

## **Contribution à l'étude de l'impact environnemental des circuits courts alimentaires**

**Auteur** : Hollange, Bastien

**Promoteur(s)** : Leonard, Angelique

**Faculté** : Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme** : Master en ingénieur civil en chimie et science des matériaux, à finalité spécialisée

**Année académique** : 2017-2018

**URI/URL** : <http://hdl.handle.net/2268.2/5529>

---

### *Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

# **CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES CIRCUITS COURTS ALIMENTAIRES**

**HOLLANGE Bastien**

Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention du grade de :  
**Ingénieur civil en Chimie et Sciences des Matériaux**

Promoteur :  
**LÉONARD Angélique**

Année Académique : **2017 - 2018**



## Remerciements

Je tiens à remercier sincèrement toutes les personnes grâce à qui ce travail a été rendu possible.

Tout d'abord mes parents pour m'avoir soutenu et financé dans mes études et m'ont ainsi permis d'arriver ici.

Ensuite le professeur Angélique Léonard ainsi que Sylvie Gros Lambert pour leur encadrement, l'aide précieuse et le temps qu'elles m'ont accordé, ainsi que pour leur relecture pertinente.

Toutes les personnes de Point Ferme pour leur collaboration à ce projet en m'ayant fourni les informations nécessaires à cette étude et le temps qu'elles m'ont consacré, ainsi que toutes les personnes ayant aussi contribué à ce projet : la maison Gilson, Jardin d'Antan et tous ceux que je ne peux citer ici.

Je remercie aussi Laurent Fraikin, Zaheer Shariff et tout le Département de Chemical Engineering - PEPs pour m'avoir accueilli dans leurs locaux pour la durée de ce travail et répondu à mes questions.



## Liste des abréviations

ACV	Analyse du cycle de vie
AMAP	Association de maintien de l'agriculture paysanne
Conso.	Consommation
d	Distance parcourue pour un trajet par la camionnette de Point Ferme
d <sub>t</sub>	Distance parcourue par la camionnette de Point Ferme au point t (km)
EPS	Euro pool system
GASAP	Groupe d'achat solidaire de l'agriculture paysanne
kg Z éq.	Kilogramme équivalent en molécule Z
M	Masse utile dans la camionnette de Point Ferme à chaque instant (kg)
PVC	Point de vente collectif
Q	Quantité utile transportée par Point Ferme par trajet (km×kg)



## Résumé

Ce travail vise à analyser l'impact environnemental des circuits courts de consommation alimentaire en Wallonie par la méthodologie d'analyse de cycle de vie (ACV), poser le contexte général actuel des circuits de distribution alimentaires en Wallonie et voir comment les circuits courts s'y inscrivent.

L'analyse du contexte des circuits de distribution révèle qu'un retour aux circuits courts est observé récemment après l'explosion des circuits longs. Cela est dû à une évolution de la mentalité des consommateurs, privilégiant l'économie locale, et regardant plus à l'impact environnemental, la qualité et l'origine des produits. Les circuits courts possèdent comme avantages une proximité accrue entre consommateur et producteur et une économie plus équitable pour ces derniers. Cependant, les avantages environnementaux sont plus mitigés, les installations sont moins intensives et demandent une multiplication des activités à maîtriser pour le producteur.

L'ACV sera basée sur le cas concret de l'initiative Liégeoise Point Ferme, en se limitant à l'étape de distribution des légumes en mars et septembre 2017. Sont pris en compte le transport du producteur jusqu'à Point Ferme, le transport jusqu'aux points de collecte et les emballages utilisés. Le trajet des points de collecte au domicile est négligé car intégré à des trajets sortant du cadre étudié et portant sur d'autres fonctions.

Les résultats de l'ACV montrent que le transport dans les différents points de collecte depuis Point Ferme est l'étape la plus impactante. Cet impact est majoritairement dû à la fabrication et la fin de vie de la camionnette et du système de réfrigération utilisé ainsi que sa consommation de carburant et les émissions liées. Le plus grand impact concerne l'utilisation de ressources abiotiques, venant des métaux non abondants utilisés (Cuivre, Nickel, Or) dans les systèmes électroniques. La distribution de 2 kg de légumes par Point Ferme correspond à l'émission de 0.735 kg CO<sub>2</sub> eq. répartis comme suit : 91% vient du transport depuis Point Ferme, 2% du transport depuis Jardin d'Antan vers Point Ferme et 7% des emballages utilisés.

La comparaison à d'autres scénarios montre que Point Ferme permet de diminuer l'impact environnemental de consommateurs se déplaçant seuls. La comparaison de l'étape de transport (sans le dernier kilomètre) entre Point Ferme et les circuits longs montre que via Point Ferme, l'épuisement des ressources abiotiques est plus important. De plus, le transport de marchandises par bateau est globalement moins impactant grâce aux effets d'échelle. L'ajout du dernier kilomètre tend à inverser cette conclusion, mais la quantification de cet effet dépend des habitudes des consommateurs.

Des perspectives intéressantes pour de futures études sont l'analyse détaillée du comportement des consommateurs et agriculteurs selon les circuits de distribution utilisés. Cela permettra une vue plus globale sur l'impact environnemental des circuits courts.





## Abstract

This work aims to analyse the environmental impact of short food consumption circuits in Wallonia using the life cycle analysis (LCA) methodology, to establish the current general context of food distribution circuits in Wallonia and to see how short circuits fit into them.

Analysis of the distribution channel context reveals that a return to short circuits has been observed recently after the expansion of long circuits. This is due to a change in consumers' mentality, favouring the local economy, and looking closer at the environmental impact, quality and origin of the products. The advantages of short circuits count an increased proximity between consumers and producers and a fairer economy for the latter. However, the environmental benefits are more mixed, the installations are less intensive and require a multiplication of activities to be mastered for the producer.

The LCA will be based on the concrete case of the Point Ferme initiative from Liège, limited to the vegetable distribution stage in March and September 2017. The transport from the producer to Point Ferme, the transport to the collect points and the packaging used are taken into account. The transport from collect points to the home is neglected because it is integrated with transports outside the studied framework and relating to other functions.

The LCA results show that transport to the various collect points from Point Ferme is the most impacting stage. This impact is mainly due to the manufacture and end of life of the van and refrigeration system used as well as its fuel consumption and related emissions. The greatest impact concerns the use of abiotic resources, coming from the non abundant metals used (Copper, Nickel, Gold) in electronic systems. The distribution of 2 kg of vegetables by Point Ferme corresponds to the emission of 0.735 kg CO<sub>2</sub> eq. distributed as follows: 91% comes from transport from Point Ferme, 2% from transport from Jardin d'Antan to Point Ferme and 7% from packaging used.

Comparison with other scenarios shows that Point Ferme can reduce the environmental impact of consumers travelling alone. The comparison of the transport stage (without the last kilometre) between Point Ferme and the long circuits shows that via Point Ferme, the depletion of abiotic resources is more important. Moreover, the transport of goods by ship has less overall impact thanks to the effects of scale. The addition of the last kilometre tends to reverse this conclusion, but the quantification of this effect depends on consumer habits.

Interesting prospects for future studies are the detailed analysis of consumer and farmer behaviour according to the distribution channels used. This will allow a more global view on the environmental impact of short circuits.



## Table des matières

Remerciements .....	3
Liste des abréviations .....	5
Résumé .....	7
Abstract .....	9
1 Introduction.....	13
1.1 État de l'art.....	13
1.1.1 Définitions .....	13
1.1.2 Historique et état actuel des circuits courts alimentaires.....	15
1.1.3 Avantages et inconvénients des circuits courts .....	18
1.1.4 Transport des marchandises en circuit court ou long.....	20
2 Objectifs de l'étude .....	25
3 Méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ACV) .....	26
3.1 Concept et définition.....	26
3.2 Les raisons et objectifs d'une ACV.....	27
3.3 Les étapes d'une ACV .....	27
3.3.1 Objectif et champ d'étude.....	28
3.3.2 Inventaire du cycle de vie.....	28
3.3.3 Évaluation de l'impact du cycle de vie .....	29
3.3.4 Interprétation .....	31
3.4 Les types d'ACV .....	32
4 Application de l'ACV à un circuit court : Point Ferme .....	34
4.1 Objectif et champ d'étude.....	34
4.1.1 Objectif de l'étude.....	34
4.1.2 Champ d'étude .....	34
4.2 Inventaire du cycle de vie.....	37
4.2.1 Transport .....	37
4.2.2 Emballages.....	40
4.3 Évaluation des impacts du cycle de vie et interprétation .....	43
4.3.1 Impact global du cycle de vie .....	43
4.3.2 Impact du transport de Point Ferme vers les points de collecte .....	45
4.3.3 Impact des emballages .....	50
4.3.4 Analyse détaillée des catégories d'impact principales.....	52
4.4 Scénarios alternatifs .....	54

4.4.1	Description des scénarios.....	54
4.4.2	Analyse et comparaison des scénarios.....	55
5	Conclusions.....	61
	Bibliographie.....	63
	Annexe 1 : Détail des calculs .....	68
	Annexe 2 : Inventaire du cycle de vie utilisé dans Simapro .....	70
	Circuit de distribution complet .....	70
	Détail du transport avec réfrigération .....	70
	Fabrication et montage du système de réfrigération .....	73
	Détail du transport sans réfrigération.....	73
	Emballages.....	75
	Grands sacs kraft (kraft paper bag 26x14x39).....	76
	Petits sacs kraft (kraft paper bag for fruits) .....	76
	Tri du papier avant recyclage .....	77
	Annexe 3 : Panier type .....	78

# 1 Introduction

Dans le monde actuel, la problématique du renouvelable et de l'impact environnemental a pris une importance croissante depuis quelques années, le domaine de l'alimentation ne faisant pas exception. De plus, l'on a observé récemment l'apparition de nouvelles plateformes de distribution d'aliments suivant un modèle de circuit court se différenciant des formes traditionnelles de marchés et supermarchés. Ce mouvement est guidé par une envie, tant des consommateurs que des producteurs, de garantir la qualité des produits, favoriser une économie locale, rapprocher consommateur et agriculteur, ou limiter l'impact environnemental lié à la consommation. Cependant, l'avantage environnemental apporté par les circuits courts n'est pas établi sur une base objective, et l'on peut se poser la question de savoir si cet avantage est réel. Le présent travail permet de donner une réponse à cette question.

Afin de pouvoir analyser un circuit court, il convient tout d'abord de comprendre le contexte dans lequel ils s'inscrivent. Pour ce faire, un état de l'art posant le cadre et les enjeux liés aux circuits courts sera défini, reprenant la définition des termes associés nécessaires à la compréhension du présent travail.

## 1.1 État de l'art

### 1.1.1 Définitions

#### 1.1.1.1 Analyse du cycle de vie (ACV)

Une analyse de cycle de vie est définie dans la norme ISO 14040:2006 [1] comme « une étude des aspects environnementaux et des impacts potentiels à travers la vie entière d'un produit, depuis l'extraction des matériaux de base jusqu'à sa production, son utilisation, et son traitement de fin de vie » [2].

Une explication plus détaillée est présente au chapitre 3.1.

#### 1.1.1.2 Circuit court

Il existe de nombreuses définitions des circuits courts selon les différentes sources observées [3]–[8]. Les critères concernent parfois la distance (selon la législation Belge p.ex.) ou le type de produits (selon la région wallonne p.ex. qui limite cette définition aux produits agricoles et horticoles [9]) mais incluent toujours le nombre d'intermédiaires entre le producteur et le consommateur.

La Commission européenne définit les circuits courts par un maximum d'un intermédiaire et les différencie des marchés locaux dont le principal critère est la distance kilométrique [8]. La question se pose alors de savoir si les intermédiaires ne doivent être comptés que dans la chaîne de distribution, ou dans le procédé entier, en tenant compte des étapes de transformations.

Dans ce travail, les circuits courts sont définis comme des circuits de vente directe (sans intermédiaire) ou avec un seul intermédiaire entre producteur et consommateur, un nouvel intermédiaire étant compté chaque fois que le produit doit effectuer un trajet. Pour tenir compte du facteur distance, la notion de circuit de proximité sera utilisée.

Lorsque la vente se fait sans intermédiaire, il s'agit de vente directe, là où la vente indirecte comprend un intermédiaire (ou plusieurs dans le cadre des circuits longs).

A contrario, les circuits longs seront définis dans le présent travail comme les circuits de vente indirecte comportant plus d'un intermédiaire entre producteur et consommateur. Cette définition comprend notamment les circuits de distributions classiques des grandes surfaces.

#### ***1.1.1.3 Circuit de proximité***

Un circuit de proximité est un circuit caractérisé par une distance raisonnable entre le lieu de production et celui de consommation, variable selon le lieu et les produits d'une trentaine à une centaine de kilomètres [4].

La distance limite est souvent fixée à 80 km, par rapport aux produits animaliers qui doivent être transportés dans des véhicules réfrigérés au-delà de cette distance et peuvent être transportés dans des glacières en dessous. C'est cette limite qui est utilisée dans le présent travail.

#### ***1.1.1.4 Association de maintien de l'agriculture paysanne***

Les associations de maintien de l'agriculture paysanne (AMAP) sont un type de circuit court d'initiative française mis en place entre un groupe de consommateurs et un producteur liés par un contrat [4], [10]. Ce type de circuit court s'est développé plus tard en Belgique sous le terme « groupe d'achat solidaire de l'agriculture paysanne », inspirés des AMAP [5]. Bien que les AMAP soient principalement françaises, il en existe une en Belgique, à Louvain. Pour information, la Figure 1 du chapitre 1.1.2 reprend les différentes formes de circuits courts existants.

Dans une AMAP, certaines décisions sont prises en accord entre le producteur et les consommateurs. Ces points comprennent la diversité et la quantité de produits proposés (généralement définis sur une demi-année ou par saison) ainsi que les méthodes agronomiques employées. Le prix des produits quant à lui est discuté entre les consommateurs et le producteur [3].

Les produits frais, payés à l'avance, sont mis à disposition des clients périodiquement selon la maturité des cultures. Dans une AMAP, tout ce qui est produit est consommé et il n'y a pas de standardisation des produits.

Les lieux de distributions des AMAP peuvent être :

- Le lieu de production lui-même (ferme, maraîchage)
- Un point de livraison défini par l'AMAP (magasin d'alimentation spécialisé, cour d'immeuble, maisons de quartier,...)

#### ***1.1.1.5 Groupe d'achat solidaire de l'agriculture paysanne***

Les groupes d'achat solidaire de l'agriculture paysanne (GASAP) sont un type de groupe d'achats en commun belge où les consommateurs achètent au producteur à l'avance une partie de sa production qui leur sera distribué périodiquement. Les risques liés à la production (météorologiques et sanitaires) sont partagés entre les consommateurs et le producteur, qui sont liés par un contrat de solidarité [3]. Ils se différencient des AMAP par le fait que ces derniers sont principalement français et non belges (bien qu'il existe une AMAP à Louvain la Neuve) et peuvent être plus grand en terme de nombre de membres [10].

#### **1.1.1.6 Marché**

Il s'agit d'un type de circuit court défini comme une réunion périodique de commerçants ambulants qui vendent au détail et au comptant, dans un lieu dépendant du domaine public, des marchandises à emporter.

#### **1.1.1.7 Point de vente collectif (PVC)**

Un point de vente collectif (PVC) est un magasin géré collectivement par des agriculteurs y vendant leurs produits. Le contact entre consommateur et producteur est fait principalement dans le magasin par un système de permanence [6].

#### **1.1.1.8 Dernier kilomètre**

On utilise souvent l'expression « dernier kilomètre » pour décrire les trajets effectués par les consommateurs pour aller s'approvisionner [11]. Même si la chaîne de distribution est fixée jusqu'au point de vente, l'habitude et le comportement du consommateur peut influencer l'impact total du circuit [12]. Dans ce travail, le dernier kilomètre sera défini non nul seulement si l'approvisionnement est le but du trajet. Par exemple, pour une AMAP livrant ses produits sur le lieu de travail d'un groupe de personne, le dernier kilomètre sera nul car les consommateurs doivent de toute façon effectuer ce trajet pour rentrer chez eux.

### **1.1.2 Historique et état actuel des circuits courts alimentaires**

Les circuits courts ont adopté plusieurs formes tout au long de l'histoire et connu différents niveaux d'intérêts. Dans le contexte actuel, les circuits courts, bien que très minoritaires connaissent un nouvel essor. Mais pourquoi ont-ils connu un tel déclin, et qu'est-ce qui provoque ce nouvel essor ?

Historiquement, les circuits courts alimentaires étaient les seuls circuits de consommation disponibles, et ce pendant longtemps. L'avènement des villes a conduit à une agriculture périurbaine, tels que les villages maraîchers, qui fournissaient les villes via les halles et les marchés. C'est à partir du XX<sup>ème</sup> siècle que les circuits courts ont fortement décliné [5], [13].

Les causes principales de ce déclin sont l'industrialisation, la standardisation de l'agriculture, le développement des transports et le développement de la grande distribution après la deuxième guerre mondiale [5], [14]. Depuis les années 1970, les distances parcourues par les produits (y compris les aliments) s'accroissent [15]. L'agriculture périurbaine a aussi connu un déclin à cause de l'étalement urbain qui empiète sur ces territoires [13].

À la fin du XX<sup>ème</sup> siècle, suite aux crises sanitaires alimentaires (l'épidémie de vache folle des années 80-90 et la contamination à la dioxine de 1999 [16]), les consommateurs remettent en cause le système global de distribution alimentaire et assimilent de plus en plus qualité et produits locaux. Cette évolution des mentalités a contribué au retour aux circuits courts [13], [14].

Aujourd'hui, 90% des biens alimentaires sont achetés en grande ou moyenne surfaces [14].



En résumé, plusieurs facteurs provoquent un retour des consommateurs aux circuits courts [5], [13]–[15], [17], [18] :

- Les peurs alimentaires dues aux récentes crises sanitaires, de par une volonté des consommateurs à s’assurer d’un processus de production sain et/ou éthique.
- Le manque de confiance dans les produits de grande surface, notamment suite aux scandales alimentaires liés aux fraudes des carnets de traçabilité de la viande (le cas de la viande de cheval remplaçant le bœuf par exemple).
- La volonté de défendre une façon de produire régionale.
- La volonté d’améliorer son bilan environnemental.
- L’assimilation de la qualité à la production locale.

Les producteurs quant à eux s’inscrivent dans les processus de circuits courts pour diverses raisons. Cela peut être pour bénéficier des avantages liés aux circuits courts développés plus loin dans le chapitre 1.1.3, qu’ils soient économiques (revenus plus élevés et potentiel aide financier pour le producteur), sociaux (rapprochement des producteurs et consommateurs) ou écologiques (limitation des déchets dus à la calibration des légumes). Ce peut être aussi par refus ou incapacité à se soumettre aux normes et standards des centrales d’achat tels la calibration des fruits et légumes en termes de forme et taille ou l’imposition de certaines pratiques agricoles. Certains commerçants passent quant à eux partiellement en circuit court pour des raisons purement économiques, tout en restant dans une optique industrielle [19].

Avec le retour aux circuits courts, de nouvelles formes de ces circuits émergent telles que les AMAP et les GASAP, définies plus haut.

Au niveau légal, depuis le milieu des années 1990, l’union européenne utilise un panel de mesures, d’aides financières et de réformes pour aider le développement local, l’agriculture locale et l’intégration environnementale. Dans ce cadre, des initiatives telles que la proposition de règlement du parlement européen et du conseil relatif au soutien et au développement rural, ont été proposées par le Fonds européen agricole pour le développement rural (Feader) [20] pour favoriser, entres autres, les circuits courts de proximité concernant les produits de l’agriculture.

Les circuits courts sont actuellement utilisés principalement pour les fruits et légumes et les produits animaliers bien qu’en moindre mesure. Leurs usages fréquents comprennent aussi le miel et autres produits marquant peu le paysage périurbain (les produits ne nécessitant pas de grandes usines pour être fabriqués). Au niveau des motivations des consommateurs, le prix n’est pas le critère principal même s’il reste présent [6], [14].

#### ***1.1.2.1 Résumé des circuits courts existants.***

Ces dernières années, une grande variété de formes de circuits courts ont vu le jour. Toutes ces formes peuvent être classées selon certains critères afin de mieux comprendre et comparer les différentes alternatives de circuits courts existants. Un exemple de classification est présenté à la Figure 1. Ce classement sépare la vente directe, c’est-à-dire sans intermédiaire et la vente indirecte où un intermédiaire est présent. La vente directe est principalement représentée par les foires, marchés et ventes à la ferme, ainsi que les AMAP et PVC. La vente indirecte est elle représentée par les restaurateurs et collectivités, les commerces achetant directement au producteur et les personnes ou sociétés intermédiaires, telles que Point Ferme, ou encore les ventes par internet.

## Typologie des circuits courts

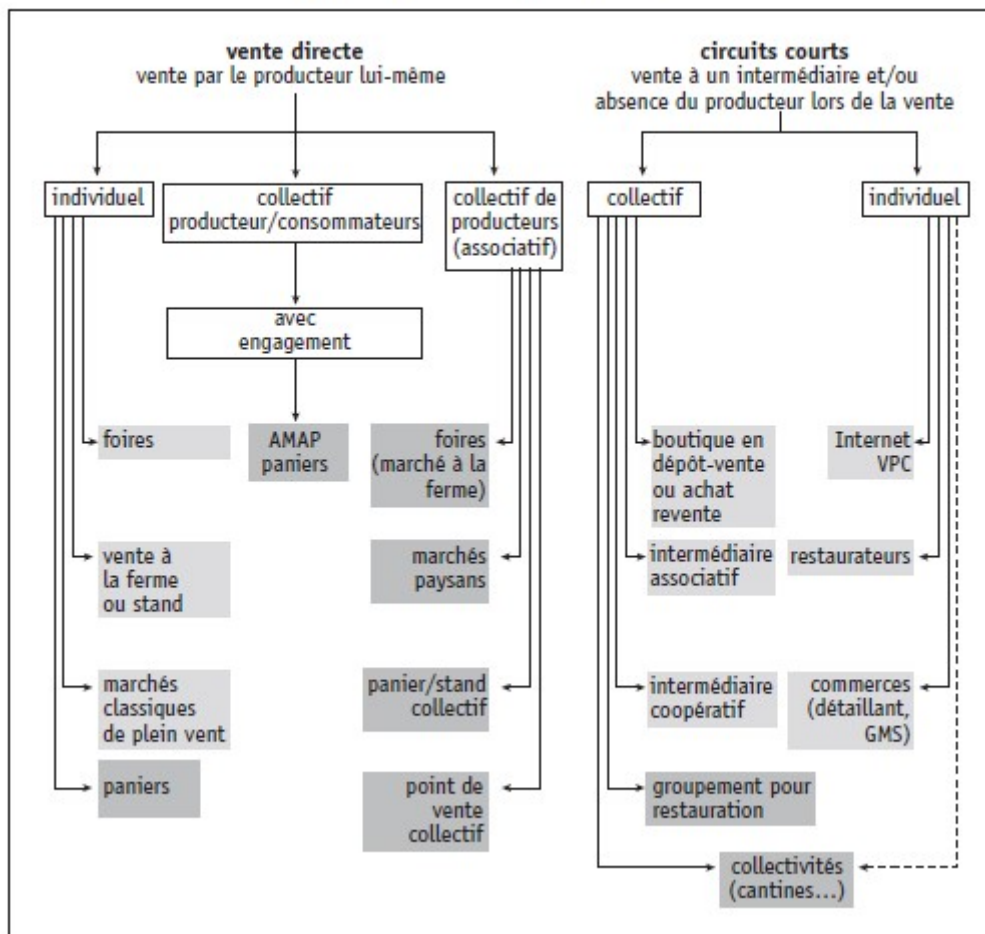


Figure 1. Schéma de classification des types de circuits courts selon le nombre d'intermédiaire et le type d'organisation des clients. [14]

Cet exemple n'est évidemment pas la seule manière de classer les circuits courts. La classification présentée ci-dessus peut être développée selon un autre aspect : en considérant le lieu de vente (qui influencera le transport). Ce lieu de vente peut être sur le lieu même de production (à la ferme), en dehors du lieu de production mais toujours en vente directe (les marchés par exemple), ou via un intermédiaire.

Les types de circuits courts non directs peuvent être regroupés en 4 catégories, ou « mondes », définis selon le mode de distribution et les intermédiaires intervenant (Tableau 1) :

Tableau 1. *Caractéristiques des différentes catégories de circuits courts non directs définies selon le mode de distribution.*[15]

	Monde flexible	Monde industriel	Monde professionnel	Monde immatériel
<b>Catégories de circuits</b>	Approvisionnement d'une petite enseigne alimentaire (3 magasins de produits frais) Approvisionnement d'un e-commerce de boissons	Approvisionnement via centrale d'achat d'une enseigne de grande distribution à dominante alimentaire	Approvisionnement direct de commerce indépendant spécialisé	Nouveaux modes de distribution de produits alimentaires locaux (e-commerces, magasins de produits locaux)

Chaque monde a ses avantages et inconvénients comme montré dans le Tableau 2. Le monde flexible a tendance à être peu optimisé et avoir un impact environnemental et économique négatif dû au transport. Le monde industriel est plus optimisé mais entraîne la concurrence économique avec les grandes marques et pose une pression sur les prix définis par les producteurs. Le monde professionnel limite la concurrence et concerne plus les produits à plus grande valeur ajoutée, ce qui limite les pressions sur la disponibilité des produits (leur absence est mieux acceptée par le client). Le monde immatériel est plus incertain quant aux points positifs ou négatifs mais semble favoriser les interactions sociales.

Tableau 2. *Avantages et inconvénients relatifs des différentes catégories de circuits courts définies selon le mode de distribution:* [15]

	Monde flexible	Monde industriel	Monde professionnel	Monde immatériel
<b>Effets potentiels</b>	Environnemental – Économique – Social =	Environnemental + Économique – Social –	Environnemental + Économique + Social +	Environnemental +/- Économique +/- Social +

### 1.1.3 Avantages et inconvénients des circuits courts

#### 1.1.3.1 Aspect social

Les circuits courts ont tendance à apporter une plus grande proximité entre les consommateurs et producteurs, principalement au niveau identitaire, par rapport aux valeurs, et au niveau de la connaissance du processus de production. Ils permettent aussi une meilleure reconnaissance et une valorisation des producteurs [5], [6]. Cependant, certaines études tendent à montrer que l'intérêt et l'influence que les consommateurs ont sur les méthodes de production ne sont pas automatiquement plus forts en circuit court qu'en circuit long [21].

Ils aident aussi à développer la culture locale par l'agritourisme, la valorisation de variétés locales et maintiennent des zones végétales (« vertes ») autour des villes [14], [17].

### **1.1.3.2 Aspect économique**

L'utilisation de circuits courts permet un commerce « plus juste » et permet d'expliquer, de justifier les prix aux consommateurs et de revendre la totalité de la production. Cela permet aussi souvent de minimiser les prix pour l'acheteur (mais pas toujours) et d'augmenter les revenus du producteur par suppression des intermédiaires [14].

Les circuits courts aident certains producteurs à s'installer (par le biais des AMAP notamment où il peut arriver que les consommateurs achètent les terrains et les louent au producteur). Ils contribuent aussi au développement de l'économie locale [5], [14].

De plus, les circuits courts tendent à établir une autonomie alimentaire locale [4].

### **1.1.3.3 Aspect environnemental**

La littérature ([3], [4], [24], [5], [6], [8], [14], [17], [21]–[23]) tend à s'accorder sur le fait que les circuits courts n'ont pas forcément un meilleur impact environnemental. Cela vient du fait que les modes de productions ont un impact plus grand que le circuit de distribution, principalement pour les fruits et légumes où le climat joue un rôle majeur. En effet, le climat entraîne selon le cas des émissions liées au maintien des conditions nécessaires à la croissance des plantes [23]. Par exemple, une tomate cultivée sous serre chauffée dans un pays froid nécessitera plus de dépense énergétique qu'une tomate cultivée à l'air libre dans un pays chaud. Cela peut aussi venir d'une mauvaise logistique ou d'un mauvais comportement du consommateur. Prenons l'exemple d'un consommateur effectuant un trajet domicile-producteurs-domicile pour s'approvisionner en viande, laitages, poisson, fruits et légumes et produits secs (farine etc.) chez différents producteurs fort éloignés les uns des autres (p.ex. 4 ou 5 kilomètres entre chaque producteur) sans se préoccuper de limiter ses déplacements. Chacune des étapes du trajet va s'accumuler et mener à un impact environnemental important de la part du consommateur au vu de la distance parcourue et du carburant consommé. De plus, les exploitations vendant en circuit court sont plus souvent de petite taille et peu intensives, donc moins optimisées [17]. Cela mène à une utilisation d'énergie et de ressources plus importantes pour une même quantité produite, augmentant l'impact environnemental de la production. La réduction des emballages en revanche contribue largement à diminuer l'impact environnemental en circuit court [4].

Malgré cette indétermination, plusieurs avantages des circuits courts peuvent être relevés [4]:

- La relocalisation des impacts entraîne la soumission aux normes européennes d'émissions de polluants, qui sont dans les plus exigeantes par rapport à des productions dans des pays lointains moins réglementées.
- Le maintien d'une agriculture périurbaine limite l'étalement urbain et préserve donc la qualité des sols fertiles.
- La proximité consommateur-producteur aide à sensibiliser le consommateur quant à certaines habitudes conduisant à des impacts moins importants (par exemple l'acceptation de produits non calibrés évitant l'élimination inutile de ceux-ci ou la consommation des produits de saison, évitant la consommation liée au maintien de bonnes conditions climatiques sous serre ou l'importation de pays lointains).

Il faut souligner qu'un circuit court n'implique pas forcément des produits labélisés « bio » contrairement aux idées reçues.

#### **1.1.3.4 Autres avantages et inconvénients**

La transition d'un modèle de circuit long à un circuit court n'est pas aisée pour le producteur, qui doit apprendre tout un panel d'autres métiers en parallèle de celui de producteur (présentation, étiquetage, vente, transformation du produit, etc.) ce qui demande du temps et des investissements [6].

À une échelle plus large (dépassant le cadre local des circuits de proximité), on constate que le transport des aliments entraîne une saturation du réseau de circulation, un accroissement des accidents de la route, une diminution du bien-être des conducteurs et des animaux ainsi qu'une dégradation du paysage [25]. Les circuits courts contribuent à limiter cet effet en diminuant les distances à parcourir pour les produits.

En résumé, les avantages des circuits courts en Europe sont les suivants.

- Une plus grande proximité entre producteur et consommateur
- Une valorisation et une reconnaissance pour le producteur
- Une aide au développement de la culture locale
- Des prix plus justes pour le producteur et le consommateur
- Une aide potentielle à l'installation de petits producteurs
- Le développement d'une autonomie alimentaire locale
- La soumission aux normes environnementales Européennes
- La sensibilisation des consommateurs à des pratiques impactant moins l'environnement
- La préservation de la qualité des sols fertiles en zone périurbaine
- Une limitation des impacts liés à l'utilisation du réseau de circulation
- Une diminution des impacts liés aux emballages

Les inconvénients et incertitudes concernant les circuits courts sont les suivants.

- Le consommateur n'a pas forcément plus d'influence sur les méthodes de production
- Les prix ne sont pas forcément plus petits pour le consommateur
- L'impact environnemental généré n'est pas forcément plus faible
- Les installations sont souvent moins intensives et ont un impact plus important à la production
- L'obligation pour le producteur d'apprendre un panel d'autres métiers

### **1.1.4 Transport des marchandises en circuit court ou long**

#### **1.1.4.1 La chaîne de distribution**

En Belgique, les chaînes de distribution indirectes nationale et internationale des produits peuvent être définies comme suit : la production régionale est achetée par des grossistes ou des entreprises de distributions. Les produits sont alors regroupés et redistribués à la centrale du distributeur (à Hal dans le cas de Colruyt) et sont transportés par camion approvisionnant les magasins des différentes enseignes présentes en Belgique [11].

Sans compter le dernier kilomètre, il ressort que les chaînes internationales consomment beaucoup plus de carburant au niveau du transport que la chaîne nationale, à cause des grandes distances parcourues (plusieurs milliers ou dizaines de milliers de kilomètres) [26].

Le mode de transport depuis le lieu de production dépend de la fraîcheur que doit avoir le produit à la consommation et de sa fragilité ainsi que de la distance à parcourir. Il s'agira principalement du camion pour les productions européennes (48 heures de trajet sont suffisantes pour parcourir toute l'Europe), du bateau et de l'avion pour les produits intercontinentaux, selon le délai de conservation (l'avion si le délai est court) ces derniers trajets étant complétés par les moyens de transports utilisés pour l'Europe (camion) [11], [25], [26]. Aucune des sources observées pour ce travail ne mentionnant le train comme mode de transport pour les fruits et légumes, il semblerait que ce moyen de transport soit minoritaire dans ce secteur.

Prenons un exemple avec le système de distribution des pommes par l'entreprise belge ENZA présenté à la Figure 2. Les pommes sont tout d'abord cultivées en Nouvelle-Zélande. Pour la première partie du trajet, elles sont emballées en vrac dans des cartons empilés sur des palettes en bois et transportées jusqu'au port (le moyen de transport n'est pas précisé par la firme, il s'agit probablement du camion). Elles sont ensuite acheminées par des navires frigorifiques vers Anvers ou Hambourg d'où elles rejoignent la chaîne de distribution indirecte Belge par camion [27].

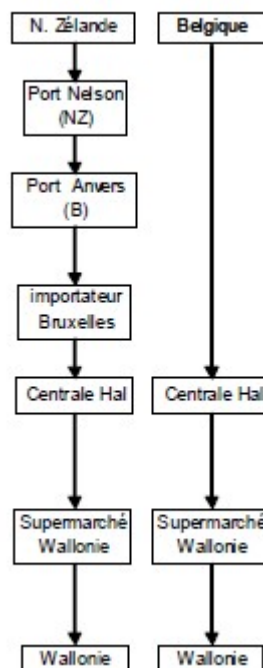


Figure 2. Chaîne logistique de la pomme dans les circuits de distribution des hypermarchés : [11]

Dans le cas des autres pays, des porte-conteneurs redistribuent les pommes dans les principaux ports européens. De là, le transport est assuré par chaque pays, principalement par camion [11], [25], [26].

#### 1.1.4.2 Dernier kilomètre

Les conclusions sur l'impact du dernier kilomètres sont variables selon les études. Certaines sources le mettent en avant comme impact majoritaire [11], [12] là où d'autres relativisent plus son importance comparé au reste de la chaîne logistique [28].

Concernant les habitudes de consommation et de déplacement des consommateurs pour s'approvisionner, une étude a été menée par M.Browne *et al.* [11] pour essayer d'identifier si certaines variables influençaient de manière déterminante les émissions liées au dernier kilomètre. Cette étude ne permet pas de dégager une variable clé dans les habitudes des consommateurs qui influencerait les émissions liées à leurs déplacements, que ce soit le type de produit acheté, le type de magasin visité ou le pays (analyse effectuée sur la France, la Belgique et le Royaume-Uni) [11]. Les émissions observées sont très hétérogènes selon ces mêmes variables, bien qu'aucune ne soit significative [21].

Il existe une distance limite (quelques kilomètres) au-dessus de laquelle un consommateur se rendant au magasin consomme plus d'énergie que le système de stockage et de livraison à domicile utilisé par des entreprises fonctionnant à grande échelle.

Les habitudes des consommateurs ont une influence non négligeable sur l'impact de la chaîne de transport, mais il est difficile de tirer des conclusions générales quant aux liens entre habitudes du consommateur et émissions environnementales. Chaque analyse environnementale réalisée se concentrant sur le dernier kilomètre doit ainsi être associée uniquement au modèle étudié et non généralisée.

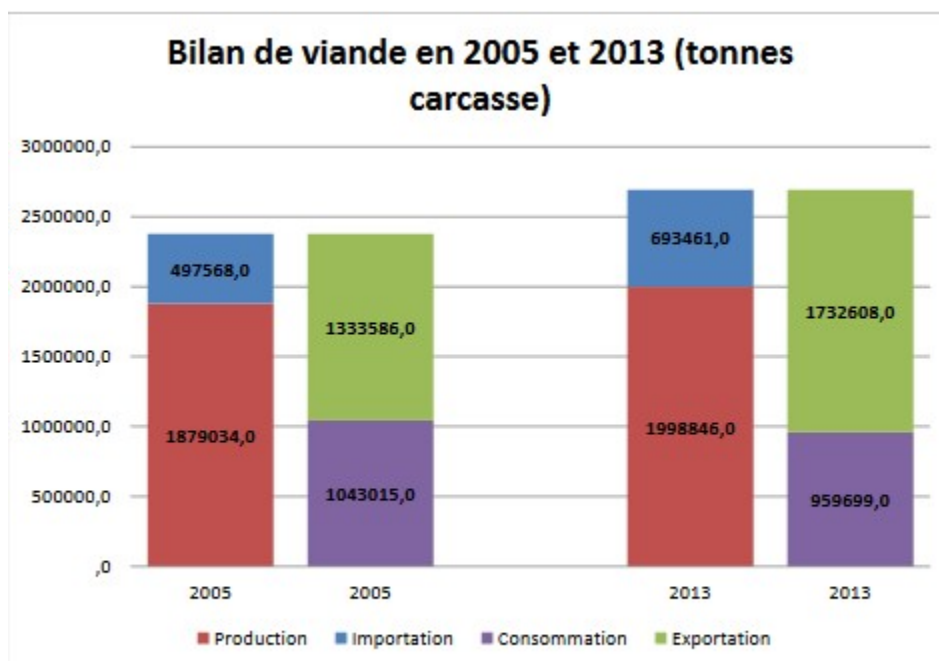
#### **1.1.4.3 Food miles**

Les « food miles » (ou kilomètres-aliment) représentent la distance totale de trajet qu'un aliment parcourt depuis sa production jusqu'à sa consommation [29]. Cela permet de sensibiliser le consommateur à la distance que parcourent les produits qu'il consomme.

Cependant, cette notion seule est très insuffisante car elle ne tient pas compte des économies d'échelle et de la quantité de produits transportés, ni du type de transport utilisé. Cette notion n'est donc pas applicable à une ACV sans la pondérer par la quantité d'aliments transportés.

#### **1.1.4.4 Aller et retour**

Beaucoup de denrées sont à la fois exportées et importées dans un même pays, qui pourrait être autosuffisant si il exportait moins, et parfois, exportations et importation se font entre les mêmes pays. Ce constat paradoxal est probablement dû à la complexité du système de distribution et la multiplicité des producteurs et intermédiaires. La Figure 3 montre un exemple chiffré de ce phénomène en prenant l'exemple de la viande belge. On peut constater que la Belgique importe une grande quantité de viande, qui serait inutile pour combler sa consommation si tout ce qui était produit en Belgique était consommé sur le territoire belge.



Source : Statistics Belgium 2014

Figure 3. Bilan de production, consommation, importation et exportation des produits carnés en Belgique sur les années 2005 et 2013: [30]

#### 1.1.4.5 Paramètres à considérer pour étudier le transport de marchandises

Les principaux paramètres pris en compte dans les études existantes sont [31]:

- La distance parcourue
- Le moyen de transport utilisé
- La charge des véhicules

Certains points ne concernant pas directement le transport des marchandises mais y étant liés sont à considérer pour effectuer une comparaison complète des différents circuits étudiés. Cependant, ces points ne sont que rarement considérés :

- La zone de recherche : certaines zones géographiques se prêtent plus facilement aux circuits courts, par exemple une ville densément peuplée ceinturée de zones agricoles.
- Les moyens de stockage locaux : dans le cas d'un circuit court ou de vente directe, le producteur doit assurer le stockage des aliments sur place, ce qui est peu souvent pris en compte.
- Le déplacement des salariés des structures intermédiaires de distribution. Même si ce point reste à débattre car un travailleur doit effectuer ce genre de trajet indépendamment du secteur dans lequel il travaille.
- Les techniques de conservation à appliquer à cause des longs temps de trajet (et donc de conservation) requis, celles-ci ayant aussi un impact environnemental. Cependant, l'impact de ces techniques (réfrigération, mise sous vide, surgélation) est difficile à quantifier.



Certains éléments cités plus haut tels que les importations et exportations des mêmes produits montrent que les circuits longs peuvent être grandement améliorés. Les systèmes de distribution actuels, qu'il s'agisse de circuits courts ou longs diffèrent au cas par cas selon le produit, le producteur, ou d'autres facteurs et ne sont pas toujours optimisés.

Au regard de tout ceci, il apparaît qu'une analyse environnementale des circuits courts ne peut être analysée qu'au cas par cas et non de manière globale. Chaque circuit court a un impact différent et il n'est donc pas possible d'analyser l'entièreté des circuits courts en une seule analyse.

Pour cette raison, ce travail s'intéresse à un circuit court en particulier : Point Ferme (en se focalisant sur la distribution des légumes), et utilise une méthode d'analyse définie par des normes précises : l'analyse de cycle de vie.

## 2 Objectifs de l'étude

Dans ce travail, un exemple de circuit court wallon est analysé selon la méthode d'analyse de cycle de vie afin de donner une évaluation quantitative quant à l'impact environnemental de ces circuits. Cette étude est basée sur l'initiative Point Ferme<sup>1</sup> (Lizin, Ouffet), en particulier le système de livraison développé en collaboration avec Jardin d'Antan<sup>2</sup> (Hôdy) pour la distribution des légumes dans les différents points de collecte mis en place par l'organisme étudié. Une analyse contextuelle des différents circuits de distribution est aussi présentée afin de présenter le cadre de la distribution alimentaire actuel et voir comment les circuits courts s'inscrivent dans ce dernier. Deux autres scénarios de distributions seront analysés pour donner un point de comparaison et aider à contextualiser les résultats obtenus lors de l'analyse du système de livraison de Point Ferme.

---

<sup>1</sup> Lizin, 2 à 4590 OUFFET ; <https://www.pointferme.be/>

<sup>2</sup> Grand route de Liège, 6 à 4162 Hôdy ; <https://www.jardindantan.be/>

### 3 Méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ACV)

#### 3.1 Concept et définition

Les analyses de cycles de vie sont définies et encadrées par les normes ISO 14040 [1], décrivant les principes et la trame d'une ACV, et ISO 14044 [32] listant les exigences et lignes directrices relatives aux ACV. Il existe aussi d'autres documents relatifs présents sur le site de l'ISO [33]. Ceux-ci concernent entre autres des exemples d'application de la méthodologie, le format de la documentation de données et des précisions sur la revue critique d'une ACV.

Une analyse de cycle de vie est définie dans la norme ISO 14040:2006 [1] comme « une étude des aspects environnementaux et des impacts potentiels à travers la vie entière d'un produit, depuis l'extraction des matériaux de base jusqu'à sa production, son utilisation, et son traitement de fin de vie » [2].

Cette analyse est effectuée sur une partie ou l'ensemble du cycle de vie du produit/procédé. Ce cycle de vie, illustré à la Figure 4 comprend plusieurs étapes :

- L'extraction et le transport des matières premières
- Toutes les étapes de production
- Le transport des produits
- L'utilisation du produit (et sa maintenance éventuelle) durant toute sa durée de vie
- La fin de vie du produit (recyclage, destruction, etc.)



Figure 4. Illustration du cycle de vie d'un produit ou procédé : [34]

### 3.2 Les raisons et objectifs d'une ACV

Les objectifs poursuivis lors de la réalisation d'une ACV sont multiples. Il peut s'agir de déterminer simplement l'impact environnemental d'un produit, de classer les différentes étapes du cycle de vie selon l'impact environnemental de chacun, déterminer la catégorie d'impact la plus critique pour ce produit ou identifier les substances ou étapes qui sont à l'origine de ces impacts.

De même, il existe plusieurs raisons de procéder à une ACV. Cela peut être pour identifier les points à améliorer dans la conception, la réalisation ou la mise en œuvre du produit afin de réduire son impact environnemental. Dans ce cas, l'ACV est utilisée comme outil d'amélioration écologique. Cela peut aussi être pour remplir des obligations administratives ou encore pour utiliser les résultats comme élément de marketing en comparant le produit à des substituts. Une ACV peut aussi être utilisée comme aide à la prise de décision d'investissement, en comparant différents produits ou procédés.

### 3.3 Les étapes d'une ACV

Une analyse de cycle de vie est composée de 4 étapes, qui sont à réaliser de manière itérative : la définition de l'objectif et du champ d'étude, l'inventaire du cycle de vie, l'évaluation de l'impact du cycle de vie et l'interprétation, illustrés à la Figure 5.

Bien que la réalisation d'une étape soit indispensable à la réalisation de la suivante, chaque étape est soumise à de potentielles modifications durant l'entièreté de la réalisation de l'ACV. Lors de la réalisation d'une étape, il est important de réfléchir à l'étape précédente afin de rester cohérent et, si besoin redéfinir des éléments non pertinents et appliquer les modifications nécessaires. Par exemple, s'il est impossible de réaliser l'inventaire du cycle de vie en accord avec le champ d'étude défini, celui-ci doit être revu et corrigé. Il faut donc régulièrement relire les étapes déjà réalisées.

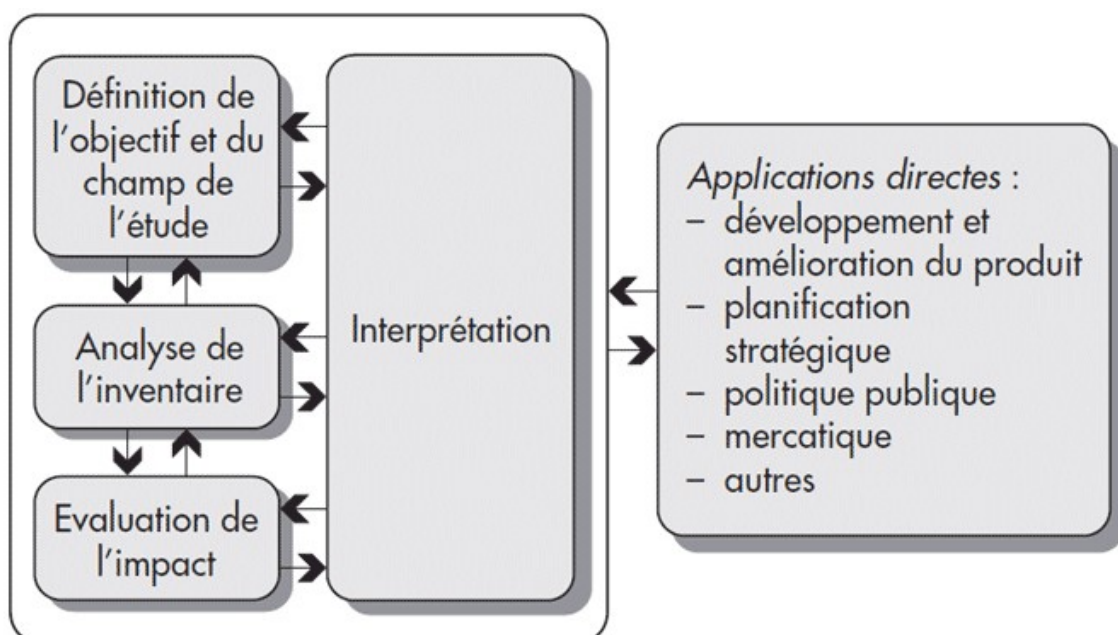


Figure 5. Représentation des 4 étapes d'une Analyse de cycle de vie :[10]

### 3.3.1 Objectif et champ d'étude

Lors de la réalisation d'une ACV, l'on définit tout d'abord l'objectif et le champ d'étude. L'objectif présente l'application et l'audience concernée ainsi que les raisons de mener l'étude. L'objectif doit aussi préciser si les résultats sont obtenus à but comparatif et si l'étude est destinée à être divulguée au public [1].

Le champ d'étude comporte la description du produit étudié et des frontières du système, la fonction du produit étudié et la définition d'une unité fonctionnelle. Il doit aussi présenter les procédures d'allocation, la méthodologie d'évaluation et les types d'impacts considérés, ainsi que les exigences relatives aux données ainsi que les hypothèses et limitations de l'étude [1].

Les frontières du système définissent ce qui est pris en compte ou non dans le système étudié. Cela donne au lecteur une compréhension directe et précise de ce qui est analysé dans l'ACV. De plus, cela permet d'éviter de comparer des analyses dont les frontières sont différentes et de tirer des conclusions erronées si certaines analyses prennent en compte des éléments ignorés par d'autres.

Définir une unité fonctionnelle est obligatoire et très important. La propriété essentielle d'un produit est en effet caractérisée par sa fonction et ne peut être définie uniquement sur base d'objets finis [1]. Toutes les quantités mises en jeu lors de l'analyse sont donc liées à la fonction de l'objet. L'unité fonctionnelle est une quantification de cette fonction et sert de référence à la quantification de tous les intervenants du cycle de vie étudié. Elle constitue donc la base de référence de l'inventaire.

### 3.3.2 Inventaire du cycle de vie

Vient ensuite ce que l'on appelle l'inventaire. Il s'agit de répertorier toutes les sources d'impacts environnementaux intervenant dans le cycle de vie du produit/procédé décrit ci-dessus. Pour ce faire, le cycle de vie est décomposé en processus élémentaires desquels seront répertoriées toutes les entrées et sorties du cycle de vie. Les entrées comprennent les ressources énergétiques et non-énergétiques, et les sorties comprennent les différentes formes d'émissions et les déchets comme illustré à la Figure 6.

L'inventaire peut être plus ou moins détaillé : par exemple, l'on peut réaliser une analyse de cycle de vie simplifiée en utilisant des données génériques pour certains points [2]. Il est à noter que réaliser une ACV simplifiée ne dispense pas de considérer l'intégralité des entrées et sorties du cycle de vie.

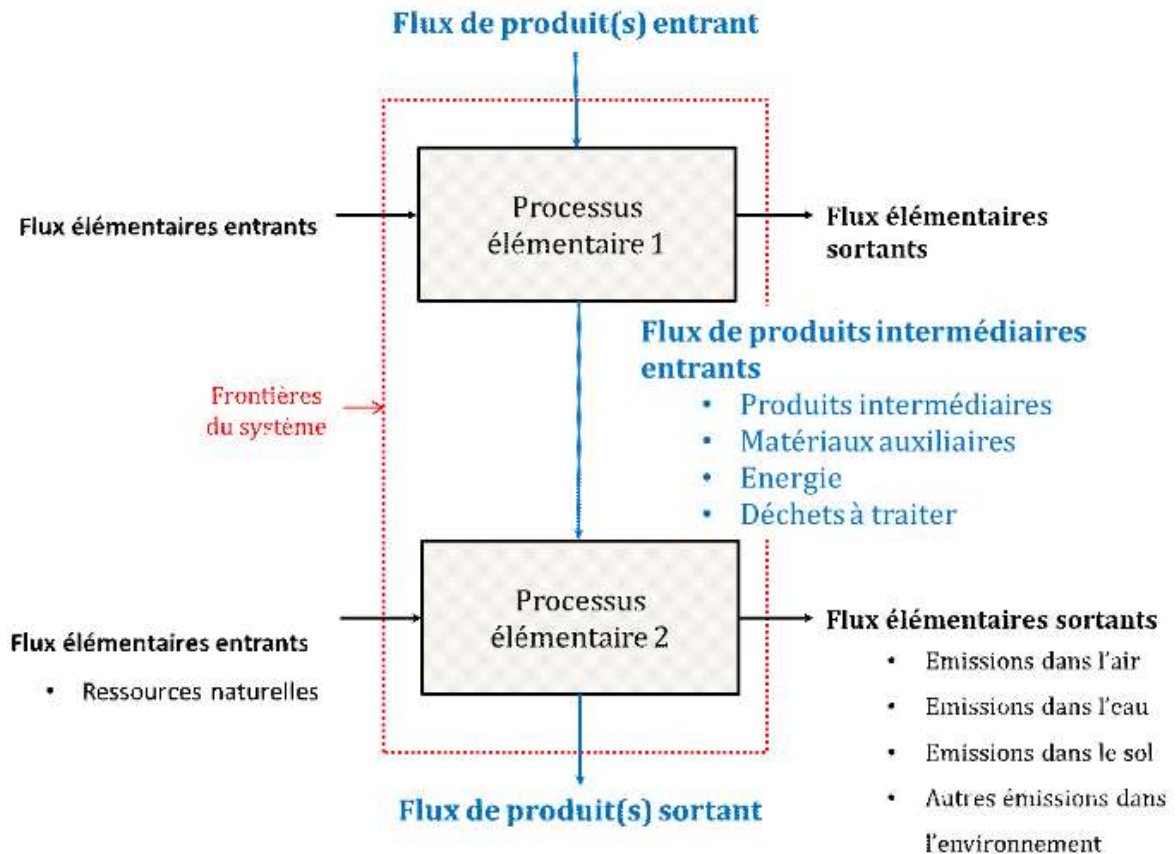


Figure 6. Illustration des frontières et processus élémentaires : [35]

Chaque élément de l'inventaire est ajusté pour correspondre à l'unité fonctionnelle définie. Par exemple, si un processus élémentaire nécessite, pour produire une unité fonctionnelle, 1 kg d'une matière transportée par lot de 1 tonne par camion, il faudra ajuster les émissions du camion pour ne tenir compte que du transport du kilo nécessaire et non du chargement complet. Il faudra alors tenir compte d'un millième des émissions du camion sur le trajet.

### 3.3.3 Évaluation de l'impact du cycle de vie

Cette étape vise à évaluer les impacts environnementaux du système sur base des résultats de l'inventaire du cycle de vie réalisé. Cela est fait par association des données de l'inventaire à des catégories et indicateurs de catégories environnementales spécifiques afin de comprendre ces impacts [1]. Ces catégories reposent sur des modèles scientifiques de cause à effet reprises dans des méthodes d'analyse. Les principales méthodes utilisées en Europe sont les suivantes [36].

- Eco-indicator 99
- CML
- ReCipe
- Impact 2002+

Chaque méthode considère plusieurs catégories d'impact. Elles permettent de modéliser le devenir d'une substance de son extraction ou émission jusqu'à son impact sur l'environnement. Chaque donnée issue de l'inventaire du cycle de vie est attribuée à une ou plusieurs catégorie(s) d'impact et sa contribution potentielle est calculée via un facteur de caractérisation. Ce dernier permet d'obtenir des résultats sous la même unité pour chaque catégorie. Par exemple, un gaz à effet de serre sera

caractérisé dans la catégorie du réchauffement climatique par son potentiel de gaz à effet de serre, exprimé en équivalent CO<sub>2</sub>. Selon la méthode, les impacts intermédiaires peuvent être traduits en dommages par d'autres facteurs de caractérisation [37]. Ceci est illustré à la Figure 7.

Certaines méthodes calculent uniquement les catégories d'impact intermédiaires, ces dernières sont appelées « midpoint ». Les méthodes traduisant les impacts intermédiaires en dommages sont appelées « endpoint ». Ces dernières sont plus facilement interprétables pour les personnes peu familières des ACV mais sont moins précises car caractériser l'effet de substances sur les catégories de dommages est plus difficile et donc moins précis dans ces méthodes. L'incertitude de ces méthodes scientifiques vient de plusieurs points qui y sont liés : les mécanismes considérés sont plus lointains dans le temps, les modèles comportent plus d'hypothèses et peuvent contenir des jugements de valeur [37]. Il existe aussi des méthodes hybrides présentant à la fois les catégories d'impact intermédiaires et de dommages. Il existe aujourd'hui une dizaine de méthodes différentes.

Il existe une série d'éléments obligatoires devant se retrouver dans l'évaluation des impacts du cycle de vie [1]:

- La sélection des catégories d'impacts, indicateurs de catégories et modèles de caractérisation choisis, ainsi que les références de ces derniers.
- L'assignement des résultats de l'inventaire aux impacts associés, appelé la classification
- La caractérisation, qui consiste à calculer le résultat des indicateurs de catégories choisis.

Ces éléments doivent être distincts et bien définis. Le niveau de détail de ces derniers dépend de l'objectif et du champ de l'étude, qui peut les considérer indépendamment. Le choix des catégories d'impacts évalués et les méthodes utilisées dépendent elles aussi de l'objectif et du champ d'étude.

Les procédures, hypothèses, valeurs et autres opérations doivent pouvoir être rendues publiques pour une revue critique ou un rapport.

En plus de ces éléments, d'autres analyses facultatives peuvent être réalisées :

- Un profil de l'inventaire de cycle de vie consistant en une analyse de qualité des données pour une meilleure compréhension de la fiabilité des résultats d'indicateurs
- Une normalisation, qui consiste en un calcul de magnitude des résultats d'indicateurs de catégories relative à une information de référence. Cette dernière est le plus souvent relative aux intrants et sortants d'une zone donnée ou d'un scénario de référence [38] et est liée à un contexte géographique et temporel.
- Un groupement triant et éventuellement classant les catégories d'impact
- Une pondération appliquant des facteurs basés sur des choix de valeurs afin de convertir et éventuellement regrouper les résultats d'indicateurs à travers les catégories d'impact. Lors de la réalisation de ce type d'analyse, les résultats antérieurs à la pondération doivent rester présents.

La réalisation de cette étape peut entraîner des itérations sur la définition de l'objectif et du champ d'étude de l'analyse si ces derniers ne sont pas remplis [1]. Le choix, la modélisation et l'évaluation des catégories d'impact entraîne une subjectivité dans les résultats obtenus. Il est donc critique d'être transparent quant à ces éléments pour s'assurer que les hypothèses formulées sont clairement décrites [1].

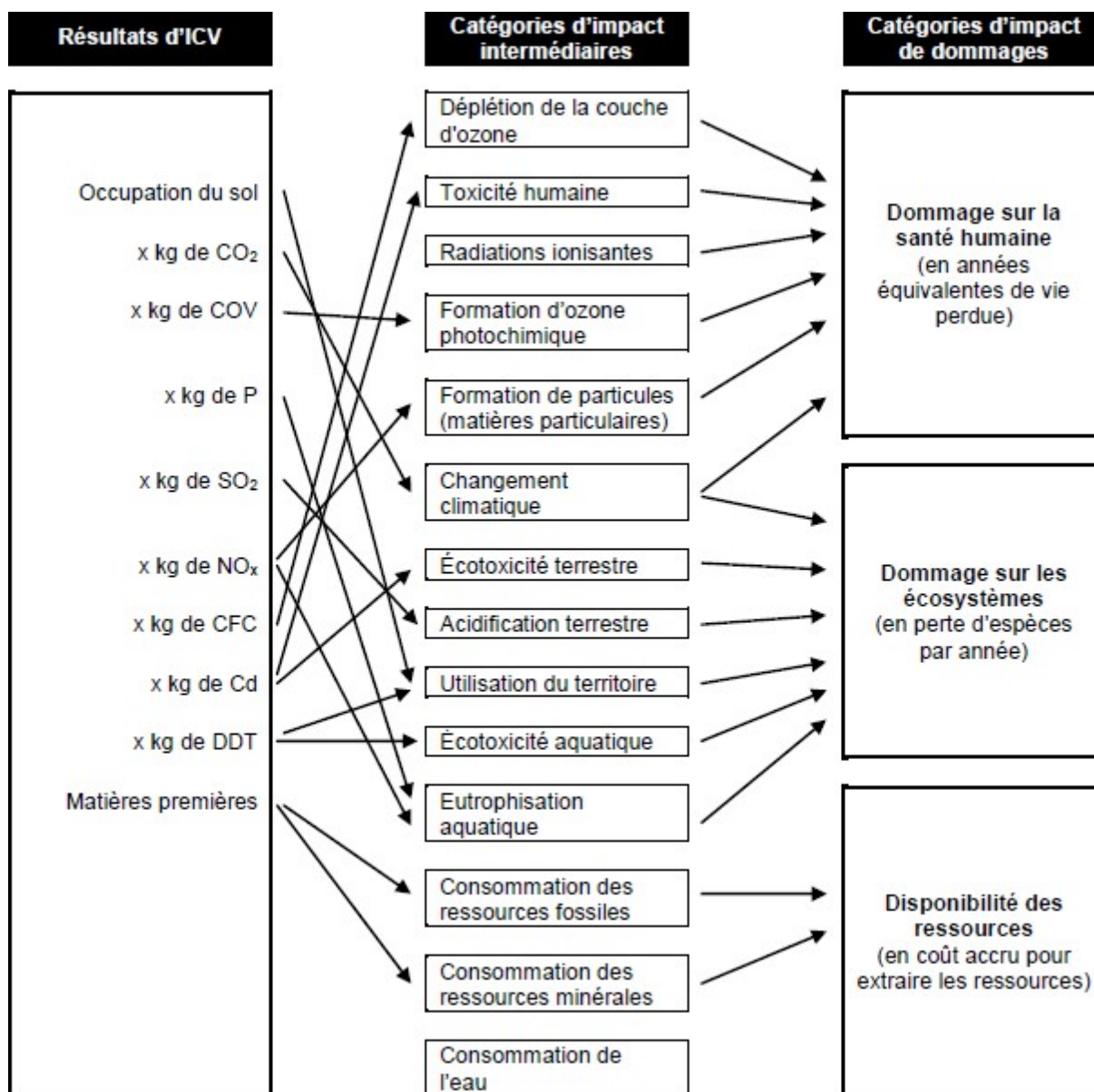


Figure 7. illustration des catégories d'impacts et de dommages pour l'évaluation de l'impact du cycle de vie pour la méthode ReCipe : [39]

### 3.3.4 Interprétation

L'interprétation des résultats consiste à donner une signification aux résultats obtenus et les mettre en relation avec le cadre étudié en considérant ensemble les résultats de l'inventaire et de l'évaluation de l'impact du cycle de vie [1].

L'interprétation vise à présenter de manière complète, compréhensible et consistante les résultats d'une ACV en accord avec l'objectif et le champ d'étude. Cette interprétation doit refléter les résultats de l'évaluation d'impact ainsi que le fait que les résultats de cette évaluation sont basés sur une approche relative et indique donc des effets potentiels, sans prédire des impacts réels sur les catégories de dommages [1].



Lors de l'interprétation des résultats il est utile d'identifier quelles sont les étapes de plus grand impact afin d'isoler les paramètres cruciaux, ainsi que d'étudier la sensibilité de ces paramètres. Lorsque l'incertitude est connue sur ces derniers, il est aussi utile de l'étudier. A cela vient se rajouter les limitations justifiées de l'étude effectuée ainsi que les conclusions et recommandations en lien avec l'ACV réalisée. Par exemple, une étude négligeant un intrant ou processus dans son inventaire car très peu impactant ne peut conduire à une conclusion quant à cet intrant ou processus.

### 3.4 Les types d'ACV

Différents types d'analyse de cycle de vie peuvent être déterminés en fonction du nombre d'étapes du cycle de vie considérées. Ils peuvent être définis comme suit :

- Cradle to Grave (du berceau à la tombe) : Toutes les étapes du cycle de vie sont considérées, depuis l'extraction des matières premières jusqu'au traitement final des déchets.
- Cradle to Gate (du berceau à la porte (de l'usine)) : Les étapes du cycle de vie sont considérées depuis l'extraction des matières premières jusqu'à un point de contrôle précis (la porte), généralement, le cycle est considéré jusqu'au produit fini prêt à quitter l'usine ou le lieu de production, les étapes suivantes n'étant pas prises en compte.
- Gate to Grave (de la porte (de l'usine) à la tombe) : Même principe que précédemment, mais ce sont toutes les étapes suivant la porte qui sont prises en compte (cas complémentaire au précédent).
- Gate to Gate (de la porte à la porte) : Cette analyse se base d'une porte à une autre, en général les portes d'entrée et de sortie de l'usine. Ceci est très utile pour déterminer l'impact environnemental d'une partie précise du cycle de vie sans devoir en modéliser l'entièreté, ce compris les étapes non pertinentes dans le cadre de l'analyse.
- Cradle to Cradle (du berceau au berceau) : Même principe que du berceau à la tombe mais pour des systèmes circulaires où la fin de vie du produit sert comme matière première.

La Figure 8 montre un exemple de cycle de vie où sont illustrées les entrées du cycle intervenant dans différents types d'ACV (Cradle to Grave en rouge, Cradle to Gate en vert et Gate to Gate en bleu).

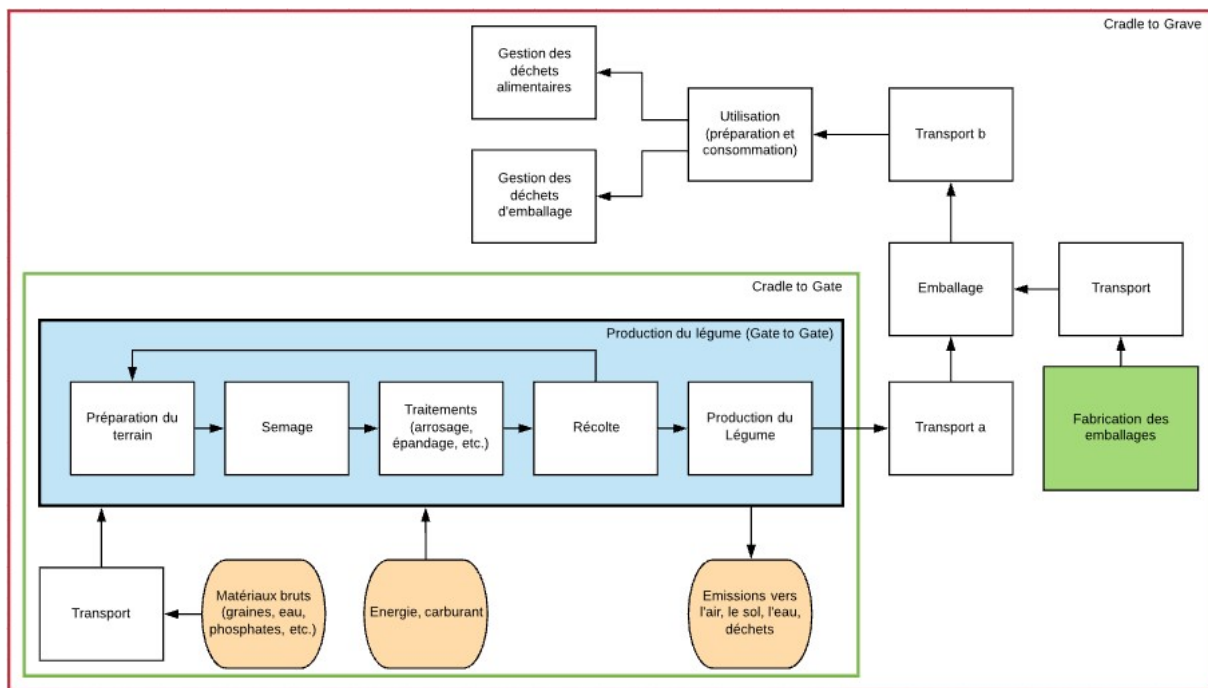


Figure 8. Illustration d'un cycle de vie, exemple d'un légume livré par Point Ferme

Les types d'analyse du cycle de vie partiels (Cradle to Gate, Gate to Grave et Gate to Gate) correspondent à la situation où une partie du cycle de vie complet du produit sort de l'objectif et du champ d'étude. Cela peut aussi être utile lorsqu'une partie du cycle de vie est mal connue, ou pour comparer plusieurs systèmes dont seule une partie du cycle diffère. C'est ce type d'analyse qui sera utilisé dans ce travail car seule l'étape de transport est analysée.

## 4 Application de l'ACV à un circuit court : Point Ferme

### 4.1 Objectif et champ d'étude

#### 4.1.1 Objectif de l'étude

Le but de cette analyse est d'évaluer l'impact environnemental de la livraison de légumes depuis le producteur jusqu'au domicile du consommateur dans le contexte d'un circuit court, en particulier celui de Point Ferme. Ce but comprend l'estimation des sources d'impacts majoritaires du système de livraison et la comparaison à différents systèmes de transports des marchandises.

Cette étude vise à informer les consommateurs et les producteurs afin de donner un exemple d'analyse de cycle de vie d'un circuit court servant de base de comparaison pour de futures études d'autres circuits de distribution.

Un autre objectif est de permettre la comparaison entre le modèle étudié et d'autres systèmes de livraison des marchandises, à savoir des circuits longs (supermarchés) et d'autres cas de circuits courts (retrait direct chez le maraîcher).

#### 4.1.2 Champ d'étude

Le problème étudié dans ce travail est le système de livraison du circuit court de proximité alimentaire wallon, Point Ferme, présenté dans le chapitre 3.2 de ce travail. Pour des raisons de simplicité et de temps, seule la distribution des légumes sera considérée ici. Point Ferme livre aussi des produits carnés et laitiers mais la prise en compte de ceux-ci entraîneraient une multiplication du nombre de fournisseurs et une complexification importante du problème.

Point Ferme adapte ses produits proposés en fonction de la saison, ce qui entraîne une variation temporelle du système étudié. Afin de considérer ces variations, il a été décidé de ne considérer que les mois de mars et septembre, ceux-ci étant représentatifs de deux saisons différentes (printemps et fin de l'été/automne), et de moyenniser les valeurs par mois. En effet à ces périodes, il n'y a pas de nombreux départs en vacances pouvant diminuer le nombre de commandes sur le mois (cf. de nombreux points d'enlèvement sont situés sur des lieux de travail des clients), ni de fêtes influençant fortement les habitudes alimentaires, contrairement aux mois d'été et d'hiver. Les travaux de Pierre Ozer [40] montrent notamment que les menus de fêtes de fin d'année ont un impact environnemental en CO<sub>2</sub> très important. L'année de référence choisie ici est 2017.

##### 4.1.2.1 Unité fonctionnelle

Point Ferme propose des légumes en vrac, mais aussi des paniers de différentes tailles (Figure 9). Ces derniers sont de trois tailles : mini, familial et grand, selon la quantité. Leur composition varie chaque semaine, selon les légumes de saison.



Figure 9. Paniers de légumes livrés par Point Ferme : [41]

Toutefois, ces paniers n'étant pas représentatifs de l'ensemble des ventes, il a été décidé de travailler sur l'ensemble des ventes de légumes des deux mois considérés (en vrac et en paniers), pondéré par le nombre de commandes reçues.

Une commande d'un client de Point Ferme est approximativement de 2 kg, variant selon le mois (1,8 kg en septembre et 2,12 kg en mars 2017, comme montré dans le Tableau 3). Afin d'utiliser une unique unité fonctionnelle pour les deux mois étudiés, l'unité fonctionnelle est définie comme la livraison de 2 kg de légumes depuis le lieu de production jusqu'au consommateur.

#### 4.1.2.2 Frontières du système

Pour établir les frontières de ce système, il convient d'avoir une idée des étapes du cycle de vie à prendre en compte. La Figure 10 montre les différentes étapes à considérer pour ce problème. Les éléments en dehors du cadre vert sortent du cadre de cette étude.

Dans le cas présent, seule la distribution des légumes est considérée. Dans cette chaîne il faut considérer les emballages utilisés (et donc leurs propres cycles de vies comprenant extraction des matières premières, fabrication, distribution et fin de vie) et le transport lui-même. Le type de transport (camion, camionnette, etc.) et la distance parcourue vont avoir un effet sur l'impact de la distribution de produit mais il faut aussi compter les systèmes de réfrigérations utilisés dans le transport puisqu'il s'agit d'un produit frais. Le légume est ensuite consommé. Les déchets alimentaires ne font pas partie des frontières du système.

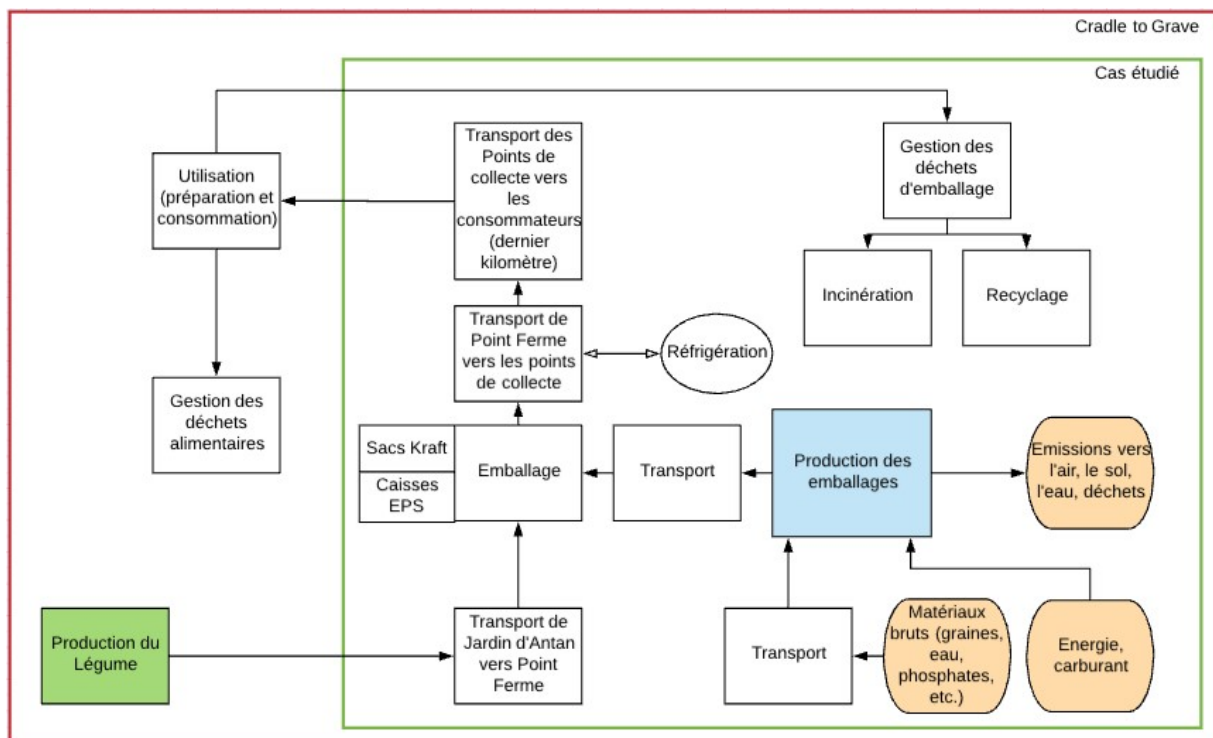


Figure 10. Frontières du système

La présente étude se focalise avant tout sur le système de distribution de produits depuis le maraîcher jusqu'au consommateur final, en passant par Point Ferme (intermédiaire). De ce fait la production en elle-même des légumes n'est pas considérée.

Il pourrait être intéressant de comparer les systèmes de productions associées majoritairement aux circuits courts et longs puisque les premiers s'inscrivent le plus souvent dans un système de pensée écologique et local, ce qui entraîne d'autres choix de méthodes de productions (ex. biologique ou raisonné). Cet aspect constitue une étude en soi et sort de l'objet de ce travail.

La consommation et la fin de vie (le traitement des déchets) des 2 kg de légumes ne sont pas pris en compte. Il est supposé ici que cette partie du cycle de vie est identique à celle d'un cycle long. De plus, cette étape est définie par les clients et non le système d'approvisionnement, il n'est donc pas pertinent de l'étudier ici. Les déchets liés à Point Ferme sont très faibles et sont donc négligés.

Il s'agit donc d'une analyse de cycle de vie « Gate to Gate ». Le premier point de contrôle est la sortie du maraîcher, le second est l'arrivée au domicile du client. L'analyse comprend donc tous les emballages ainsi que le transport et toutes les activités les supportant.

La Figure 11 montre les procédés intervenant dans le cycle de vie d'un légume livré par Point Ferme. Les cases hors du cadre vert correspondent aux étapes n'étant pas prises en compte dans cette analyse et les cases grisées montrent les étapes prises en compte mais ayant un impact environnemental négligeable. Le dernier kilomètre est considéré négligeable car il est intégré à un trajet habituel indépendant de la fonction du système étudié, et que la modification de poids transporté sur ce trajet est négligeable. Les caisses Euro Pool System (EPS) sont négligées car elles ne doivent être remplacées que très rarement. Cela est décrit plus en détail dans le chapitre 4.2.2.1.

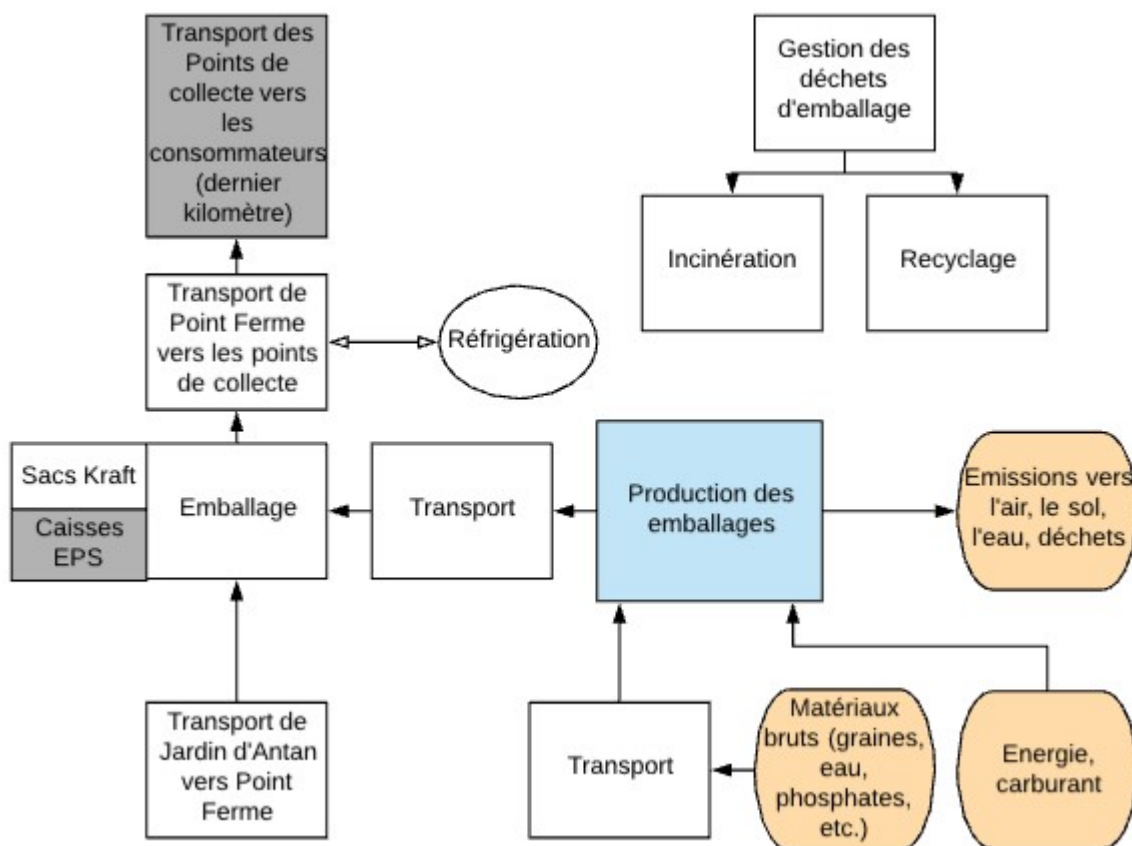


Figure 11. Frontières du système

## 4.2 Inventaire du cycle de vie

Ce chapitre présente la manière dont les différentes parties du cycle de vie ont été modélisées et comment les données nécessaires ont été obtenues.

Ce travail est réalisé sur base d'un logiciel contenant plusieurs bases de données génériques. Toute utilisation de données génériques dans ce travail sera effectuée via la base de donnée Ecoinvent 3.4 [42].

Le détail des données chiffrées est repris dans l'Annexe 2 avec les entrées utilisés par les programmes et repris de la base de données Ecoinvent 3.4. Les calculs utilisés pour transformer les données fournies par Point Ferme ou obtenues par des fournisseurs sont présentés à l'Annexe 1. Comme les frontières du système incluent essentiellement le transport et l'emballage, ce sont ces deux éléments qui seront présents dans l'inventaire.

Après prise de contact et demande de renseignements auprès de Point Ferme, un inventaire des légumes vendus durant les mois de mars et septembre 2017 a été établi. Ces données sont donc des données primaires. Cet inventaire regroupe les quantités des différentes variétés de légumes commandées et livrées dans les points de collectes de Point Ferme.

Les données des inventaires étant exprimées en fonction du conditionnement des produits, un ajustement a été effectué. Tous les produits de l'inventaire de vente exprimés en masse (par quantité de 500 g, 2 kg ou 5 kg) ont été reformulés au kg, de même que tous les produits inventoriés à la pièce ou à la botte, après renseignements sur le poids moyen de chaque variété de légume [43], [44], [53]–[55], [45]–[52].

Le Tableau 3 présente les quantités concernées après ajustement.

Tableau 3. *Quantité de légumes et nombre de commandes livrés par Point Ferme en Mars et Septembre 2017*

	<b>Mars 2017</b>	<b>Septembre 2017</b>
Masse totale livrée	5534 kg	3816 kg
Nombre de commandes estimé	2600	2100
Masse moyenne de légumes par commande	2,12 kg	1,80 kg

### 4.2.1 Transport

Le transport est constitué de trois phases : le transport du lieu de production vers le dépôt central de Point Ferme, la distribution depuis le dépôt central vers les points de distributions et le dernier kilomètre entre le point de distribution et le domicile du client.

#### 4.2.1.1 *Transport de Point Ferme vers les points de dépôts*

Cette partie du transport étant réalisée sous forme de boucles, les quantités seront d'abord calculées pour une boucle complète avant d'être ajustées pour une unité fonctionnelle.

Le transport utilisé par Point Ferme est une camionnette réfrigérée (Figure 12). Ce type de véhicule n'étant pas présent dans la base de données Ecoinvent 3.4, une nouvelle entrée a été modélisée en modifiant les données concernant les camionnettes non réfrigérées présentes dans la base de données. Les entrées concernant les camions 3,5 à 7,5 t réfrigérés et non réfrigérés EURO 6 (c'est à

dire respectant les normes européennes d'émissions EURO 6) ont été comparées pour identifier toutes les entrées, matériaux et processus liés à la réfrigération. Ces données ont ensuite été ajoutées à l'entrée d'une camionnette non réfrigérée.



Figure 12. Camionnette de livraison de Point Ferme : [41]

La seule exception à cette méthode est la fin de vie de la camionnette, qui a été remplacée simplement par la fin de vie d'un camion réfrigéré plutôt que de remplacer les sous-systèmes. Il aurait été trop fastidieux de modifier les modèles jusqu'à ce niveau de détail pour un travail de fin d'étude limité dans le temps. Cette contribution n'intervenant que très peu dans le système étudié, et dans l'impact de la camionnette de manière générale (voir chapitre 4.3.2), cette approximation est suffisante.

La consommation de la camionnette a été modélisée sur base d'une consommation moyenne de 10 L/100 km, et une charge moyenne totale de 435 kg calculée sur base de données fournies par Point Ferme. Le détail des calculs utilisés est présenté à l'Annexe 1. Les émissions liées à la consommation du carburant sont définies dans la base de données Ecoinvent 3.4 sur base de l'opération d'un van suisse de cette même base de données. Cette contribution a été adaptée en multipliant les entrées du système existant par un facteur basé sur la quantité de carburant utilisée.

La distance moyenne parcourue lors d'une livraison (une boucle) est estimée à partir de la distance totale parcourue par la camionnette sur le mois, de laquelle sont déduits les trajets effectués pour récupérer différents produits chez d'autres fournisseurs non considérés dans la présente étude, divisée par le nombre de livraisons sur le mois.

Concernant les quantités transportées, puisque les caisses en plastiques sont récupérées à chaque point de collecte, la charge des caisses est considérée constante. La charge utile (ne comprenant que les éléments entrants dans le champ de l'étude) est donc approximée comme diminuant

linéairement avec la distance depuis un poids maximal de 309 kg comprenant les légumes, les sacs en papiers et les caisses jusqu'à un poids minimal de 84 kg ne comprenant que les caisses Euro Pool System (EPS) ramenées au Point Ferme. La masse  $M$  utile à chaque instant dans la camionnette est définie par :

$$M = 308 - \frac{(308 - 84) \times d_t}{d} \quad (kg)$$

Avec «  $d_t$  » la distance parcourue au point  $t$  et «  $d$  » la distance parcourue lors d'une livraison.

La quantité  $Q$  à considérer est obtenue en intégrant cette masse sur le trajet, et est donc définie par :

$$Q = \frac{308 + 84}{2} \times d \quad (kg \times km)$$

Une fois l'inventaire réalisé, les quantités sont ajustées pour s'adapter à l'unité fonctionnelle. Pour ce faire, la quantité précédemment calculée est divisée par le nombre de commandes de 2 kg livrée en moyenne par trajet.

#### **4.2.1.2 Transport depuis le producteur jusqu'à Point Ferme**

Concernant les légumes, le seul producteur de Point Ferme est le maraîcher Jardin d'Antan. Il n'y a en conséquence qu'un seul chemin à considérer depuis le lieu de production jusqu'à Point Ferme. Les marchandises sont acheminées par camionnette en aller-retour entre Jardin d'Antan et Point Ferme à raison de 5 livraisons par semaine, en vrac dans des caisses en bois. Une de ces livraisons concerne uniquement la vente directe de Point Ferme, qui n'est pas reprise dans le système de livraison étudié. Seuls 4 trajets seront pris en compte par semaine. La distance routière entre Point Ferme et Jardin d'Antan est de 6,2 km, évalués par le système d'itinéraire de Google Maps [56].

La modélisation du transport a été faite dans la base de données Ecoinvent 3.4 en adaptant la consommation et la charge de la camionnette. La consommation a été évaluée en considérant le même modèle de camionnette que Point Ferme, à savoir le modèle Peugeot Boxer. Dans ce cas, la camionnette n'est pas réfrigérée et la consommation moyenne a été déterminée par comparaison de plusieurs bases de données d'informations techniques externes à Ecoinvent [57]–[61]. Une consommation de 8 litres de diesel pour 100 km a été retenue. Les émissions liées à l'opération de la camionnette ont été ajustées de la même manière que pour la camionnette de Point Ferme comme expliqué dans le chapitre 4.2.1.1.

La quantité totale de légumes livrés et le nombre de trajets sont égaux à ceux du chapitre précédent (transport de Point Ferme vers les points de dépôts). Dès lors, une charge moyenne identique est considérée pour les deux véhicules. En l'absence de données précises, la masse des emballages est estimée à 10% du poids des légumes, ce qui correspond approximativement au cas des caisses EPS de la distribution de Point Ferme vers les points de dépôts où les caisses de 2 kg sont remplies à environ 17 kg. Cette approximation est suffisamment précise pour cette analyse au vu du faible impact généré comme le montrent les résultats du chapitre 4.3.1.

Le transport pour une unité fonctionnelle comprend donc le transport de 2 kg de légumes et 0,2 kg d'emballages sur 6,2 km. Le transport de 0,2 kg d'emballage sur 6,2 km doit également être ajouté pour tenir compte du voyage retour des cageots vides de la livraison précédente qui sont récupérés



au Point Ferme. Il sera considéré ici que les pertes des caisses sont négligeables tout comme les caisses EPS utilisées par Point Ferme.

#### **4.2.1.3 Dernier kilomètre**

Le trajet du point de dépôt jusqu'au domicile du consommateur est négligé car les points de dépôts sont choisis par les consommateurs pour être au plus proche de leur domicile ou sur leur lieu de travail. Le trajet effectué est donc compris dans le trajet du consommateur depuis son lieu de travail jusqu'à son domicile. Puisque ce trajet est effectué indépendamment du système étudié et la différence de masse à transporter étant proportionnellement très faible, ce trajet est négligé.

#### **4.2.2 Emballages**

Les emballages utilisés par Point Ferme pour livrer leurs produits sont de deux types : des caisses en plastiques Euro Pool Système (EPS) et des sacs en papier kraft (Figure 13).



*Figure 13. Exemple de légumes livrés par Point Ferme dans leurs emballages*

##### **4.2.2.1 Caisses EPS pliables bleues**

Les bacs en plastique utilisés par Point Ferme sont des caisses pliables bleues Euro Pool System de dimensions 600x400x241 mm. Ces caisses ont un poids net de 1,95 kg [62]. Une illustration est présente à la Figure 14, il s'agit du format en bas de la pile représentée.

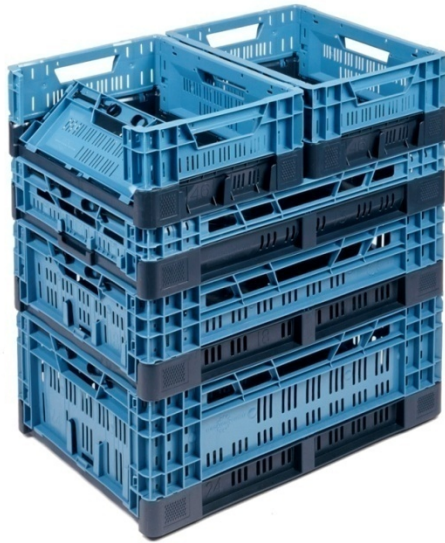


Figure 14. *Caisses EPS* :[63]

Ces caisses sont déposées remplies sur les lieux de collecte et récupérées vides la semaine suivante. Elles sont utilisées à raison de 40 caisses par trajet remplies jusqu'à une charge moyenne de 17 kg, tare comprise. Puisque ces caisses sont déposées et récupérées à chaque point de collecte, la masse des caisses est considérée dans la masse fixe des camionnettes.

Les caisses sont réutilisées et ont une durée de vie très longue. Aucune donnée chiffrée n'a pu être obtenue, cependant Point Ferme a signalé que les remplacements étaient très rares. L'impact environnemental des caisses à remplacer est donc considéré comme étant négligeable, le seul impact de ces caisses étant leur transport.

#### 4.2.2.2 *Sacs en papier kraft*

Les sacs en papier kraft utilisés sont de deux types : des petits sacs contenant 1kg de dimensions 280x140x65 mm [64] et de plus grands sacs de dimensions 260x140x390 mm (Figure 15). Ces deux types de sacs sont à usage unique et ne sont pas récupérés d'une semaine à l'autre sur les points de collecte. Ils doivent donc être remplacés à chaque livraison.



Figure 15. *Sacs en papier kraft utilisés par Point Ferme*

La masse de ces sacs a été calculée en fonction de leurs dimensions et de l'épaisseur du papier utilisé, déterminé sur base de catalogues et des fiches techniques des sacs utilisés [64], [65]. La fabrication du papier kraft est intégrée de la base de données Ecoinvent 3.4.

Les sacs en papier sont fabriqués à base de rouleaux de papier kraft pliés, coupés et collés par des équipements spécifiques, demandant seulement l'électricité nécessaire à leur fonctionnement et de la colle pour assembler les sacs. La colle utilisée est un copolymère éthylène acétate de vinyle et représente 0,1% de la masse du papier utilisé. Ces deux dernières données sont déduites du cycle de vie des caisses en carton présente de la base de données Ecoinvent 3.4. Il est supposé que la colle utilisée est la même et que sa quantité est proportionnelle dans les deux cas. Il est probable que la quantité de colle utilisée pour un sac en papier soit moindre que pour une caisse, puisque le sac est destiné à contenir des masses moins importantes et que le matériau utilisé est plus fin. Il s'agit donc probablement d'une estimation maximale.

Les données techniques de différentes machines professionnelles d'assemblages de sacs en papier kraft ont été examinées ([66], [67], [75]–[77], [68]–[75]). Les équipements non adaptés aux épaisseurs de papier utilisés ont été écartés et une moyenne des consommations des équipements a été calculée afin d'estimer la consommation nécessaire à la fabrication des sacs.

La livraison des sacs en papier kraft du fournisseur jusqu'à Point Ferme est intégré à leur système de livraison de denrées. Un point de collecte de Point Ferme est présent chez Gillon, leur fournisseur de sacs en papier kraft. Le transport jusqu'à la maison Gillon est lui considéré par camion depuis l'Italie, où les sacs sont fabriqués.

#### **4.2.2.3 Fin de vie des sacs en papier kraft**

Selon Van Gansewinkel [78], en Belgique, 75% du papier et du carton utilisé est recyclé. Lors du circuit de recyclage du papier, ce dernier est récolté, trié dans un centre de tri et enfin envoyé au recyclage [79]. Le processus de tri du papier est déjà présent dans la base de données Ecoinvent 3.4. Le recyclage même du papier est difficile à modéliser et de nombreux modèles plus ou moins complexes ont été développés [80]–[85].

Les données spécifiques aux différents procédés de recyclages demandant un travail de recherche trop fastidieux pour le cadre de cette étude, le modèle de Gala et Al. [82] sera utilisé. Il consiste à considérer que le papier recyclé remplace du papier neuf. Cette méthode consiste à procéder à une expansion des frontières du système en donnant aux sacs recyclables le bénéfice de la matière première qu'ils permettent d'économiser.

Cependant, lors du recyclage, des diminutions de qualité sont observées et une fraction de matière fraîche doit être ajoutée pour conserver des propriétés données au produit fini. Afin de tenir compte de ces pertes, un coefficient est appliqué à la quantité de papier pouvant être remplacé par 1 kg de papier jeté. Sur base du travail d'A.B. Gala et al. [82], un coefficient de 0,8 sera appliqué. Cela revient à considérer que 1 kg de papier recyclé peut remplacer 0,8 kg de papier neuf.

Les 25% du papier non recyclés sont considérés comme étant traités dans un incinérateur municipal.

### 4.3 Évaluation des impacts du cycle de vie et interprétation

La présente analyse est réalisée grâce au logiciel d'ACV Simapro [86] (version 8.5.0.0) en utilisant la base de données Ecoinvent 3.4.

La méthode de calcul d'impact utilisée est CML-IA baseline V3.05 [87]. Les catégories d'impacts observées pour l'analyse sont les suivantes, les notations anglaises étant indiquées entre parenthèses.

- Épuisement des ressources abiotiques (non fossiles) (kg Sb équivalent)  
(Abiotic depletion)
- Épuisement des ressources abiotiques fossiles (MJ)  
(Abiotic depletion (fossil fuels))
- Réchauffement climatique (kg CO<sub>2</sub> équivalent)  
(Global warming (GWP100a))
- Destruction de la couche d'ozone stratosphérique (kg CFC-11 équivalent)  
(Ozone layer depletion)
- Oxydation photochimique (kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> équivalent)  
(Photochemical oxidation)
- Acidification (kg SO<sub>2</sub> équivalent)  
(Acidification)
- Eutrophisation (kg PO<sub>4</sub> équivalent)  
(Eutrophication)

Seules ces catégories ont été retenues car ce sont les plus pertinentes dans le cadre de cette analyse. En effet la problématique de l'impact environnemental des circuits de distribution concerne principalement les dommages non biologiques. De plus, d'après l'International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook [88], ces catégories sont les plus fortement recommandées à observer, car les modèles scientifiques sur lequel elles sont basées sont mieux connus. Les autres catégories (telles que celles concernant la toxicité) demandent plus de recherches pour atteindre un meilleur niveau de qualité, défini par l'ILCD Handbook.

#### 4.3.1 Impact global du cycle de vie

La Figure 16 montre l'importance relative des étapes du cycle de vie concernant l'impact environnemental sur les catégories d'impacts choisies. Le graphe est gradué de 0 à 100% afin de pouvoir présenter l'ensemble des résultats sur une même figure. En effet, les différentes catégories d'impacts ont des unités différentes et leurs échelles ne sont pas des mêmes ordres de grandeur. Pour ce faire, les valeurs de chaque catégorie d'impact, sont normées par la valeur de l'impact total dans chaque catégorie, afin d'obtenir la contribution de chaque étape ou élément en termes de pourcentages de l'impact total du système. Le Tableau 4 présente les résultats de manière quantitative selon les unités propres à chaque catégorie.

Sur la Figure 16, les impacts sont représentés selon les trois étapes du cycle de vie décrits dans le chapitre 4.2, à savoir les deux étapes du transport prises en compte et les emballages, constitués de sacs en papier kraft. Ces derniers ont une contribution faible sur l'impact du cycle de vie, représentant moins de 10% de ce dernier pour chaque catégorie d'impact.

Pour toutes les catégories d'impact, le transport de Jardin d'Antan vers Point Ferme (en bleu) représente une très faible proportion de l'impact total (Figure 16). De ce fait, il n'est pas pertinent d'approfondir davantage cette partie du cycle de vie. Cela est dû à la très faible distance parcourue par les aliments lors de ce trajet. Dans la suite de ce chapitre, toutes les explications sur le détail des contributions du transport de Point Ferme est aussi valable pour le transport depuis Jardin d'Antan d'un point de vue qualitatif.

L'impact environnemental étant fortement déterminé par le transport du circuit de distribution de Point Ferme (en vert) (plus de 90% de l'impact dans toutes les catégories), les éléments à surveiller ou à améliorer afin de minimiser l'impact environnemental sont liés à cette étape. Une première piste à suivre pour améliorer l'efficacité environnementale du système de livraison de Point Ferme est de définir des circuits de distributions les plus optimisés possibles afin de parcourir la distance minimale requise pour atteindre tous les points de collecte.

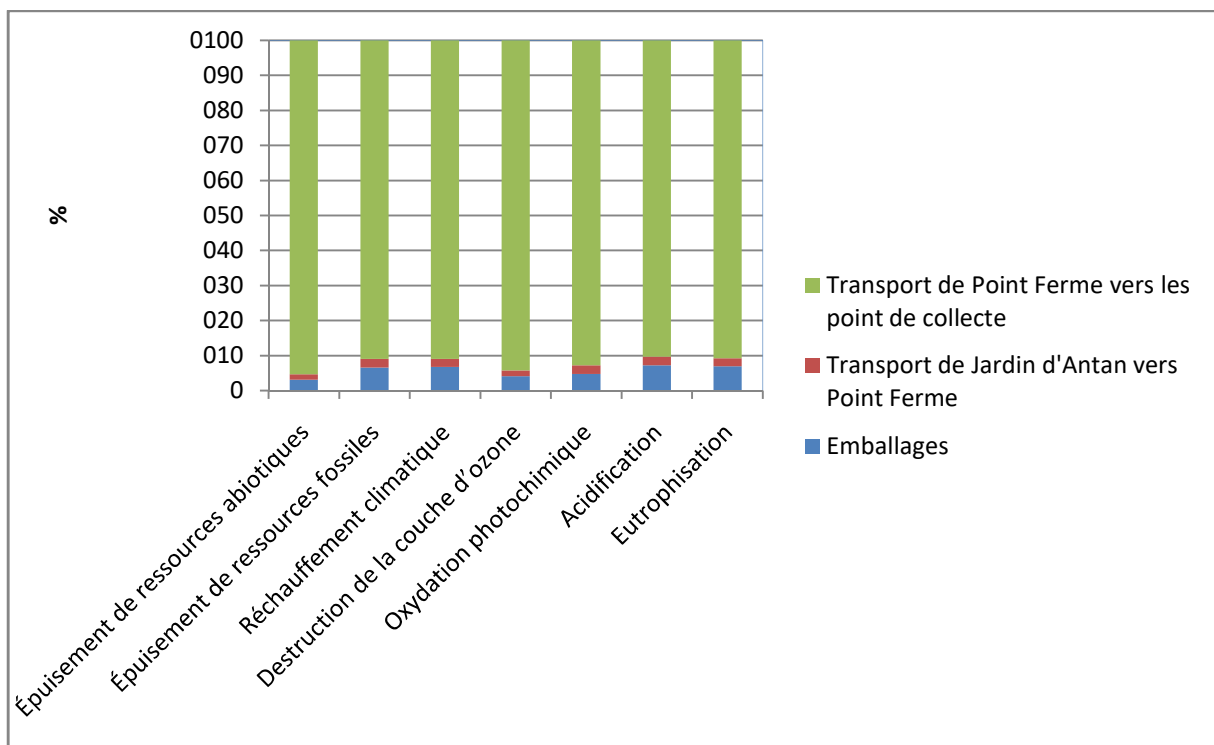


Figure 16. *Caractérisation - Analyse du cycle de vie du système de livraison de Point Ferme pour le mois de Septembre 2017, méthode: CML-IAbaseline V3.05*

Tableau 4. Analyse du cycle de vie du système de livraison de Point Ferme pour le mois de Septembre, méthode: CML-IAbaseline V3.05

Catégorie d'impact	Unité	Total	Emballages	Transport de Jardin d'Antan vers Point Ferme	Transport de Point Ferme vers les points de collecte
Épuisement de ressources abiotiques	kg Sb eq	7,61E-06	2,18E-07	1,04E-07	7,29E-06
Épuisement de ressources fossiles	MJ	9,48E+00	5,69E-01	2,17E-01	8,69E+00
Réchauffement climatique	kg CO <sub>2</sub> eq	7,35E-01	4,57E-02	1,53E-02	6,74E-01
Destruction de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	1,49E-07	5,63E-09	2,25E-09	1,41E-07
Oxydation photochimique	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	2,59E-04	1,13E-05	5,82E-06	2,42E-04
Acidification	kg SO <sub>2</sub> eq	3,39E-03	2,26E-04	7,52E-05	3,09E-03
Eutrophisation	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	1,25E-03	7,95E-05	2,64E-05	1,14E-03

#### 4.3.2 Impact du transport de Point Ferme vers les points de collecte

Cet élément étant le plus important dans l'impact du transport de 2 kg de légumes (l'unité fonctionnelle de cette ACV), il a été étudié plus en détails.

La Figure 17 et le Tableau 5 présentent l'analyse détaillée de l'impact associé à l'utilisation du véhicule de livraison de Point Ferme.

Une grande partie de l'impact est dû au système de réfrigération (en bleu clair) pour l'utilisation de ressources abiotiques et la destruction de la couche d'ozone. Pour les autres impacts, ce système compte pour moins de 20%. La raison de cette distribution des impacts est expliquée dans le paragraphe 4.3.4.

La Figure 17 montre que les impacts du transport ne peuvent être imputés à un processus en particulier. Cependant, il est visible que les impacts majoritaires sont la fabrication et fin de vie du matériel (système de réfrigération et camionnette, en bleu clair et vert) ainsi que la consommation de carburant (diesel, en rouge) et les émissions associées (gaz d'échappements, en bleu foncé). D'un point de vue quantitatif, l'impact de la fabrication et fin de vie du matériel est lié à la durée de vie de la camionnette alors que la consommation de carburant est liée au fonctionnement du moteur thermique. La Figure 19 permet de déterminer l'impact relatif de ces deux paramètres comme discuté plus loin.

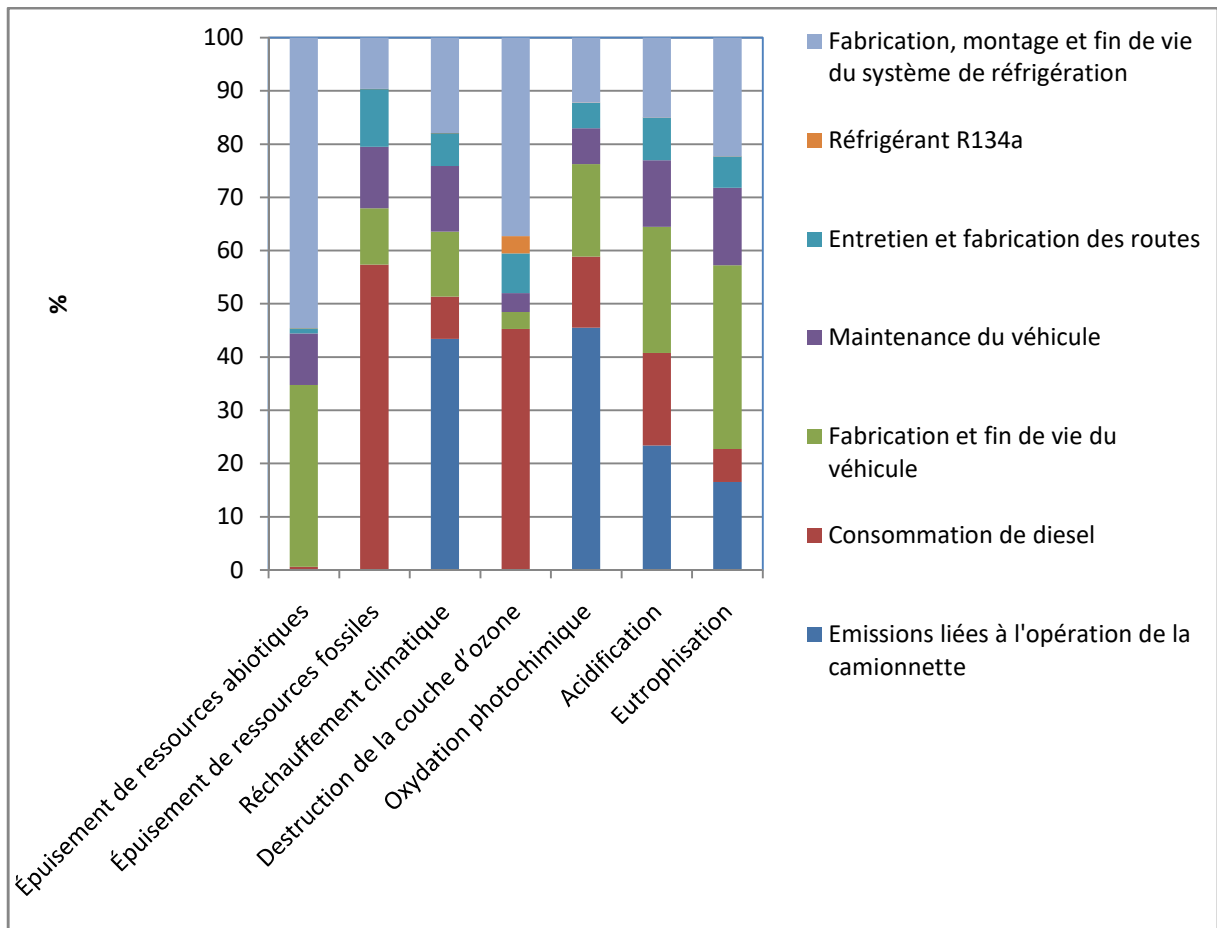


Figure 17. Caractérisation - Analyse de 1 tkm du transport par camionnette réfrigérée, méthode: CML-IA baseline V3.05

Tableau 5. Caractérisation - Analyse de 1 tkm du transport par camionnette réfrigérée, méthode: CML-IA baseline V3.05

Libellé	Emissions liées à l'opération de la camionnette	Conso. de diesel	Fabrication et fin de vie du véhicule	Maintenance du véhicule	Entretien des routes	Réfrigérant R134a	Fabrication, montage et fin de vie du système de réfrigération
Épuisement de ressources abiotiques (kg Sb eq)	0,00E+00	9,24E-08	5,29E-06	1,51E-06	1,49E-07	7,34E-10	8,46E-06
Épuisement de ressources fossiles (MJ)	0,00E+00	1,06E+01	1,96E+00	2,13E+00	2,01E+00	9,70E-04	1,78E+00
Réchauffement climatique (kg CO <sub>2</sub> eq)	6,22E-01	1,13E-01	1,75E-01	1,77E-01	8,80E-02	1,59E-04	2,57E-01
Destruction de la couche d'ozone (kg CFC-11 eq)	0,00E+00	1,36E-07	9,54E-09	1,07E-08	2,23E-08	9,73E-09	1,12E-07
Oxydation photochimique (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq)	2,34E-04	6,86E-05	8,95E-05	3,45E-05	2,47E-05	9,22E-08	6,30E-05
Acidification (kg SO <sub>2</sub> eq)	1,54E-03	1,14E-03	1,56E-03	8,21E-04	5,27E-04	4,80E-07	9,89E-04
Eutrophisation (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)	3,99E-04	1,50E-04	8,36E-04	3,53E-04	1,42E-04	1,10E-07	5,41E-04

La Figure 18 montre les résultats de la normalisation des impacts. Cette étape (facultative selon ISO 14040:2006) permet de visualiser l'importance relative des impacts du système étudié en regard des impacts globaux pour une zone géographique et une durée données. Dans le cas présent, la référence est l'Europe 25+3 en 2000, c'est-à-dire l'impact environnemental généré par le territoire de l'Europe (comprenant les importations et excluant les exportations) sur l'année 2000 [89]. La catégorie la plus impactée est l'épuisement des ressources abiotiques, et que le véhicule en lui-même (vert) ainsi que le système de réfrigération (bleu clair) en sont responsables. Pour ce qui concerne l'épuisement des ressources fossiles et le réchauffement climatique, c'est la consommation de diesel (en rouge) et les gaz d'échappement qui en résultent (en bleu foncé) qui en sont les causes principales.



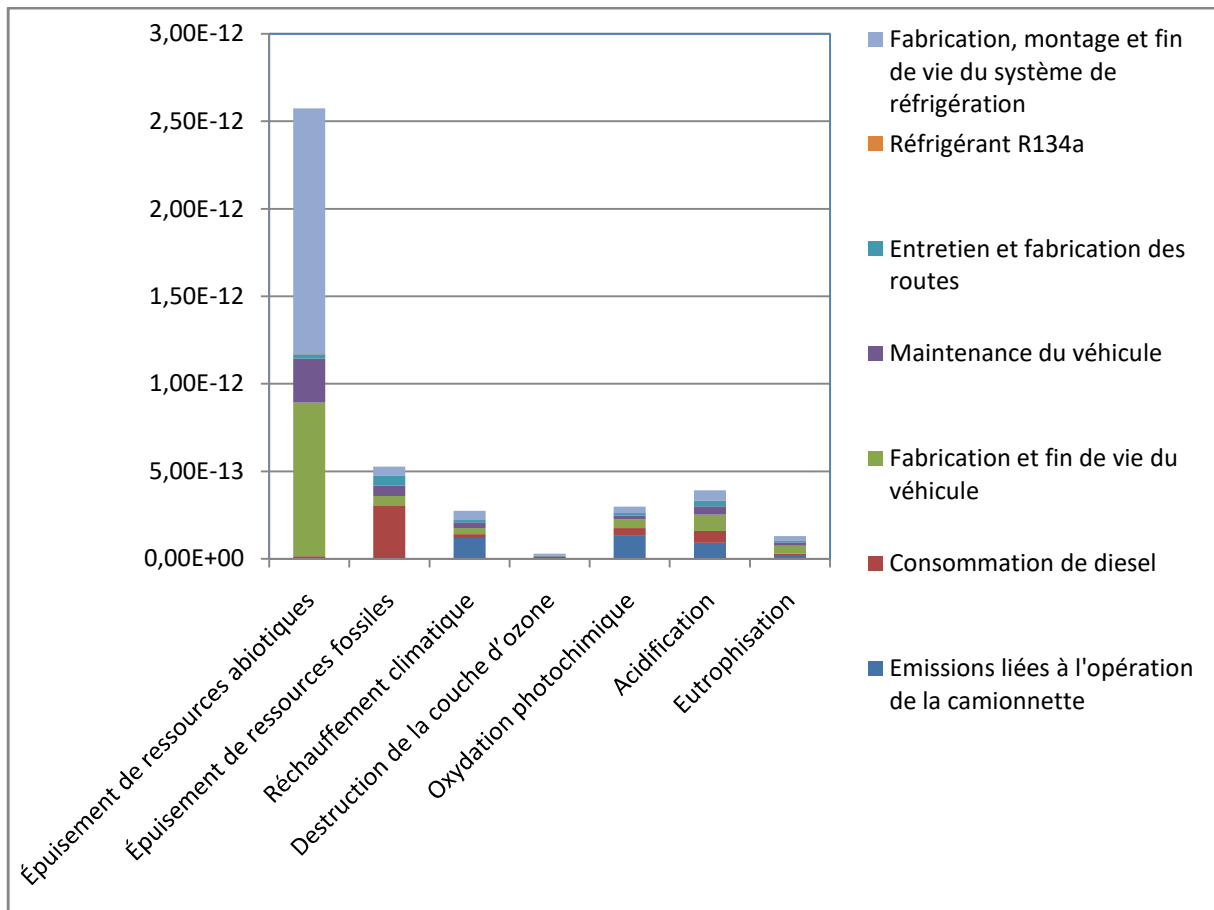


Figure 18. Normalisation - Analyse de 1 tkm du transport par camionnette réfrigérée, méthode: CML-IA baseline V3.05

Le véhicule et sa consommation étant des facteurs prépondérants, une analyse de sensibilité a été effectuée en faisant varier les paramètres de consommation de carburant et la durée de vie du véhicule. En plus du cas de base étudié, deux autres cas ont été considérés : un cas où la consommation de la camionnette est divisée par 2 (5 L/100 km au lieu de 10 L/100 km) et un cas où la durée de vie de la camionnette a été doublée (190 888 km au lieu de 95 444 km). Dans ces deux cas, les contributions respectives de l'opération et de la fabrication de la camionnette sont divisées par deux. Il s'agit de cas peu réalistes mais permettant de mieux voir l'influence des paramètres étudiés.

Comme le montre la Figure 19, si l'on veut faire un choix environnemental entre meilleure consommation (en rouge) ou meilleure durée de vie (en vert), il sera déterminé par la catégorie d'impact que l'on veut minimiser. Logiquement, l'épuisement de ressources abiotique est fortement régie par la durée de vie de la camionnette et impactée de manière négligeable par la consommation de la camionnette. D'après la normalisation, l'utilisation de ressources abiotiques est la partie la plus importante de l'impact du transport, il conviendrait donc de favoriser l'optimisation de la durée de vie de la camionnette à sa consommation, ou utiliser du matériel dont le choix des matériaux limite l'impact environnemental. En revanche, si le but est de minimiser l'impact sur la diminution des ressources fossiles et le réchauffement climatique, il vaudra mieux privilégier une consommation

inférieure à une durée de vie plus importante l'idéal étant bien entendu de privilégier les deux. Les données quantitatives relatives à ce graphique se trouvent dans le Tableau 6.

Une autre piste pour diminuer l'impact lié la consommation serait l'utilisation d'un véhicule électrique. Cependant, les matériaux nécessaires à la fabrication des batteries de ce véhicule augmenteraient parallèlement l'impact lié à la fabrication et fin de vie du véhicule. Une étude de l'importance relative de ces deux effets serait intéressante pour conclure quant à l'efficacité des véhicules électriques dans le cadre de la distribution en circuit court.

Il est à noter que d'autres facteurs peuvent aussi influencer cet impact environnemental, par exemple le poids du véhicule qui influence sa consommation, ou les matériaux utilisés pour sa fabrication.

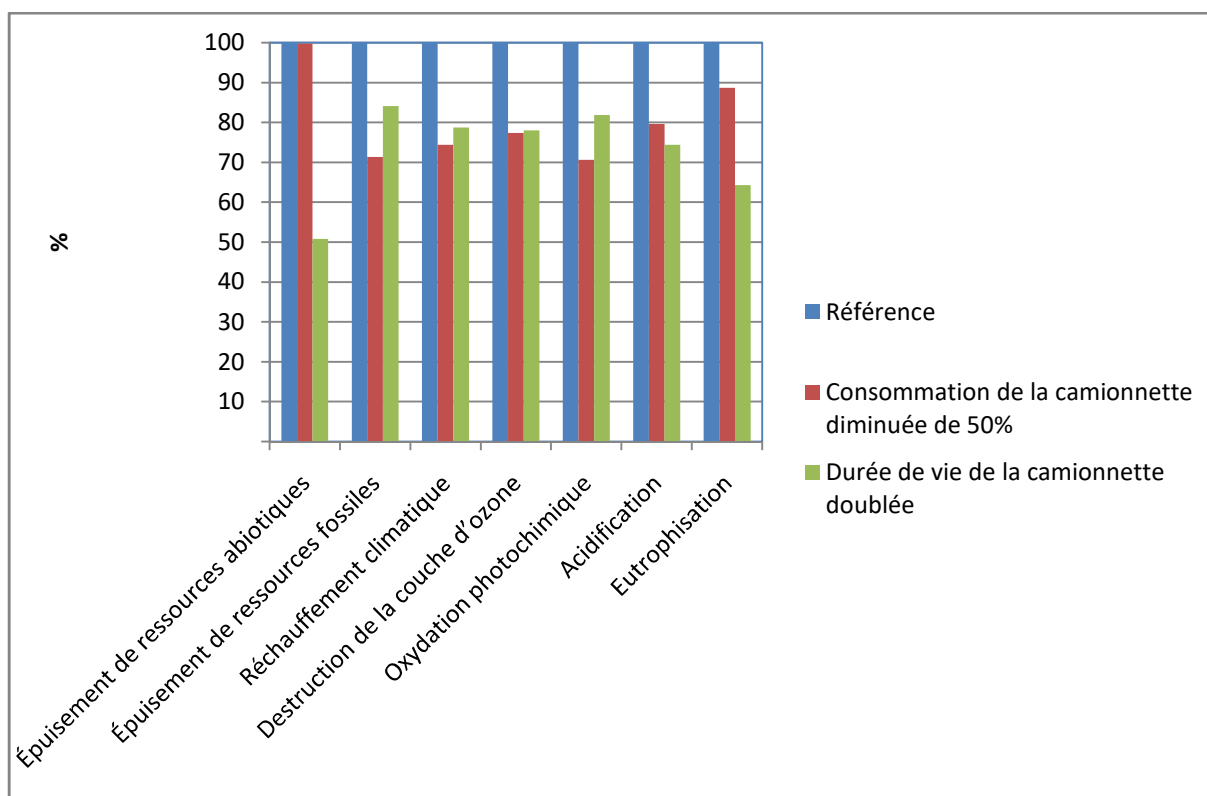


Figure 19. Caractérisation - Analyse de sensibilité sur le transport en camionnette réfrigérée : comparaison de 1 tkm pour le cas de référence, une consommation diminuée de moitié et une durée de vie de la camionnette doublée, méthode: CML-IA baseline V3.05

Tableau 6. Analyse de sensibilité sur le transport en camionnette réfrigérée : comparaison de 1 tkm pour le cas de référence, une consommation diminuée de moitié et une durée de vie de la camionnette doublée, méthode: CML-IA baseline V3.05

Catégorie d'impact	Unité	Cas de base	Consommation de la camionnette diminuée de 50%	Durée de vie de la camionnette doublée
Épuisement de ressources abiotiques	kg Sb eq	1,55E-05	1,55E-05	7,87E-06
Épuisement de ressources fossiles	MJ	1,85E+01	1,32E+01	1,55E+01
Réchauffement climatique	kg CO <sub>2</sub> eq	1,43E+00	1,07E+00	1,13E+00
Destruction de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	3,00E-07	2,32E-07	2,34E-07
Oxydation photochimique	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	5,15E-04	3,63E-04	4,21E-04
Acidification	kg SO <sub>2</sub> eq	6,58E-03	5,24E-03	4,89E-03
Eutrophisation	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	2,42E-03	2,15E-03	1,56E-03

### 4.3.3 Impact des emballages

Après le transport de Point Ferme vers les points de collecte, le second point le plus impactant est constitué par les emballages.

La Figure 20 présente les résultats des différents emballages impliqués dans cette étude, les données quantitatives étant présentées dans le Tableau 7.

Le recyclage du papier (en bleu) diminue l'impact des emballages en papier de manière significative (entre 30 et 50% selon la catégorie d'impact). L'étape de tri des déchets papiers avant recyclage est bien moindre que le bénéfice retiré du recyclage lui-même.

L'étape ayant le plus d'impact est la fabrication des sacs en papier kraft, en particulier la fabrication du papier lui-même qui représente plus de 60% de l'impact lié à la fabrication d'un sac dans toutes les catégories d'impact. Le transport (depuis l'Italie) et la mise en forme des sacs ont un impact beaucoup plus limité. La fin de vie, sans compter le recyclage, n'a qu'un faible impact. Les contributions majoritaires dans chaque catégorie d'impact sont discutées dans le chapitre 4.3.4.

Il est à noter que le processus de fabrication n'a pas été investigué en profondeur et est directement repris de la base de données Ecoinvent 3.4.

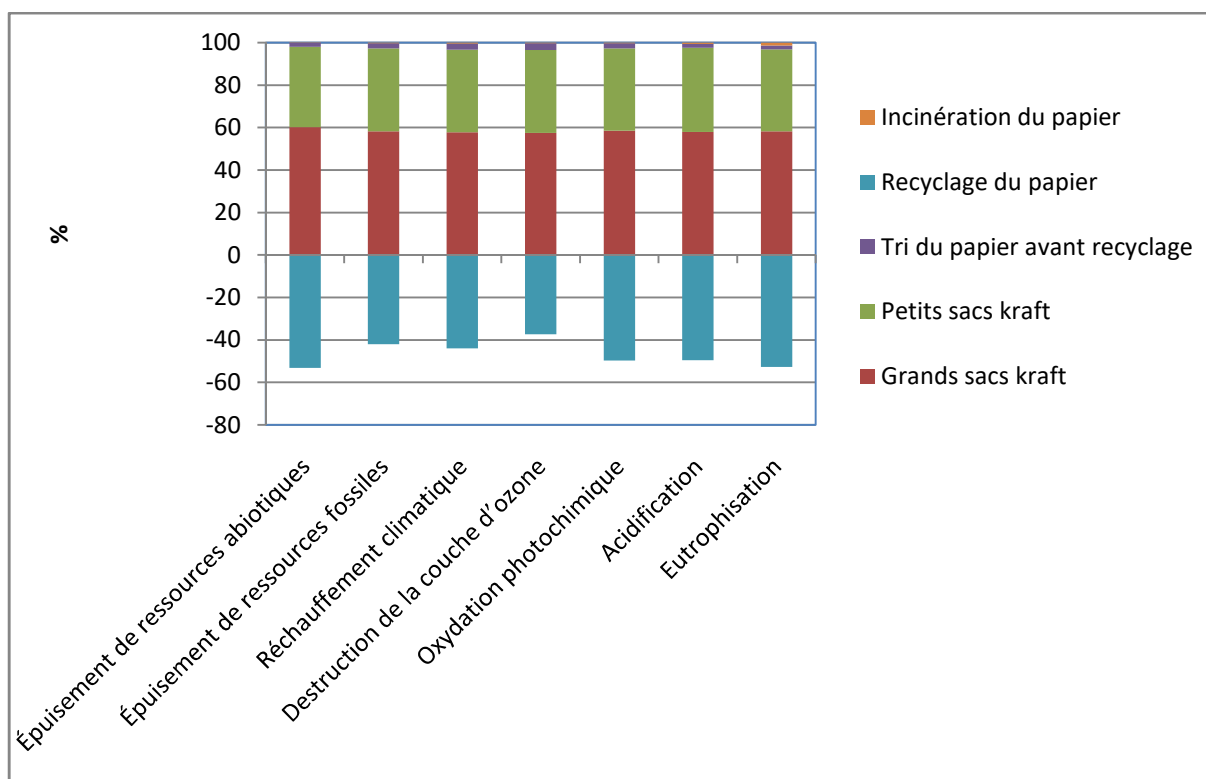


Figure 20 : Caractérisation -Analyse des emballages de Point Ferme pour 1 commande, méthode: CML-IA baseline V3.05

Tableau 7. Caractérisation - Analyse des emballages de Point Ferme pour 1 commande, méthode: CML-IA baseline V3.05

Catégorie d'impact	Unité	Total	Grands sacs kraft	Petits sacs kraft	Tri du papier avant recyclage	Recyclage du papier	Incinération du papier
Épuisement de ressources abiotiques	kg Sb eq	2,18E-07	2,80E-07	1,76E-07	9,15E-09	-2,48E-07	4,07E-10
Épuisement de ressources fossiles	MJ	5,69E-01	5,70E-01	3,84E-01	2,32E-02	-4,12E-01	3,59E-03
Réchauffement climatique	kg CO <sub>2</sub> eq	4,57E-02	4,71E-02	3,18E-02	2,24E-03	-3,60E-02	4,86E-04
Destruction de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	5,63E-09	5,16E-09	3,50E-09	2,84E-10	-3,35E-09	3,67E-11
Oxydation photochimique	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	1,13E-05	1,32E-05	8,73E-06	5,64E-07	-1,12E-05	7,80E-08
Acidification	kg SO <sub>2</sub> eq	2,26E-04	2,60E-04	1,77E-04	8,54E-06	-2,22E-04	2,82E-06
Eutrophisation	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	7,95E-05	9,79E-05	6,47E-05	3,25E-06	-8,86E-05	2,30E-06

#### 4.3.4 Analyse détaillée des catégories d'impact principales

##### 4.3.4.1 Épuisement des ressources abiotiques

L'impact majoritaire vient du transport par Point Ferme (95%). Cela est dû au métal nécessaire à la fabrication de la camionnette et du système de réfrigération, en particulier le zinc, utilisé comme revêtement de certaines pièces du système de réfrigération ainsi que le cuivre et l'or utilisés notamment pour les circuits électriques et électroniques. Cela peut paraître surprenant car tant la camionnette que le système de réfrigération sont composés principalement d'acier et d'aluminium, là où le zinc, le cuivre et l'or ne sont présents qu'en faibles quantités. Cela est dû à la méthode d'évaluation de l'impact CML et à l'utilisation de facteurs de caractérisation dont la détermination est basée sur la rareté ou la pénurie potentielle d'un élément [38]. En effet, le fer et le carbone nécessaires à la fabrication de l'acier ainsi que l'aluminium sont beaucoup plus présents et accessibles dans l'écorce terrestre que les trois autres métaux cités. L'extraction de ces derniers diminue de ce fait beaucoup plus les réserves de ces éléments que l'extraction du fer, du charbon ou de l'aluminium.

Pour les emballages, cet impact est lié aux zinc et plomb utilisés principalement pour la fabrication du papier, et en moindre mesure pour le transport des sacs depuis l'Italie.

##### 4.3.4.2 Épuisement des ressources fossiles

L'impact majoritaire vient logiquement du transport depuis Point Ferme (91%), à cause du carburant nécessaire au fonctionnement de la camionnette (62,6% du total). Les sacs en papier kraft ont un léger impact dû au pétrole utilisé pour la fabrication du papier, et dans une moindre mesure au transport et à l'électricité produite par des ressources fossiles nécessaires à leur mise en forme.

##### 4.3.4.3 Réchauffement climatique

De nouveau, le transport depuis Point Ferme représente la majeure partie des sources d'impact (91%), cela dû aux émissions de la camionnette en fonctionnement (moteur thermique diesel), en particulier le dioxyde de carbone, qui est la majeure cause de cet impact. L'impact des sacs en papiers est ici dû majoritairement au procédé de fabrication du papier kraft suivi par les émissions lors du transport des sacs depuis le producteur (Italie) jusqu'en Belgique.

##### 4.3.4.4 Destruction de la couche d'ozone

L'impact vient ici majoritairement des composés organiques bromofluorés (principalement le bromotrifluorométhane) émis dans l'air lors de la production (extraction et raffinage) du diesel (qui représente ~45% des sources d'impact liées au transport), et des composés chlorofluorés (principalement le trichlorotrifluoroéthane) intervenant dans la fabrication du réfrigérant utilisé (~37% des impacts liés au transport).

Concernant les emballages, cet impact vient principalement du pétrole intervenant dans la fabrication du papier, pour les mêmes raisons que le diesel du transport de Point Ferme. Le transport des sacs a aussi un impact, bien que plus léger.

#### **4.3.4.5 Oxydation photochimique**

Les résultats obtenus ici sont considérés erronés à cause de la méthode d'évaluation d'impact utilisée (CML-IA baseline V3.05).

D'après les résultats obtenus, l'impact proviendrait majoritairement des émissions pendant le transport, en particulier les émissions de CO, qui est un précurseur de l'ozone troposphérique. Un autre impact notable viendrait du diesel utilisé (en particulier les émissions liées à sa production et le brûlage du gaz naturel en raffinerie qui y est lié). La fabrication de la camionnette participe à cet impact via la production du fer utilisé pour l'acier de la camionnette. L'impact lié aux emballages proviendrait quant à lui majoritairement de la production du papier kraft, tout ceci d'après la méthode CML-IA baseline V3.05.

Cependant, les facteurs de caractérisation des oxydes d'azote sont nuls pour cette catégorie d'impact. Ces derniers sont pourtant reconnus comme substances majeures impliquées dans l'oxydation photochimique avec les précurseurs d'ozone [90]. Certaines études mettent en avant l'état photostationnaire [92], cependant celui-ci ne s'applique pas en atmosphère polluée, où les mécanismes de destruction d'ozone troposphériques sont bloqués par la réaction du monoxyde d'azote avec les précurseurs de l'ozone, qui libèrent encore plus d'ozone troposphérique. Certaines sources considèrent les oxydes d'azote comme simples catalyseurs [91], cependant, leur impact est loin d'être nul puisque leur effet de catalyseur déplace l'équilibre en place dans l'atmosphère.

L'impact environnemental des oxydes d'azote ne peut être négligé ou considéré nul, les présents résultats relatifs à cette catégorie d'impact sont donc considérés erronés. Une révision de la méthode d'évaluation CML-IA baseline V3.05 concernant ce point est recommandée.

#### **4.3.4.6 Acidification**

Les émissions dues au transport sont la majeure partie de cet impact, l'élément le plus impactant étant le SO<sub>2</sub> suivi par les NO<sub>x</sub>. Ces derniers proviennent majoritairement des émissions de la camionnette. L'impact des autres procédés liés transport sont quant à eux moins liés à une cause principale et répartis sur les différents composés émis et les différents procédés élémentaires les composant.

Ici encore, la fabrication du papier représente la source d'impact majoritaire concernant les emballages.

#### **4.3.4.7 Eutrophisation**

L'Impact provient majoritairement des phosphates libérés dans l'eau par plusieurs processus, les principaux étant, dans cet ordre, la fabrication et fin de vie de la camionnette, la fabrication et fin de vie du système de réfrigération, et la maintenance de la camionnette.

L'impact lié aux emballages provient quant à lui de l'extraction de ressources fossiles, celles-ci ne pouvant être attribuées à un processus particulier.

## 4.4 Scénarios alternatifs

Pour avoir une base de comparaison des résultats de l'ACV réalisée, d'autres scénarios sont étudiés. Ceux-ci représentent respectivement un cadre sans circuit de distribution établi et un cadre de circuit long.

### 4.4.1 Description des scénarios

#### 4.4.1.1 Scénario Alternatif 1 : Vente chez le producteur

Un premier scénario évalue l'influence du transport depuis le producteur jusqu'au consommateur en considérant que ce dernier effectue le déplacement par lui-même et sans autre but que l'achat de légumes.

Il est à noter que ce système est modélisé bien plus grossièrement sur base de données statistiques (et non de données primaires) et ne constitue qu'une estimation et non une analyse détaillée d'un système existant. Ce système doit tenir compte de la fréquence des trajets effectués par le consommateur, la distance de ces trajets ainsi que la charge du véhicule pour ces trajets. En effet l'impact sera différent si le consommateur achète ses légumes par 4 kg que s'il les achète par 2 kg à chaque trajet, puisque sur la même période, il devra s'approvisionner deux fois plus souvent.

Il serait ici absurde de considérer la même distance que celle parcourue par Point Ferme car l'habitude des consommateurs varie, et il est probable que beaucoup de clients de Point Ferme n'achèteraient pas leurs légumes chez Jardin d'Antan sans leur système de livraison au vu des distances à parcourir depuis leur domicile ou leur lieu de travail.

Selon plusieurs sources, il ressort que la distance moyenne du trajet d'un consommateur belge pour effectuer ses courses est d'environ 7 km [93]–[95]. Il est à noter que cette distance est liée aux habitudes des consommateurs et que le fait d'acheter directement chez le producteur modifie cette donnée. En effet, certains consommateurs réduisent la distance des trajets qu'ils seraient prêts à faire pour aller directement chez le producteur là où d'autres seraient prêts à l'augmenter. À défaut d'une étude plus poussée sur le sujet, la valeur moyenne de 7 km par trajet sera utilisée comme référence.

Différentes sources ont évalué la fréquence des trajets des consommateurs, mais au vu des importantes différences dans les valeurs obtenues ou calculées sur base de ces sources, une approximation basée sur la fréquence de livraison de Point Ferme a été établie. Il est pris en compte qu'un ménage effectue un trajet par semaine pour s'approvisionner (de même que chaque point de livraison est livré hebdomadairement par Point Ferme). Un consommateur ne transporte cependant pas toujours 2 kg de légume par trajet.

Pour évaluer la quantité de nourriture transportée dans une voiture à chaque trajet, nous considérons qu'un ménage est composé en moyenne de 2,3 personnes [96] et que la consommation moyenne de légumes par les Belges est de 39,1 kg/hab/an [97]–[101]. Une fois cette quantité obtenue, les distances parcourues seront alors ajustées pour adapter la longueur du trajet à l'unité fonctionnelle choisie : 2 kg de légumes transportés. Le détail de ce calcul est présent à l'Annexe 1.

#### **4.4.1.2 Scénario alternatif 2 : Circuit long**

Afin de comparer grossièrement l'impact environnemental du système étudié avec un exemple de circuit long, un autre cas représentant le circuit de distribution d'un supermarché est étudié.

Pour ce système, seul le trajet du lieu de production jusqu'au magasin (supposé implanté à Liège), en passant par Hal (comme expliqué au chapitre 1.1.4.1) sera étudié. Le dernier kilomètre n'est donc pas compris dans le champ d'étude de ce scénario. La raison de ce choix est que la distribution en supermarché comprend beaucoup plus de produits que les légumes et il est difficile de déterminer la part exacte que ceux-ci représentent lors d'un achat par le consommateur. Les deux scénarios restent cependant comparables puisque l'exclusion du dernier kilomètre dans le cas de Point Ferme ne change en rien les résultats obtenus, celui-ci étant négligé.

Puisque les légumes en circuit long proviennent de différents endroits très épars sur le globe, un panier-type est considéré, basé sur les ventes de Point Ferme. Tous les légumes étant vendus par Point Ferme n'étant pas présents dans les rayons de tous les supermarchés, le panier sera défini de manière à être le plus proche possible de celui de Point Ferme, en ajustant proportionnellement les quantités à celles vendues par Point Ferme sur les mois considérés. Les légumes non disponibles en supermarchés ne seront pas remplacés par d'autres. Un tableau reprenant les légumes et quantités des paniers-types de Point Ferme et des supermarchés est présent à l'Annexe 3. Comme pour les cas précédents, une masse d'emballage moyenne de 10% a été considérée.

La provenance des légumes est déterminée en prenant celle des légumes frais en vente dans différentes enseignes belges (Colruyt et Delhaize). Lorsqu'un même légume provient de plusieurs pays, une distribution homogène des provenances (en masse) a été supposée. Lorsque l'origine d'un légume n'est pas indiquée dans les enseignes visitées, le produit n'a pas été considéré.

Deux cas ont été considérés pour ce scénario : un trajet systématique jusqu'en Belgique par bateau réfrigéré ou par avion réfrigéré pour les pays non limitrophes. Le reste des trajets se faisant par camions réfrigérés en passant par la centrale de distribution, situé pour ce cas à Hal. Les distances à parcourir ont été déterminées via le site internet searates.com [102] pour les pays étrangers ainsi que le trajet de Hal vers Liège. Les distances parcourues par les produits belges du lieu de production jusqu'à Hal ont été approximées à 70 km en moyenne.

#### **4.4.2 Analyse et comparaison des scénarios**

##### **4.4.2.1 Scénario alternatif 1 : Vente chez le producteur**

Le scénario alternatif présenté au chapitre 4.4.1.1 considérant que tous les consommateurs effectuent le trajet domicile-fournisseurs indépendamment est comparé ici au système de référence (Point Ferme).

La Figure 21 montre que le système de livraison de Point Ferme (en rouge) permet de diminuer fortement la consommation par rapport au cas où les consommateurs viendraient chercher eux-mêmes leurs légumes chez le producteur (Jardin d'Antan) (en bleu). Cependant, ce résultat repose fortement sur l'hypothèse faite pour les distances parcourues. Il est donc intéressant de voir dans quelles limites cette conclusion est correcte en faisant varier ce paramètre.

La Figure 22 montre la comparaison entre le système de livraison de Point Ferme et le premier scénario alternatif, selon différentes distances qui seraient parcourues par les clients. On peut ainsi



constater que pour les clients les plus proches de Jardin d'Antan (moins de 1,75 km) effectuer leurs achats chez le fournisseur directement a un impact environnemental moindre en tous points que l'utilisation du système de Point Ferme. Il existe donc une distance critique sous laquelle Point Ferme n'est plus la meilleure solution environnementale, cette distance dépendant de la catégorie d'impact considérée. Elle varie entre environ 1,75 km pour l'épuisement des ressources abiotiques et fossiles ainsi que le réchauffement climatique et environ 3 km pour l'eutrophisation.

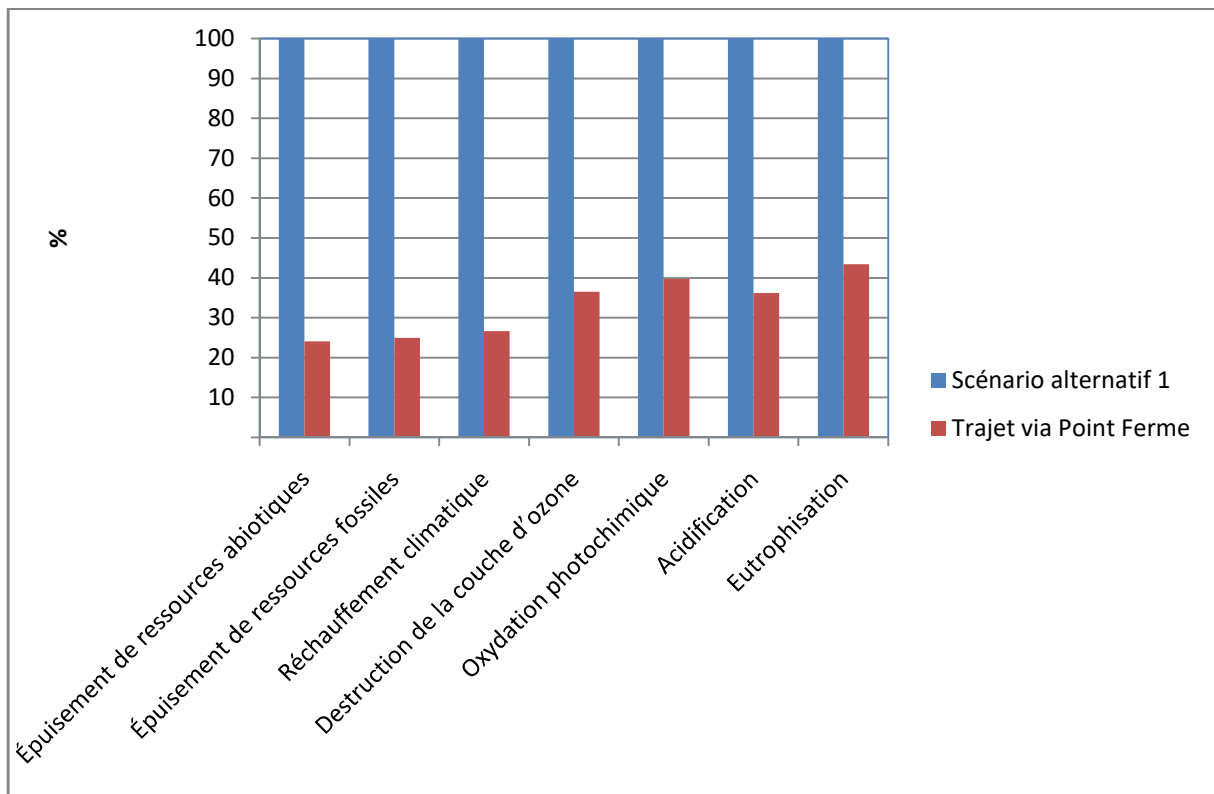


Figure 21. Caractérisation - Comparaison du scénario alternatif 1 avec Point Ferme pour le transport de 2kg de légumes, méthode: CML-IA baseline V3.05

Tableau 8. Caractérisation - Comparaison du scénario alternatif 1 avec le scénario de référence (Point Ferme) pour le transport de 2kg de légumes, méthode: CML-IA baseline V3.05

Catégorie d'impact	Unité	Scénario alternatif 1	Trajet Point Ferme + Jardin d'Antan
Épuisement de ressources abiotiques	kg Sb eq	3,07E-05	7,40E-06
Épuisement de ressources fossiles	MJ	3,57E+01	8,91E+00
Réchauffement climatique	kg CO <sub>2</sub> eq	2,59E+00	6,90E-01
Destruction de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	3,92E-07	1,43E-07
Oxydation photochimique	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	6,24E-04	2,48E-04
Acidification	kg SO <sub>2</sub> eq	8,75E-03	3,17E-03
Eutrophisation	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	2,68E-03	1,17E-03

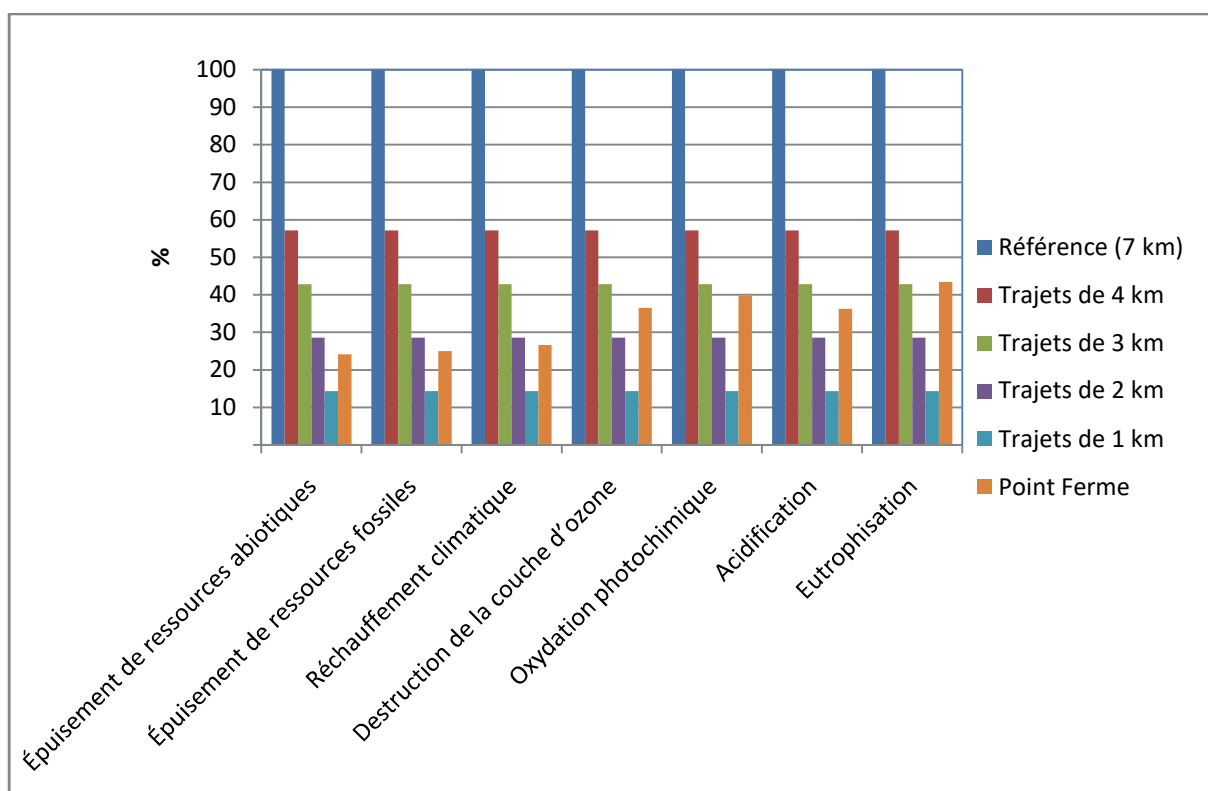


Figure 22. Caractérisation - Analyse de sensibilité du scénario alternatif 1 avec la distance parcourue et comparaison avec Point Ferme, méthode: CML-IA baseline V3.05

Il est important de mettre ces résultats en relation avec les hypothèses posées pour le scénario alternatif. Un seul trajet par semaine a été considéré par ménage de 2,3 personnes. Cela implique que pour un ménage de moins de 2,3 personnes (une personne vivant seule et effectuant uniquement ses propres courses par exemple), la distance critique diminue, de même si la fréquence des courses augmente. Un ménage se procurant des légumes 2 fois par semaine verra sa distance

critique divisée par deux. À l'inverse, ces trajets sont considérés sans autre but que l'achat de légumes, un consommateur effectuant d'autres courses sur le même trajet, à condition de ne pas faire de détour, verra donc son impact environnemental diminuer.

Afin de visualiser grossièrement la distance critique évoquée plus haut, la Figure 23 montre un cercle de 1,5 km autour de Jardin d'Antan ainsi que les points de collecte de Point Ferme. Ces derniers sont représentés de différentes couleurs selon le jour où ils sont livrés, le point rouge représente Point Ferme, et le noir Jardin d'Antan. Toute personne située à l'extérieur du cercle aura un impact environnemental supérieur s'il se déplace lui-même jusqu'à Jardin d'Antan (en voiture, dans le seul but d'acheter des légumes) que s'il fait appel à Point Ferme. Cela permet de voir que Point Ferme a un réel impact positif sur les circuits de distribution et permet de distribuer les produits de Jardin d'Antan à des distances beaucoup plus importantes tout en limitant l'impact environnemental de cette distribution.

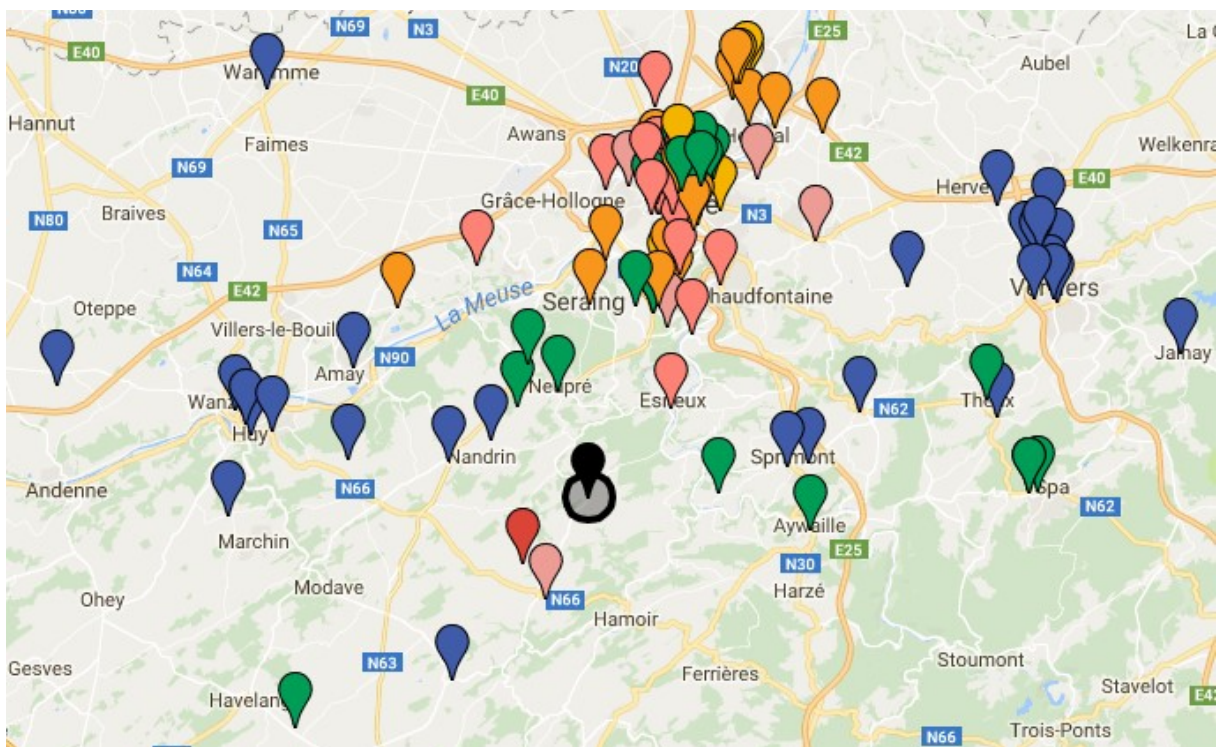


Figure 23. Aperçu de la distance critique de 3 km aller-retour autour de Jardin d'Antan et aperçu des points de collecte de Point Ferme

#### 4.4.2.2 Scénario alternatif 2 : Circuit long

La Figure 24 et le Tableau 9 présentent les résultats de la comparaison des deux variantes de ce système (circuit long par bateau ou circuit long par avion) avec le système de distribution de Point Ferme. Le transport par avion réfrigéré est beaucoup plus impactant que les autres cas (en dehors de l'épuisement de ressources abiotiques).

En revanche, le transport sur de longues distances par bateau réfrigéré est beaucoup moins impactant que le système de Point Ferme. Il peut en être conclu que le transport de Jardin d'Antan jusqu'aux points de livraisons de Point Ferme ne constitue pas une meilleure alternative à la livraison

de producteurs non locaux jusqu'aux supermarchés. Mais il faut d'être prudent et il convient de comprendre pourquoi ces résultats sont obtenus et les remettre en contexte.

Premièrement, la grande différence observée provient majoritairement des hypothèses de la base de données Ecoinvent 3.4. Il est en effet visible en regardant le détail de l'Annexe 2 que le transport par camionnette suppose une durée de vie de cette dernière correspondant à une utilisation de  $2,41 \times 10^5$  pièces pour le transport de 1 tkm, là où la durée de vie d'un camion réfrigéré correspond à une utilisation de  $3,2 \times 10^7$  pièces pour le même transport. Ceci suppose qu'un camion transporte 78 fois plus qu'une camionnette pendant sa durée de vie, ce qui paraît assez important, malgré la différence de charge des deux véhicules. Pour un camion transportant 10 tonnes et une camionnette transportant 0,5 tonne, cela voudrait dire que le camion parcourt une distance quatre fois supérieure pendant sa durée de vie. De plus, dans ce travail, l'impact lié au système de réfrigération a été pris sur base de celui d'un camion, mais sa durée de vie correspond à celle d'une camionnette. Le système étant surdimensionné, son impact l'est aussi. La consommation des deux véhicules est du même ordre de grandeur dans la base de données. Puisque l'impact majoritaire du système de Point Ferme provient de ce point, il conviendrait pour une analyse plus détaillée de vérifier ces durées de vie et mieux détailler le système de réfrigération.

Deuxièmement, cette comparaison exclut le dernier kilomètre de son champ d'étude, là où il est négligé car très peu important dans le cas de l'étude de Point Ferme. D'après la Figure 22, prendre en compte un déplacement spécifique dans les circuits longs augmenterait significativement l'impact de ces derniers et changerait les résultats obtenus. Cependant, les supermarchés fournissent d'autres aliments et biens que les légumes, l'impact du dernier kilomètre sera donc à répartir sur l'ensemble des biens achetés, et il est nécessaire de connaître les habitudes des consommateurs pour quantifier ceci. Une étude plus poussée des habitudes des consommateurs serait donc pertinente.

Troisièmement, il est intéressant de noter que le modèle du scénario alternatif prend en compte un panier basé sur celui de Point Ferme et contient donc majoritairement des produits cultivables en Belgique. Certains produits tels que la citronnelle, le gingembre et le curcuma, importés respectivement de Thaïlande, Pérou et Inde et augmentant significativement l'impact environnemental des trajets, ne sont pas pris en compte. Cet exemple permet de rappeler que l'impact environnemental d'un circuit de distribution dépend aussi du comportement des fournisseurs et consommateurs en choisissant des produits exotiques ou non.

Tout cela considéré, la conclusion pouvant être tirée de cette comparaison est la suivante : pour un panier de légumes équivalent, l'impact environnemental du transport du producteur au lieu de retrait du consommateur est plus important suivant le système de distribution de Point Ferme que par un circuit long utilisant principalement des bateaux réfrigérés.

Il est à noter aussi que seul le trajet a été pris en compte dans cette comparaison, ce qui exclut donc les emballages ainsi que la production de ces légumes.

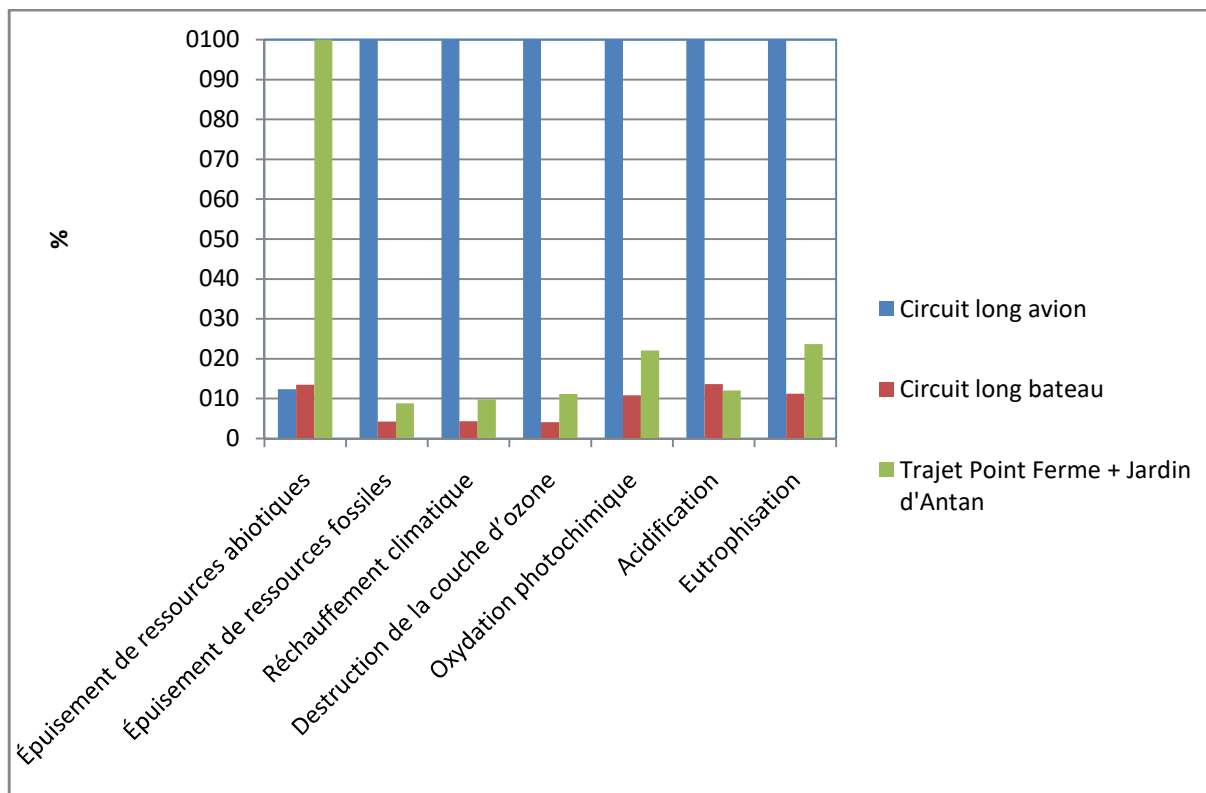


Figure 24. Caractérisation - Comparaison du scénario alternatif 2 avec Point Ferme pour le transport de 2kg de légumes, méthode: CML-IA baseline V3.05

Tableau 9. Caractérisation - Comparaison du scénario alternatif 2 avec Point Ferme pour le transport de 2kg de légumes, méthode: CML-IA baseline V3.05

Catégorie d'impact	Unité	Circuit long avion	Circuit long bateau	Trajet Point Ferme + Jardin d'Antan
Épuisement de ressources abiotiques	kg Sb eq	8,38E-07	9,09E-07	6,75E-06
Épuisement de ressources fossiles	MJ	9,20E+01	3,92E+00	8,14E+00
Réchauffement climatique	kg CO <sub>2</sub> eq	6,41E+00	2,77E-01	6,30E-01
Destruction de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	1,17E-06	4,85E-08	1,31E-07
Oxydation photochimique	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	1,03E-03	1,11E-04	2,27E-04
Acidification	kg SO <sub>2</sub> eq	2,41E-02	3,28E-03	2,90E-03
Eutrophisation	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	4,50E-03	5,07E-04	1,07E-03

## 5 Conclusions

Après développement du cadre des circuits courts et l'analyse de cycle de vie de l'un d'eux avec l'exemple de Point Ferme plusieurs éléments ressortent de ce travail.

Après l'explosion des supermarchés, un retour aux circuits courts d'alimentation est observé ces dernières années sous forme notamment d'AMAP, GASAP et PVC. Pour les consommateurs, c'est un moyen de promouvoir une agriculture locale, s'assurer de la qualité des produits, profiter d'un prix plus juste et nouer des liens avec le producteur. Pour ce dernier, c'est l'opportunité de promouvoir et valoriser son travail, échapper aux normes des grands circuits de distribution et aussi profiter de prix de ventes plus justes. Le bénéfice environnemental des circuits courts est quant à lui plus difficile à affirmer, bien qu'ils favorisent de bonnes habitudes de consommation et limitent les distances parcourues, parfois inutiles dans le cadre de circuits longs.

Il faut noter qu'il existe de nombreux circuits courts alimentaires de proximité, chacun ayant une forme particulière, et chacun s'inscrivant dans un contexte culturel, économique et géographique qui lui est propre. Il est donc impossible de généraliser les résultats obtenus dans la présente ACV à tous les circuits courts. Il ressort tout de même que les circuits courts ont souvent des avantages économiques et sociaux assez prisés des consommateurs et producteurs qui leur permettent de s'inscrire dans une optique de consommation responsable et locale.

Dans le cas particulier de la distribution de légumes par Point Ferme du producteur au consommateur, il existe trois grandes sources d'impacts. Celles-ci sont le transport du producteur vers Point Ferme, le transport de Point Ferme vers les points de dépôts et les emballages. Ces derniers sont constitués de sacs en papier kraft, et de caisses EPS négligées ici car réutilisables et ayant une bonne durée de vie. Le transport des points de dépôts vers le domicile du consommateur est aussi négligé car intégré dans un trajet indépendant de la fonction étudiée.

Le circuit de distribution de Point Ferme vers les points de collecte constitue la partie majeure de l'impact environnemental du système de distribution (plus de 90% pour toutes les catégories d'impact). Cet impact est majoritairement dû à la fabrication et fin de vie du système de réfrigération ainsi que de la camionnette utilisée pour effectuer les tournées. Le second impact majoritaire sur l'ensemble des catégories d'impacts provient du carburant utilisé ainsi que des émissions liées à l'opération de la camionnette. En comparaison, les emballages utilisés sont une très faible source d'impact. L'impact généré par les emballages est principalement dû à la fabrication du papier dont ils sont composés, même si leur recyclage permet de diminuer cet impact de manière significative.

La catégorie d'impact majoritaire selon la normalisation est l'épuisement de ressources abiotiques, suivie par l'épuisement des ressources fossiles, dont les sources respectives viennent à environ 95% et 91% du transport de Point Ferme, 3% et 7% des emballages et moins de 2% et 3% du transport de Jardin d'Antan.

La distribution de 2 kg de légumes par Point Ferme correspond à l'émission de 0.735 kg CO<sub>2</sub> eq. répartis comme suit : 91% vient du transport depuis Point Ferme, 2% du transport depuis Jardin d'Antan vers Point Ferme et 7% des emballages utilisés.

Si on compare l'impact environnemental dû au trajet de Point Ferme avec d'autres scénarios de circuits de distribution, il ressort alors que l'existence de Point Ferme permet, sans augmenter l'impact environnemental, de fournir des clients à des distances beaucoup plus élevées que si les clients devaient se déplacer d'eux-mêmes jusqu'au fournisseur (Jardin d'Antan) pour acheter leurs légumes.

Les légumes livrés par Point Ferme sont aussi moins impactant sur de nombreuses catégories d'impact que des légumes de supermarchés, dans le cas où la part de ces derniers provenant de pays non limitrophes est expédiée par avion. Ces catégories reprennent l'épuisement des ressources fossiles, le réchauffement climatique, la destruction de la couche d'ozone, l'oxydation photochimique, l'acidification ainsi que l'eutrophisation.

Cependant, sans tenir compte du dernier kilomètre, le circuit de distribution de Point Ferme a un impact global plus important que pour des légumes distribués par bateau en supermarché. Cet impact reste cependant inférieur à celui de légumes transportés par avion, excepté pour l'épuisement des ressources abiotiques où l'impact reste bien plus important via Point Ferme. Cela montre que les habitudes des consommateurs ont une grande influence sur l'impact environnemental total du circuit de distribution alimentaire qu'ils choisissent. Prendre en compte le dernier kilomètre aurait un impact sur cette conclusion, bien que la mesure de cet impact reste inconnue sans de plus amples informations concernant les habitudes des consommateurs utilisant les circuits longs.

Pour confirmer ces résultats sur l'entièreté du circuit, il convient de réaliser une étude de circuit long en région Liégeoise, en prêtant attention aux durées de vie des véhicules utilisés ainsi qu'aux habitudes des consommateurs en circuit long. Cela serait un bon point de départ pour une future étude.

Des perspectives intéressantes pour de futures études sont l'analyse détaillée du comportement des consommateurs et agriculteurs selon les circuits de distribution utilisés. Cela permettra une vue plus globale sur l'impact environnemental des circuits courts. De même, analyser les habitudes des producteurs et distributeurs concernant les méthodes de cultures et les emballages utilisés, et comment ces habitudes varient selon le type de circuit de distribution employé permettrait de compléter le cadre des circuits de distribution.

## Bibliographie

- [1] "ISO (2006a) ISO 14040:2006 - Environmental management – Life Cycle Assessment: Principles and Framework. International Standard Organisation, Geneva, Switzerland," 2006.
- [2] A. Léonard, "CHIM0699 Life cycle assessment - ecodesign," *Liège Univ. Fac. des Sci. Appliquées*, 2017.
- [3] Réseau de consommateurs responsables, "Groupes d'achats alimentaires : guide," 2012.
- [4] ADEME, "Alimentation - Les circuits courts de proximité," *Les Avis l'ADEME*, 2017.
- [5] Credal conseil, "Les circuits courts solidaires et durables en Wallonie," 2013.
- [6] F. De Libramont, "Itinéraires BIO," no. 17, 2014.
- [7] S. Winandy, "Où en est-on dans les circuits courts ?," 2016.
- [8] Universud Liège, "Voix Solidaires #11," 2018.
- [9] "Qu'est ce qu'un circuit court? | Biowallonie." [Online]. Available: <https://www.biowallonie.com/documentations/quest-quun-circuit-court/>. [Accessed: 10-Aug-2018].
- [10] "Paniers bio, GASAP, GAC, dépôts de paniers, AMAP, comment s'y retrouver? - Le réseau des GASAP." [Online]. Available: <https://gasap.be/paniers-bio-gasap-gac-depots-de/>. [Accessed: 03-Aug-2018].
- [11] M. Browne, J. Léonardi, J. Allen, and M. Piotrowska, "Chaînes logistiques et consommation d'énergie : Cas des meubles et des fruits & légumes," 2008.
- [12] C. Rizet and B. Keïta, "Chaînes logistiques et consommation d'énergie : cas du Yaourt et du Jean," 2005.
- [13] C. Aubry, Y. Chiffolleau, I. Sad, U. M. R. Sadapt, I. Sad, and U. M. R. Innovation, "Le développement des circuits courts et l'agriculture périurbaine : histoire , évolution en cours et questions actuelles."
- [14] Y. Chiffolleau, "Les circuits courts de commercialisation en agriculture : diversité et enjeux pour le développement durable," no. April, 2017.
- [15] A. Gonçalves and T. Zeroual, "Analyser les impacts des circuits courts alimentaires : une étude en Nord-Pas-de-Calais," *Rev. la régulation [En ligne]*, vol. 20, 2016.
- [16] "Les 10 pires scandales alimentaires depuis 1980 | Bio à la une." [Online]. Available: <https://www.bioalaune.com/fr/actualite-bio/11948/10-pires-scandales-alimentaires-1980>. [Accessed: 07-Aug-2018].
- [17] ADEME, "Les circuits courts alimentaires de proximité," *Les Avis l'ADEME*, 2012.
- [18] P. Ozer and M. Bay, "Alimentation durable : De la promotion des filières courtes à la promotion d'emplois durables," 2009.
- [19] G. Maréchal and A. Spanu, "Les circuits courts favorisent-ils l'adoption de pratiques agricoles plus respectueuses," pp. 33–45, 2010.
- [20] Commission Européenne, "Proposition de Règlement du Parlement Européen et du Conseil," vol. 0282, 2011.
- [21] C. Héroult-fourrier, "Est-on vraiment proche en vente directe ? Typologie des consommateurs en fonction de la proximité perçue dans trois formes de vente : AMAP , Points de vente collectifs et Marchés," 2013.
- [22] CIVAM Bretagne, "L'impact énergétique des circuits courts," pp. 2007–2008, 2007.
- [23] S. SUREAU, "Entre food miles et circuits courts : Essai de comparaison des circuits de distribution du bio en Belgique à partir d'une analyse de cycle de vie de légumes wallons du champ à l'étal," pp. 2013–2014, 2014.
- [24] C. Héroult-fourrier, A. Merle, A. H. Prigent-simonin, M. Prospective, E. Management, and A. Prigent-simonin, "Comment les consommateurs perçoivent-ils la proximité à l'égard d'un circuit court," 2012.
- [25] Observatoire Bruxellois de la consommation durable, "Combien de kilomètres contient une



- assiette ?," *Obs. bruxellois la Consomm. durable*, pp. 1–10, 2005.
- [26] Observatoire Bruxellois de la consommation durable, "Fruits et légumes locaux et de saison," *Crioc*, 2006.
- [27] "Enzafruit // De la plantation jusqu'au marché - Fruits de Nouvelle-Zélande." [Online]. Available: <https://www.enzafruit.be/fr/fruits-de-nouvelle-zelande/de-la-plantation-jusqu-au-marche/>. [Accessed: 15-Aug-2018].
- [28] P. Mundler and L. Rumpus, "La route des paniers : Réflexions sur l'efficacité énergétique d'une forme de distribution alimentaire en circuits courts," 2018.
- [29] "Kilomètre-aliment : pourquoi manger local ?," *Les Mots*, p. 1990, 1990.
- [30] DG Statistique - Statistics Belgium, "La Belgique consomme moins de viande et en exporte beaucoup plus," vol. 32, no. 0, pp. 1–7, 2014.
- [31] M. J. Mariola, "The local industrial complex ? Questioning the link between local foods and energy use," pp. 193–196, 2008.
- [32] "ISO (2006b) ISO 14044:2006 - Environmental management – Life Cycle Assessment Requirements and Guide-lines. International Standard Organisation, Geneva, Switzerland," 2006.
- [33] "ISO/TC 207/SC 5 - Life cycle assessment." [Online]. Available: <https://www.iso.org/committee/54854/x/catalogue/>. [Accessed: 29-Jun-2018].
- [34] "Cycleco démocratise l'éco-conception et met l'analyse du cycle de vie à la portée des PME - Ekoconception." [Online]. Available: <http://www.ekoconception.eu/fr/cycleco-democratise-leco-conception-et-met-lanalyse-du-cycle-de-vie-a-la-portee-des-pme/>. [Accessed: 03-Aug-2018].
- [35] "Memoire Online - Analyse de cycle de vie appliquée à un système de production d'eau potable : cas de l'unité industrielle SODECI nord-riviera - Yannick Diby Armel BAIDAI." [Online]. Available: [https://www.memoireonline.com/10/13/7512/m\\_Analyse-de-cycle-de-vie-appliquee--un-systeme-de-production-d-eau-potable--cas-de-l-unite-indu15.html](https://www.memoireonline.com/10/13/7512/m_Analyse-de-cycle-de-vie-appliquee--un-systeme-de-production-d-eau-potable--cas-de-l-unite-indu15.html). [Accessed: 15-Aug-2018].
- [36] J. Roiz, "Les ACV appliquées aux produits biobasés," no. juin, pp. 1–19, 2010.
- [37] N. Thériault and T. Reyes, "Dans le cadre d'une ACV, conception d'un outil d'aide à la sélection d'un jeu de catégories d'impact pour les entreprises européennes et nord-américaines du secteur textile," 2011.
- [38] "Méthodologie de l'analyse de cycle de vie (ACV) - Éléments facultatifs de l'évaluation des impacts." [Online]. Available: [http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap03/co/ch03\\_290\\_3-4-2.html](http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap03/co/ch03_290_3-4-2.html). [Accessed: 19-Aug-2018].
- [39] N. Thériault, "Dans le cadre d'une ACV, conception d'un outil d'aide à la sélection d'un jeu de catégories d'impact pour les entreprises européennes et nord-américaines du secteur textile," p. 126, 2011.
- [40] P. Ozer, "Le coût CO2 du réveillon de Noël," *JEF - Conseil de la Jeunesse*, vol. 27, 2013.
- [41] "Panier fermier, local, de saison, bio ou en agriculture raisonnée à Liège – Point Ferme." [Online]. Available: <https://www.pointferme.be/>. [Accessed: 15-Aug-2018].
- [42] "ecoinvent 3.4 – ecoinvent." [Online]. Available: <https://www.ecoinvent.org/database/ecoinvent-34/ecoinvent-34.html>. [Accessed: 07-Aug-2018].
- [43] Interfel, "les fruits et légumes frais, Blette." 2018.
- [44] CRENO IMPEX, "Tableau des calibres Les calibres : fruits," 2009.
- [45] "Chou de Bruxelles : planter et cultiver – Ooreka." [Online]. Available: <https://jardinage.ooreka.fr/plante/voir/235/choux-de-bruxelles>. [Accessed: 28-Jun-2018].
- [46] "Chou de Bruxelles : semis, plantation, culture et récolte." [Online]. Available: <https://www.jardiner-malin.fr/fiche/chou-de-bruxelles.html>. [Accessed: 28-Jun-2018].
- [47] "Combien pèse un chou de Bruxelles ? - Jardin Potager Bio." [Online]. Available: <https://jardin-potager-bio.fr/combien-pese-un-chou-de-bruxelles>. [Accessed: 28-Jun-2018].

- [48] "Butternut - Définition et recettes de 'Butternut' - Supertoinette." [Online]. Available: <https://www.supertoinette.com/fiche-cuisine/1283/butternut.html>. [Accessed: 28-Jun-2018].
- [49] "Le potimarron, un délicieux cousin du potiron | Dossier." [Online]. Available: <https://www.futura-sciences.com/maison/dossiers/maison-potager-decouvrez-legumes-insolites-876/page/10/>. [Accessed: 28-Jun-2018].
- [50] "Potimarron." [Online]. Available: <https://www.gerbeaud.com/fruit-legume-de-saison/potimarron.php>. [Accessed: 28-Jun-2018].
- [51] "Potimarron." [Online]. Available: <http://www.biobreizh.org/la-gamme/62-le-potimarron>. [Accessed: 28-Jun-2018].
- [52] "Accueil | Produits frais, produits bio, livraison à domicile de vos courses - lepanierpaysan.fr." [Online]. Available: <http://www.lepanierpaysan.fr/>. [Accessed: 28-Jun-2018].
- [53] "Fruits et légumes - Légumes - Persil | Les Jardins du mesnil." [Online]. Available: <http://www.lesjardinsdumesnil.fr/fruits-et-legumes/persil/>. [Accessed: 28-Jun-2018].
- [54] "ppstyle." [Online]. Available: <http://www.basesdelacuisine.com/Cadre1/z1/pp80.htm>. [Accessed: 28-Jun-2018].
- [55] "Poids moyen brut légumes et fruits - Desperate 'Molecular Cook' Wives," 2009. [Online]. Available: <http://dmcwilshim.canalblog.com/archives/2009/01/18/12131475.html>. [Accessed: 28-Jun-2018].
- [56] "Google Maps." [Online]. Available: <https://www.google.be/maps/>. [Accessed: 10-Aug-2018].
- [57] "Fiche technique Peugeot Boxer 2 2.2 HDI 110 330 L1H1 CONFORT 2013." [Online]. Available: <https://www.caradisiac.com/fiches-techniques/modele--peugeot-boxer-2/2013/2.2+hdi+110+330+l1h1+confort/>. [Accessed: 28-Jun-2018].
- [58] "VUL - Peugeot Boxer: la fiche technique." [Online]. Available: <https://www.caradisiac.com/VUL-Peugeot-Boxer-la-fiche-technique-28774.htm>. [Accessed: 28-Jun-2018].
- [59] "Fiche technique Peugeot Boxer (30) 335 L3H2 3.0 HDi 180 FAP Pack CD Clim plus année 2013." [Online]. Available: [http://www.auto-selection.com/fiche-technique/peugeot/boxer-\(30\)/2013/335-l3h2-3-0-hdi-180-fap-pack-cd-clim-plus-151371.php](http://www.auto-selection.com/fiche-technique/peugeot/boxer-(30)/2013/335-l3h2-3-0-hdi-180-fap-pack-cd-clim-plus-151371.php). [Accessed: 28-Jun-2018].
- [60] "Consommation Peugeot Boxer HDi - Neowebcar." [Online]. Available: <https://www.neowebcar.com/consommation/peugeot/boxer/hdi>. [Accessed: 28-Jun-2018].
- [61] "Consommation Peugeot Boxer 2.0 - Neowebcar." [Online]. Available: <https://www.neowebcar.com/consommation/peugeot/boxer/2-0>. [Accessed: 28-Jun-2018].
- [62] "bacs dimensions palette & camion bacs ouvertes Euro pallet 80 x 120 cm Euro pallet 80 x 120 cm Pool pallet 100 x 120 cm," no. mm, p. 19760.
- [63] "Caisses bleues pliables - Euro Pool System." [Online]. Available: <https://www.europoolsystem.com/fr/Bacs/Caisses-bleues-pliables>. [Accessed: 14-Aug-2018].
- [64] "Référence : NN09230001 Sac à fruits et légumes 1 kg - par 1000 Date : 28-06-2018 Sacs à fruits de 1 kg en kraft brun idéal pour vos fruits et légumes Informations générales Famille Sac et sachet Sac fruits et légumes Kraft Type Matière Forme Couleur Spéci," vol. 624, p. 9230001, 2018.
- [65] "Référence : NN09250008 Sac papier kraft brun à poignées plates 26 x 14 x 39 cm - par 50 Date : 28-06-2018 Sac papier kraft brun 26 x 14 x 39 cm pratique pour transporter vos produits alimentaires Informations générales Famille Sac et sachet Sac kraft poig," vol. 624, p. 9250008, 2018.
- [66] "Faits et chiffres | Moins de déchets." [Online]. Available: <http://moinsdedechets.wallonie.be/de/node/19>. [Accessed: 29-Jun-2018].
- [67] "Adhésifs Catalogue pour sacs en papier." [Online]. Available: <https://productoscolcar.com/fr/catalogue-sacs-en-papier/>. [Accessed: 29-Jun-2018].
- [68] "Rechercher les fabricants des Machine De Moulage Par Injection De Caisse En Plastique produits de qualité supérieure Machine De Moulage Par Injection De Caisse En Plastique sur Alibaba.com." [Online]. Available: <https://french.alibaba.com/g/plastic-crate-injection-molding-machine.html>. [Accessed: 29-Jun-2018].

- [69] “Machine de Fabrication de Sacs en Papier à Fond Carré, Ligne de Production de Sacs, Fabricant de Machine à Sacs en Chine.” [Online]. Available: <http://www.bagmakingmachine.fr/square-bottom-paper-bag-making-machine.html>. [Accessed: 29-Jun-2018].
- [70] “Adhésifs pour les sacs de papier | Productos Colcar.” [Online]. Available: <https://productoscolcar.com/fr/adhesifs-pour-sacs-en-papier/>. [Accessed: 29-Jun-2018].
- [71] “Machine de Fabrication de Sacs en Papier, Ligne de Production de Sacs, Fabricant de Machines à Sacs en Chine.” [Online]. Available: <http://www.bagmakingmachine.fr/paper-bag-making-machine.html>. [Accessed: 29-Jun-2018].
- [72] “Machine à Découpe Papier, Equipement pour Découpe de Rouleaux, Fabricant de Découpeur de Rouleaux en Chine.” [Online]. Available: <http://www.bagmakingmachine.fr/paper-cutting-machine.html>. [Accessed: 29-Jun-2018].
- [73] “Machine de Fabrication de Poignées pour Sacs, Ligne de Production de Poignées pour Sacs.” [Online]. Available: <http://www.bagmakingmachine.fr/paper-bag-handles-making-machine.html>. [Accessed: 29-Jun-2018].
- [74] “Machine de Fabrication de Sac en Papier pour Alimentaire, Equipement pour Sacs en Papier pour Alimentaire, Fabricant d’Equipement pour Sacs en Papier en Chine.” [Online]. Available: <http://www.bagmakingmachine.fr/food-paper-bag-making-machine.html>. [Accessed: 29-Jun-2018].
- [75] “Machine de Fabrication de Sac en Papier, Fabricant de Machines de Fabrication de Sac en Papier en Chine.” [Online]. Available: <http://www.pripack.fr/paper-bag-making-machine.html>. [Accessed: 29-Jun-2018].
- [76] “Comment sont fabriqués les sacs en papier kraft - YouTube.” [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=NuXvHrD6d7Q>. [Accessed: 29-Jun-2018].
- [77] Udyami Mitra, “Paper bags and pouches.”
- [78] “Collecte de papier – traitement des déchets de papier | Van Gansewinkel.” [Online]. Available: <https://www.van-gansewinkel.be/entreprises/flux-de-dechets/papier-et-carton>. [Accessed: 29-Jun-2018].
- [79] E. R. J. Goossens, “Papier et carton : la production belge de papier et de carton utilise 55 % de fibres recyclées,” *Prev. pack*, 2010.
- [80] A. Villanueva and H. Wenzel, “Paper waste - Recycling, incineration or landfilling? A review of existing life cycle assessments,” *Waste Manag.*, vol. 27, no. 8, 2007.
- [81] H. Merrild, A. Damgaard, and T. H. Christensen, “Life cycle assessment of waste paper management: The importance of technology data and system boundaries in assessing recycling and incineration,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 52, no. 12, pp. 1391–1398, 2008.
- [82] A. B. Gala, M. Raugei, and P. Fullana-i-Palmer, “Introducing a new method for calculating the environmental credits of end-of-life material recovery in attributional LCA,” *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 20, no. 5, pp. 645–654, 2015.
- [83] H. Merrild, A. W. Larsen, and T. H. Christensen, “Assessing recycling versus incineration of key materials in municipal waste: The importance of efficient energy recovery and transport distances,” *Waste Manag.*, vol. 32, no. 5, pp. 1009–1018, 2012.
- [84] L. Wang, R. Templer, and R. J. Murphy, “A Life Cycle Assessment (LCA) comparison of three management options for waste papers: Bioethanol production, recycling and incineration with energy recovery,” *Bioresour. Technol.*, vol. 120, pp. 89–98, 2012.
- [85] “En papier kraft.”
- [86] “SimaPro, the world’s leading LCA software.” [Online]. Available: <https://simapro.com/>. [Accessed: 16-Aug-2018].
- [87] “CML-IA Characterisation Factors - Leiden University.” [Online]. Available: <https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-output/science/cml-ia-characterisation-factors>. [Accessed: 16-Aug-2018].
- [88] JRC European Commission, *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook -- General guide for Life Cycle Assessment -- Detailed guidance*. 2010.
- [89] JRC European commission, *ILCD Handbook: Recommendations for Life Cycle Impact*

- Assessment in the European context*. 2011.
- [90] A. Léonard, "CHIM0071-4 Réduction des polluants en combustion," *Liège Univ. Fac. des Sci. Appliquées*, 2017.
- [91] "Impact " Formation d'Oxydants Photochimiques " Réactions de l'oxydation photochimique." [Online]. Available: <http://rpn.univ-lorraine.fr/UVED/impacts-environnementaux-acv/oxydants-photochimiques/co/reaction.html>. [Accessed: 20-Aug-2018].
- [92] C. Seigneur, "La pollution photochimique : les polluants gazeux," no. 2.
- [93] E. Cornelis, "BELDAM : l'enquête et ses résultats," 2012.
- [94] BELDAM, "Belgian Daily Mobility survey," p. 356, 2012.
- [95] M. Vandercammen, "Circuits courts," *CRIOC*, pp. 1–40, 2010.
- [96] "La taille moyenne des ménages ne diminue plus | Econosphères." [Online]. Available: <http://www.econospheres.be/La-taille-moyenne-des-menages-ne>. [Accessed: 09-Jul-2018].
- [97] "Consommation - Cellule d'Information Viandes." [Online]. Available: <http://www.celluleinfoviandes.be/enjeux/nutrition-et-sante/consommation/>. [Accessed: 09-Jul-2018].
- [98] "Les dépenses belges des fruits et légumes augmentent suite aux prix élevés en 2015 - VLAM Pers." [Online]. Available: <https://www.pers.vlam.be/fr/pers/detail/5133/les-depenses-belges-des-fruits-et-legumes-augmentent-suite-aux-prix-eleves-en-2015>. [Accessed: 09-Jul-2018].
- [99] "La consommation belge de fruits et légumes perd du terrain." [Online]. Available: <http://www.lava.be/documents/fm-prof-mei-2015/belgische-groente-en-fruitconsumptie.xml?lang=fr>. [Accessed: 09-Jul-2018].
- [100] "Quelle est la consommation de fruits et légumes en Belgique en 2013 ? | Fruits au bureau." [Online]. Available: <https://www.fruitsaubureau.be/quelle-est-la-consommation-de-fruits-et-legumes-en-belgique-en-2013/>. [Accessed: 09-Jul-2018].
- [101] "Le Belge a mangé 89,3 kilos de fruits et légumes frais en 2013 - La Libre." [Online]. Available: <http://www.lalibre.be/actu/sciences-sante/le-belge-a-mange-89-3-kilos-de-fruits-et-legumes-frais-en-2013-534fbed53570aae038b985e4>. [Accessed: 09-Jul-2018].
- [102] "Distances & Time." [Online]. Available: <https://www.searates.com/services/distances-time/>. [Accessed: 07-Aug-2018].

# Annexes

## Annexe 1 : Détail des calculs

Variable	Notation	Formule	Valeur en Septembre	Valeur en Mars	Valeur moyenne
<b>Quantité transportée par trajet</b>					
Masse de légumes mensuelle livrée	$M_{L,m}$	/	3816 kg	5534 kg	4675 kg
Distance mensuelle parcourue par la camionnette de Point Ferme	$D_m$	/	5493 km	4923 km	5207 km
Nombre de livraisons mensuelles	$N_{Liv,m}$	/	17	19	18
Distance parcourue par trajet	$D_t$	$= \frac{D_m}{N_{Liv,m}}$	323 km	259 km	289 km
Masse de légume livrée par trajet	$M_{L,t}$	$= \frac{M_{L,m}}{N_{Liv,m}}$	224 kg	291 kg	260 kg
Masse d'une caisse EPS	$M_{EPS}$	/	1,95 kg		
Nombre de caisse EPS utilisées par trajet	$N_{EPS,t}$	/	40		
Masse des caisses EPS transportées sur 1 trajet	$M_{EPS,t}$	$= M_{EPS} \times N_{EPS,t}$	78 kg		
Quantité utile transportée pour 1 trajet	$Q_t$	$= \left( M_{EPS,t} + \frac{M_{L,t} + M_{SK,t}}{2} \times D_t \right)$	62477 kg×km	58836 kg×km	61091 kg×km
<b>Sacs en papier kraft</b>					
Dimensions des petits sacs en papier kraft		/	140×70×280 mm		
Dimensions des grands sacs en papier kraft		/	260×140×390 mm		
Épaisseur du papier pour les petits sacs	$g_{PSK}$	/	35 g/m <sup>2</sup>		
Épaisseur du papier pour les grands sacs	$g_{GSK}$	/	80 g/m <sup>2</sup>		
Masse d'un petit sac	$M_{PSK}$	$= (0,14 \times 0,07 + 0,07 \times 0,28 + 0,28 \times 0,14) \times 2 \times g_{PSK}$	4,8 g		
Masse d'un grand sac	$M_{GSK}$	$= (0,26 \times 0,14 + 0,14 \times 0,39 + 0,39 \times 0,26) \times 2 \times g_{GSK}$	30,8 g		

Variable	Notation	Formule	Valeur en Septembre	Valeur en Mars	Valeur moyenne
Nombre de petits sacs par commande	$N_{PSK,c}$	/	4		
Nombre de grands sacs par commande	$N_{GSK,c}$	/	1		
Nombre de commande par trajet	$N_{Com,t}$	/	125	138	131
Masse de sacs en papier kraft par trajet	$M_{SK,t}$	$= (N_{GSK,c} \times M_{GSK} + N_{PSK,c} \times M_{PSK}) \times N_{Com,t}$	6,25 kg	6,87 kg	6,55 kg
<b>Ajustement selon unité fonctionnelle</b>					
Nombre de commandes mensuel	$N_{Com,m}$	/	500	550	525
Masse de légume par commande	$M_{L,com}$	$= \frac{M_{L,m}}{N_{Com,m}}$	1,8 kg	2,1 kg	2 kg
Nombre de commande par unité fonctionnelle	$N_{Com,UF}$	$= \frac{2 [kg]}{M_{L,com}}$	1,11	0,94	1,01
Nombre de trajet par unité fonctionnelle	$N_{liv,UF}$	$= N_{Com,UF} \times \frac{M_{L,com}}{M_{L,t}}$	0,00891	0,00687	0,0077
<b>Scénario alternatif 1</b>					
Distance parcourue par trajet par ménage	$d_{dk,t}$	/	7 km		
Nombre de personne dans un ménage	$n_{p,m}$	/	2,3 hab		
Consommation moyenne belge de légumes	$m_{dk,m}$	/	39,1 kg/hab/an		
Nombre de trajets par an par ménage	$n_{t,m}$	/	52 an <sup>-1</sup>		
Distance parcourue pour une unité fonctionnelle	$d_{dk,UF}$	$= \frac{d_{dk,t} \times n_{t,m} \times 2 [kg]}{n_{p,m} \times m_{dk,m}}$	8,1 km		

## Annexe 2 : Inventaire du cycle de vie utilisé dans Simapro

### Circuit de distribution complet

Processus	Quantité	Unité
Transport, freight, light commercial vehicle (Europe without Switzerland)  processing   Cut-off, U with refrigeration	$62,47726 \times 0,00686607 = 0,429$	tkm

(Transport avec réfrigération de Point Ferme vers les points de collecte)

Processus	Quantité	Unité
Transport, freight, light commercial vehicle (Europe without Switzerland)  processing   Cut-off, U, consommation modifiée	$((2+0,2) \times 6,2) + (0,2 \times 6,2) = 14,9$	kgkm

(Transport non réfrigéré du Jardin d'Antan vers Point Ferme)

Matériaux/assemblages	Quantité	Unité	Distribution
Emballage Point Ferme pour 1 commande	1	p	Indéfini

(Emballages en papier Kraft et fin de vie de ces emballages)

### Détail du transport avec réfrigération

Sortants connus vers la technosphère. Produits et co-produits	Quantité	Unité	Quantité
Transport, freight, light commercial vehicle (Europe without Switzerland)  processing   Cut-off, U with refrigeration	1	tkm	Transport

(Insérer une ligne ici)

Sortants connus vers la technosphère. Produits évités	Quantité	Unité	Distribution	Ecart Type^: Min	Max
(Insérer une ligne ici)					

Entrées

Entrées connues de la nature (ressources)	Sous-compartiment	Quantité	Unité	Distribution	Ecart Type^: Min	Max
(Insérer une ligne ici)						

Entrées connues de la technosphère (matériaux/carburants)	Quantité	Unité	Distribution	Ecart Type^: M
Diesel, low-sulfur (Europe without Switzerland)  market for   Cut-off, U	$b = 0,197$	kg		
Light commercial vehicle {GLO}  market for   Cut-off, U	$a = 2,41E-5$	p		
Maintenance, light commercial vehicle {GLO}  market for   Cut-off, U	$a = 2,41E-5$	p		
Road (RoW)  market for road   Cut-off, U	0,0067419	my	Lognormal	2,9905
Refrigerant R134a {GLO}  market for   Cut-off, U	0,00001	kg	Indéfini	
Fabrication et montage du système de réfrigération	$a = 2,41E-5$	p		

Émissions vers l'air	Sous-compartiment	Quantité	Unité
Acetaldehyde		$8,4633146E-5/0,394442203*b = 4,22E-5$	kg
Ammonia		$2,705620525E-5/0,394442203*b = 1,35E-5$	kg
Benzene		$9,02580375E-6/0,394442203*b = 4,5E-6$	kg
Cadmium		$4,9961336E-9/0,394442203*b = 2,49E-9$	kg
Carbon dioxide, fossil		$1,23291684/0,394442203*b = 0,615$	kg
Carbon monoxide, fossil		$0,01159915185/0,394442203*b = 0,00578$	kg
Chromium		$6,4190562E-8/0,394442203*b = 3,2E-8$	kg
Chromium VI		$4,92212466E-11/0,394442203*b = 2,45E-11$	kg
Copper		$3,856470145E-6/0,394442203*b = 1,92E-6$	kg
Dinitrogen monoxide		$4,94619347E-5/0,394442203*b = 2,47E-5$	kg
Formaldehyde		$0,000156966812/0,394442203*b = 7,83E-5$	kg
Lead		$2,034874745E-7/0,394442203*b = 1,01E-7$	kg
Mercury		$9,84435535E-12/0,394442203*b = 4,91E-12$	kg
Methane, fossil		$4,01684052E-5/0,394442203*b = 2E-5$	kg
Nickel		$5,93396895E-8/0,394442203*b = 2,96E-8$	kg



Nitrogen oxides		0,00598274275/0,394442203*b = 0,00298	kg
NMVOC, non-methane volatile organic compounds		0,000973302385/0,394442203*b = 0,000485	kg
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons		2,1206E-9/0,394442203*b = 1,06E-9	kg
Particulates, < 2.5 um		0,00056747256/0,394442203*b = 0,000283	kg
Particulates, > 10 um		7,6839941E-5/0,394442203*b = 3,83E-5	kg
Particulates, > 2.5 um, and < 10um		9,5458809E-5/0,394442203*b = 4,76E-5	kg
Selenium		4,92212466E-9/0,394442203*b = 2,45E-9	kg
Sulfur dioxide		3,94442203E-5/0,394442203*b = 1,97E-5	kg
Toluene		2,589941795E-5/0,394442203*b = 1,29E-5	kg
Xylene		1,805107735E-5/0,394442203*b = 9E-6	kg
Zinc		1,590503015E-6/0,394442203*b = 7,93E-7	kg

(Insérer une ligne ici)

Émissions vers l'eau	Sous-compartiment	Quantité	Unité
Cadmium		4,346540805E-10/0,394442203*b = 2,17E-10	kg
Chromium		2,072939515E-9/0,394442203*b = 1,03E-9	kg
Copper		2,90882702E-8/0,394442203*b = 1,45E-8	kg
Lead		1,788779115E-8/0,394442203*b = 8,92E-9	kg
Nickel		5,61693925E-9/0,394442203*b = 2,8E-9	kg
Zinc		1,227562325E-6/0,394442203*b = 6,12E-7	kg

(Insérer une ligne ici)

Émissions vers le sol	Sous-compartiment	Quantité	Unité
Cadmium		4,346540805E-10/0,394442203*b = 2,17E-10	kg
Chromium		2,072939515E-9/0,394442203*b = 1,03E-9	kg
Copper		2,90882702E-8/0,394442203*b = 1,45E-8	kg
Lead		1,788779115E-8/0,394442203*b = 8,92E-9	kg
Nickel		5,61693925E-9/0,394442203*b = 2,8E-9	kg
Zinc		1,227562325E-6/0,394442203*b = 6,12E-7	kg

## Fabrication et montage du système de réfrigération

Sortants connus vers la technosphère. Produits et co-produits				Quantité	Unité	Quantité
Fabrication et montage du système de réfrigération				1	p	Amount
(Insérer une ligne ici)						

Sortants connus vers la technosphère. Produits évités				Quantité	Unité	Distribution	Ecart Type^: Min	Max
(Insérer une ligne ici)								

### Entrées

Entrées connues de la nature (ressources)		Sous-compartiment	Quantité	Unité	Distribution	Ecart Type^: Min	Max
(Insérer une ligne ici)							

Entrées connues de la technosphère (matériaux/carburants)		Quantité	Unité	Distribution	Ecart Type^:
Polypropylene, granulate {GLO}  market for   Cut-off, U		102,48055	kg	Indéfini	
Polyurethane, rigid foam {GLO}  market for   Cut-off, U		216,64	kg	Indéfini	
Refrigeration machine, R134a as refrigerant {GLO}  market for   Cut-off, U		1	p	Indéfini	

Sortants connus vers la technosphère. Déchets et émissions pour traitement				Quantité	Unité	Distribution
Waste polyurethane foam {RoW}  market for waste polyurethane foam   Cut-off, U				21,647	kg	Indéfini
Waste polyurethane foam {CH}  market for waste polyurethane foam   Cut-off, U				0,017	kg	Indéfini
Used lorry with refrigeration machine, 16 metric ton {GLO}  market for   Cut-off, U				1	p	Indéfini
Used light commercial vehicle {GLO}  market for   Cut-off, U				-1	p	Indéfini

## Détail du transport sans réfrigération

Produits						
----------	--	--	--	--	--	--

Sortants connus vers la technosphère. Produits et co-produits				Quantité	Unité	Quant
Transport, freight, light commercial vehicle {Europe without Switzerland}  processing   Cut-off, U, consommation modifiée				1	tkm	Transp
(Insérer une ligne ici)						

Sortants connus vers la technosphère. Produits évités				Quantité	Unité	Distribution	Ecart Type^: Min	Max
(Insérer une ligne ici)								

### Entrées

Entrées connues de la nature (ressources)		Sous-compartiment	Quantité	Unité	Distribution	Ecart Type^: Min	Max
(Insérer une ligne ici)							

Entrées connues de la technosphère (matériaux/carburants)		Quantité	Unité	Distribution	Ecart Type^:
Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland}  market for   Cut-off, U		0,157321	kg	Lognormal	1,2077
Light commercial vehicle {GLO}  market for   Cut-off, U		2,4098E-5	p	Lognormal	2,9905
Maintenance, light commercial vehicle {GLO}  market for   Cut-off, U		2,4098E-5	p	Lognormal	2,9905
Road {RoW}  market for road   Cut-off, U		0,0067419	my	Lognormal	2,9905

Sortants			
Émissions vers l'air	Sous-compartiment	Quantité	Unité
Acetaldehyde		$8,4633146E-5/0,394442203*0,157321 = 3,38E-5$	kg
Ammonia		$2,705620525E-5/0,394442203*0,157321 = 1,08E-5$	kg
Benzene		$9,02580375E-6/0,394442203*0,157321 = 3,6E-6$	kg
Cadmium		$4,9961336E-9/0,394442203*0,157321 = 1,99E-9$	kg
Carbon dioxide, fossil		$1,23291684/0,394442203*0,157321 = 0,492$	kg
Carbon monoxide, fossil		$0,01159915185/0,394442203*0,157321 = 0,00463$	kg
Chromium		$6,4190562E-8/0,394442203*0,157321 = 2,56E-8$	kg
Chromium VI		$4,92212466E-11/0,394442203*0,157321 = 1,96E-11$	kg
Copper		$3,856470145E-6/0,394442203*0,157321 = 1,54E-6$	kg
Dinitrogen monoxide		$4,94619347E-5/0,394442203*0,157321 = 1,97E-5$	kg
Formaldehyde		$0,000156966812/0,394442203*0,157321 = 6,26E-5$	kg
Lead		$2,034874745E-7/0,394442203*0,157321 = 8,12E-8$	kg
Mercury		$9,84435535E-12/0,394442203*0,157321 = 3,93E-12$	kg
Methane, fossil		$4,01684052E-5/0,394442203*0,157321 = 1,6E-5$	kg
Nickel		$5,93396895E-8/0,394442203*0,157321 = 2,37E-8$	kg
Nitrogen oxides		$0,00598274275/0,394442203*0,157321 = 0,00239$	kg
NM VOC, non-methane volatile organic compounds		$0,000973302385/0,394442203*0,157321 = 0,000388$	kg
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons		$2,1206E-9/0,394442203*0,157321 = 8,46E-10$	kg
Particulates, < 2.5 um		$0,00056747256/0,394442203*0,157321 = 0,000226$	kg
Particulates, > 10 um		$7,6839941E-5/0,394442203*0,157321 = 3,06E-5$	kg
Particulates, > 2.5 um, and < 10um		$9,5458809E-5/0,394442203*0,157321 = 3,81E-5$	kg
Selenium		$4,92212466E-9/0,394442203*0,157321 = 1,96E-9$	kg
Sulfur dioxide		$3,94442203E-5/0,394442203*0,157321 = 1,57E-5$	kg
Toluene		$2,589941795E-5/0,394442203*0,157321 = 1,03E-5$	kg
Xylene		$1,805107735E-5/0,394442203*0,157321 = 7,2E-6$	kg
Zinc		$1,590503015E-6/0,394442203*0,157321 = 6,34E-7$	kg

Émissions vers l'eau	Sous-compartiment	Quantité	Unité
Cadmium		$4,346540805E-10/0,394442203*0,157321 = 1,73E-10$	kg
Chromium		$2,072939515E-9/0,394442203*0,157321 = 8,27E-10$	kg
Copper		$2,90882702E-8/0,394442203*0,157321 = 1,16E-8$	kg
Lead		$1,788779115E-8/0,394442203*0,157321 = 7,13E-9$	kg
Nickel		$5,61693925E-9/0,394442203*0,157321 = 2,24E-9$	kg
Zinc		$1,227562325E-6/0,394442203*0,157321 = 4,9E-7$	kg

(Insérer une ligne ici)

Émissions vers le sol	Sous-compartiment	Quantité	Unité
Cadmium		$4,346540805E-10/0,394442203*0,157321 = 1,73E-10$	kg
Chromium		$2,072939515E-9/0,394442203*0,157321 = 8,27E-10$	kg
Copper		$2,90882702E-8/0,394442203*0,157321 = 1,16E-8$	kg
Lead		$1,788779115E-8/0,394442203*0,157321 = 7,13E-9$	kg
Nickel		$5,61693925E-9/0,394442203*0,157321 = 2,24E-9$	kg
Zinc		$1,227562325E-6/0,394442203*0,157321 = 4,9E-7$	kg

## Emballages

Produits
----------

Sortants connus vers la technosphère. Produits et co-produits	Quantité	Unité	Quantité
Emballage Point Ferme pour 1 commande	1	p	Amount
(Insérer une ligne ici)			

Sortants connus vers la technosphère. Produits évités	Quantité	Unité	Distribution	Ec
Kraft paper, unbleached (GLO) market for   Cut-off, U	$0,05*0,75*0,8 = 0,03$	kg		
(Insérer une ligne ici)				

Entrées
---------

Entrées connues de la nature (ressources)	Sous-compartiment	Quantité	Unité	Distribution	Ecart Type^:
(Insérer une ligne ici)					

Entrées connues de la technosphère (matériaux/carburants)	Quantité	Unité
kraft paper bag 26x14x39	1	p
Kraft paper bag for fruits	4	p
Tri du papier avant recyclage	$0,05*0,75 = 0,0375$	kg

Sortants connus vers la technosphère. Déchets et émissions pour traitement	Quantité	Unité
Waste graphical paper (Europe without Switzerland) treatment of waste graphical paper, municipal incineration   Cut-off, U	$0,25*0,05 = 0,0125$	kg

## Grands sacs kraft (kraft paper bag 26x14x39)

Produits				
Sortants connus vers la technosphère. Produits et co-produits		Quantité	Unité	Quantité
kraft paper bag 26x14x39		1	p	Amount
(Insérer une ligne ici)				
Sortants connus vers la technosphère. Produits évités		Quantité	Unité	Distribution Eca
(Insérer une ligne ici)				

Entrées					
Entrées connues de la nature (ressources)		Sous-compartiment	Quantité	Unité	Distribution Ecart Type^:
(Insérer une ligne ici)					
Entrées connues de la technosphère (matériaux/carburants)			Quantité	Unité	
Kraft paper, unbleached (GLO)  market for   Cut-off, U			0,030784	kg	
Electricity, medium voltage (IT)  market for   Cut-off, U			4,16666666666666	Wh	
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 (GLO)  market for   Cut-off, U			$1500 \times (0,030784 + 0,0030784) = 50,8$	kgkm	
Ethylene vinyl acetate copolymer (GLO)  market for   Cut-off, U			$0,030784 \times 0,001 = 3,08E-5$	kg	

## Petits sacs kraft (kraft paper bag for fruits)

Produits				
Sortants connus vers la technosphère. Produits et co-produits		Quantité	Unité	Quantité
Kraft paper bag for fruits		1	p	Amount
(Insérer une ligne ici)				
Sortants connus vers la technosphère. Produits évités		Quantité	Unité	Distribution Eca
(Insérer une ligne ici)				

Entrées					
Entrées connues de la nature (ressources)		Sous-compartiment	Quantité	Unité	Distribution Ecart Type^:
(Insérer une ligne ici)					
Entrées connues de la technosphère (matériaux/carburants)			Quantité	Unité	
Kraft paper, unbleached (GLO)  market for   Cut-off, U			0,004802	kg	
Electricity, medium voltage (IT)  market for   Cut-off, U			2,0625	Wh	
Ethylene vinyl acetate copolymer (GLO)  market for   Cut-off, U			$0,004802 \times 0,001 = 4,8E-6$	kg	
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 (GLO)  market for   Cut-off, U			$1500 \times (0,004802 + 0,0004802) = 7,92$	kgkm	

## Tri du papier avant recyclage

Produits								
Sortants connus vers la technosphère. Produits et co-produits	Quantité	Unité	Quantité	Affectation %	Type de déchets			
Tri du papier avant recyclage	1	kg	Mass	100 %	Paper			
(Insérer une ligne ici)								
Sortants connus vers la technosphère. Produits évités	Quantité	Unité	Distribution	Ecart Type^: Min	Max	Commer		
(Insérer une ligne ici)								
Entrées								
Entrées connues de la nature (ressources)	Sous-compartiment	Quantité	Unité	Distribution	Ecart Type^: Min	Max	Commentaire	
(Insérer une ligne ici)								
Entrées connues de la technosphère (matériaux/carburants)							Quantité	Unité
Electricity, medium voltage (BE)  market for   Cut-off, U							0,0093	kWh
Heat, central or small-scale, other than natural gas (Europe without Switzerland)  market for heat, central or small-scale, other than natural gas   Cut-off, U							0,01457	MJ
Lubricating oil (GLO)  market for   Cut-off, U							1,2E-5	kg
Sheet rolling, steel (GLO)  market for   Cut-off, U							0,0012	kg
Steel, unalloyed (GLO)  market for   Cut-off, U							0,0012	kg
Waste paper sorting facility (GLO)  market for   Cut-off, U							6,06E-10	p
Waste paper, unsorted (Europe without Switzerland)  market for   Cut-off, U							1,025	kg
Sortants connus vers la technosphère. Déchets et émissions pour traitement			Quantité	Unité	Distribution	Ecart Type^:		
Scrap steel (Europe without Switzerland)  market for scrap steel   Cut-off, U			0,00075	kg	Lognormal	1,3269		
Waste graphical paper (Europe without Switzerland)  market for waste graphical paper   Cut-off, U			0,008625	kg	Lognormal	1,3269		
Waste paperboard (Europe without Switzerland)  market for waste paperboard   Cut-off, U			0,0045	kg	Lognormal	1,3269		
Waste plastic, mixture (Europe without Switzerland)  market for waste plastic, mixture   Cut-off, U			0,009625	kg	Lognormal	1,3269		
Waste textile, soiled (GLO)  market for   Cut-off, U			0,00075	kg	Lognormal	1,3269		
Waste wood, untreated (Europe without Switzerland)  market for waste wood, untreated   Cut-off, U			0,00075	kg	Lognormal	1,3269		

## Annexe 3 : Panier type

Légume	Origine en supermarché	Quantité (kg)
Aubergine	Belgique	0,00354
Basilic	Belgique	0,00020
Betterave	Belgique	0,04222
Brocoli	Espagne, Pays Bas	0,02553
Carotte	Belgique, Pays-Bas	0,23358
Carotte colorée	Pays-Bas	0,01618
Céleri Rave	Belgique	0,02399
Céleri-Vert	Belgique	0,01390
Chicons	Belgique	0,10036
Chou blanc	Belgique	0,02161
Chou chinois	Belgique, Pays-Bas	0,00430
Chou Rouge	Belgique	0,01513
Chou vert	France	0,01577
Chou-fleur	Belgique, France	0,06076
Champignon de paris	Belgique	0,03640
Ciboulette	Belgique	0,00106
Coriandre	Belgique	0,00095
Cornichon	Belgique	0,01087
Courgette	Belgique, Espagne	0,05410
Echalion	France	0,01567
Echalote	Espagne , France, Pays-Bas	0,01593
Fenouil	Belgique	0,04146
Haricot Vert	Kenya, Maroc , Pays-Bas	0,05132
Jeune Oignon	Maroc	0,00383
Navet	Belgique	0,03842
Oignon	Nouvelle-Zélande, Australie	0,22726
Oignon Rouge	Pays-Bas	0,02123
Panais	Pays-Bas	0,03008
Pomme de terre	Espagne, Italie, Chypre, Israël	0,51520
Persil	Belgique	0,00361
Pleurote	Belgique	0,01732
Poireau	Belgique	0,18176
Poivron	Belgique	0,00303
Radis	Belgique, Pays-Bas	0,00041
Salade	Belgique, Espagne	0,02988
Tomate	Belgique	0,12311