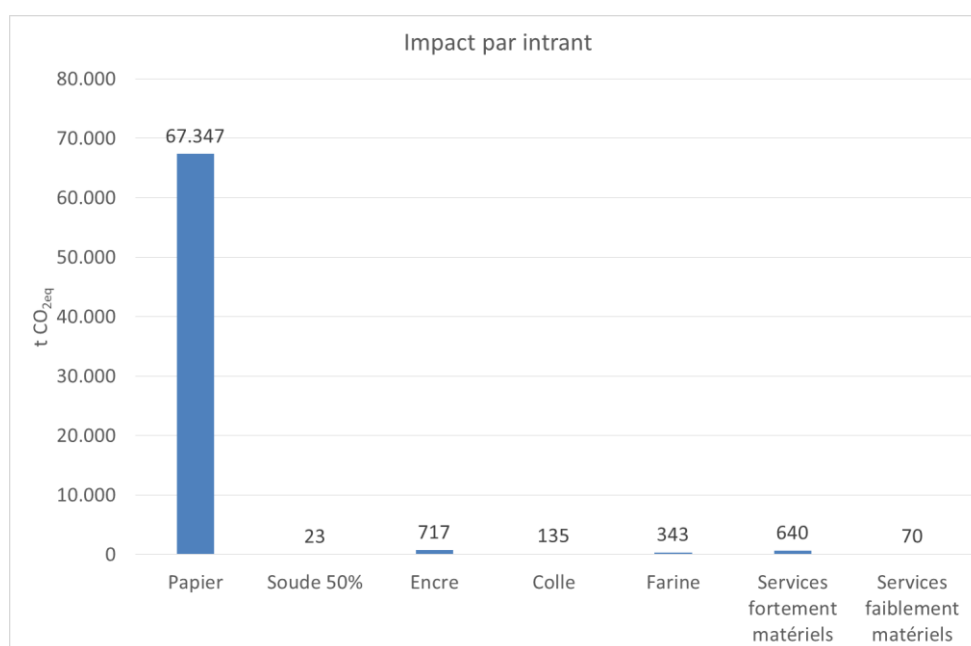


Figure 4 Importance des produits agricoles en termes d'émissions de CO₂ - 2016

4.3 FUTURS EMBALLAGES

4.3.1 Périmètre du poste

Comme pour les intrants, nous considérons, pour ce poste, les émissions de gaz à effet de serre alloués à la fabrication des emballages nécessaires au packaging des produits de l'industriel. Les

facteurs d'émission sont repris de la base bilan carbone et des bases de données commerciales Ecoinvent lorsque celles-ci n'étaient pas disponibles dans le tableur Bilan Carbone.

4.3.2 Données utilisées pour la modélisation

Ce paragraphe reprend les différentes matières premières entrantes dans la composition des futurs emballages.

Le Tableau 2 présente la nature, la quantité ainsi que le facteur d'émission associé à chaque intrant pour l'année 2016 utilisé chez Lammerant cartonnages. La colonne % représente le facteur d'incertitude associé au facteur d'émission.

Les produits sont emballés à l'aide de films plastique en PET et de cerclage en polypropylène. Le tout est mis sur palettes qui sont consignées et donc aucune perte n'est envisagée.

Tableau 2 Nature, quantité et facteur d'émission des futurs emballages en 2016

Nature	Unité	Quantité	Emissions GES (kg CO ₂ , éq/t)	%
PP	t	10	2040	20
Films PET	t	20	2432	20

Les matières premières utilisées sont considérées comme ne contenant aucun pourcentage de matière recyclée.

4.3.3 Résultats principaux

La Figure 5 montre que l'impact principal des futurs emballages provient uniquement de l'utilisation des plastiques.

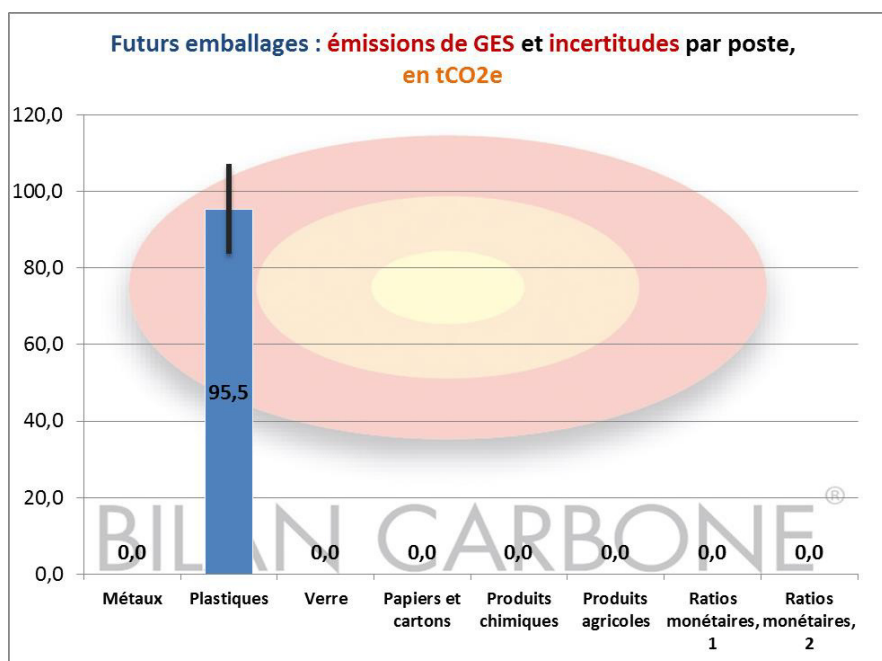


Figure 5 Futurs emballages : émissions et incertitudes par poste, en t CO_{2eq} - 2016

4.4 FRET

4.4.1 Périmètre du poste

Le fret intègre les émissions de gaz à effet de serre induites par le transport des marchandises, générées par la combustion des hydrocarbures nécessaires à la propulsion des véhicules. Le fret routier est pris en compte au même titre que le fret maritime, fluvial, ferroviaire et aérien le cas échéant.

4.4.2 Fret entrant

4.4.2.1 *Données utilisées pour la modélisation*

Le fret entrant est assuré majoritairement par camion et pour quelques pourcents par bateau et train. La valeur calculée pour le transport entrant routier est de 22 860 828 tkm pour les intrants et de 4 080 tkm pour les futurs emballages. Le camion utilisé est un camion remorque grand volume 26 tonnes.

En ce qui concerne une partie du papier, un transport par fret maritime et ferroviaire est nécessaire. Pour la partie maritime, la valeur utilisée est de 24 474 983 tkm. Le fret est assumé réalisé par un pousseur > 880 kW (hors conteneurs maritimes). Pour le fret ferroviaire, 126 472 tkm sont utilisés en train de marchandises électrique. Le transport se passe au Brésil et a été assimilé à un mix français, relativement équivalent en termes de CO₂ au vu des deux mix énergétiques.

4.4.3 Fret sortant

4.4.3.1 *Données utilisées pour la modélisation*

Le fret sortant est assuré à l'aide de camions de 30 tonnes. Les quantités utilisées s'élèvent à 134 893 litres de gasoil routier et 454 387 tkm pour les déchets, en utilisant un camion remorque grand volume 26 t.

4.4.4 Résultats principaux

La Figure 6 présente les résultats principaux quant au fret entrant et sortant de tous types. La majorité de l'impact est amené par le fret entrant et majoritairement routier. Le marché des produits est plutôt local contrairement au marché d'approvisionnement concernant le papier.

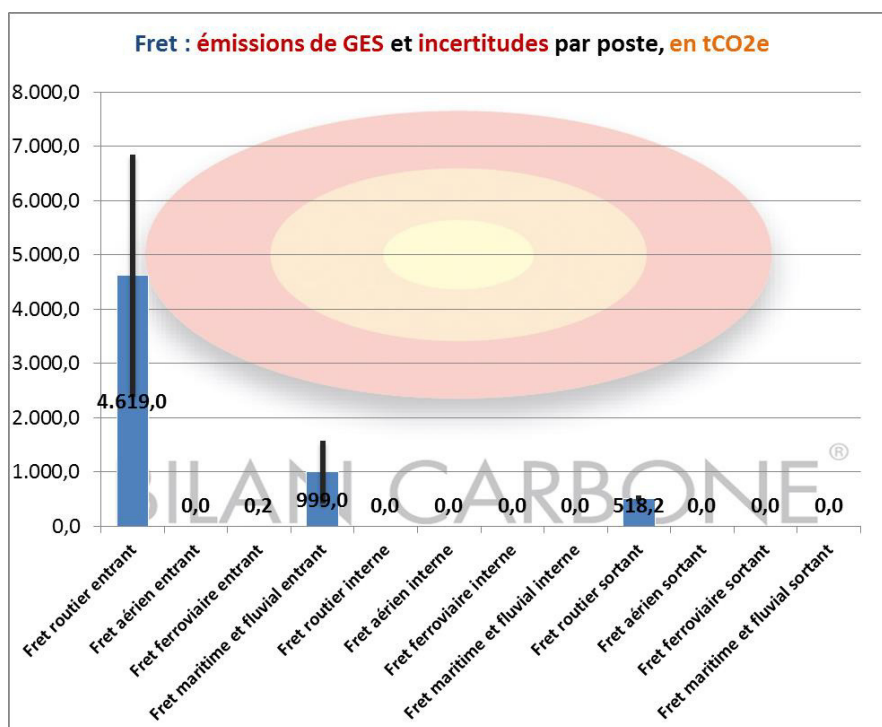


Figure 6 Importance des différentes catégories de fret dans le score obtenu - 2016

4.5 DECHETS

4.5.1 Périmètre du poste

Cette étape calcule les quantités de gaz à effet de serre émises lors du traitement et de la valorisation des déchets. Les déchets peuvent émettre en fin de vie des gaz à effet de serre sous plusieurs formes :

- Par combustion, lorsque, par exemple, des plastiques sont incinérés ;

- Par putréfaction des déchets organiques mis en décharge.

4.5.2 Traitement des données collectées

Nous reprenons ci-dessous le récapitulatif des quantités de déchets émises en 2016.

Tableau 3 Données de modélisation pour le traitement des déchets en 2016

Type de déchets	Quantité (t)	Mode de valorisation	Distance (km)
Vieux papiers	3705,372	Recyclage	114 km
DIB	60,86	Incinération avec valorisation électrique	11 km
Boues de STEP (assimilées à déchets alimentaires)	36,42	Incinération avec valorisation électrique	156 km
Déchets de bois (assimilés à du papier)	65,640	Recyclage	45 km
Traitement des eaux	500	STEP	50 km
Total	4316,512		

Notons que les émissions induites par le fret des déchets vers leurs plateformes de traitement ont été considérées dans le poste Fret sortant.

4.5.3 Résultats principaux

La Figure 7 présente les résultats principaux quant au traitement des déchets directs. Le recyclage permet d'éviter une partie de matière première vierge et est donc au global peu émetteur de gaz à effet de serre mais représente le traitement le plus émetteur de CO₂ au vu de la quantité globale à traiter. L'incinération est le deuxième type de traitement émetteur de CO₂ équivalents.

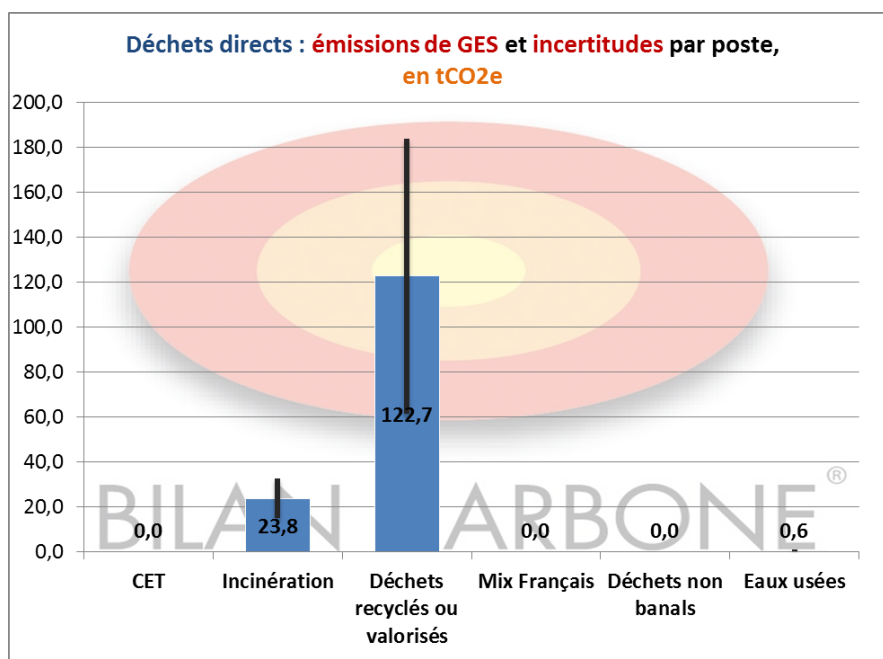


Figure 7 Déchets directs – Emissions de GES et incertitudes par poste, en t CO₂, éq - 2016

4.6 CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE

4.6.1 Périmètre du poste

L'activité industrielle implique des consommations de chaleur et d'électricité. Cette énergie est d'une part destinée **au procédé industriel** et d'autre part aux **utilités des bâtiments** (éclairage, chauffage, etc.) tous deux repris sous l'onglet (**Énergie 1**).

Ces consommations d'énergie induisent des émissions de gaz à effet de serre qui seront comptabilisées dans le bilan carbone.

4.6.2 Données utilisées pour la modélisation

En ce qui concerne l'électricité, le facteur d'émission du fournisseur d'électricité belge a été utilisé, à savoir 260 kg CO₂ équivalent/MWh électrique. Les données du Tableau 4 sont reprises de l'audit accord de branche où l'année 2016 est étudiée.

Tableau 4 Données de consommations énergétiques pour l'année 2016

Energie approvisionnée	Quantité
Electricité achetée (kWh)	12 757 590
Fioul domestique (litres)	1 107 987

Nous avons considéré les facteurs d'émission du bilan carbone pour les consommations de fioul domestique, à savoir 2,681 kg_{eq} CO₂ par litre brûlé auxquels ont été ajoutés 0,563 kg_{eq} CO₂ pour l'amont.

4.6.3 Résultats principaux

Nous reprenons, à la Figure 8, les émissions relatives au poste énergie regroupant à la fois les procédés et le bâtiment. Les consommations de combustibles et d'électricité engendrent des émissions de CO₂ semblables.

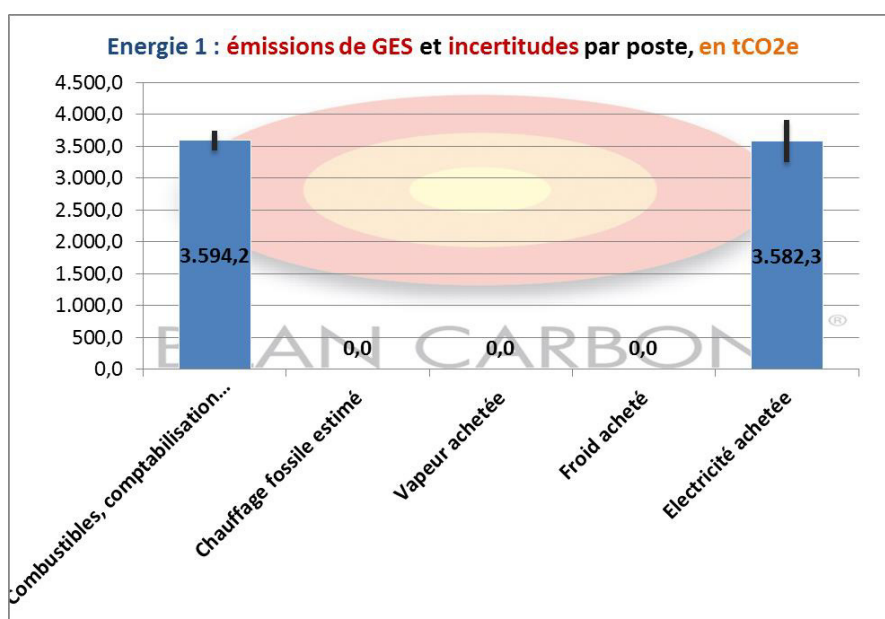


Figure 8 Energie - Emissions de GES et incertitudes par poste, en t CO₂, éq - 2016

4.7 DEPLACEMENTS

4.7.1 Périmètre du poste

Le poste déplacement prend en compte les émissions de gaz à effet de serre générées lors de la combustion des hydrocarbures au sein des moteurs à combustion de véhicule. Les émissions comptabilisées ici seront, d'une part celles générées lors des déplacements domicile travail des salariés, mais également lors de l'ensemble des déplacements professionnels du personnel, à savoir ceux réalisés en bateau, en train, en avion, ainsi que par les voitures de sociétés.

4.7.2 Données utilisées pour la modélisation

4.7.2.1 *Déplacements des salariés*

Tous les déplacements des salariés sont effectués en voiture, avec comme consommation globale pour 2016 :

- 98 410 véhicules.km en utilisant des voitures type essence de]0-5 CV] comprenant à la fois les données relatives aux employés et aux intérimaires (40% du total),
- 73 807 véhicules.km en utilisant des voitures type diesel de]0-5 CV] comprenant à la fois les données relatives aux employés et aux intérimaires (30% du total),
- 73 807 véhicules.km en utilisant des voitures type diesel de]6-10 CV] comprenant à la fois les données relatives aux employés et aux intérimaires (30% du total).

4.7.2.2 *Déplacements des salariés – voitures de société*

La société Lammerant Cartonnages ne possède de voitures de société.

4.7.3 Résultats principaux obtenus

La Figure 9 présente les résultats quant à la répartition de l'impact suite à la comptabilisation des déplacements des employés. Seule la catégorie domicile-travail possède un résultat vu l'absence des voitures de société et des voyages professionnels.

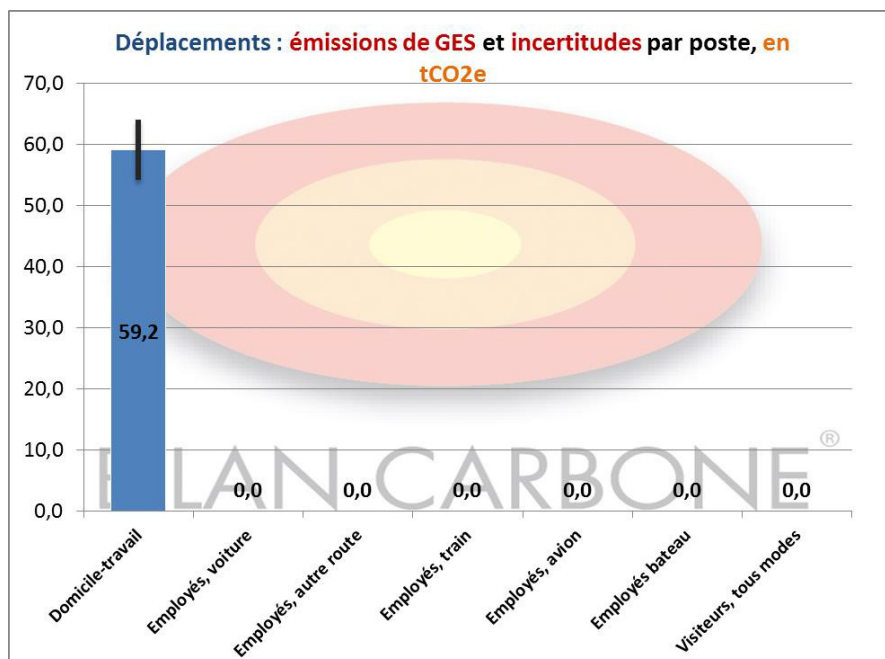


Figure 9 Importance des différents types de déplacement - 2016

4.8 RÉFRIGÉRANTS

4.8.1 Périmètre du poste

La présence d'unités de refroidissement implique qu'une partie des gaz réfrigérants présents dans les circuits frigorifiques s'évaporent à l'atmosphère. Ces gaz réfrigérants sont des gaz à effet de serre particulièrement puissants. Nous disposons de 2 méthodes de calcul pour estimer l'équivalence CO₂ de ces gaz à effet de serre :

- Sur base de la puissance des circuits frigorifiques et du type de détente. Ces données sont fournies à l'utilitaire Clim_froid de l'ADEME qui en évalue les quantités annuelles moyennes rejetées à l'atmosphère ;
- Sur base des relevés de la société de maintenance, qui répertorie les recharges chaque année.

Dans notre cas, nous avons utilisé l'utilitaire Clim_froid de l'ADEME puisque nous ne disposons pas des relevés du frigoriste.

4.8.2 Données utilisées pour la modélisation

Le Tableau 5 regroupe les données principales utilisées pour la modélisation des émissions de gaz à effet de serre. Ces émissions ont été calculées sur base de la quantité du gaz présente au départ dans chaque climatiseur en supposant un taux de fuite de 15% arbitrairement donné par le logiciel, ce qui permet de calculer les quantités pouvant être émises à l'atmosphère.

Tableau 5 Données nécessaires à la modélisation des émissions de réfrigérants dans l'atmosphère

Caractéristique	Quantité globale réfrigérants	Gaz réfrigérants utilisés
Climatisation bureau	14,2 kg	R410A
Climatisation industrielle	36,1 kg	R410A

4.8.3 Résultats principaux

La Figure 10 présente les résultats relatifs aux émissions de réfrigérants. Une incertitude de 55% est prise en compte dans le cadre du calcul des émissions fugitives. Notons que l'émission de R410A est classée dans les halocarbures de Kyoto au vu de leur nature.

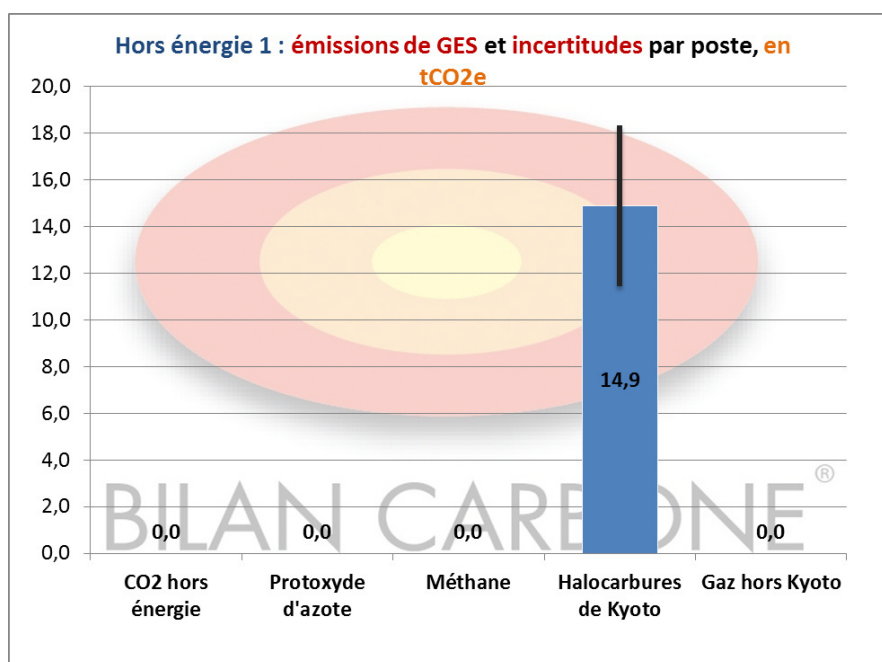


Figure 10 Importance des différentes catégories d'émissions hors énergie – 2016

4.9 IMMOBILISATIONS

4.9.1 Périmètre du poste

Ce poste reprend les émissions liées aux investissements dans des biens durables, c'est-à-dire ceux qui font l'objet d'un amortissement comptable, et dont la fabrication engendre des émissions de gaz à effet de serre comme pour toute production matérielle. Nous considérons dans ce poste des durées d'amortissement égales à celles usuellement utilisée en comptabilité, et ce afin de pratiquer une approche cohérente avec la méthode comptable, mais également de pouvoir visualiser l'impact de ce poste à des intervalles successifs comparables entre eux.

Les principales immobilisations prises en compte dans notre calcul se réfèrent aux bâtiments essentiellement. Notons que cette étape n'est pas prise en compte obligatoirement dans le cahier des charges de la région wallonne.

4.9.2 Données utilisées pour la modélisation

Les données de superficie des bâtiments construits endéans les 50 ans sont équivalentes à 50 000 m² assimilées en construction de bâtiments industriels type béton.

4.9.3 Résultats principaux

La Figure 11 présente les résultats relatifs aux immobilisations. L'incertitude qui est associée à ces émissions de CO₂, équivalent est très grande mais permet néanmoins de donner un ordre d'idée quant à l'effet de la construction de bâtiments sur le bilan carbone global de l'entreprise. Seuls les bâtiments ont été pris en compte ce qui explique le résultat obtenu ci-dessous.

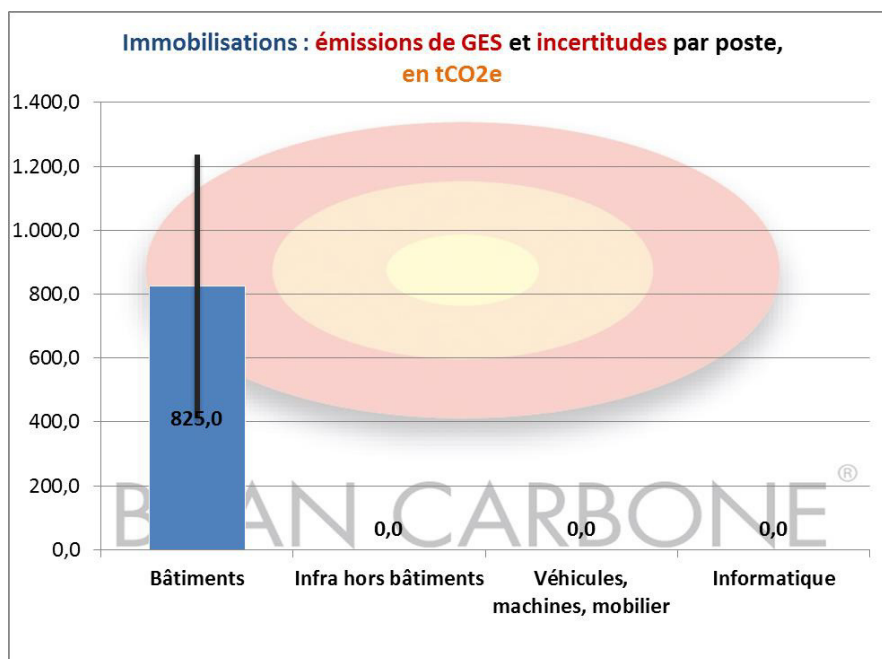


Figure 11 Immobilisations : Emissions de GES et incertitudes par poste – 2016

4.10 UTILISATION

Comme expliqué précédemment, cette étape n'est pas prise en compte dans le cas des produits vendus par Lammerant Cartonnages au vu de leur nature même (bien d'emballage).

4.11 FIN DE VIE

4.11.1 Périmètre du poste

Les produits de l'entreprise Lammerant cartonnages sont les emballages en carton. Leur fin de vie, non prise en compte dans l'onglet « futurs emballages » va être prise en compte ici, sur base d'un scénario moyen de fin de vie. Il est supposé un recyclage pour 80% du total, 12% en décharge, 7% en incinération et 1% en compostage. Il s'agit d'un scénario français qui peut être extrapolé à la Belgique au vu du taux important de recyclage

4.11.2 Données utilisées pour la modélisation

La quantité de produits finis pour laquelle il faut prendre en compte la fin de vie s'élève à 93% du papier entrant (pertes de 7% déjà valorisées dans l'angle « déchets directs »), à savoir 47 449 tonnes de carton contenant 95% de matières recyclées.

4.11.3 Résultats principaux

La Figure 12 présente les résultats relatifs à la fin de vie, uniquement représentée pour la partie papier-carton, au vu de la nature même du produit de l'entreprise Lammerant Cartonages.

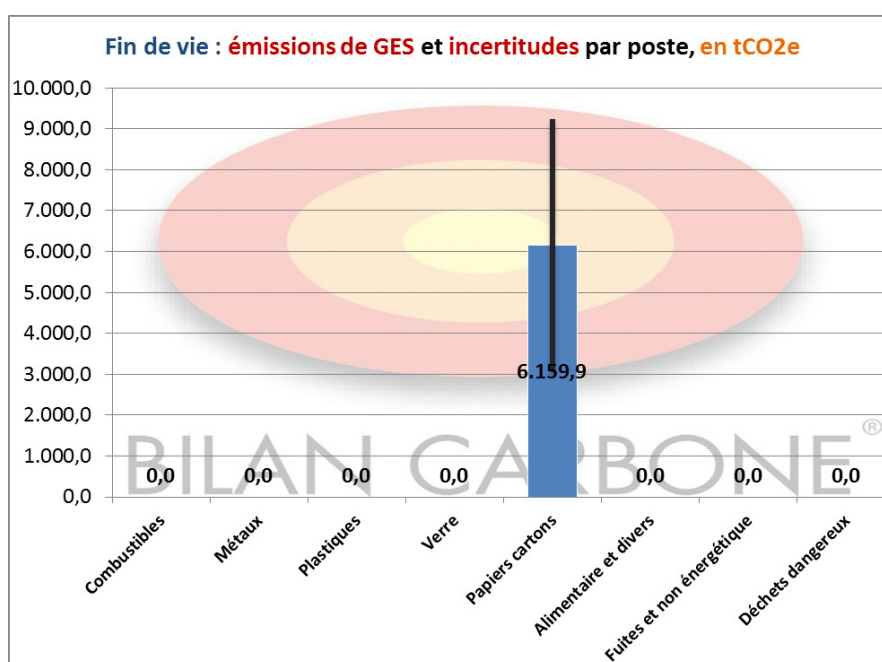


Figure 12 Utilisation : Emissions de GES et incertitudes par poste - 2016

5 BRAINSTORMING BASE SUR LES RESULTATS DU BILAN CARBONE

5.1 CAHIER DES CHARGES DE LA REGION WALLONNE

5.1.1 Caractéristiques générales

Suite à la réalisation d'un bilan carbone, un brainstorming doit être poursuivi afin de mettre en évidence des pistes d'amélioration en termes d'émissions de CO₂ en ce qui concerne le périmètre externe à l'entreprise, c'est-à-dire, des pistes n'étant pas identiques à celles mises en évidence par l'audit énergétique. Pour ce faire, la RW impose un canevas à suivre.

Tout d'abord, le brainstorming de l'entreprise doit porter sur les deux premiers hotspots c'est-à-dire les catégories où les émissions de gaz à effet de serre sont prépondérantes. De plus, l'entreprise doit estimer avoir une quelconque possibilité d'agir, que ce soit directement ou indirectement en concertation avec ses partenaires, sur ces catégories bien que cela soit en dehors du périmètre interne de son site.

Un troisième hotspot devra être envisagé. Il s'agit du fret global, que ce soit pour le fret entrant ou sortant. Si celui-ci fait déjà partie des deux précédents hotspots, le troisième dans l'ordre d'émissions sera ajouté.

Sur base de l'analyse des hotspots, des projets entraînant la réduction d'émissions de gaz à effet de serre pourront être envisagés. Ces projets doivent répondre aux conditions suivantes :

- Ils doivent éviter les transferts de pollution. Au vu du monocritère étudié ici, il s'agit d'éviter le transfert de pollution entre deux étapes tel que réduire l'impact associé à un intrant mais augmenter de manière plus importante son fret par exemple.
- Ils doivent être quantifiables. Une variable d'activité doit être accessible et permettre le calcul des réductions engendrées par le projet.
- Ces projets et leurs réductions associées aboutiront au calcul de l'indicateur de l'A_{MCO₂} qui sera explicité en détail ci-après. Au vu de la définition même de cet indicateur, des doubles comptages entre les périmètres internes et externes devront être évités.

5.1.2 Calcul de l'indicateur A_{MCO₂}

L'indice A_{MCO₂} mesure les émissions évitées grâce à la mise en œuvre des projets identifiés en dehors du périmètre de l'entreprise, rapportées aux émissions (théoriques) du site.

L'indicateur A_{MCO₂} sera déterminé comme suit :

$$A_{MCO_2} = \frac{\Delta CO_2(x+t)}{\sum_{i=1}^n CO_{2\text{spec}}(x)_i \times P_i(x+t)}$$

Où :

- A_{MCO_2} : L'indice d'amélioration du mapping CO_2 ;
- x : L'année de référence, soit 2005 ;
- $(x+t)$: L'année de calcul ;
- $P_i(x+t)$: L'usage i (km, t,...) de l'année $(x+t)$;
- $CO_{2\text{spec}}(x)$: L'émission de CO_2 spécifique de l'usage i (kWh/km, kWh/t,...) de l'année de référence ;
- ΔCO_2 : Les économies de CO_2 entre l'année de référence x et l'année $(x+t)$;
- $\sum_{i=1}^n CO_{2\text{spec}}(x) \times P_i$: Les émissions de CO_2 théoriques totales du site s'il n'y avait eu aucune amélioration de l'efficacité énergétique, soit considérant $CO_{2\text{spec}}$ de l'année de référence x , et l'usage de l'année $(x+t)$. Il s'agit du dénominateur de l'ACO₂ calculé à l'année $(x+t)$.

Le dénominateur qui sera utilisé par la suite dans les calculs est équivalent à 7 505 t de CO_2 équivalent, dénominateur de l'ACO₂ mis à jour pour l'année 2016 pour Lammerant Cartonnages.

5.2 CLASSEMENT DES HOTSPOTS POUR L'ENTREPRISE LAMMERANT CARTONNAGES

Le Tableau 6 reprend les différents hotspots de l'entreprise Lammerant Cartonnages sur base du bilan carbone réalisé pour l'année. Cela permet de mettre en évidence les catégories sur lesquelles le brainstorming est réalisé.

Tableau 6 Résumé des différents hotspots calculés suite au bilan carbone réalisé pour Lammerant Cartonnages en 2016

Hotspot	Émissions (t équivalent CO_2)
Intrants	69 276
Energie	7 177
Fin de vie	6 160
Fret	6 136
Immobilisations	825
Déchets directs	147
Futurs emballages	95
Déplacements	59
Hors énergie	15
Total	89 891

5.3 PISTES DE REFLEXION POUR LA REDUCTION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

5.3.1 Hotspots abordés

Sur base du classement des hotspots, on remarque que les émissions de gaz à effet de serre de l'entreprise proviennent principalement des intrants, suivies par l'énergie et ensuite la fin de vie. Le fret arrive en quatrième position suivi les immobilisations en cinquième position.

Comme expliqué par le cahier des charges de la RW, les consommations énergétiques et les réductions associées de gaz à effet de serre concernent principalement le périmètre interne du site et n'entreront donc pas en compte dans le brainstorming. En ce qui concerne la fin de vie, Lammerant Cartonnages ne dispose pas de piste d'action précise pour permettre une réduction des émissions au vu du contexte global de la gestion des déchets. Il est dès lors difficile de définir un critère d'activité sur lequel agir surtout au vu de la proportion très importante du recyclage. Nous allons dès lors nous focaliser sur les 3 onglets suivants à savoir les intrants, le fret et les déchets directs.

5.3.1.1 *Les intrants*

Dans cette catégorie, les pistes de réflexion quant à la diminution des émissions de gaz à effet de serre peuvent porter sur diverses directions. Afin de réduire les impacts associés, la quantité d'intrants peut être optimisée, tout comme le rendement de production ou encore une modification du type d'intrant (si possible) ayant un facteur d'émission plus faible.

Une piste de réduction relative aux intrants a été calculée.

5.3.1.1.1 Mise sur le marché d'une nouvelle technologie de cartonnage

Une nouvelle génération de machine ayant des caractéristiques technologiques engendrant un meilleur rendement permettrait d'améliorer les pertes d'environ 1% en termes d'intrants. Cette amélioration de rendement permettrait de diminuer de 685,7 t la quantité de CO_{2,éq} émise en termes d'intrants. De plus, cette réduction d'intrants entraîne, par effet domino, une réduction du transport associé qui sera calculée dans la catégorie fret.

5.3.1.1.2 Amélioration de la quantité de chutes des bobines

Une amélioration du rendement de chutes des bobines permettrait d'améliorer de 1 millième la quantité de papier à utiliser. Cela engendrera une réduction de 67,3 tonnes de CO_{2,éq} émise en termes d'intrants. De plus, cette réduction d'intrants entraîne, par effet domino, une réduction du transport associé qui sera calculée dans la catégorie fret.

5.3.1.2 *Le fret*

Le fret représente la troisième source d'impact dans l'entreprise. Plusieurs pistes de réduction de cet impact sont envisageables.

5.3.1.2.1 Mise sur le marché d'une nouvelle technologie de cartonnage – réduction du transport associé

Si une réduction du taux de perte est réalisée grâce à une nouvelle technologie, cela va permettre également de réduire l'impact du transport associé à la fourniture des intrants. Dans ce cas, le transport de 1% des intrants peut être évité, ce qui donne une réduction de 55,6 t_{éq} CO₂ ou encore 0,9% du fret.

5.3.1.2.2 Amélioration de la quantité de chutes de bobines

Par la diminution de la quantité de chutes des bobines, cela permettra de réduire également 1/1000 du fret relatif au papier. Cela représente une réduction de 999 kg_{éq} CO₂ pour le fret maritime, 0,185 kg_{éq} CO₂ pour le fret ferroviaire et 4564 kg_{éq} CO₂ pour le fret routier. Au total, la réduction est de 5563,185 kg_{éq} CO₂ ou encore 0,09% du fret.

5.3.1.2.3 Amélioration du taux de remplissage des camions

L'amélioration du taux de remplissage des camions par l'augmentation de la hauteur des bobines de 180 cm à 220 cm permettrait une augmentation de 2 tonnes par camion (passant de 10 tonnes à 12 tonnes), ce qui engendre une réduction des tkm sortant d'un sixième à savoir 71,25 t_{éq} CO₂.

5.3.1.2.4 Diminution du fret des déchets suite à la mise en place de la deuxième station d'épuration

En implémentant une station d'épuration supplémentaire sur site, le transport de 500 tonnes d'eau à traiter pourrait être évité. Cela représente 25 000 tkm ou encore 4,99 t_{éq} CO₂. Cela représente 0,08% du fret.

5.3.1.2.5 Recyclage des plastiques – fret associé

Le recyclage des 10 tonnes de plastique présentes dans les 61 tonnes de DIB entraîne un transport non plus sur 11 km mais sur 165 km, ce qui augmente le transport de 1 540 tkm ou encore 307 kg_{éq} CO₂.

5.3.1.3 *Les déchets directs*

Bien qu'étant le 5^{ème} hotspot, ce dernier offre des pistes d'améliorations en termes de réduction d'émissions de CO₂ sur lesquelles l'entreprise Lammerant Cartonnages peut agir.

5.3.1.3.1 Recyclage du plastique présent dans le DIB

À la place d'envoyer en incinérateur la globalité des déchets, 10 tonnes hors des 60 tonnes des DIB sont constituées de plastiques et pourraient dès lors être recyclées plutôt qu'incinérées. Cela

engendre une diminution globale des émissions de CO₂ équivalentes de 3328 kg_{éq} CO₂, ce qui comprend à la fois les émissions dues au recyclage du plastique (-330 kg_{éq} CO₂) ainsi que les réductions suite à l'évitement de leur incinération (3628 kg_{éq} CO₂). Un changement dans le fret sortant doit également être pris en compte dans la globalité de la piste, comme présenté au paragraphe 5.3.1.2.5.

5.4 CALCUL DE L' A_{MCO_2} SUR BASE DES PISTES DE REFLEXION

Le Tableau 7 ci-dessous reprend les différentes pistes de réflexion évoquées dans les paragraphes précédents avec les économies de CO₂ obtenues ainsi que le facteur A_{MCO_2} calculé.

Il est à noter que ces pistes de réflexion n'ont pas été étudiées sous l'aspect de la faisabilité technique et/ou économique dans le cadre de cette étude.

Tableau 7 Résumé des pistes de réduction des émissions de CO₂ ainsi que le calcul de l'A_MCO₂ correspondant

Piste	Caractéristique	Onglet associé	Réduction (t _{eq} CO ₂)	A _M CO ₂
Nouvelle technologie de cartonnage	Réduction de 1% des intrants	Intrants	685,7	9,14%
	Diminution du fret intrant associé	Fret	55,6	0,74%
	<i>Total</i>		<i>741,3</i>	<i>9,88%</i>
Implémentation d'une deuxième station d'épuration sur site	Réduction du fret associé	Fret	4,99	0,07%
Amélioration du taux de chute des bobines	Réduction de 1 millièème des consommations de papier	Intrants	67,3	0,90%
	Réduction du fret associé	Fret	5,56	0,07%
	<i>Total</i>		<i>72,86</i>	<i>0,97%</i>
Recyclage des plastiques	Recyclage des plastiques	Déchets	3,33	0,044%
	Diminution du fret associé	Fret	-0,31	-0,004%
	<i>Total</i>		<i>3,32</i>	<i>0,04%</i>
Total			827,16	11,02%

Cet ouvrage présente la démarche à mettre en œuvre pour calculer une empreinte carbone. Ici, l'étude se porte sur les boîtes de carton produites au Cartonnage Lammerant. L'ensemble des démarches sont expliquées dans une partie théorique. Ensuite, cette dernière est mise en application afin de déterminer l'empreinte carbone de ces boîtes. Afin de bien cerner l'origine des valeurs composant cette empreinte, une analyse des résultats décortique chaque information. La dernière partie se compose d'une réflexion sur les possibilités permettant d'améliorer l'empreinte d'une boîte de carton et d'une partie pratique présentant l'amélioration des résultats lors de la mise en œuvre de ces solutions.

This work presents the approach to be implemented to calculate a carbon footprint. Here, the study focuses on the cardboard boxes produced at Cartonnage Lammerant. All the steps are explained in a theoretical part. Then, this one is applied to determine the carbon footprint of these boxes. In order to understand the origin of the values composing this footprint, an analysis of the results explains each information. The last part consists of a thinking about the possibilities to improve the footprint of a cardboard box and a practical part presenting the improvement of the results when implementing these solutions.