

Université Libre de Bruxelles
Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire
Faculté des Sciences
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

**Impacts environnementaux de la bière biologique belge.
Etude comparative de deux bières belges artisanales**

Mémoire de Fin d'Etudes présenté par MOUTON, Hubert. En vue de l'obtention du grade académique de Master en Sciences et Gestion de l'Environnement. Finalité Gestion de l'Environnement Ma120ECTS ENVI5G-T. Année académique : 2016 - 2017

Directeur : Prof. W. Achten

Remerciements

Je remercie la brasserie Lupulus pour son accueil chaleureux, pour la confiance qu'elle m'a accordée, pour sa simplicité, la sympathie et la spontanéité des échanges qui caractérisent cette entreprise familiale. Je la remercie également pour son intérêt porté à la problématique environnementale ainsi que pour l'intérêt qu'elle a porté à la question de recherche de ce mémoire. Sans elle, ce travail n'aurait pu exister.

J'adresse mes remerciements tout particuliers à Damien Jacques, ingénieur brasseur à la brasserie, pour son attention, sa patience, les recherches entreprises ainsi que pour les quelques heures d'échanges nécessaires pour satisfaire notre objectif.

Je remercie également le Professeur Wauter Achten, directeur de ce mémoire, pour le temps qu'il m'a consacré, pour la liberté qui m'a été donnée dans la définition de ma question de recherche et pour ses conseils judicieux.

Mes remerciements vont aussi à Sébastien Demanez, gérant de la brasserie Demanez à Magerotte et Laurence Van Nedervelde, ingénieure en chimie et agroalimentaire, directrice du département Brewing Sciences à l'Institut Meurice, pour le temps qu'ils m'ont consacré, les réponses qu'ils m'ont apportées et leur sympathie.

Un merci tout particulier à Edgar Towa Kouokam, doctorant à l'ULB, pour son attention sincère, sa sympathie, les rencontres et conseils successifs.

Merci également à Laura Gérard, merveilleuse amie, pour sa patience, ses mots, son aide, son réconfort.

Enfin, merci à mes parents, Marc Mouton et Béatrice Motte dit Falisse, pour leur aide dans la révision de ce mémoire et, d'une manière plus large, pour leurs encouragements et leur soutien inconditionnels tout au long de mon parcours

Résumé

Ce travail s'articule en trois parties. La première présente un état de l'art portant sur le sujet de questions brassicoles belges diverses, sur les considérations environnementales de la bière ainsi que sur les éléments susceptibles d'influencer les performances environnementales.

La deuxième, par l'intermédiaire d'un inventaire d'émissions détaillé, présente une analyse de cycle de vie comparative des productions de deux bières de dégustation belges artisanales. L'une se caractérise par une certification biologique tandis que l'autre est conventionnelle. Nous nous intéressons à deux produits existants, brassés par la brasserie artisanale Lupulus et ne se différenciant entre eux que par la certification biologique : la Lupulus Blonde et la Lupulus Organicus. Nous nous intéressons aux différents modes de production des matières premières, aux processus de maltage des orges, aux transports des matières premières jusqu'au site de brassage et, pour finir, à l'activité de brassage réalisée par la brasserie. L'unité fonctionnelle est la production de 0,75 litre de bière et la méthode employée est ReCiPe v 1.13 en perspective Midpoint et Endpoint. La modélisation a été réalisée à l'aide du logiciel SimaPro 8.3.0.0. Cette deuxième partie permet l'élaboration de stratégies de développement amenant à une amélioration de la performance environnementale des produits.

Dans un paysage brassicole belge caractérisé par une augmentation de la consommation des bières spéciales et par une popularisation grandissante des bières certifiées biologiques, la bière biologique révèle une performance environnementale relativement plus intéressante que son homologue conventionnelle.

La troisième partie de ce mémoire présente une confrontation entre diverses observations récoltées tout au long de l'étude et les réalités factuelles propres à la Belgique. Nous sommes amené, entre autres, à remettre en question le réalisme et l'intérêt environnemental d'un approvisionnement 100 % biologique et local en Belgique.

Table des matières

Remerciements	I
Résumé	II
Liste des abréviations	VI
Liste des figures	VII
Liste des tableaux	VIII
I. Introduction	1
II. Intérêt de la question de recherche	2
III. Méthodologie	3
IV. PREMIERE PARTIE : Mise en contexte de la bière belge	4
4.1. Représentation de la bière dans le monde	4
4.2. Evolution du brassage de la bière au court du temps	4
4.3. Vers une définition plus locale de la bière	7
4.4. La bière en Belgique	8
4.4.1. Le marché de la bière en Belgique	8
4.4.2. Le marché de la bière bio en Belgique	10
4.4.3. Consommation belge	11
4.4.4. Le renouveau des microbrasseries replacé dans son contexte.....	14
4.5. Bière et environnement	16
4.5.1. Les matières premières	16
4.5.1.1. Les foodmiles des matières premières brassicoles :.....	17
4.5.2. L'eau.....	18
4.5.3. Le conditionnement.....	19
4.5.4. Les sous-produits.....	19
4.5.5. Les émissions	19
4.5.5.1. Dans l'air.....	19
4.5.5.2. Dans l'eau	20

4.5.6.	Energie	20
4.6.	Paramètres susceptibles d'influencer la performance environnementale des produits	20
4.6.1.	Les modalités de production	20
4.6.2.	Les modalités de distribution	24
4.6.2.1.	L'hypothèse des foods miles.....	24
4.6.2.2.	Le circuit court et la promotion de la production biologique	29
Une influence relative		30
4.6.3.	La prise en compte de l'échelle de production.....	30
V.	DEUXIEME PARTIE : CAS D'ETUDE.....	32
5.1.	Description des produits.....	32
5.2.	Analyse de cycle de vie (ACV).....	34
5.2.1.	Définitions des objectifs et du champ de l'étude	34
5.2.1.1.	Objectifs de l'étude	34
Application envisagée		34
Raisons de l'étude		34
Public concerné		35
5.2.1.2.	Champ de l'étude	35
Les fonctions du produit, service ou système étudié et l'unité fonctionnelle.		35
Catégories d'impacts		36
Le système à étudier.....		36
Les scénarios		36
Les frontières du système.....		37
Les hypothèses		38
Les limitations		38
5.2.2.	Inventaire des émissions / extractions et qualité des données.....	39
5.2.2.1.	Inventaire du PU1 : L'amont agricole.	41

La culture de l'orge	41
La culture du houblon	43
La culture du sucre	44
5.2.2.2. Inventaire du PU2 : le maltage.....	47
5.2.2.3. Inventaire du PU3 : Transport (acquisition par la brasserie).....	49
5.2.2.3. Inventaire du PU4 : La production de la bière (activité de la brasserie).....	52
Scénario 1 : Production de la Lupulus Organicus	52
Scénario 2 : Production de la Lupulus Blonde	53
Bilan matière et énergie du brassage des deux bières	54
5.2.3. Analyse de l'impact environnemental.....	56
5.2.4. Interprétation	61
Analyse de contribution	61
L'amont agricole	61
Le transport	63
Le maltage	63
Activité de la brasserie	63
Étude des incertitudes.....	63
Contrôle de sensibilité.....	64
Vers un réinvestissement limité des résultats de cette analyse	65
Conclusion.....	66
VI. Troisième partie : Pour poursuivre la réflexion	67
6.1. Le réalisme d'un approvisionnement 100 % biologique.....	67
6.2. Le réalisme et l'intérêt d'un approvisionnement 100 % local	67
6.2.1. D'une orge biologique.....	67
6.2.1.1. Une limite factuelle des food miles	67
6.2.1.2. Sur la disponibilité de l'orge biologique.....	68
6.2.1.3. Sur la disponibilité de sucre biologique.....	69

6.3. Le bon sens environnemental face à la réalité de marché	71
Conclusion.....	73
Références bibliographiques	76
ANNEXES	84
Annexe 1 : Processus d'extraction des sucres de canne et de betterave.....	84
Annexe 2 : Résultats obtenus par les deux bières, caractérisation en Midpoint.	85
Annexe 3 : Détails des contributions relatives des orges et des sucres.....	88
Annexe 4 : Analyse de sensibilité en rapport à un changement de méthode	90
Annexe 5 : Pourcentages des prix du malt dans 0.75 litre de bière.....	91
Annexe 6 : Inventaire des données récoltées à la brasserie Lupulus – Lupulus Blonde.....	92
Annexe 7 : Inventaire des données récoltées à la brasserie Lupulus – Lupulus Organicus.	99

Liste des abréviations

ACV : Analyse de cycle de vie

hl : Hectolitre

Bio : Biologique

GES : Gaz à effet de serre

CC : Circuit-court

UF : Unité fonctionnelle

Liste des figures

Figure 1: Production et consommation de bière en Belgique. Sources: Rapport annuel des brasseurs belges, 2015; Poelmans and Swinnen, 2011.	10
Figure 2: Recorded alcohol per capita (15+) consumption, 1961 – 2010. (Source : World Health Organisation, 2014).....	12
Figure 3: Evolution des consommations de différents types de bières en Belgique (Persyn et al., 2010, p.33).....	13
Figure 4: Nombre de brasseries en Belgique (1900 – 2015). Réalisé sur base des données The Brewers of Europe (2016); Rapport des brasseurs belges (2015); Poelmans and Swinnen (2011)	15
Figure 5: Consommation de bière par type d'emballage (%) en Belgique. Données issus du rapport des brasseurs belges (2015)	19
Figure 6: Emissions CO ₂ des trajets longues distances par (a) passager-kilomètre et (b) chargement- kilomètre source : Chapman, 2007, p.356.....	27
Figure 7: Représentation schématique du système étudié.....	37
Figure 8: Arbres des procédés cultures des orges biologique et conventionnelle.....	41
Figure 9: Schéma des processus intégrés dans l'étude	44
Figure 10: Principaux flux et processus du maltage (inspiré de Kloverpris et al., 2009, p.8) .	48
Figure 11:Présentation schématique des flux de références Lupulus Organicus	52
Figure 12:Présentation schématique des flux de références Lupulus Blonde	53
Figure 13: Méthodologie de caractérisation des Midpoint et Endpoint	56
Figure 14: Scores de normalisation intermédiaire (Midpoint) de la Lupulus Blonde (a) et Organicus (b). UF.....	58
Figure 15: Scores cumulatifs des processus pour les 3 catégories de dommages (Enpoint) au court du cycle de vie (UF).....	60
Figure 16: Comparaison des dommages (Endpoint) sucre de betterave (a) et de canne (b) score unique (UF)	62
Figure 17: Détail des contributions au PU3 (UF)	63
Figure 18: Géolocalisation des 6 malteries belges (rouge), des zones actuelles de cultures d'orge brassicole (orange) et de la brasserie Lupulus (vert).....	68
Figure 19: Processus d'extraction du sucre de betterave	84
Figure 20: Processus d'extraction du sucre de canne	84

Figure 22: Scores de caractérisation de dommages (Endpoint) : comparaison des deux scénarios (UF)	90
Figure 24: Scores de normalisation de dommages (Endpoint) : comparaison des deux scénarios (UF)	90
Figure 21: Scores de caractérisation de dommages (Endpoint) : comparaison des deux scénarios (UF)	90
Figure 23: Scores de normalisation de dommages (Endpoint) : comparaison des deux scénarios (UF)	90

Liste des tableaux

Tableau 1: Nombre de bières recensées par catégorie – source : bierebel.com	9
Tableau 2: Synthèse des résultats de Melon et al. (2012, p. 2), contributions environnementales du procédé	17
Tableau 3: Descriptif des produits étudiés	33
Tableau 4: Synthèse des différents processus unitaires (PU)	38
Tableau 5: Sources des données secondaires	40
Tableau 6: Inventaire production de l'orge biologique et conventionnelle de printemps (UF) : production de 188.5 grammes d'orge.	42
Tableau 7: Inventaire production du sucre biologique et conventionnel (UF): production de 37,5 grammes de sucre	46
Tableau 8: Inventaire maltage des orges biologique et conventionnelle. UF : production de 154,5 grammes de malt	48
Tableau 9: Inventaire des données relatives à l'approvisionnement de la brasserie (UF)	51
Tableau 10: Inventaire des données relatives au processus de brassage UF	54
Tableau 11: Scores de caractérisation intermédiaire (Midpoint) : comparaison des deux scénarios (UF)	58
Tableau 12: Scores de caractérisation de dommages (Endpoint) : comparaison des deux scénarios (UF)	59
Tableau 13: Coût d'une UF de Lupulus pour le consommateur (euro) conditionnement compris.	71

I. Introduction

La question de recherche de ce mémoire, annoncée dans son intitulé, s'inscrit dans un contexte singulier. En effet, ce dernier se caractérise, d'une part, par le projet d'une société bas carbone à long terme (2050) et, d'autre part, par d'ambitieux objectifs en matière environnementale. Les perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 indiquent qu'il y a lieu de relever un certain nombre de défis environnementaux par la mise en place notamment de politiques visant :

- La protection de la santé humaine et des écosystèmes des effets de la pollution
- L'utilisation plus efficiente des ressources
- À empêcher que ne se poursuive la dégradation de l'environnement (OCDE, 2012).

Les solutions passent par l'entreprise d'études visant à mettre en évidence des « hot points » qui permettront à chaque entreprise, chaque consommateur (devenant « consommateur ») de mettre en place des stratégies afin de limiter les stress qu'ils engendrent, autrement dit, afin de limiter les externalités négatives inhérentes à leurs modèles de production pour les uns et leur modèle de consommation pour les autres. Ces études sont donc liées de manière incontournable au « management environnemental » dont l'objet est l'identification et le contrôle de l'impact. L'idée environnementale sous-jacente est de nous faire rentrer dans une sorte de schéma d'amélioration constante de la performance environnementale, sur la base de pressions mais aussi de volontarisme.

Les études, comme celle qui vous est présentée dans ce travail, jouent un rôle dans le cadre de l'aide à la prise de décisions. En effet, lorsqu'une entreprise décide de remettre en question ou de changer ses politiques internes, ces études peuvent servir de base de réflexion aux choix à prendre en rapport avec les approvisionnements, la distribution, l'usage et la fin de vie des produits.

Dans ce travail, nous évaluons les impacts environnementaux en nous concentrant sur l'étude des modes de productions (biologiques vs conventionnel) différenciant deux bières artisanales belges.

Ce mémoire s'articule en trois parties. Dans un premier temps, nous nous intéressons à la situation brassicole belge, aux interactions entre cette dernière et l'environnement. Les paramètres susceptibles d'influencer la performance environnementale des produits que nous étudions y sont aussi abordés.

Dans un second temps, nous présentons notre cas d'étude. Notre analyse se concentre sur deux bières blondes triple de type « bière de dégustation ». Toutes deux sont produites par la brasserie Lupulus (plus connue sous son ancienne appellation : Brasserie Les 3 Fourquets) située en province de Luxembourg, à Courtil.

Dans cette deuxième partie, nous réalisons une analyse de cycle de vie (ACV) comparative des deux bières afin d'en évaluer les performances environnementales.

Nous y distinguons :

- Le mode de production des matières premières ; leurs acheminements vers la brasserie ainsi que leurs transformations dans le processus de brassage.

Nous déterminons le plus précisément possible :

- Le mode de production minimisant l'impact environnemental total sur l'ensemble du cycle de vie ;
- Les impacts relatifs aux processus de transports différenciés ;
- Les responsabilités que prennent les différentes caractéristiques dans ces impacts.

Dans un troisième temps, avant de conclure, nous organisons, sur base de ces deux premières parties, la confrontation des diverses conclusions obtenues avec quelques réalités factuelles propres à la Belgique. Cette dernière partie a pour objectif de mettre en évidence les défis, les contraintes et les perspectives d'avenir de la bière biologique en Belgique face à la bière conventionnelle.

II. Intérêt de la question de recherche

La finalité du travail ne consiste pas en la simple application de l'ACV (de sa méthodologie standardisée par les normes ISO 14040 - 14044) sur un produit.

Cette étude trouve son originalité et son intérêt sous trois aspects : le premier ressort du fait que ces deux facteurs sont rarement étudiés « ensemble » sur les sujets brassicoles. La revue de la littérature montre qu'en effet, souvent, l'auteur ne calcule l'impact que d'un seul de ces facteurs (le processus conventionnel) sur le bilan environnemental d'une bière. Nous n'avons à ce jour pas trouvé d'ACV réalisée sur une bière biologique. Le second ressort du constat que très peu d'études environnementales brassicoles en Belgique sont disponibles. À ce sujet, nous n'en avons recensé qu'une seule menée en 2012 par des chercheurs de l'ULG¹ : Après un échange avec les auteurs, il se pourrait bien que ce soit la seule étude de type ACV (disponible) portant sur ce thème qui ait été réalisée en Belgique. Cette dernière se concentrait sur l'évaluation environnementale de différents types de conditionnements de la bière (bouteilles en verre et fûts). Le troisième est que ce travail complète un mémoire déjà remis sur la thématique de la bière biologique en Belgique². Ce dernier présente une étude qualitative de la perception et du développement de la bière biologique en Wallonie.

¹ Melon et al. (2012). Analyse du cycle de vie d'une bière blonde belge artisanale.

² Bué M. (2014). La bière biologique en Belgique : démarche engagée, filière d'avenir ? Étude qualitative de la perception et du développement de la bière biologique en Wallonie. ULB.

III. Méthodologie

La littérature consultée met en évidence qu'après la fabrication du contenant (la bouteille), le poste le plus impactant est l'amont agricole (la culture de matières premières telle que l'orge). Nous nous sommes dès lors attachés à suivre son influence selon deux modes de production (biologique et conventionnel).

L'exercice se base sur les principes de l'ACV comparative. Nous avons repris tous les processus significatifs dans la chaîne de production et les avons inclus dans notre analyse.

Pourquoi réaliser une ACV ?

Il existe un certain nombre de méthodes d'analyse environnementale et de multiples outils permettant leur mise en œuvre. D'après Ness et al. (2007), trois facteurs peuvent classer les méthodes. Le facteur temporel (est-ce que la méthode est rétrospective ou prospective ?), le champ d'application (est-ce que le champ d'application de ma méthode est lié à une région, à une économie, à un produit, à un service, à une activité, etc. ?) et le niveau d'intégration d'impact(s) (certaines analyses peuvent être monocritères ; c'est le cas de l'empreinte CO₂ ou encore de l'empreinte eau. D'autres sont multicritères ; elles considèrent différents impacts environnementaux comme le réchauffement climatique, l'eutrophisation, l'écotoxicité, etc.).

« L'analyse de cycle de vie a pour but d'évaluer l'impact environnemental d'un produit, d'un service ou d'un système en relation à une fonction particulière et ceci en considérant toutes les étapes de son cycle de vie » (Jolliet et al., 2005, p.7).

L'ACV est une méthode multicritère. L'enjeu majeur de l'utilisation d'une méthodologie multicritère est de pouvoir identifier les différentes sources d'impacts et de pouvoir éventuellement constater le déplacement d'impacts entre une phase et l'autre du processus de fabrication du produit. Par exemple, dans ce cas-ci, la culture biologique permet de limiter la consommation d'intrants (portant atteinte à la biodiversité). Cependant, l'impact environnemental réduit se déplacera peut-être vers l'occupation des sols (la culture biologique présente généralement une productivité moindre par rapport à une culture de type conventionnel). Il s'agit donc d'une méthode intéressante dans le cadre de l'aide à la prise de décisions et donc, dans le cadre de ce mémoire.

IV. PREMIERE PARTIE : Mise en contexte de la bière belge

Sous ce point, quelques concepts seront introduits et définis. Ces définitions permettront tout d'abord, une mise en contexte, ensuite, le cadrage du sujet d'étude et, pour finir, un apport d'informations sur la performance environnementale théorique des produits.

4.1. Représentation de la bière dans le monde

La bière est un produit qui existe depuis des milliers d'années et qui est rattaché aux premiers développements de l'agriculture (Nelson, 2005 ; Hébert et Griffon, 2010).

Les témoignages parvenus sous forme écrite ou matérielle sont dans de tels états fragmentés qu'il n'est pas possible de se prononcer avec justesse sur les dimensions géographiques et temporelles de la bière. Toutes les conclusions à ce sujet doivent donc être considérées comme étant très incertaines (Patterson et Hoalst, 2014).

Plusieurs certitudes :

- la bière est omniprésente sur le globe 7000 ans ACN ;
- elle est née de manière empirique ;
- ses dénominations sont sans nombre : boisson pélusienne, cervoise, vin d'orge, zithum, bière, bière de couvent, bière des pères, etc... .

Ses catégorisations et ses typicités ne sont pas universelles (Jackson, 1978). En effet, un nombre incalculable de boissons alcoolisées réalisées avec des matières aussi variées que les fruits, le sucre de canne, le miel et des céréales comme l'orge, le froment, le millet, le riz, le sorgho, le blé, le maïs, l'avoine, etc. sont conditionnées sous l'étiquette de bière (Poelman et Swinnen, 2011). Cette palette extraordinairement variée de nuances est liée au fait que les brasseurs locaux se servent de matières premières locales (initialement du moins). Ces dernières varient dépendamment de la région. Par exemple, les brasseurs corses utilisent de la châtaigne : la Pietra (brasserie Pietra), les bretons du sarrasin : la Telenn Du (brasserie Lancelot), les africains du sorgho : le « dolo » (Belliard, 2001).

A l'échelle mondiale, le terme « bière » qualifie donc une large gamme de boissons fermentées.

4.2. Evolution du brassage de la bière au court du temps

Historiquement, les monastères ont joué un rôle important dans la formation du développement du commerce brassicole. Ce sont eux qui ont posé les standards d'une distribution de bière à grande échelle. Dès le début du Moyen Âge, le brassage est une activité principalement monastique. Pour une raison liée aux climats locaux, les monastères situés dans le nord de l'Europe brassaient de la bière tandis que ceux situés dans le sud produisaient du vin. Cette activité était initialement destinée à la consommation « interne » du monastère (Patterson et Hoalst, (2014) relèvent des consommations journalières de plus de 5L par moine dans certains monastères).

« Les pays chauds, [...], n'ont pas de brasseries ; du moins leur installation entraîne des frais énormes par la dépense exagérée de la glace. C'est que, dans les pays chauds, la bière s'altère avec une extrême facilité. On a dit que la bière est la boisson des pays du Nord qui, privés de la vigne parce que leur climat est impropre à sa culture, ont cherché dans les grains qui y abondent un moyen de suppléer à l'absence du vin. Cela est vrai dans une certaine mesure ; mais il n'est pas douteux également que la bière paraît avoir pris naissance en Egypte, pays très chaud, d'où elle s'est répandue ensuite dans toute l'Europe. ». (Pasteur, 1928, p.19)

Au début du Moyen Âge, la bière n'était pas ce que nous appellerions aujourd'hui un produit commercial³.

La semelle de fondation de l'industrie brassicole se placerait au milieu du Moyen Âge (XII^{ème} et XIII^{ème} siècles)⁴. Cette époque se caractérise, entre autres, par une augmentation des échanges. Ces derniers mènent à l'augmentation du nombre de voyageurs sur « les routes », en demande d'endroits pour se loger. Le marché s'ouvrant, les auberges et les tavernes se multiplient. Cette profusion s'accompagne d'une croissance de la consommation en produits brassicoles menant, in fine, à une prolifération sauvage de « brasseries commerciales » proposant des styles de bières fort différents (Patterson et Hoalst, 2014). Ces dernières augmentent la mise en concurrence des produits et donc leur qualité.

Bien que cette multiplication de structures brassicoles ait été fortement motivée par les décideurs locaux d'antan - les monastères étant exonérés de taxes, il était de l'intérêt des politiques de favoriser le développement des brasseries commerciales qui, elles, y étaient bien soumises -, elle passa, entre autres, par une sorte de dispositions législatives sur la manière dont la bière devait être produite (la durée du brassage, la composition, la façon de fixer les prix, etc.).

« One of the most (in)famous brewing regulations was introduced in 1487 in Munich in Bavaria : the so-called « Reinheitsgebot » (or « Purity Law »), wich survived for 500 years, and was only recently repealed. The Reinheitsgebot » stipulated that only barley, hops and pure water could be used to produce beer. » (Poelmans et Swinnen, 2011, p.5-6).

³ La bière n'était ni commercialisée ni commercialisable. Au regard du petit salaire que gagnaient les gens, ce n'était pas rationnel d'essayer de la mettre en vente. De plus, l'usage du houblon permettant une conservation de la bière n'est pas encore généralisé. La bière ne se conserve dès lors pas bien, on ne peut donc pas lui faire parcourir de longues distances pour aller chercher des marchés ailleurs afin de combler le manque en demande locale.

⁴ On y observe la généralisation de l'usage du houblon dans le brassage. Même si des preuves indiquent que cette pratique était observée dans certains monastères allemands depuis les années 800, il faudra attendre plusieurs siècles avant que celle-ci ne devienne courante. Le houblon, qui permettait d'améliorer non seulement le goût de la bière mais aussi sa conservation, autorisait son transport sur de longues distances.

D'autres événements renforcèrent le développement des brasseries commerciales comme la venue du protestantisme ou encore la Révolution française lors de laquelle de très nombreux monastères furent sinistrés.

Au XIX^{ème} siècle, avec la révolution industrielle, un nombre important d'innovations seront réinvesties dans les techniques de brassages et feront passer la brasserie de l'artisanat à l'industrie dans la seconde moitié du XIX^{ème} siècle :

➤ L'invention du froid industriel.

Le froid industriel permet à l'industrie brassicole de s'affranchir des contingences climatiques et de produire une bière de qualité constante tout au long de l'année. Auparavant, les brasseurs accumulaient dans une cave centrale la glace recueillie en hiver sur les étangs voisins ; cave centrale autour de laquelle rayonnaient les caves où s'effectuaient la fermentation, puis la maturation de la bière (Bourgeois, 1998, p.5-8).

➤ La microbiologie.

En 1876, Louis Pasteur publie « Les Études sur la bière », dans lesquelles il rapporte ses découvertes sur la fermentation de la bière.

« J'ai la conviction d'avoir trouvé une solution rigoureuse et pratique du problème ardu que je m'étais proposé, celui d'une fabrication applicable en toute saison et en tout lieu, sans la nécessité de recourir aux moyens frigorifiques dispendieux qu'exigent les procédés actuels, et néanmoins avec l'avantage de la conservation indéfinie des produits. » (Pasteur, 1928, p.5).

Quelques années plus tard, en 1888, Emile Christian Hansen met au point une méthode pour obtenir un levain à partir d'une seule cellule de levure. Cette méthode est encore utilisée universellement aujourd'hui. Elle permet de produire, lorsqu'on le désire, un levain identique au précédent et exempt de cellules étrangères telles que bactéries ou levures sauvages (Bourgeois, 1998).

➤ L'amélioration du moteur à vapeur permettant de réduire les coûts de transport (Hornsey, 2003).

➤ L'utilisation du verre au lieu du tonneau permettant une meilleure conservation de la bière (Hornsey, 2003).

Toutes ces innovations ne se sont pas sans générer des impacts sur l'environnement.

4.3. Vers une définition plus locale de la bière

Afin de cadrer le sujet de ce travail, nous avons tenté de trouver une définition de la bière plus « locale ». Malgré l'effort de ciblage, la recherche montre qu'il n'existe pas « une » définition mais bien « des » définitions. La stratégie de recherche a suivi une logique « Top – Down », partant de l'Europe vers des entités plus petites. L'Europe ne propose pas de définition de la bière mais bien un « règlement non harmonisé au niveau européen » précisant quelques matières premières autorisées pour sa fabrication (DGE, 2017). Par contre, la très grande majorité des pays européens en proposent une. En effet, en UE, sur 28 pays seuls 6 n'ont pas de définition de la bière (Laloi, 2014). Certains pays vont jusqu'à déterminer les matières premières et quantités d'usage. Par exemple, en France, un décret datant de 1992 énonce que pour qu'un produit porte la dénomination « bière », il doit présenter au moins 50 % de malt. Ce décret a été révisé cette année en réponse à l'engouement que connaissent les petites brasseries artisanales depuis (Décret n° 2016-1531 du 15 novembre 2016).

En Belgique, la définition de la bière est établie par un arrêté royal. Une bière est vue comme étant :

« La boisson obtenue après fermentation alcoolique d'un moût préparé essentiellement à partir de matières premières amylicées et sucrées dont au moins 60 % de malt d'orge ou de froment, ainsi qu'à partir de houblon, éventuellement sous une forme transformée, et d'eau de brassage ». (Arrêté royal concernant la bière, 1993)

La définition de la bière est donc sujette à évolution, peut varier en fonction des points de vue et ouvre la voie à la variance. En ce qui nous concerne, la définition retenue dans le cadre de ce travail sera cette dernière proposée dans la législation belge.

En ce qui concerne la bière biologique, nous considérons cette dernière comme étant le produit de la transformation de matières premières issues de l'agriculture biologique. Dès lors, nous la définissons en couplant les définitions de la bière (retenue ci-dessus) avec celle de l'agriculture biologique. L'agriculture biologique a, quant à elle, fait l'objet d'une définition commune au niveau européen par l'intermédiaire de deux règlements⁵. L'environnement étant une compétence régionale en Belgique, chacune des régions l'a intégrée « à sa manière » dans le droit interne. Nous retiendrons l'Arrêté régional du Gouvernement wallon du 11 février 2010 concernant le mode de production et l'étiquetage des produits biologiques⁶. L'agriculture biologique se caractérise principalement par une certification officielle, délivrée par un organisme ayant la compétence en la matière, révélant une absence d'utilisation d'engrais chimiques et de pesticides de synthèse. Cette caractéristique constitue la principale distinction avec l'agriculture conventionnelle, qui, elle, repose en grande partie sur cet usage. Dès lors,

⁵ Règlement (CE) N° 834/2007 du Conseil du 28 juin 2007 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, que complète le Règlement (CE) N° 889/2008 de la Commission, du 5 septembre 2008, portant modalités d'application du règlement (CE) n° 834/2007 du Conseil relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques en ce qui concerne la production biologique, l'étiquetage et les contrôles.

⁶ Article 1er de l'Arrêté du Gouvernement wallon du 11 février 2010 [C – 2010/27051] concernant le mode de production et l'étiquetage des produits biologiques et abrogeant l'arrêté du Gouvernement wallon du 28 février 2008, publié au Moniteur Belge du 15.04.2010.

« Est une bière biologique toute boisson obtenue après fermentation alcoolique d'un moût préparé essentiellement à partir de matières premières amylacées et sucrées dont au moins 60 % de malt d'orge ou de froment, ainsi qu'à partir de houblon, éventuellement sous une forme transformée, et d'eau de brassage. Les matières premières sont certifiées comme ayant été cultivées dans le respect d'un cahier des charges prescrivant un certain nombre d'usages reconnus légaux par l'Arrêté régional du Gouvernement wallon du 11 février 2010 sur le mode de production et l'étiquetage des produits biologiques ».

4.4. La bière en Belgique

Sous ce point, nous décrivons le phénomène du « renouveau » des microbrasseries en le replaçant dans son contexte historique par l'intermédiaire d'une étude portant sur la production et la consommation de la bière en Belgique.

Ce chapitre sera à mettre en lien avec un prochain point intitulé « bière et environnement ».

4.4.1. Le marché de la bière en Belgique

Selon Bierebel (2017), la Belgique ne compte pas moins de 221 brasseries, autrement dit, d'infrastructures disposant de leurs propres installations et matériel de brassage. Ce chiffre diffère un peu de celui rapporté dans le Rapport annuel des brasseurs belges 2015⁷ qui en recense, quant à lui, 199. Après avoir contacté Monsieur Jean Louis Van de Perre (président de la fédération), nous expliquons cette différence par le fait qu'en ce qui concerne les microbrasseries, la fédération ne soit pas spécialisée dans le domaine. En effet, elles ne font pas partie de ses membres. Il lui est dès lors moins évident d'avoir des données à ce sujet⁸. Toujours, sur la base des données disponibles sur le site de Bierebel, nous remarquons que les brasseries sont un petit peu plus représentées en Flandre où il y en a 122, contre 94 en Wallonie et 5 à Bruxelles. Mais la situation nous semble, malgré tout, relativement équilibrée.

Catégories de bières		Nombre
Pils		156
Bières blanches		101
Bières d'abbaye		131
Bières trappistes		22
Rouges des Flandres		25
Saisons		43
Ales, Stouts et IPA		174
Lambics et gueuzes		99
Bières fruitées		250
Spéciales	Blondes	703
	Ambrées	183

⁷ À l'heure où nous écrivons ces lignes, le Rapport pour l'année 2016 n'est pas encore paru.

⁸ Information relevée sur base d'un échange email du 8 mai 2017.

	Brunes	309
Bières thématiques		421
Bières de Noël		118
Total		2735

Tableau 1: Nombre de bières recensées par catégorie – source : bierebel.com

Le marché belge de la bière représente environ 1% de la production de bière mondiale. Cette dernière est dominée principalement par quatre grands groupes : AB InBev, SABMiller, Heineken et Carlsberg qui possèdent ensemble en 2014 environ 47 % du marché mondial (Rapport annuel des brasseurs belges, 2015). Bien que le poids de la Belgique sur l'échiquier mondial soit très relatif, la densité des brasseries dans le pays s'élève à environ 1 brasserie pour 50.000 habitants⁹. En comparaison, les Etats-Unis, deuxième producteur mondial en terme de volume, comptent 1 brasserie pour 61.300 habitants¹⁰.

Le marché belge se caractérise par une forte concentration des parts de marché. En effet, le géant belge est le groupe AB InBev basé à Leuven, célèbre de par le monde mais aussi en Belgique pour sa Jupiler (33 % des ventes de bières sur le territoire). Il représente à lui seul 56,3 % du marché belge en 2012 (AB InBev, 2012). InBev, Heineken et CO.BR.HA (De Haacht) forment ensemble le trio de choc puisqu'ils monopolisent à eux seuls plus de 70 % du marché (Persyn *et al.*, 2010).

Malgré cette concentration, le nombre de variétés de bières disponibles reste élevé (cfr. Tableau 1). Ceci s'explique par la présence d'un nombre relativement important de brasseries artisanales sur le sol belge qui se partagent une part minuscule du marché ; soit 95 % des brasseurs qui brassent 7 % de la production totale (Persyn *et al.*, 2010; Colen et Swinnen, 2011).

« The number of varieties of beers is larger still, since most craft breweries would produce multiple varieties. The finding of a dual market structure where a large number of small breweries coexist next to a small number of large breweries that account for the vast majority of production mimics the market structure found in other countries ».
(Persyn *et al.*, 2010, p.15)

Selon « The Brewers of Europe » (Beer Statistics, 2016), la Belgique, avec son volume de production de 19,811 millions d'hl, se placerait en 7^{ème} position européenne en termes de production de bière. Devant elle, on retrouve la France (20,3 millions d'hl), les Pays-Bas (24,02 millions d'hl), l'Espagne (34,96 millions d'hl), la Pologne (40,89 millions d'hl), le Royaume-Uni (44,039 millions d'hl) et l'Allemagne (95,623 millions d'hl), premier producteur européen de bière.

⁹ Calcul réalisé sur base des données statbel 2016.

¹⁰ Calcul réalisé sur base des données 2016-2017 disponibles en ligne :

<https://www.populationdata.net/pays/etats-unis/> ; <https://www.brewersassociation.org/statistics/number-ofhttps://www.brewersassociation.org/statistics/number-of-breweries/breweries/> (consultées en mars 2017).

En termes de production, 34 % du volume produit sur le sol belge est destiné à la consommation domestique. Les 66 % restant sont exportés (Rapport annuel des brasseurs belges, 2015)¹¹. Cette situation représente un retournement de situation causé par la chute de la consommation observée en Belgique et qui a permis à la production belge de ne jamais s'arrêter de croître (cfr. Figure 1).

« Around 1990 export accounted for around 10 % of beer production and 90 % was domestically consumed » (Persyn et al., 2010, p.3)

Les importations de bière, un petit peu paradoxalement sont en progression constante. Elles atteignent en 2015 environ 15 % de la consommation belge¹².

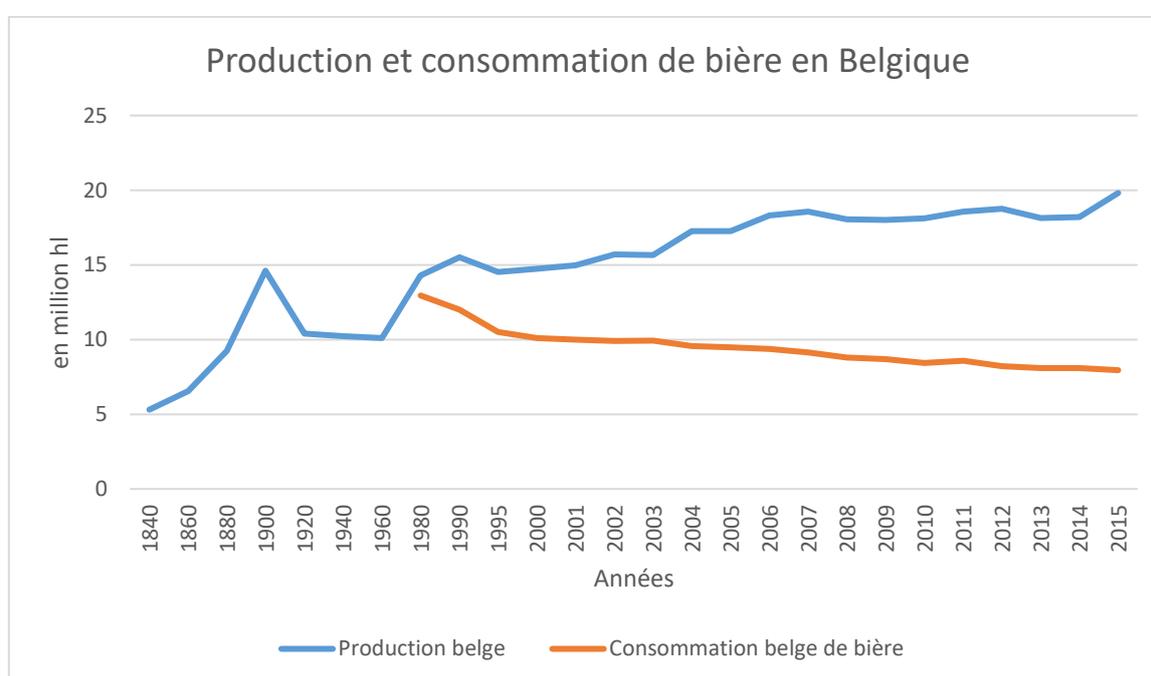


Figure 1: Production et consommation de bière en Belgique. Sources: Rapport annuel des brasseurs belges, 2015; Poelmans and Swinnen, 2011.

4.4.2. Le marché de la bière bio en Belgique

Bien que le secteur brassicole bio belge soit en pleine expansion, il n'en reste pas moins qu'une filière de niche. BioWallonie (2016) nous renseigne que, depuis 2012, le nombre de brasseries bio wallonnes a plus que doublé, passant de 8 à 18. Du côté flamand, Bué (2014) en a recensé 8. Le nombre de bières biologiques brassées en Belgique s'élèveraient à une grosse soixantaine. Les brasseries qui se sont lancées dans l'aventure du bio, voient leurs volumes de production augmenter de manière significative d'année en année.

¹¹ Principalement en France, Pays-Bas, Allemagne, Etats-Unis, Chine, Italie, Canada, Royaume-Uni, Japon et Corée.

¹² Calcul réalisé sur bases des données disponibles dans le Rapport annuel des brasseurs belges 2015.

La question de savoir « pourquoi se lancer dans la bière bio ? » a été posée à Marc-Antoine De Mees (administrateur des Brasseries Brunehaut) :

« Tout d'abord, parce que je me sens proche des causes environnementales que véhicule le label bio. Ensuite, ce marché est en pleine croissance et il a l'immense avantage de ne pas être cadencé par de grands groupes brassicoles. C'est une niche trop petite pour eux". [...] Mais que l'on ne se méprenne pas, la production de bières bio est une goutte d'eau dans le brassin de la production belge. À titre d'exemple, la plus grande brasserie bio, la Brasserie Dupont, produit 11.500 hectolitres par an, alors que l'ensemble de la production belge est de plus de 18 millions d'hectolitres. » (La Dernière Heure, 2009)

Il s'agirait donc d'une filière qui a le vent en poupe et qui est représentée majoritairement par les bières spéciales brassées dans des brasseries artisanales. Toutefois, des constats - comme celui fait récemment de l'acquisition par le géant AB InBev de la Ginette (bio) - montrent que cette situation pourrait très vite s'inverser. En effet, bien que ce secteur ne représente actuellement qu'une niche, il est en forte croissance (voir point suivant : Consommation belge). Les géants brassicoles en ont conscience et, d'une manière déclarée, poursuivent l'objectif de se renforcer dans le segment des bières spéciales et artisanales (AB InBev, 2016). Pour la Ginette, l'objectif est de passer de 1 500 à 20 000 hectos en cinq ans.

4.4.3. Consommation belge

En 2015, en Belgique, la consommation moyenne annuelle par habitant était de 71 litres, soit une consommation totale de 7 950 000 hl par an (Rapport des brasseurs belges, 2015). Les chiffres pour l'année 2016 ne sont pas encore disponibles mais nous ne risquerions pas grand-chose en pariant que cette consommation en 2016 et 2017 sera moins importante. En effet, aussi loin que nous ayons pu récolter des données (1980), la tendance est invariablement à la baisse (cfr. Figure 1, p.10). Afin de marquer encore plus l'écart, Persyn et al. (2010) indiquent qu'en 1900, la consommation annuelle se caractérisait par plus de 200 litres par personne. Les auteurs expliquent ce chiffre par de faibles taxes sur la bière, une absence (ou le prix élevé) des boissons alternatives (vin importé) et des politiques décourageant la consommation d'alcools forts (distillés).

D'une manière générale la tendance actuelle nous fait revenir à une consommation plus ou moins semblable à celle observée durant les deux guerres mondiales. Les causes de cette diminution de la consommation étaient alors liées au fait que nous étions sous occupation (Poelmans et Swinnen, 2011). Aujourd'hui, l'analyse de la Figure 2 (ci-dessous), explique cette tendance à la baisse par un changement de préférences dans nos pratiques de consommation (World Health Organization, 2014).

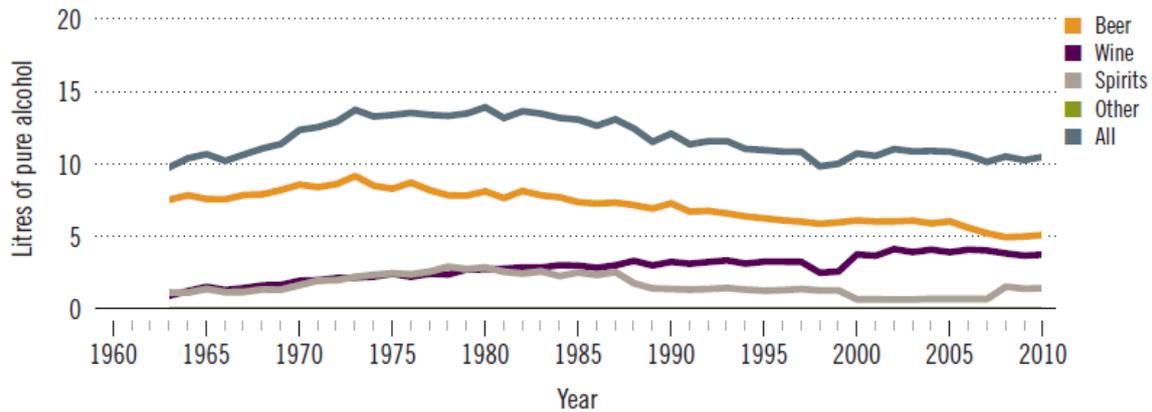


Figure 2: Recorded alcohol per capita (15+) consumption, 1961 – 2010. (Source : World Health Organisation, 2014)

Ce changement d'habitude au niveau du comportement de consommation s'observe aussi au niveau des lieux de consommation. Nous notons une diminution de 20 % des commandes dans l'Horeca pour la période 2008-2015 inclus¹³. Pendant cette même période, les commandes réalisées via les autres modalités d'achat (grandes surfaces, etc.) sont restées relativement stables (augmentation de 1%).

Nous pouvons ajouter qu'en 2015, les parts de marché de différents types de bières (de dégustation, d'abbaye, désaltérantes, pils et autres pils) se répartissent de manière plus ou moins équivalente (autour des 50-50) entre l'Horeca et le secteur alimentaire. Affichant 65 % des commandes, seules les bières de type fruitées semblent être plus commandées dans l'Horeca (Rapport des brasseurs belges, 2015).

¹³ Calcul réalisé sur base des données disponibles dans le Rapport des brasseurs belges 2015. P.30

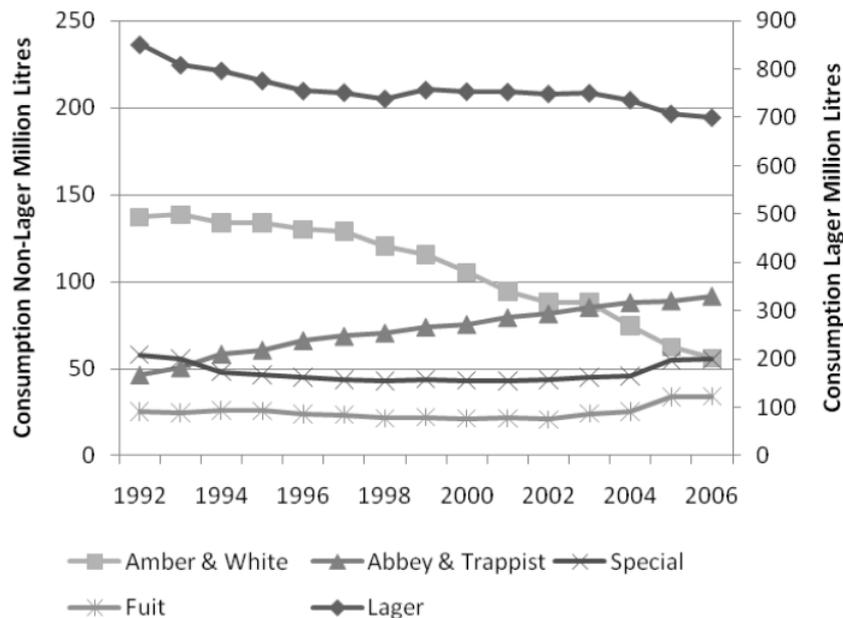


Figure 3: Evolution des consommations de différents types de bières en Belgique (Persyn et al., 2010, p.33)

De la Figure 3, nous nous rendons compte que si, comme exposé plus haut, la consommation de bière en Belgique est, d'une manière générale, en baisse depuis quelques décennies, cela ne se vérifie pas pour tous les types de bières. En effet, une analyse différenciée comme celle-ci permet de mettre en évidence que cette baisse de consommation est principalement liée aux baisses de commandes des « Lager » très lourdes en termes de volume (70 % du marché brassicole belge) et des « Amber & White » dont les commandes ont été plus ou moins divisées par 3 entre 1992 et 2007. Pour les autres types de bières, sur la même période, le marché n'a fait que se renforcer (le volume des ventes a doublé pour les bières trappistes et d'abbaye) ou a connu une stabilisation avant d'entamer une ascension (bières spéciales 6 % et fruitées 3,5 %).

L'observation de ce phénomène met en évidence le fait que les comportements de consommation (et donc le goût) des consommateurs ont évolué. Nous n'avons pas trouvé de documents permettant de le corroborer mais il ne nous semblerait pas déraisonnable d'émettre l'hypothèse que ce phénomène soit lié à une évolution de l'attitude du consommateur à l'égard d'une société industrielle, de la production de masse et, peut-être, de l'environnement. Tout le monde désire se sentir « spécial », quelque chose de difficilement satisfaisable lorsque l'on est plongé dans une société de l'uniformisation du goût, des produits. Un renouveau qui se situe dans la lignée du mouvement d'après-guerre que nous connaissons, se traduisant, dans un premier temps, par un regain d'intérêt pour ce qui semble plus « authentique », « artisanal », « spécial » pour aboutir, dans un second temps, à la pose délibérée d'un comportement de consommation différent. Ce mouvement est identifiable ici au travers des transferts de consommation entre les types « Lager et Amber & White » et ce que l'on peut appeler les « spécialités belges » : bières d'abbaye, trappistes, spéciales et fruitées.

Le consommateur pourrait distinguer quelque chose d'intéressant au travers de ces produits, comme un substitut aux produits standardisés.

Il nous semble dès lors pertinent que ces substituts démontrent leurs prétendues plus-value environnementale, sociale, économique.

4.4.4. Le renouveau des microbrasseries replacé dans son contexte.

« *L'incroyable explosion des microbrasseries* » (Le soir, 2016), « *L'heure de gloire des microbrasseries (...) leur nombre augmente tellement vite que nul ne sait combien elles sont précisément* » (Le Vif/l'express, 2015). Il semblerait que derrière ces gros titres de journaux, un mouvement soit en marche. Un souffle nouveau, une dynamique.

Les données relatives aux microbrasseries en Belgique sont lacunaires, voire inexistantes. Ceci n'est pas le cas pour l'extrême majorité de nos pays voisins européens (The Brewers of Europe, 2016).

Au tout début du XX^{ème} siècle, la Belgique rencontrait un « boom » de brasseries (plus de 3.000 brasseries, soit 1 brasserie pour 2.000 habitants). Depuis lors, leur nombre n'a cessé de chuter jusqu'à la fin du XX^{ème} siècle. En 1980, elles ne sont plus représentées que par 123 unités (cfr. Figure 4). Cette dégringolade, comme nous l'avons évoqué au point précédent, est à mettre en parallèle avec une chute de la consommation de bière et une augmentation du volume total de production. Autrement dit, le nombre de brasseries diminue mais la taille moyenne des brasseries augmente de façon exponentielle. Cette augmentation de taille est renforcée après les années 80 par la globalisation des brasseries (Poelmans et Swinnen, 2011). Ceci reflète la concentration des parts de marché évoquée en introduction (cfr.p.9). A partir des années 80, le nombre de brasseries a repris une pente ascendante. C'est à ce sursaut que font référence les gros titres de journaux présentés ci-dessus. Replacé dans son contexte, ce taux de croissance est à relativiser. En réalité, nous sommes loin d'avoir récupéré le niveau de « brasseries perdues », d'autant plus que cette croissance observée actuellement serait peut-être bientôt amenée à s'essouffler comme l'indique Persyn et al. (2010).

« (...) leads to the conclusion that even without a substantial revival of small scale brewers, the number of breweries in Belgium is already at a substantially higher level. Consequently, it is unclear whether one should expect the same type of growth in the number of Belgian brewers as has been observed in the US in recent decades. » (Persyn et al., 2010, p.20)

Toutefois, nous pourrions reconsidérer ces propos en mettant en évidence que la concentration de brasseries belges est loin d'atteindre celle de pays voisins comme la Suisse qui compte en 2015 environ 1 brasserie pour 12.000 habitants¹⁴. Soit une concentration de brasseries par habitant plus de quatre fois supérieure à la Belgique !

¹⁴ Calcul réalisé sur base des données disponibles: <https://www.pxweb.bfs.admin.ch/> (statistiques suisses) ; et The Brewers of Europe (2016). De plus, d'après le site [happybeertime](http://happybeertime.com), il semblerait que nous arrivions 12^{ème} après la Suisse, Nouvelle-Zélande, Pays de Galles, Norvège, Danemark, Angleterre, Suède, Estonie, Ecosse, Lettonie et Islande au niveau du rapport « nombre de brasseries par habitant ». En ligne : <https://www.happybeertime.com/blog/2016/01/21/quels-pays-comptent-le-plus-de-brasseries-artisanales-> consulté en mars 2017).

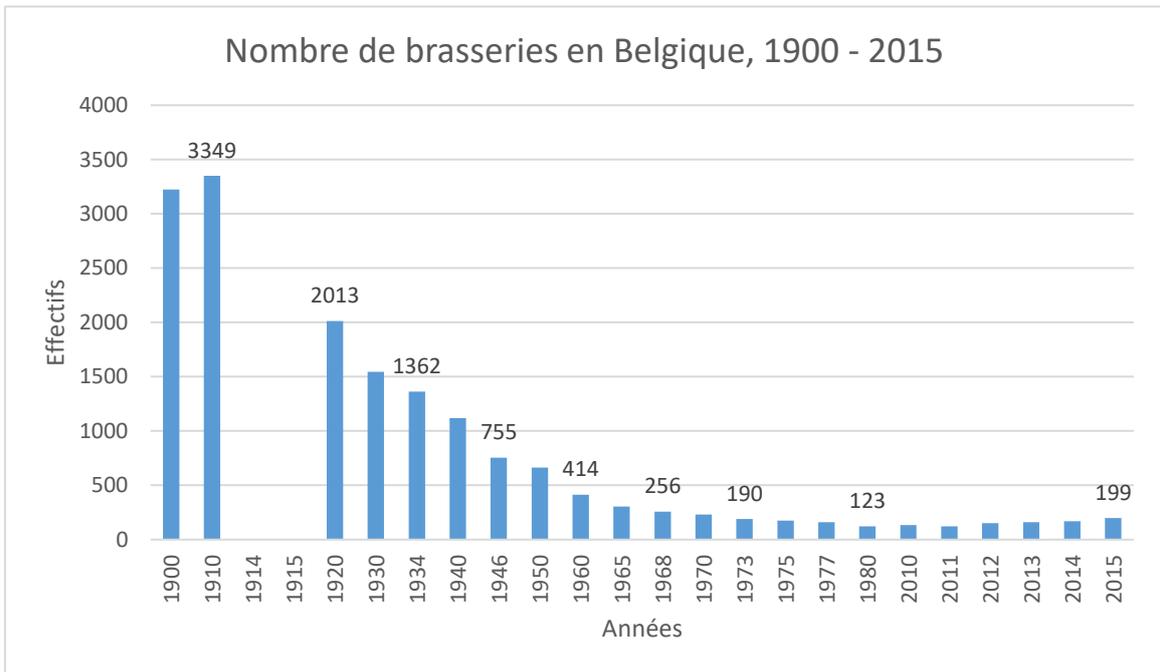


Figure 4: Nombre de brasseries en Belgique (1900 – 2015). Réalisé sur base des données The Brewers of Europe (2016); Rapport des brasseurs belges (2015); Poelmans and Swinnen (2011)

4.5. Bière et environnement

D'après la fédération des brasseurs belges (Rapport des brasseurs belges, 2015), les brasseries belges se sentent concernées par les enjeux sociétaux et environnementaux de notre époque. Il ne s'agirait pas moins que d'une question de survie pour le secteur. Autrement dit, travailler sur l'aspect durable de cette profession, c'est tout simplement miser sur son avenir. Ainsi, chaque nouvel investissement doit, non seulement, être jugé par rapport à sa modernité technique mais aussi par rapport à son impact sur l'environnement. Au-delà des considérations morale, éthique, juste, urgente caractérisant la situation actuelle se cache aussi un bon sens économique (l'énergie est une des composantes du prix de revient d'une bouteille de bière). Il s'agit donc de quelque chose de rationnel.

D'une façon très linéaire, simplifiée et schématique, nous pouvons caractériser les flux de matières et d'énergies inhérents aux processus de fabrication d'une bouteille de bière de cette manière :



Dans un article publié en 2012, Olajire (2012) explique d'une manière assez détaillée en quoi les consommations d'énergies et de ressources (telle que l'eau), l'émission des déchets dans l'eau, le sol et l'air constituent les principaux enjeux environnementaux du secteur brassicole et cela, en dépit des dernières grandes avancées technologiques observées depuis quelques décennies.

4.5.1. Les matières premières

Selon les limites du système fixées, les étapes du processus les plus pénalisantes seront différentes. Ainsi, si nous incluons l'ensemble du cycle de vie dans notre étude d'impact, les contributions les plus pénalisantes pour l'environnement seront la culture des céréales (dans notre cas, l'orge) et le conditionnement de la bière.

Selon Melon et al. (2012), la culture de l’orge peut représenter entre 22 et 57 % des contributions pour un conditionnement en bouteille et entre 11 et 70 % pour un conditionnement en fût. Cette étude montre donc, en outre, l’extrême variabilité des postes de contributions en fonction des paramètres choisis.

Tableau 2: Synthèse des résultats de Melon et al. (2012, p. 2), contributions environnementales du procédé

Étapes	Bouteille		Fût	
	Usage unique	Réutilisée	Usage unique	Réutilisée
Culture orge	21,83	57,52	10,52	69,99
Brassage	0,2	0,52	0,1	0,64
Ébullition moût	3,79	9,98	1,82	12,14
Garde	1,97	5,2	0,95	6,32
Lavage drèches	0,04	0,11	0,02	0,13
Emballage	72,17	26,67	86,59	10,78
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

4.5.1.1. Les foodmiles des matières premières brassicoles :

En Belgique, 91 % de l’orge brassicole est cultivée en Wallonie (cela représente environ 13.000 tonnes par an). Cette production ne représente même pas 4 % de la production totale d’orge wallonne. Or, la demande belge en orge brassicole avoisine le million de tonnes par an. Nous pouvons donc considérer que la Belgique est une importatrice nette d’orge brassicole (Delcour et al., 2013). L’orge importée pour la production de nos bières provient principalement de France, du Danemark, d’Allemagne et du Royaume-Uni. Cet état de fait est imputable, pour partie, aux conditions climatiques non optimales pour la culture de l’orge brassicole (BioWallonie, 2016).

Au niveau de la culture biologique, nous ne comptons qu’une petite dizaine de producteurs wallons d’orge de brasserie. Le déclassement de l’orge brassicole étant fort fréquent, les agriculteurs préfèrent ne pas se lancer dans ce type de culture. Hormis cette production belge, l’orge bio vient de France, du Danemark, d’Italie, d’Angleterre et d’Espagne (les proportions varient selon les années) (Delcour et al., 2013 ; BioWallonie, 2016).

Quant au houblon, lui aussi indispensable à la fabrication de la bière, la Belgique n’en compte qu’un seul producteur bio sur son territoire, en Flandre Occidentale (à Poperinge). À l’heure actuelle, les brasseries bio font venir principalement le houblon biologique de Nouvelle-Zélande, d’Allemagne, de République tchèque ou du Royaume-Uni (BioWallonie, 2016).

4.5.2. L'eau

Selon le Rapport des brasseurs belges (2015), des progrès semblent avoir été réalisés au niveau de l'économie d'eau. En effet, depuis les années 90, la consommation d'eau serait passée de 10 - 20 litres en moyenne pour produire 1 litre de bière à 3,5 - 6 litres (soit une réduction de consommation de moitié). Dans la lignée de l'attention accordée à l'eau, beaucoup de brasseries se sont équipées de leur propre système de récupération des eaux usées (installation de station d'épuration).

Selon Donoghue et al. (2012), dans des brasseries modernes, la consommation en eau tournerait autour des 0,4 à 1 m³/hl (soit 4 à 10 litres/litre de bière produit). Autrement dit, une fourchette de valeurs variant du simple au double dépendamment du type de bière, de la taille des brassins, de la présence ou non d'une chaîne de nettoyage des bouteilles, du mode de conditionnement et de la méthode de pasteurisation (si elle existe), de l'âge de l'installation, du système utilisé pour le nettoyage et du type d'équipement utilisé. Les brasseries très efficaces en consommeraient environ 4 à 7 litres par litre de bière produit. Entre la période 2008 et 2010, nous aurions réduit d'environ 5 % notre consommation en eau.

Van der Merwe et Friend (2002) renseignent que des proportions comprises entre 65 et 70 % d'eau s'échapperaient du processus sous la forme d'effluent. Le reste se partage entre le produit fini et le phénomène d'évaporation.

En Belgique, la fédération des brasseurs annonce qu'il nous faudrait en moyenne 5 litres pour produire 1 litre de bière (sans tenir compte de l'appréciation qui consisterait à déterminer le caractère satisfaisant ou non de la performance, nos brasseries feraient dès lors partie des plus performantes en la matière).

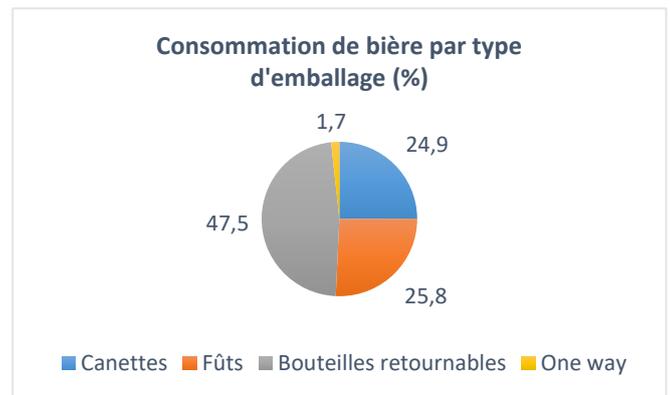
Cependant, les chiffres renseignés ci-dessus ne font référence qu'aux quantités d'eau utilisées à l'intérieur du périmètre de la brasserie et n'incluent dès lors pas l'ensemble du cycle de vie du produit. Ainsi, selon les chiffres présentés par Mekonnen et Hoeksra (2011), 1.600 m³ d'eau seraient nécessaires pour produire 1 tonne de céréales. Puisque nous savons qu'il faut environ 100-200 grammes d'orge (cette valeur varie beaucoup selon la bière) pour produire un litre de bière, ce ne serait dès lors pas loin de 150 à 300 litres d'eau qui seraient nécessaires à la production d'un litre de bière¹⁵ ; quantité d'eau à laquelle nous pourrions aussi ajouter la consommation liée au processus de maltage et la consommation nécessaire (mais relativement insignifiante comparée aux derniers chiffres présentés) pour produire le conditionnement en bouteille de verre soit 60 litres pour produire 1 tonne de verre, représentant environ 2.000 bouteilles de 75 cl (Koroneos et al. 2003).

15. Nous tenons tout de même à souligner le fait que le calcul présenté est « simpliste ». L'empreinte eau présentée représente un flux d'eau virtuel et non une « consommation » en eau proprement dite. Les chiffres sont présentés de manière à illustrer l'importance inhérente, d'une part, aux frontières du système que l'on étudie et, d'autre part, à la méthode utilisée.

4.5.3. Le conditionnement

Melon et al. (2012) montrent que l'emballage peut représenter entre 72 et 26 % des impacts liés à un conditionnement en bouteilles dépendamment du fait que la bouteille soit à usage unique ou non (86 à 11 % pour l'usage du fût). Une synthèse de leur résultat est visible ci-dessus (cfr. Tableau 2, p.17). De la figure 5, en 2015, 73,4 % des bières mises sur le marché belge sont vendues dans des conditionnements réutilisables (bouteilles, fûts, casiers).

Figure 5: Consommation de bière par type d'emballage (%) en Belgique. Données issus du rapport des brasseurs belges (2015)



4.5.4. Les sous-produits

La préparation de la bière produit deux co-produits solides, principalement de deux types :

- Le premier est constitué principalement des grains non utilisés et des drêches issues du processus de filtration du moût. Ces déchets sont utilisés pour l'alimentation du bétail (Koroneos et al., 2003).
- Le second, le « kieselguhr » ou les « amers » de fermentation (complexes de matières azotées, de tanins et de déchets du métabolisme de la levure se déposant sur les parois des cuves) qui, quant à lui, devra être mis en décharge (Koroneos et al., 2003 ; Olajire, 2012).

4.5.5. Les émissions

4.5.5.1. Dans l'air

Sur base d'évaluations environnementales de type ACV, Beverage Industry (2012) a procédé à l'évaluation des émissions CO₂ (eq) inhérentes à la production de bières (européenne et nord-américaine). Il ressort de ces études qu'un total de 420 grammes de CO₂ eq sont émis par litre de bière européenne produit.

« As shown in the table, for the Europe format, the total carbon footprint was calculated to be 139.6 grams of CO₂e per 33 centiliter bottle. Barley malt production comprises 39 percent of the total product carbon footprint, followed by brewery emissions (25%), glass bottle production (13%), and distribution transportation (13%). These four processes account for 90 percent of the total footprint. In the North America format, the total carbon footprint is 319.4 grams of CO₂e per 355 milliliter aluminum can. The can comprises 41 percent of the total product carbon footprint, followed by malt (33%), brewery emissions (12%), and distribution transportation (8%). These processes account for 94 percent of the total footprint. » (Beverage Industry, 2012, p.8).

Cet extrait met en évidence qu'ici encore, l'empreinte de la bière peut varier de manière très significative selon la définition des paramètres étudiés (choix de la brasserie, processus, conditionnement, etc.).

Il existe aussi une revalorisation via la collecte de biogaz issu du processus. Cette dernière aurait augmenté d'environ 7 % entre la période 2008 – 2010, atteignant en moyenne 92 m³ de biogaz récolté pour 1.000 hl de bière produits. En Europe, la digestion anaérobie produit quelques 23.6 millions de m³ de biogaz par an (Donoghue et al. 2012).

4.5.5.2. Dans l'eau

Kanagachandran et Jayaratne (2006) ont estimé le volume d'eau à traiter (déchet sous forme d'eau usée) à 3 -10 litres par litre de bière produit. Les rejets des brasseries proviennent essentiellement des nettoyages divers des cuves et des conduites depuis la salle de brassage jusqu'aux soutireuses à bouteilles ou à fûts et du lavage des bouteilles et des fûts. Ces déchets relativement importants sont à prendre en considération du fait de leur haute teneur en matières organiques (présentant donc une demande chimique en oxygène (DCO importante allant de 1000 à 4000 mg/L) et une demande biologique en oxygène (DBO au-delà de 1500 mg/L).

4.5.6. Energie

Selon Donoghue et al. (2012), le secteur brassicole tire la plupart de son énergie de ressources non renouvelables. En Europe, la demande moyenne en énergie nécessaire pour produire 1 hl de bière (soit 100 litres) est de 116.8 MJ. Dépendamment du lieu de brassage, cette donnée peut varier de façon relativement importante puisque la fourchette s'étend de 70.6 MJ/1hl à 234.1 MJ/1hl (sur base de données agrégées par pays).

Selon Olajire (2012), pour une brasserie bien organisée, 8 à 12 kWh d'électricité, 5 hL d'eau et 150 MJ de fuel seraient nécessaires pour produire 1 hectolitre de bière.

4.6. Paramètres susceptibles d'influencer la performance environnementale des produits

Nous n'avons pas relevé beaucoup d'articles ciblant d'une manière spécifique la production brassicole. La bière est un produit alimentaire. C'est ainsi que nous la considérons. Par conséquent, la performance environnementale de ce produit doit dépendre de tout paramètre susceptible d'influencer la performance environnementale d'un produit alimentaire. Du moins, c'est l'hypothèse que nous retenons pour le développement de ce chapitre.

4.6.1. Les modalités de production

Melon et al. (2012) montrent que la culture de l'orge peut représenter entre 22 et 57 % des contributions pour un conditionnement en bouteille. Toutefois, cette étude n'évoque pas l'éventuelle différenciation des impacts en lien avec le type d'agriculture (biologique, raisonnée, conventionnelle). Or, l'agriculture biologique devrait, par définition, apporter une plus-value environnementale notamment en limitant l'utilisation d'engrais chimique et de produits phytosanitaires de synthèse :

« La production biologique est un système global de gestion agricole et de production alimentaire qui allie les meilleures pratiques environnementales, un haut degré de biodiversité, la préservation des ressources naturelles, l'application de normes élevées en matière de bien-être animal et une méthode de production respectant la préférence de certains consommateurs à l'égard de produits obtenus grâce à des substances et à des procédés naturels. Le mode de production biologique joue ainsi un double rôle sociétal : d'une part, il approvisionne un marché spécifique répondant à la demande de produits biologiques émanant des consommateurs et, d'autre part, il fournit des biens publics contribuant à la protection de l'environnement et du bien-être animal ainsi qu'au développement rural. » (Règlement (CE) n° 834/2007 du Conseil du 28 juin 2007)

Les publications de recherche sur la production biologique sont très nombreuses (Rahmann, 2011). En dépit de l'affirmation intuitive « Bio = meilleur pour la santé et/ou moins impactant pour l'environnement » très présente dans la pensée des consommateurs bio ordinaires (Aertsens et al., 2009 ; Kneafsey et al., 2013), il n'est aujourd'hui pas possible de mettre en évidence un consensus scientifique à ce sujet (Hoefkens et al., 2009). Ainsi, une méta-analyse réalisée par trois chercheurs de l'université de Gand concluait la question environnementale de cette manière :

« From the paper's meta-analysis it can conclude that soils in organic farming systems have on average a higher content of organic matter. It can also conclude that organic farming contributes positively to agro-biodiversity (breeds used by the farmers) and natural biodiversity (wild life). Concerning the impact of the organic farming system on nitrate and phosphorous leaching and greenhouse gas emissions the result of the analysis is not that straightforward. When expressed per production area organic farming scores better than conventional farming for these items. However, given the lower land use efficiency of organic farming in developed countries, this positive effect expressed per unit product is less pronounced or not present at all. » (Mondelaers et al., 2009, p.1098)

Cet avantage de l'agriculture biologique pour la conservation et l'amélioration de la biodiversité est confirmé par de nombreuses autres méta-analyses (Rahmann, 2011).

Cependant, le degré d'intensité du mode de production est aussi à prendre en considération dans les calculs d'impacts. En effet, si les intrants sont moindres en agriculture biologique comparé à l'agriculture conventionnelle, les rendements le sont aussi. Dans ce sens, Biowallonie (2016) indique que le rendement attendu en orge de printemps conventionnel est de 7,5 T/ha alors qu'en filière biologique, il sera plutôt de 4,5 T/ha (d'une manière générale, de tous les types de culture, la culture céréalière présente les plus grands écarts de rendement entre les systèmes organiques et conventionnels). Dès lors, des phénomènes de transferts d'impacts peuvent s'observer (d'un impact environnemental de type « biodiversité » vers un impact « occupation des sols » par exemple). Les calculs d'impacts ne sont donc pas évidents à statuer. En effet, si les impacts environnementaux à l'hectare ne sont définitivement pas à l'avantage de l'agriculture conventionnelle, son plus grand rendement sur cette même surface fait que les impacts exprimés par unité de production (à la tonne par exemple) sont à nuancer.

Une étude de Tricase et al. (2017) reprend ce constat et met en évidence, sur base d'une ACV comparative entre la culture de l'orge biologique et conventionnelle, l'importance de l'unité fonctionnelle (UF) retenue. En effet, comme identifié ci-dessus, ce dernier peut conduire à des performances environnementales différentes. Une comparaison basée sur l'UF de surface (e.g. 1 ha) cherchera la solution la plus durable pour l'environnement, tandis qu'une comparaison basée sur une unité fonctionnelle de type massique (e.g. 1 kg) cherchera, quant à elle, la meilleure solution en termes d'efficacité productive. Dans le cas d'étude de l'orge, l'agriculture biologique peut être considérée comme étant la solution la plus appropriée en termes de « durabilité environnementale » mais elle n'est pas efficace en termes de production (à cause de son rendement). D'une même manière, si l'agriculture conventionnelle peut être considérée comme efficace en termes de production, elle n'est pas durable sur le plan environnemental.

Pour résumer, Tricase et al. (2017, p.21) mettent en évidence que :

- l'UF de « surface » est méthodologiquement appropriée si l'étude se concentre uniquement sur le stade agricole ;
- l'UF de « masse » est une meilleure solution si le système de culture fait partie d'un système plus large (comme la fabrication d'un produit à base d'orge).

Seufert, Ramankutty et Foley (2012) publient une étude dans « Nature » qui nuance ce constat d'écart de rendement en le reconnaissant comme étant très contextuel.

« Our analysis of available data shows that, overall, organic yields are typically lower than conventional yields. But these yield differences are highly contextual, depending on system and site characteristics, and range from 5% lower organic yields (rain-fed legumes and perennials on weak-acidic to weak-alkaline soils), 13% lower yields (when best organic practices are used), to 34% lower yields (when the conventional and organic systems are most comparable). Under certain conditions—that is, with good management practices, particular crop types and growing conditions—organic systems can thus nearly match conventional yields, whereas under others it at present cannot. »
(Seufert, Ramankutty et Foley, 2012, p.229)

Plus récemment, Ponisio et al. (2015) proposent une nouvelle lecture de cet « écart de rendement » dans une nouvelle méta-analyse mettant à l'épreuve l'analyse de Seufert et al. ci-dessus.

« Further, we found entirely different effects of crop types and management practices on the yield gap than previous studies »

Selon ces auteurs, le fait qu'il existe une palette extraordinairement variée de pratiques de gestion utilisées dans l'agriculture biologique et conventionnelle, la comparaison « à grande échelle » de ces deux types de production n'est pas très intéressante en ce qu'elle ne peut pas fournir d'informations utiles pour améliorer la gestion des systèmes de cultures biologiques. Afin d'atténuer les écarts de rendement entre la production organique et la production conventionnelle, ils proposent une autre approche :

« It might be more productive to investigate explicitly and systematically how specific management practices (e.g. intercrop combinations, crop rotation sequences,

composting, biological control, etc.) could be altered in different cropping systems to mitigate yield gaps between organic and conventional production. »

Les auteurs poursuivent en suggérant que ces recherches de pratiques agro écologiques de type « rotation des cultures » et « polyculture » pourraient améliorer la productivité du biologique jusqu'à atteindre des rendements comparables (voir supérieurs) aux systèmes de cultures conventionnels.

Un autre paramètre pouvant alourdir l'empreinte du processus de production est la saisonnalité de cette même production. L'importation et la culture sous serre sont deux scénarios permettant de proposer aux consommateurs un flux continu d'une grande diversité de denrées tout au long de l'année. L'impact environnemental d'un produit (même issu d'un processus de culture biologique) consommé peut être très différent dépendamment du moment choisi pour le consommer. Par exemple, en Belgique, la saison des fraises s'étend des mois de mai à août. Toutefois, des fraises belges cultivées sous serre chauffée sont disponibles sur le marché dès la fin mars. Un mois plus tard, ces fraises seront cultivées sous tunnel plastique et en juin, les fraises dites « de pleine terre » arriveront (CRIOC, 2006).

« En 2002, 25.000 tonnes de fraises ont été produites sous serre chauffée ou sous tunnel plastique et 15.000 tonnes en pleine terre » (CRIOC, 2006, p. 10).

Occupant quelques 2.058 ha en 2015, les chiffres-clés de l'agriculture 2016 montrent la relative stagnation ces dernières années des surfaces allouées aux cultures sous serre en Belgique (Statbel, 2016).

Le recours à l'énergie fossile pour chauffer la serre est à l'origine d'émission de gaz à effet de serre alourdissant ainsi le potentiel d'impacts de type « réchauffement climatique ». Ainsi, Smith et al. (2005) mettent en évidence que la consommation d'une tonne de tomates cultivées localement sous serre en Angleterre peut émettre près de 4 fois plus d'impacts qu'une tonne de tomates consommées importées d'Espagne et cultivées en pleine terre.

Un même genre d'étude conduite un peu plus tard sur la laitue montre des résultats plus ou moins similaires. En effet, l'importation et la consommation de salades provenant d'Espagne en Angleterre en hiver présentent un potentiel réchauffement climatique moins important. Les résultats étant de 0,4 – 0,5 contre 1,5- 3,7 kg CO₂ éq / kg de laitue. Le transport réfrigéré comptait pour 42,5 % des émissions de la salade espagnole. Le chauffage des serres anglaises pour 84,3 % des émissions (Hospido et al., 2009).

Le conditionnement est aussi à prendre en considération (cfr. point suivant).

NOTE : Tout brasseur sensible aux questions environnementales et désireux de recevoir une certification, autrement dit, une forme de reconnaissance externe de cet engagement écologique, peut entreprendre la démarche d'obtention d'un label écologique. Ce label est destiné à informer le consommateur et/ou à le garantir du bon suivi de la démarche (il n'est parfois pas en mesure de pouvoir se déplacer jusqu'au site de production). Il existe un certain nombre d'organismes certificateurs/labels, parmi eux : le label européen (obligatoire

sur tout produit bio préemballé), les labels publics (comme le label AB) et les labels privés qui se basent sur des cahiers des charges privés (complétant le règlement européen en proposant des normes complémentaires) comme Biogarantie, Ecocert, Certisys, Tüv Nord Integra, (BioWallonie, 2016). Comme tout aliment typé « Bio », les bières biologiques doivent répondre à un cahier des charges strict.

4.6.2. Les modalités de distribution

Nous distinguons deux systèmes différents de distribution des produits alimentaires. Le premier est la distribution en circuit court pouvant se définir par deux caractéristiques : un nombre d'intermédiaires limités et une dimension géographique (un rayon de 80 km autour du site de production).

Le deuxième est la distribution en circuit long, se caractérisant par un nombre d'intermédiaires et/ou par un rayon de distribution plus importants.

Intuitivement, sur une portée environnementale, le circuit court alimentaire, par sa proximité géographique ainsi que par sa limitation logistique, paraît être une alternative intéressante au circuit long.

Toutefois, les études menées sur le sujet tendent à nous rappeler que le « bon sens » ne se vérifie pas toujours en matière environnementale et que les « solutions faciles », « intuitives » n'existent pas en matière de consommation.

« The possible contribution of local sales chains to the reduction of energy consumption has been hotly debated in recent years. Some authors establish a link between the reduction of distances traveled by food and lower energy consumption due to transportation, while others hold that local supply chains have a poor energy performance. » (Mundler et Rumpus, 2012, p. 609)

La réalité est tout en nuance. Les filières de distribution de type circuit court sont nombreuses. Chacune d'entre elles présente ses particularités propres (modalités logistiques, etc.). Ces caractéristiques, intrinsèquement liées à chaque formulation du circuit court, auxquelles s'additionnent les contraintes méthodologiques de l'étude (choix de la méthode d'analyse, des frontières du système étudié, les données disponibles, etc.) rendent tout simplement impossible l'énonciation d'une théorie générale sur la performance environnementale (Edward-Jones et al., 2008).

4.6.2.1. L'hypothèse des *food miles*.

Les « *food miles* » correspondent à la « *distance parcourue par les denrées agroalimentaires de l'exploitation agricole au consommateur. Généralement mesurés en tonne-kilomètre, i.e. la distance parcourue en kilomètres multipliée par le poids en tonnes pour chaque denrée agroalimentaire.* » (Smith et al., 2005, p.2).

Ce sont en partie eux qui ont amené certaines brasseries vers une réorganisation de la distribution en circuit court. Parmi ces brasseries, nous pouvons citer, entre autres, la brasserie des Carrières (Province du Hainaut), la Brasserie de la Lienne (Province de Liège), la Brasserie Demanez (Province du Luxembourg), la Brasserie Coopérative Liégeoise (à La Ferme à l'Arbre), la Brasserie coopérative de la Lesse.

« ...nous on cherche un développement qui soit le plus local possible. Donc nous on a..., c'est écrit dans nos statuts, on veut... C'est une coopérative à Finalité Sociale et on veut participer à la relocalisation de l'économie et donc nous on veut une bière locale. [...] On a été contactés par des importateurs : on a dit « non, on ne veut pas exporter, ça nous intéresse pas, nous ce qu'on veut c'est un développement local ». Le plus local possible, donc nous d'abord c'est Rochefort et les Communes aux alentours, ensuite la Province de Namur et puis après éventuellement un peu Bruxelles et le Luxembourg, voilà, sur cet axe-là. Donc ça c'est le développement qu'on cherche. [...] nous on veut vraiment être local et accessible à tout le monde. [...] on ne veut pas exporter parce que pour nous ça n'a pas de sens de... Pour nous en fait l'export n'a pas de plus-value... Il n'y a pas de bénéfice, ni social, ni environnemental. Parce que ? Social, parce qu'un petit brasseur français peut faire la même chose que nous en France. On ne peut pas faire acte nous qu'on a un savoir-faire ancestral, on a deux ans, hé c'est bon... ! On est à l'heure où tout le monde peut se renseigner sur internet et tout donc nous on ne peut pas dire qu'on est des brasseurs, qu'on fait de la bière belge quoi. [...] Il y a un mouvement maintenant hein ! Il y a plein de microbrasseries qui naissent à gauche - à droite : en Italie, en France, voilà... Donc nous on dit que quelqu'un peut faire la même chose que nous là-bas, localement. Et donc ça sert à rien, pas de bénéfice social, et du coup non plus, pas de bénéfice environnemental parce qu'on ne va pas... On transporte de l'eau quoi, quand on transporte de la bière... ! »
(extrait d'interview de Norbert Buysse – administrateur délégué de la Brasserie de la Lesse - réalisée par Bué M., 2014, p.81)

Les circuits-courts sont donc bien, comme l'avancent Dupon et al. (2013), un mouvement social traduisant une volonté de replacer l'intérêt général au cœur de son occupation.

Il est dès lors important que ces nouvelles modalités démontrent leurs capacités à générer une plus-value environnementale et sociale.

Par définition, la vérification de la « théorie des food miles » ne peut pas se faire sans reposer sur l'analyse comparée de deux (ou plusieurs) filières de production comparables (et donc identiques). Autrement dit, les filières comparées ne doivent se distinguer que par la distance parcourue par la denrée produite pour atteindre le consommateur. Dans la réalité, la situation ne se présente pas aussi simplement. Les filières se distinguent par un certain nombre de facteurs comme les différents modes de transport, la logistique et le système de production. (Grolleau et al., 2010).

En 2009, une étude empirique visant à comparer les émissions carbonees liées aux deux systèmes de distribution (circuit long et circuit court) a été réalisée par Coley et al. (2009). Leur résultat

est interpellant dans le sens où ils montrent la fragilité d'un système ne tournant qu'autour du concept des « food miles »¹⁶ :

« If a customer drives a round-trip distance of more than 7.4 km in order to purchase their organic vegetables, their carbon emissions are likely to be greater than the emissions from the system of cold storage, packing, transport to a regional hub and final transport to customer's doorstep used by large-scale vegetable box suppliers. » (Coley et al., 2009, p.5)

Dépendamment du contexte, les avantages environnementaux pourraient donc « se dissoudre » derrière un certain nombre de choses :

➤ **Le moyen de transport**

Les transports comptent pour environ 26 % des émissions globales de CO₂ (Chapman, 2007). Le poids du transport est un poste moins important lorsqu'il est inséré dans l'ensemble des émissions liées au processus de production (du produit alimentaire). Ainsi, la production des matières premières (la culture) et le conditionnement des aliments représentent souvent les plus grosses parts des émissions.

Le Commissariat Général au Développement Durable indique qu'en France, les processus liés aux transports des produits alimentaires représenteraient environ 17 % des émissions de GES propres aux chaînes alimentaires. Parmi ceux-ci, 11 % seraient émis directement par le consommateur pour effectuer ses courses (Dussud et al., 2013).

Dans une même idée, Weber et Matthews (2008) ont procédé à l'analyse de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre associées à la nourriture dans le système alimentaire aux Etats-Unis. Cette analyse présente des limites et repose sur beaucoup d'hypothèses mais montre que les émissions GES associées à la nourriture sont dominées par la phase de production (83 % de l'empreinte totale). Le transport dans son ensemble représente 11 % des émissions de GES et la livraison en fin de chaîne du producteur au distributeur ne contribue à ces émissions que pour 4 %. Sur la base de cette analyse, ils estiment que le choix pour un ménage des Etats-Unis de s'approvisionner en local pour la totalité des produits alimentaires ne conduirait qu'à une réduction de 4 à 5 % des émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble du cycle de vie du produit. Bien que cette étude ait été réalisée au Etats-Unis (rendant ce scénario difficilement comparable avec un scénario européen), leur conclusion reste pour le moins interpellante.

Cependant, le rapport d'émissions évoqué par Weber et Matthews (2008) ne serait pas le même dans la distribution en circuit court dans laquelle, sur les 43 % d'émissions liées au transport, 31 % seraient imputables au transport du consommateur (Vaillant et al., 2017).

Les impacts liés aux transports de nourriture sont directement en relation et dépendent du moyen de transport utilisé (Smith et al. 2005). Le choix du mode de transport dépend principalement de la fragilité du produit, de son délai de péremption, de la distance à parcourir. Ainsi, en Europe, 75 % des échanges¹⁷ se font par transport routier (couverture du territoire

¹⁶ Les auteurs n'ont pas intégré l'amont agricole dans leur analyse de cycle de vie.

¹⁷ Transport intérieur de marchandises dans l'UE-28.

européen sous 48 heures). Les transports de fret par train ou bateau se font aussi mais de manière plus marginale (Eurostat, 2016). Si le délai de livraison est court et que la distance est longue, nous aurons plutôt recours à l'avion.

La comparaison de l'impact environnemental de ces différents moyens de transport se fait en fonction de leur rejet de CO₂ équivalent. L'unité utilisée est la tonne kilomètre (c'est à dire la quantité de CO₂ liée au transport d'une tonne d'un produit sur une distance d'un kilomètre).

L'Observatoire Bruxellois de la Consommation Durable (2006, p.3) indique les facteurs d'émissions suivants pour chacune de ces modalités¹⁸ :

- Bateau : 15 à 30 g/tonne km
- Train : 30 g/tonne km
- Voiture : 168 à 186 g/tonne km
- Camion : 210 à 1.430 g/tonne km
- Avion : 570 à 1.580 g/tonne km

Chapman (2007) présente une synthèse des émissions de CO₂ des différents moyens de transport cités précédemment en fonction de deux unités : le « passager-km » et la « charge-km ».

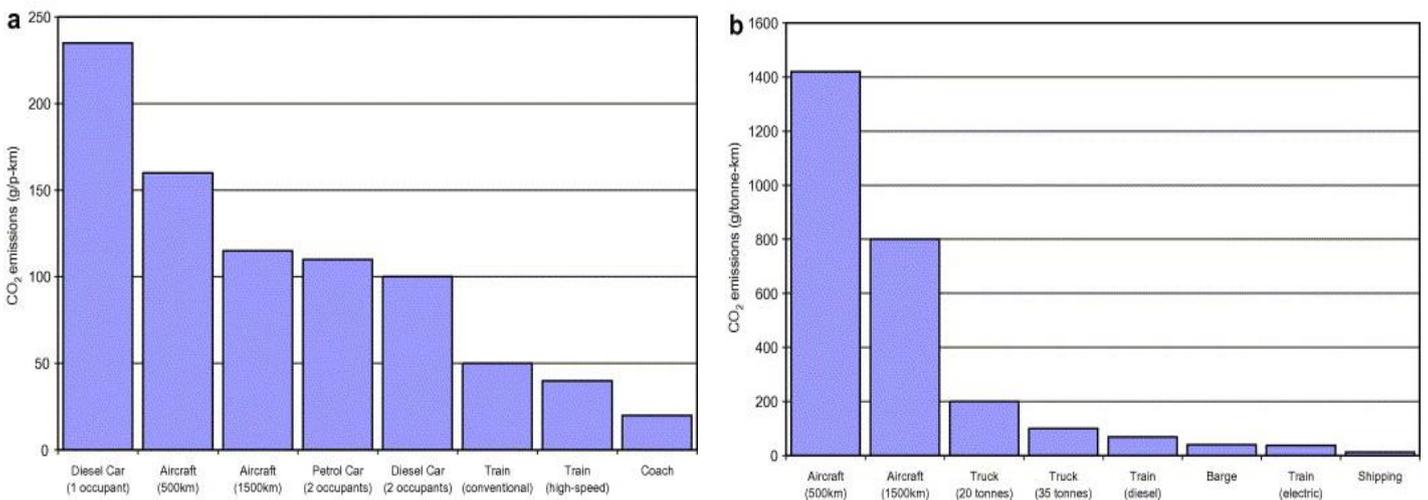


Figure 6: Emissions CO₂ des trajets longues distances par (a) passager-kilomètre et (b) chargement- kilomètre
 source : Chapman, 2007, p.356

¹⁸ L'auteur note que les valeurs peuvent varier considérablement. En général, un grand camion émettra plus de CO₂ qu'un petit camion. Cependant, les camions frigorifiques pourront émettre jusqu'à 800 g CO₂ /tonne km en plus qu'un camion non réfrigéré.

D'autres sources comme Dussud et al. (2013) ne présentent pas le classement dans cet ordre (le transport maritime et fluvial passant avant le transport ferroviaire). Ces différences de résultats de classement peuvent s'expliquer, entre autres, par les profils de mix énergétiques retenus dans les études (renouvelable, charbon, un mix, etc.).

L'importance du choix du moyen de transport est mise en évidence par Van Passel (2013). Son étude met en évidence qu'en Belgique, il est optimal de manger une pomme belge, de saison, produite localement et que nous avons été chercher en vélo. Toutefois, la consommation d'une pomme provenant de Nouvelle-Zélande (22.170 km) reste moins dommageable que la consommation d'une pomme espagnole (2.000 km).

D'après Grolleau et al. (2010), les circuits courts favoriseraient une augmentation de la mise en circulation de petits véhicules transportant de petits volumes. Indépendamment des pressions exercées sur les infrastructures routières (congestion des routes, etc.), ces modes de transport de biens ne se montrent pas efficaces. En effet, le rapport entre le carburant utilisé par unité de volume transportée est moins intéressant que celui offert par d'autres filières. Ainsi, selon le commissariat général au développement durable (Dussud et al., 2013), des livraisons effectuées en véhicule utilitaire léger (de type 3,5 tonnes) par un producteur pour écouler ses produits peut émettre plus de cent fois plus de CO₂ à la tonne-kilomètre transportée qu'un camion de 40 tonnes (1068 g CO₂/t.km contre 84 g CO₂/t.km selon CGDD (2013)).

De plus, le transport de marchandises n'utilise pas le plein potentiel de charge. Au Royaume-Uni, il n'y aurait que 59 % de l'espace de transport de marchandises qui seraient utilisés en circuit de distribution conventionnel. Ce taux descendrait à 50 % pour les distributions locales (Sureau, 2014, d'après DLTR, 2002 et Wallgren, 2006).

Edward-Jones (2010) met en évidence l'importance du délai entre la récolte et la vente. En effet, pour consommer des produits locaux toute l'année, il faut les stocker et les conserver. Il y a dès lors nécessité d'assurer le transfert des aliments jusqu'au site de stockage réfrigéré. Il faudra ensuite assurer leur transport jusqu'au site où ils seront consommés. Toutes ces manipulations consomment de l'énergie et sont donc génératrices d'impacts. Van Passel (2013) introduit aussi cette importance du conditionnement du produit (dont la consommation est reportée) et de son stockage. En effet, la pomme belge, citée ci-dessus, pourrait diminuer voire perdre son avantage environnemental par rapport aux autres provenances si elle est stockée dans un endroit réfrigéré en vue d'être consommée quelques mois plus tard.

Le circuit court alimentaire présente donc principalement deux talons d'Achille par rapport à la cause environnementale : les impacts dépendront pour grande partie, d'une part, du système de production (lieu de production lointain mais permettant une production de plein champ versus lieu de production local sous serre) et, d'autre part, de l'efficacité du système logistique (moyen de transport, volumes transportés, degré de remplissage du véhicule, si le retour du véhicule se fait à vide, en charge partielle ou totale).

Le bilan environnemental dépendant d'une multitude de critères, tantôt aléatoires, tantôt choisis (le type de produits, les pratiques agricoles, la saisonnalité, le moyen de transport, la méthode d'analyse, les frontières du système étudié, les données disponibles, le lieu de provenance des chercheurs, le cours du marché, etc.) en interaction (soit par renforcement des impacts, soit

comme boucles rétro-actives) rend impossible (ou presque) de statuer sur l'aspect de la durabilité énergétique de la distribution en circuits courts (Edward-Jones et al., 2008).

NOTES :

- a) Pour rappel, l'objet de ce travail n'est pas d'étudier la durabilité des systèmes de distribution courts. Nous n'évoquons ici que quelques éléments liés au contexte environnemental pour une prise de recul par rapport à l'hypothèse intuitive des « kilomètres alimentaires ». Les avantages environnementaux ne s'observent pas toujours. Le développement ci-dessus nous permet de reconsidérer l'importance et le poids des « food miles »¹⁹ sur la balance des répartitions d'impacts environnementaux. L'intégration d'autres éléments tirés des contextes sociaux et économiques (effet sur les prix, contribution au développement, effet sur l'économie locale, maintien du patrimoine culturel rural, qualité de produit, création d'emplois, facteur de cohésion sociale, etc.) ne ferait qu'exacerber la complexité, déjà mise en évidence, gravitant autour de ce thème.
- b) Comme l'évoque Sureau (2014), les études rencontrées cherchent parfois à justifier les cultures conventionnelles et l'approvisionnement lointain, et à les rendre acceptables d'un point de vue environnemental. Dès lors, un petit peu dans l'esprit de Ponisio et al. (2015), nous pourrions nous poser la question de savoir s'il est vraiment intéressant de raisonner de cette manière. Une comparaison « à grande échelle » de ces deux types de production (biologique-conventionnel) et des modes de distribution (circuit court et circuit long) n'est pas très intéressante dans le sens où elle ne fournit pas d'informations très utiles pour améliorer la gestion des systèmes de cultures biologiques distribuées en circuit court.

4.6.2.2. *Le circuit court et la promotion de la production biologique*

Aubert et Enjolras (s.d.) mettent en évidence un phénomène d'intégration de la ferme lorsque l'agriculteur pratique l'agriculture biologique. D'une même manière, lorsqu'une ferme est intégrée, l'agriculteur présente une prédisposition à l'adoption de pratiques de cultures favorables à l'environnement. Cette complémentarité des choix offre des perspectives pour l'amélioration des chaînes alimentaires courtes. Mais la transition n'est pas quelque chose d'évident, en ce qu'elle demande un changement d'attitude et de comportement mais aussi un (ré)apprentissage de techniques.

« The results highlight that, in accordance with the literature, resources and skills as well as the degree of integration have a positive influence on the adoption of organic farming. » (Aubert et Enjolras, s.d., p.12)

¹⁹ Les « food miles » correspondent à la distance parcourue par les denrées agroalimentaires de l'exploitation agricole au consommateur.

Un lien semble exister entre l'adhésion au circuit court et l'agriculture biologique.

« Une enquête de la Fédération régionale des agrobiologistes de Bretagne (FRAB) évalue à 38 % la proportion d'agriculteurs biologiques pratiquant les circuits courts, alors que le recensement de l'agriculture de 2000 évalue cette pratique à moins de 7 % dans la population agricole en Bretagne. » (Maréchal et Spanu, 2010, p.33)

Les chiffres mentionnés par Aubry (2010) présentent un même ordre de grandeur. Ils confirment que la pratique des CC est très répandue chez les agriculteurs biologiques (50 % des exploitations) et qu'il y a une surreprésentation des agriculteurs certifiés en bio au sein des exploitations en CC (10 % des exploitations en CC contre 2 % dans les circuits longs d'après le recensement agricole 2010).

En ce qui concerne le processus de production agricole, en contribuant à l'adoption de pratiques écologiques, l'impact environnemental des circuits courts est positif.

Une influence relative

L'inconscient populaire associe souvent « circuit court » et « production biologique ». Or, si les enquêtes menées montrent que la vente sur le marché concentre plus de détaillants « bio », l'un n'implique pas l'autre. Autrement dit, le lien de causalité entre les deux ne s'observe pas :

- Tout d'abord, parce que, comme l'indiquent Annet et Beudelot (2016), si le nombre d'agriculteurs se tournant vers la filière biologique ne cesse d'augmenter au cours du temps (en Wallonie, leur nombre a presque doublé entre 2008 et 2015)²⁰, ce sont les grandes surfaces qui rassemblent la plus grande part du marché biologique (42 %). Seuls, 4 % des ventes « bio » concernent la vente en directe à la ferme et au marché.
- D'autre part, parce que tous les vendeurs en circuit court ne sont pas en production biologique. Ainsi, environ 33 % des vendeurs directs sur les marchés, des fournisseurs de paniers et des adhérents de magasins collectifs sont en production biologique certifiée (Maréchal et Spanu, 2010). Notons toutefois que ces chiffres sont à utiliser avec précaution. En effet, beaucoup de producteurs poursuivent des objectifs écologiques ambitieux sans toutefois courir derrière les reconnaissances officielles.

4.6.3. La prise en compte de l'échelle de production

Le concept « d'échelle de production » s'est déjà vu plusieurs fois, plus ou moins discrètement, introduit dans les points précédents. C'est un concept qui rejoint la logique du concept « d'économie d'échelle ». Elmar Schlich et al. (2006) l'évoquent par la terminologie « d'écologie d'échelle » ou encore « Ecology of Scale ».

²⁰ La surface agricole utile bio en Belgique fin 2015 est de 68.780 ha et représente 5,1 % de la superficie agricole utile totale du territoire et 92 % des hectares bio sont situés en Wallonie.

Plusieurs auteurs (Redlingshöfer, 2006 ; CGDD, 2013) font référence à une étude réalisée par Reinhardt²¹ en 2005. Cette dernière met en évidence l'avantage du pain fabriqué dans une cuisine (boulangerie) industrielle par rapport à un pain fait localement (home made ou boulangerie artisanale du coin) au niveau de son bilan énergétique. Ainsi, la demande en énergie pour la fabrication d'1 kg de pain industriel est deux fois moins importante que la demande en énergie du pain « home made » et une fois et demi moins gourmande que la boulangerie artisanale. Autrement dit, les petites unités de production dépensent plus d'énergie dans les postes de production et de distribution de leurs produits (Schlich et Fleissner (2005). Toutefois, les auteurs indiquent que ce bilan est très sensible au moyen de transport retenu par le consommateur pour aller chercher le pain. S'il utilise la voiture pour un trajet de 1km, la fabrication du pain à domicile devient plus économe ; 500 mètres suffiront, quant à eux, pour rendre la boulangerie artisanale plus intéressante énergétiquement parlant (CGDD, 2013).

L'hypothèse de l'écologie d'échelle est que l'échelle des circuits longs de masse permet de concentrer les impacts environnementaux (de la production à la consommation) le long d'une chaîne de taille importante et donc plus efficace lorsque les effets sont exprimés en fonction des unités produites. Autrement dit, les impacts écologiques par tonne d'aliments produits diminuent avec le nombre d'aliments produits.

« Surprisingly, the data in both cases demonstrate a strong degressive relation of the specific energy turnover and the business size. Here it is not important, if the business is regional or not. Merely the efficiency and logistics of the production and the operations determine the specific energy turnover. These findings seem closely connected with the business size, because small companies are not able to invest in energy recovering and saving technology. » (Schlich et Fleissner, 2005, p.220)

Comme l'indiquent Plateau et al. (2016), le concept d'écologie d'échelle est intéressant dans le sens où il met en évidence, d'une part, l'importance de l'optimisation logistique des processus (notamment de distribution) et, d'autre part, l'intérêt d'une réflexion sur les rendements et les pratiques agro-écologiques pour le volet production.

À ce sujet, des recherches récentes se sont intéressées à l'optimisation logistique des circuits de distribution courts. Vaillant et al. (2017) citent, par exemple, des études cherchant à identifier les emplacements les plus intéressants compte tenu de la localisation des productions, des marchés et des plates-formes de regroupement-distribution (scénarii envisagés avec l'apport de volumes importants et réguliers de produits). D'autres formes d'organisation ont aussi été étudiées (comme la mutualisation du transport entre agriculteurs). Les résultats de ces recherches montrent des réductions intéressantes d'émissions (deux à trois fois moins d'émissions).

Les avancées en la matière semblent encourageantes mais la recherche sur le sujet n'est pas encore terminée.

²¹ Nous n'y avons pas eu accès mais notons tout de même sa référence :

REINHARDT G., 2005. Welcher Energieaufwand steckt in unserem Brot? [Quelle consommation d'énergie pour faire notre pain?], *Ökologie & Landbau*, 4, 32-34.

V. DEUXIEME PARTIE : CAS D'ETUDE

Après avoir parcouru l'état de la recherche sur les questions traitant de la performance environnementale des modes de productions (biologique – conventionnelle), des modes de distributions (circuit court – circuit long) ainsi que de l'influence de l'effet d'échelle (EE), nous désirons, à présent, évaluer, par l'intermédiaire d'une analyse de cycle de vie comparative, les performances environnementales de deux bières belges brassées au sein de la brasserie Lupulus.

L'analyse de cycle de vie (ACV) est une étude foncièrement technique qui vise à quantifier les impacts environnementaux associés au cycle de vie complet d'un produit ou d'une fonction. Sa méthodologie est standardisée par les normes ISO 14040 – 14044 (Organisation Internationale de Normalisation). Les notions théoriques ainsi que la démarche méthodologique de la présente étude se baseront sur ces normes. Tout au long de ce travail, nous justifierons les choix méthodologiques autant que possible.

Selon les normes ISO 14040 - 14044, l'analyse de cycle de vie se compose de quatre étapes : la définition des objectifs et du champ de l'étude, l'inventaire des émissions et des extractions, l'analyse de l'impact environnemental et l'interprétation. Ainsi, la suite de notre travail respectera cette structure.

Nous commencerons, dans un premier temps, par introduire les deux produits étudiés. Dans un second temps, les définitions des objectifs et du champ de l'étude seront établies. Dans un troisième temps, nous présenterons les inventaires des deux scénarios. Dans un quatrième temps, nous procéderons à l'analyse de l'impact environnemental. Nous terminerons par l'interprétation de nos résultats en regard des études existantes sur le sujet.

5.1. Description des produits

L'analyse se concentre sur deux bières blondes triple de type « bières de dégustation ». Le tableau 3 ci-dessous présente un descriptif de ces deux produits. Toutes deux sont produites en province de Luxembourg (Belgique) par la brasserie Lupulus²². Cette dernière se situe à Courtil et commercialise actuellement 5 bières. Il s'agit d'une brasserie familiale. Elle présente la particularité de produire un volume relativement important de bière (environ 20.000 hectolitres par an). Elle enregistre un chiffre de production en constante progression (plus de 50 % de croissance par an). La brasserie possède une installation récente, à la pointe de la technologie. Elle emploie à ce jour 13 personnes. Une partie de la production est consommée en Belgique, l'autre est exportée à l'international.

²² Plus connue sous son ancienne dénomination «brasserie Les Trois Fourquets ».

Tableau 3: Descriptif des produits étudiés

Produits	Description	Intérêts
Lupulus Organicus	<p>Bière de dégustation blonde Titrant 8,5° Brassée avec 100% malt d'orge et houblons Bière triple Certifiée BIO. Conditionnée en bouteille (verre brun) 75 cl.</p>	<p>Bière biologique Production de 2 300 hl/an (11 % du volume total produit par la brasserie) Distribution en circuit long et court</p>
Lupulus Blonde Brasserie Lupulus	<p>Bière de dégustation blonde. Titrant 8,5° Brassée avec 100 % malt d'orge et houblons Bière triple Conditionnée en bouteille (verre brun) 75 cl.</p>	<p>Bière conventionnelle Production de 8 200 hl/an (41 % du volume total produit par la brasserie) Distribution en circuit long et court</p>



5.2. Analyse de cycle de vie (ACV)

5.2.1. Définitions des objectifs et du champ de l'étude

Comme le définit la norme ISO 14040 : "*L'objectif d'une ACV doit indiquer sans ambiguïté l'application envisagée, les raisons conduisant à réaliser l'étude et le public concerné, c'est-à-dire les personnes auxquelles il est envisagé de communiquer les résultats de l'étude*" (Joliet et al., 2005, pp. 21-22).

5.2.1.1. Objectifs de l'étude

Nous réalisons une ACV comparative afin de déterminer les performances environnementales de deux bières d'un même type. L'une est biologique, l'autre conventionnelle. Ces dernières se distinguent par :

- Le mode de production des matières premières ;
- Les volumes de production.

Nous déterminerons le plus précisément possible :

- Le mode de production minimisant l'impact environnemental total sur l'ensemble du cycle de vie ;
- Les responsabilités que prennent les différentes caractéristiques sur les impacts.

Notre hypothèse étant qu'une des deux filières présente effectivement un bilan environnemental plus performant.

Dans le cadre de cet exercice, nous aurons recours à une ACV de type attributionnelle²³ dans le sens où nous décrirons les flux physiques (matière et énergie) qui transiteront entre un système et l'environnement tout au long de son cycle de vie. L'objectif étant présentement de décrire les impacts environnementaux pouvant être attribués aux produits existants de façon rétrospective (Finnveden et al., 2009).

Application envisagée

L'ACV est un outil d'aide à la prise de décisions. Elle appuie les stratégies de développements ainsi que les stratégies des politiques mises/à mettre en place. Elle apporte, dans ce cas-ci, un complément d'informations à intégrer dans la composante environnementale d'un objet d'étude plus large : rendre la filière brassicole belge environnementalement viable, économiquement vivable et socialement soutenable. Autrement dit, de rendre la filière brassicole belge durable.

Raisons de l'étude

Les motivations de l'étude sont multiples :

- a) Académique, l'ACV étant réalisée dans le cadre du mémoire de fin d'étude du Master 120 en sciences et gestion de l'environnement.

²³ Par opposition à l'analyse de cycle de vie dite conséquentielle : l'ACV conséquentielle décrit la manière dont seront affectés les échanges de flux physiques entre le système et l'environnement en réponse à des possibles décisions (stratégiques). (Finnveden et al., 2009).

- b) Informative, la brasserie Lupulus est curieuse, attachée à la cause environnementale et en demande d'informations pour une meilleure compréhension des impacts occasionnés par ses produits sur l'environnement.
- c) Servir de documentation en mettant à disposition une étude scientifiquement fondée et crédible sur les impacts environnementaux (avantages, désavantages) des deux filières de production.

Public concerné

Les résultats de cette étude s'adresseront à la brasserie, aux membres du jury de ce mémoire ainsi qu'à toute autre personne intéressée par la portée de cette ACV sous réserve d'un accord explicite reçu par la brasserie Lupulus. Aucune publication externe n'est envisagée.

5.2.1.2. Champ de l'étude

Comme le définit la norme ISO 14040, le champ de l'étude d'une ACV doit préciser la fonction du produit, les catégories d'impacts, l'unité fonctionnelle, le système et ses frontières, les hypothèses ainsi que les limitations.

Les fonctions du produit, service ou système étudié et l'unité fonctionnelle.

Dans le cas, comme ici, d'une étude comparative, il est nécessaire de comparer les produits sur la base d'une fonction commune. Aujourd'hui, la bière revêt une fonction presque exclusivement de type « récréative » (cfr. première partie de ce mémoire).

A partir de cette fonction, nous pouvons déduire l'unité fonctionnelle (UF). Nous la définissons ainsi : La production de 0,75 litre de bière produite par chacune des filières étudiées. Cette bouteille de bière peut ainsi être définie comme étant composée de :

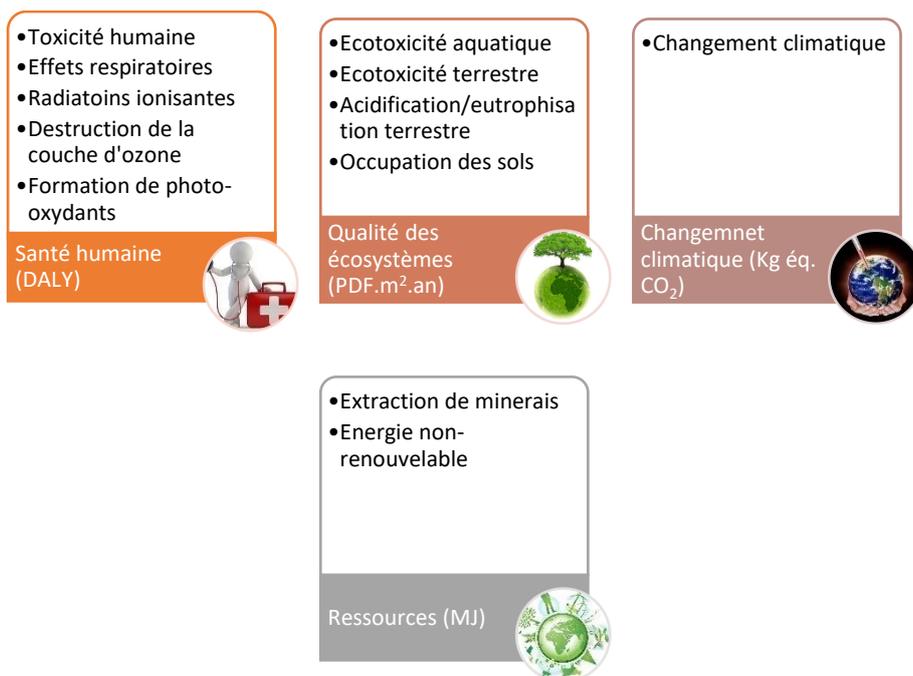
- **0,75 litre de bière** (0,75 kg de bière).

Les **flux de référence** sont relatifs aux données communiquées par la brasserie Lupulus. Ils correspondent à 27 semaines de production de chacun des produits (cfr. Annexes 6 et 7, pp. 98-106).

Produits	Flux de référence
Lupulus Blonde	4 120 hl
Lupulus Organicus	1 120 hl

Catégories d'impacts

L'étude des scénarios nous permettra de mettre en évidence, d'une part, quelle(s) étape(s) du cycle de vie de nos produits représente(nt) le(s) plus grand(s) impact(s) et, d'autre part, quelles sont les différentes responsabilités des facteurs étudiés. Nous couvrirons l'ensemble des catégories suivantes de dommages :



Le système à étudier

Le système analysé regroupe l'ensemble des procédés d'extraction de toutes les matières premières utilisées dans la fabrication des produits intermédiaires, l'ensemble des procédés de transformation de ces derniers ainsi que tous les procédés de transport des différents flux intermédiaires. La phase d'utilisation du produit (la consommation de la bière) ne sera pas prise en considération.

Les scénarios

Ils sont représentés par les deux produits sélectionnés (cfr. Tableau 3, p.33). Il s'agit des situations actuelles, observables dans la brasserie Lupulus pour l'ensemble des processus unitaires repris ci-dessous (cfr. Figure 7, p.37).

Les frontières du système

La figure 7 ci-dessous offre une vision globale du système étudié. Sur cette figure, sont visibles les processus qui composent le cycle de vie des produits étudiés. Ceux qui sont concernés par notre étude se retrouvent dans l'encadré rouge.

Comme indiqué par Jolliet (2010, p.39), les limites du système recouvrent la même réalité fonctionnelle dans les deux scénarios. L'analyse présentée ne prend pas en compte les processus de conditionnement (PU 5) et de distribution des produits (PU 6). En effet, « *les étapes identiques dans les différents scénarios peuvent être exclues à condition que les flux de référence affectés par ces processus soient strictement égaux* » (Jolliet, 2010, p.40). Dans ce cas-ci, les conditionnements sont identiques (caractéristiques identiques, provenance identique). En ce qui concerne la distribution des produits, elle se fait via un même schéma logistique.

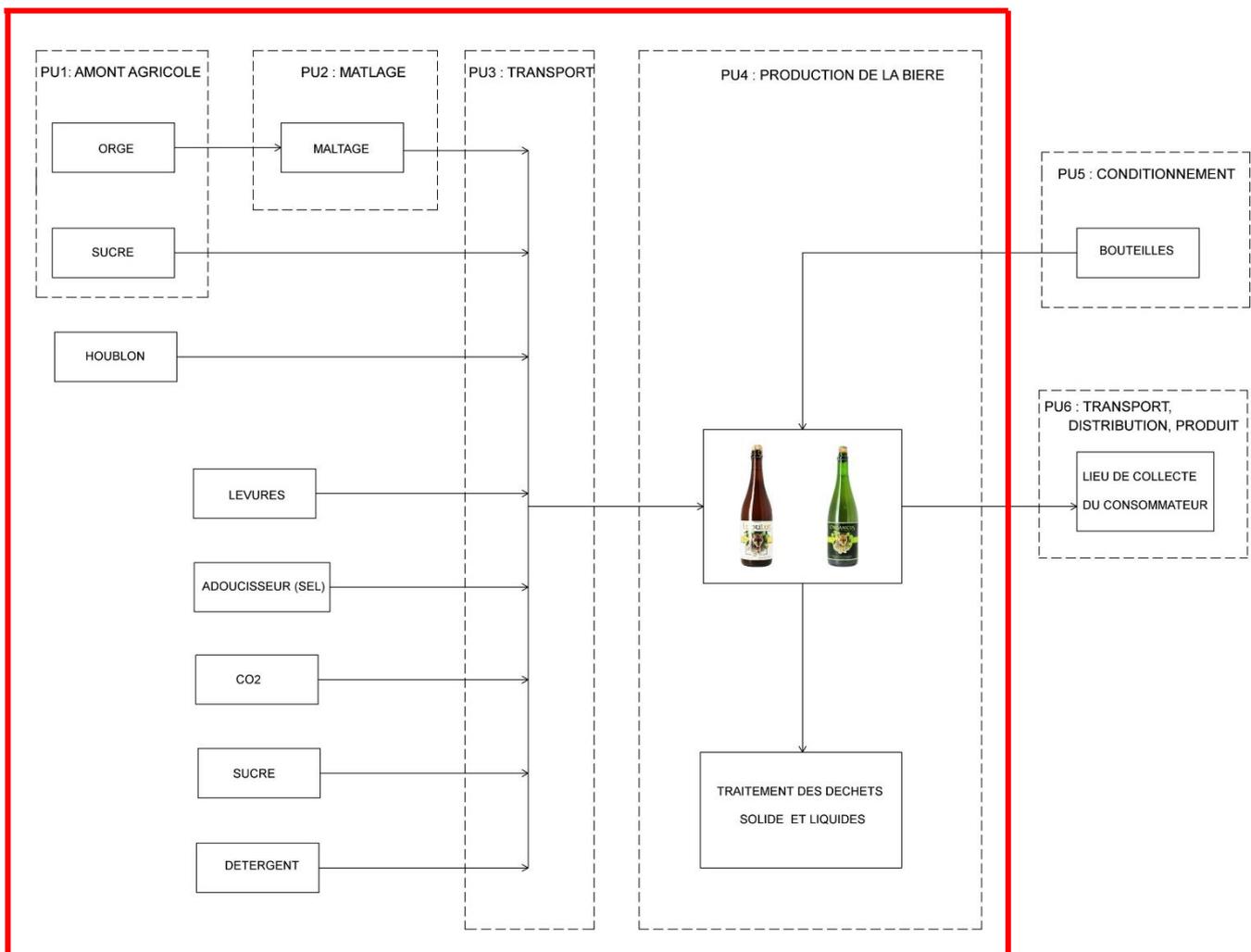


Figure 7: Représentation schématique du système étudié

Nous pouvons schématiser cet arbre des procédés en six processus unitaires de base. Les processus (PU1-4) représentent les étapes modélisées dans cette étude :

Tableau 4: Synthèse des différents processus unitaires (PU)

<i>Processus unitaires (PU)</i>	<i>Descriptions</i>
<i>PU1 : Amont agricole</i>	Culture de l'orge brassicole. Transport des cultures jusqu'au site de transformation (malterie).
<i>PU2 : Maltage</i>	Transformation de l'orge en malt réalisée au sein de la malterie.
<i>PU3 : Transport : l'acquisition par la brasserie des matières premières</i>	Le transport des matières premières jusqu'au site de brassage (malt, eau, levures, houblons, adoucisseur, CO ₂ , sucre, détergent).
<i>PU4 : Production de la bière (activité de la brasserie)</i>	Tous les processus de brassage réalisés au sein de la brasserie. Incluant l'élimination/traitement des déchets/sous-produits (liquides et solides).
<i>PU5 : Le conditionnement</i>	Acquisition des matières premières, Fabrication des bouteilles Transport vers le site d'embouteillage (la brasserie). Traitement de fin de vie des bouteilles.
<i>PU6 : Transport (distribution produit)</i>	Transport du produit « fini » jusqu'au lieu de collecte du consommateur.

Plusieurs procédés sont communs aux deux scénarios. C'est le cas des procédés relatifs au conditionnement ainsi qu'à la distribution des produits, c'est pourquoi nous les excluons de cette étude. En ce qui concerne les autres PU, les origines des matières ne sont pas les mêmes. La composition des deux bières ainsi que tous les procédés nécessaires à leur production ne peuvent pas être considérés comme étant identiques. Ils seront donc étudiés.

Les hypothèses

Pour le confort de la lecture et de la rédaction, les hypothèses sont mentionnées en temps voulu au fur et à mesure de l'analyse. Nous reviendrons sur les principales dans un point consacré à l'analyse de sensibilité (pp. 63-65).

Les limitations

- Cette ACV comparative est réalisée dans les limites de l'information disponible et des connaissances de l'étudiant.
- Les infrastructures et les équipements agricoles et brassicoles seront exclus de l'étude. Ces derniers peuvent servir de nombreuses fois en diverses occasions. Seules, leurs utilisations seront incluses.

- Tous les composants intégrant la composition de nos bières ne possèdent pas d'éco profils disponibles (par exemple, le houblon et la levure). Compte tenu de leurs très petites proportions dans le processus de brassage (Lupulus commande 1 fois par an 4 tonnes de houblon. 12 kg de houblon sont utilisés par brassin de 4.000 litres) et compte tenu du temps imparti, nous n'avons pas réalisé l'étude approfondie de ces matières premières. Seuls seront pris en compte les km parcourus par ces denrées.
- Les impacts se rapportant à la consommation du produit fini ne sont pas pris en considération dans cette étude. Or, il ne nous semble pas déraisonnable d'émettre l'hypothèse que l'on ne consomme pas du bio comme on consomme du conventionnel (il existe peut-être une mise en scène particulière du produit impliquant des impacts).
- D'autres limites seront évoquées en fin d'analyse (cfr. pp. 64-66).

5.2.2. Inventaire des émissions / extractions et qualité des données

Sous ce point, nous recensons et quantifions les flux de matières et d'énergies qui entrent et sortent des systèmes étudiés. Nous réalisons en parallèle les inventaires des deux scénarios étudiés. Nous intégrons dans ceux-ci toutes les ressources consommées ainsi que toutes les substances polluantes émises au cours des cycles de vie des deux produits. Pour chacun des procédés unitaires, les flux intermédiaires entrant et sortant sont identifiés.

Les données primaires en lien avec les processus PU 3 et PU 4 ont été relevées par l'étudiant au sein de la brasserie Lupulus grâce à la collaboration sincère de cette dernière. Les données relatives aux PU 1 et PU 2 résultent d'une estimation de la littérature. Un inventaire des données secondaires est consultable ci-dessous (cfr. Tableau 5). La modélisation de cette étude a été réalisée à l'aide du logiciel SimaPro 8.3.0.0. Les données génériques sont issues, autant que possible, de la base de données Ecoinvent car il s'agit, en Europe, de celle qui soit probablement la plus reconnue et la plus complète.

Tableau 5: Sources des données secondaires

Sujets	Titre	Auteurs	Année	Editeur	Acces	Focus
Maltage	Comparative LCA of Malt-Based Beer and 100% Barley Beer	Kloverpris, Nielsen, Ratzel	2009	Novozymes	En ligne novoenzymes	Danemark
Culture de l'orge biologique et conventionnelle	A comparative life cycle assessment between organic and conventional barley cultivation for sustainable agriculture pathways	Tricase C., Lamonaca E., Ingraio J., Lo Giudice A.	2017	Elsevier	Scopus	Italie
	Eco-efficient production of spring barley in a changed climate : A life cycle assessment including primary data from future climate scenarios	Niero M., Ingvordsen C.H. Peltonen-Sainio P., Jalli M., Lyngkjaer M.F., Hauschild M.Z., Jorgensen R.B.	2015	Elsevier	Scopus	Danemark
Rendements orge bio/conv.	Itinéraires BIO – Le magazine de tous les acteurs du bio ! – dossier spécial : Transformation des céréales. N°26	Beaudelot A., Monfort B., De Mees A.	2016	BioWallonie	En ligne	Belgique
Culture du sucre (betterave et canne à sucre)	Thèse : Evaluation de l'impact environnemental de la production de bioéthanol à partir de canne à sucre, betterave ou froment par analyse du cycle de vie.	Belboom S.	2012	Thèse Université de Liège	En ligne	Belgique ; Europe ; Brésil
Conversion canne à sucre en sucre	A comparative life cycle assessment of the sugarcane value chain in the province of Tucuman considering different technology levels	Lorena Nishihara Hun A., Daniel Mele F., Antonio Pérez G.	2016	The International Journal of LCA	Scopus	Argentine
	Life cycle assessment of the manufacture of lactide and PLA biopolymers from sugarcane in Thailand.	Groot W., Boren T.	2010	The International Journal of LCA	Scopus	Thaïlande
Conversion betterave en sucre	An environmental life cycle assessment comparing Australian sugarcane with US corn and UK sugar beet as producers of sugars for fermentation.	Renouf M.A., Wegener M.K., Nielsen L.K.	2008	Elsevier	Scopus	UK
Vitesse moyenne transport	Life cycle assessment of beer production in Greece	Koronos C., Roumbas G., Gabarari Z., E.Papagiannidou., Moussiopoulos N.	2003	Elsevier	Scopus	Grèce

5.2.2.1. Inventaire du PU1 : L'amont agricole.

La culture de l'orge

La figure 8 ci-dessous décrit les limites des systèmes étudiés pour les cultures d'orges brassicoles biologique et conventionnelle de printemps.²⁴

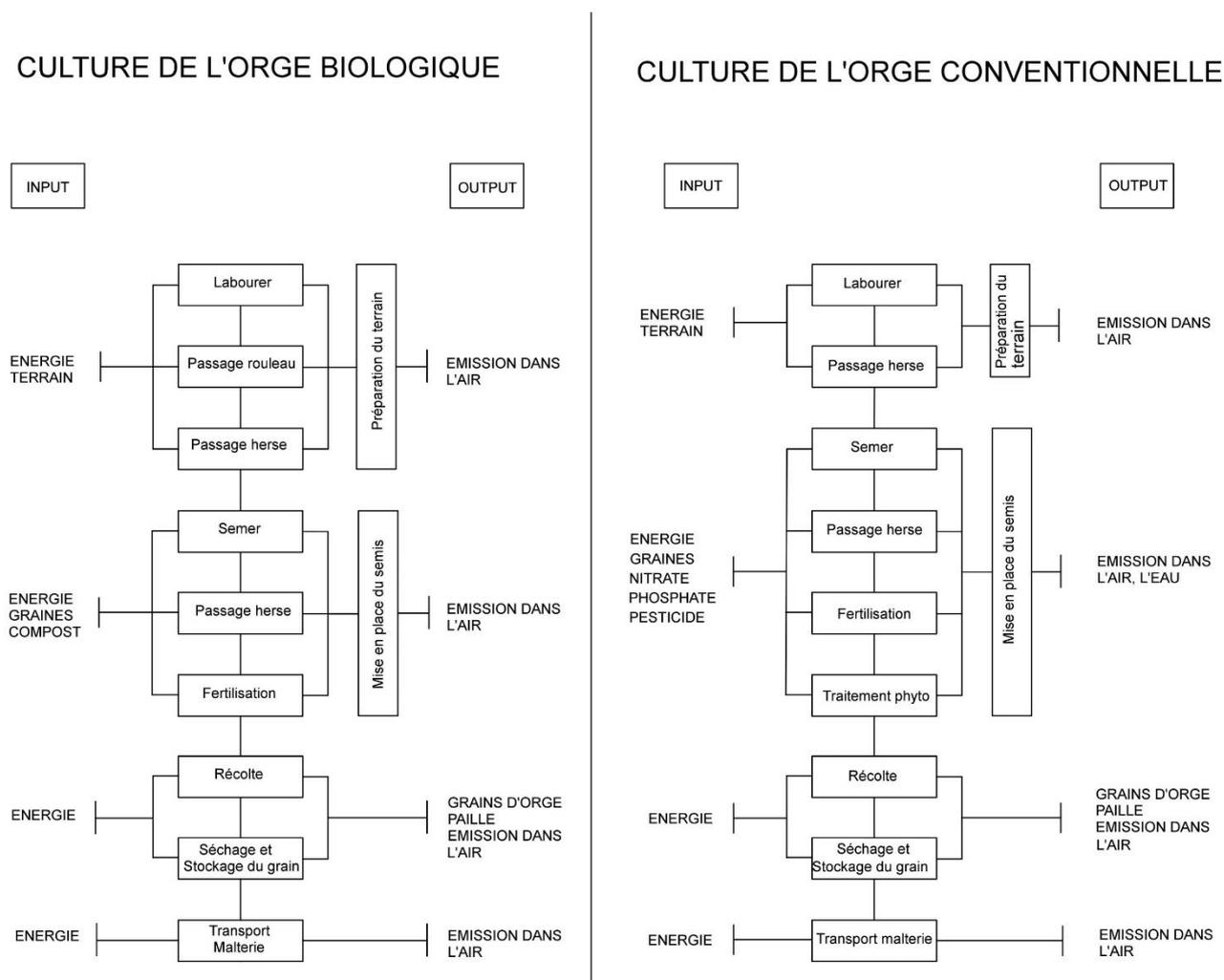


Figure 8: Arbres des procédés cultures des orges biologique et conventionnelle

Il existe différents types d'orge (fourrager, brassicole). L'orge brassicole est une orge de printemps. Les critères de qualité de l'orge brassicole sont les plus élevés de tous. Si elle ne présente pas un taux de protéines inférieur à 11%, une capacité germinative de 95%, et un taux d'orgette limité (< 10% de grains de < 2,2 mm), elle se verra déclassée (Biowallonie, 2016, p.22). Nous n'avons pas trouvé d'étude environnementale ciblant d'une manière spécifique « l'orge brassicole » mais bien concernant « l'orge ». Pour cette étude, nous posons l'hypothèse que, bien que la culture de l'orge de brasserie soit exigeante, elle est comparable à celle de l'orge fourragère. Nous justifions cette hypothèse d'une part, par le constat que l'orge brassicole est souvent déclassée en orge fourragère (cfr. partie 1, p.17) et, d'autre part, que les

²⁴ Nous nous sommes inspiré de Tricase et al. (2017) pour réaliser cette figure.

charges pour l'agriculteur sont les mêmes (Louis, 2012). Au niveau des co-produits, le rendement en paille représente une demi tonne en moins à l'hectare que l'orge ordinaire (Louis, 2012).

Pour la production de 0,75 litre de Lupulus Blonde, 154,5 grammes de malt sont nécessaires soit 188,5 grammes d'orge conventionnelle (voir inventaire PU 2 pour le coefficient de transformation, p.48). La quantité d'orge biologique nécessaire pour la production de la Lupulus Organicus est identique (cfr. Annexes 6 et 7, pp. 92-106).

Dans l'inventaire ci-dessous, « / » signifie que le processus est absent du mode de culture.

Tableau 6: Inventaire production de l'orge biologique et conventionnelle de printemps (UF) : production de 188.5 grammes d'orge.

Processus	Quantité		Intitulés écoinvent	Sources
	Biologique (1)	Conventionnelle (2)		
Labourage de la terre (ha)	4.182 E-5	2.507 E-5	(1) et (2) : Tillage, ploughing (GLO) / market for / alloc Rec, U	Beadelo et al. (2016) ; Niero et al. (2015)
Passage du rouleau (ha)	4.182 E-5	/	(1) : Tillage, rolling (GLO)/market for/alloc Rec, U	Tricase et al. (2017) ; Beadelot et al. (2016)
Passage de la herse (ha)	4.182 E-5	2.507 E-5	(1) et (2) :Tillage, harrowing, by spring tine harrow (GLO)/market for/alloc Rec, U	Beadelot et al. (2016) ; Niero et al. (2015)
Application d'engrais	Fertilisation (ha)	4.182 E-5	(1) et (2) Fertilising, by broadcaster (GLO)/market for/ alloc Rec, U	Ibid.
	Compost (kg)	0.36	(1) : Compost, at plant / CH U	Tricase et al. (2017)
	Fertilisant minéral composant N (kg)	/	(2) : Nitrogen fertiliser, as N (GLO)/market for/alloc Rec, U	Niero et al. (2015) ²⁵
	Fertilisant minéral composant P (kg)	/	Single superphosphate, as P2O5, at regional storehouse/RER U	Ibid.
	Fertilisant organique N (kg)	/	Nitrogen fertiliser, as N {GLO} nutrient supply from compost / Alloc Rec, U	Ibid.
	Fertilisant organique P (kg)	/	Phosphate fertiliser, as P2O5 (GLO)/nutrient supply from compost/alloc Rec, U	Ibid.
Semer l'orge	Semis mécanique (ha)	4.182 E-5	(1) et (2) : Sowing (GLO)/market for/alloc Rec, U	Beadelot et al. (2016) ; Niero et al. (2015)
	Graines (kg)	1.055 E-2	(1): Barley seed, organic, for sowing (GLO)/market for/alloc Rec, U (2) : Barley seed, for sowing (GLO)/market for/alloc Rec, U	Tricase et al. Tricase et al. (2017) ; Niero et al. (2015)
Deuxième passage de herse (ha)	4.182 E-5	2.507 E-5	(1) et (2) : Tillage, harrowing, by spring tine harrow (GLO)/market for/alloc Rec, U	Beadelot et al. (2016) ; Niero et al. (2015)
Traitements phytosanitaires (kg) (herbicide, fongicide, insecticide)	/	2.507 E-5 (ha)	Application of plant protection product, by field sprayer (GLO) /market for/alloc Rec, U	Ibid.

²⁵ L'UF retenue par Niero et al. (2015) est basée sur la production d' « 1 ha » d'orge conventionnelle. Les données issues de son analyse ont donc été adaptées à notre étude. Nous avons pris comme référence le rendement à l'hectare de l'orge brassicole renseigné par BioWallonie (2016) soit 4,5T/ha en biologique et 7,5T/ha en conventionnel. Dès lors, ce sont respectivement 4.182 E-5 ha et 2.507 E-5 ha qui permettent de produire 188,5 grammes d'orge.

	/	1.885 E-7	Triazine-compounds, at regional storehouse/RER U	Ibid.		
	/	1.564 E-6	Pyretroid-compounds, at regional storehouse/RER	Ibid.		
	/	1.564 E-6	Cyclic N-compounds, at regional storehouse/RER U	Ibid.		
	/	1.564 E-6	Dithiocarbamate-compounds, at regional storehouse/RER U	Ibid.		
Pesticide (non spécifié) (kg)	/	1.885 E-5	Pesticide, unspecified {GLO} / market for / Alloc Rec, U	Tricase et al. (2017)		
Récolte (ha)	4.182 E-5	2.507 E-5	(1) et (2) :Combine harvesting/CH U	Niero et al (2015)		
Séchage et stockage des grains d'orge (évaporation eau) – (kg)	4.333 E-3	4.333 E-3	(1) et (2) :Grain drying, high temperature/CH U	Ibid.		
Transport (kg*km)	Graines	6.81	4.61	(1) et (2) :Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 (GLO) / market for/alloc Rec, U	Tricase et al. (2017)	
	Engrais	36.24	0.47	(1) et (2) :Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 (GLO) / market for/alloc Rec, U	Ibid.	
	Traitements phyto.	/				
Émissions (grammes)	air	NH ₃	1.11 E-2	3.5 E-3	(1) et (2) : Ammonia, FR	Tricase et al. (2017)
		N ₂ O	3.166 E-2	4.033 E-2	(1) et (2) : Dinitrogen monoxide	Ibid.
	eau	NO ³⁻	/	3.16	Nitrite	Niero et al. (2015)
		Cu	/	7.163 E-3	Copper	Ibid.
		Zn	/	1.658 E-2	Zinc	Ibid.

La production de grains d'orge s'accompagne d'une production de paille. Dans le cas d'un processus multi-sorties, une norme ISO prévoit une procédure d'allocation. Dans ce cas-ci, la paille a une valeur économique (elle sert à nourrir le bétail). Une allocation économique a donc été retenue²⁶. L'orge brassicole conventionnelle de printemps se vend en moyenne 200 €/t, la paille d'orge conventionnelle se vend en moyenne 50 €/t. L'orge biologique, quant à elle, se vend en moyenne 300 €/t. Le prix de la paille biologique en Belgique est d'environ 80 €/t. L'orge se constitue pour 48 % de grains et pour 52 % de paille (Tricase et al. 2017). Les facteurs d'allocation retenus sont égaux pour les deux modes de culture : 76 % pour le grain d'orge et 24 % pour la paille d'orge (Tricase et al. 2017)

La culture du houblon

La culture du houblon est ignorée dans cette évaluation. Les données manquent à son sujet et il n'existe pas d'écoprofil déjà réalisé dans les bases de données génériques. Les contraintes de temps liées à ce mémoire ne nous permettent pas de mener l'enquête auprès de deux producteurs de houblons (biologique et conventionnel) afin d'en modéliser les productions.

Nous ne pensons pas que cette absence puisse entraîner une différence significative au niveau de l'impact final des produits. En effet, en nous référant aux flux de référence, le houblon constitue moins de 1 % des apports « solides » dans la recette de la bière (ce qui est valable

²⁶ Sur base des données (juillet 2017) disponibles sur le site d'expertise agricole « plein champ ». En ligne : [http://www.pleinchamp.com/cours-marches/\(chp_secteur\)/1/\(chp_produit\)/-1/\(chp_marche\)/-1/](http://www.pleinchamp.com/cours-marches/(chp_secteur)/1/(chp_produit)/-1/(chp_marche)/-1/)

pour toutes les bières mises sur le marché). Soit, moins de 1,5 grammes par UF de bière. De plus, les études consultées ne le prennent pas non plus en considération (Koroneos et al., 2003 ; Kloverpris et al., 2009 ; Melon et al., 2012). D'autres études comme celle de Cimini et Moresi (2015) n'y font référence qu'en terme d'impact carbone. Ces derniers évaluent ces émissions à 0,391 kg CO₂e par kg de houblon (dans le cas de houblon conventionnel, en pellets, produit en Allemagne et distant de 1.509 km d'une brasserie italienne).

Nous incluons toutefois dans le travail l'évaluation des impacts liés aux distances parcourues par les houblons pour rejoindre la brasserie (cfr. Inventaire du PU 3, p.51).

La culture du sucre

Les études d'impacts liés à la production de bières (de type ACV) ne prennent pas en compte la culture du sucre dans leurs inventaires. Contrairement à l'absence du houblon, les raisons n'en sont pas expliquées. Nous supposons que cette décision est liée aux petites quantités de sucre utilisées. Dans notre cas, ce sont 37,5 grammes de sucre qui sont utilisés pour produire 0,75 litre de bière (cfr. Figures 12 et 13).

Nous pensons qu'il est intéressant, ne serait-ce que par curiosité, d'intégrer le sucre dans notre inventaire. Au regard des techniques différentes de cultures et de conversions constatées.

Selon le produit brassé, le sucre est soit de type « biologique », soit de type « conventionnel ». Le sucre conventionnel est « cristallisé » et produit en Belgique (il est issu de culture de betteraves sucrières). Le sucre biologique, quant à lui, ne peut pas provenir de Belgique (nous n'avons pas de culture de betteraves bio en Belgique). Dans le cadre de notre étude, il provient d'une culture de canne à sucre biologique thaïlandaise.

De la figure 9, trois postes sont examinés : la culture, le transport entre les champs et l'unité de transformation, la conversion en sucre. Un quatrième poste fait référence au transport du site de conversion vers la brasserie mais ce dernier poste est étudié dans un autre inventaire (cfr. Inventaire PU 3, p.51).

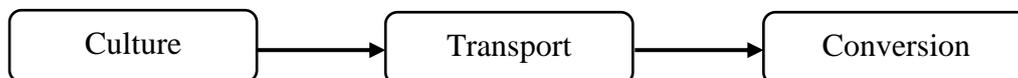


Figure 9: Schéma des processus intégrés dans l'étude

➤ La culture :

Dans le cadre de ce mémoire, nous ne pouvions pas réaliser un inventaire complet des cultures de canne à sucre et de betteraves sucrières ; dès lors, nous avons intégré les données génériques disponibles dans la base de données Ecoinvent. Contrairement à la culture de betteraves, la représentativité des données pour la culture de la canne à sucre n'a pas pu être évaluée. Concernant la culture de betteraves, les résultats obtenus sur base des données génériques sont représentatifs d'une culture de betteraves sucrières belge (Belboom, 2012, p.104).

Faute d'exister, nous n'avons pas trouvé le profil de la canne à sucre biologique dans la base de données. Nous avons dû utiliser un profil existant pour la culture de canne à sucre conventionnelle en Thaïlande. Ce dernier inclut l'usage du diesel, des machines agricoles, des fertilisateurs et des pesticides. La culture comprend 20 % de travail mécanisé et 80 % de travail manuel. Les productions des pesticides ainsi que des graines ne sont pas comprises.

Pour la betterave, le processus décrit la production moyenne d'une ferme « typique » belge. Il considère les activités comme la fertilisation, l'usage du diesel pour la gestion du champ. Les productions des pesticides ainsi que des graines ne sont pas incluses.

➤ Le transport :

Après la récolte, les cannes et les betteraves sucrières sont transportées en camion (capacité de chargement variant entre 15 et 60 tonnes) directement vers l'unité de transformation pour réduire au maximum les pertes de saccharose (Lorena Nishihara Hun A, 2016 ; Belboom, 2012). Ainsi, nous avons défini que pour l'un et l'autre, le moyen de transport utilisé est le camion ou le tracteur selon les distances à parcourir (Belboom, 2012). Les données belge et thaïlandaise n'étant pas directement disponibles, une analyse de sensibilité visant à évaluer l'impact de la distance champ-raffinerie sur l'impact environnemental global nous semble intéressante. Nous n'avons malheureusement pas le temps de nous lancer dans une telle entreprise.

Pour modéliser les transports, nous prenons comme référence l'étude de Belboom (2012). Des camions d'une charge utile allant de 16 à 32 tonnes ont été utilisés, en adoptant une distance moyenne de 50 km²⁷. La charge à transporter est considérée dans notre inventaire comme étant les productions de cannes et de betteraves nécessaires pour la réalisation de notre UF.

➤ La conversion en sucre

Nous nous basons sur une estimation de données inventoriées dans la littérature pour modéliser ce poste. Le tableau 7 ci-dessous en présente l'inventaire. Nous avons réalisé les figures 19 et 20 reprises en Annexe 1 (p. 84). Elles illustrent, pour information, les processus de transformation propres aux sucres de canne et de betterave repris dans l'inventaire ci-dessous.

En ce qui concerne la conversion de la canne, nous n'avons pas trouvé dans la littérature une étude détaillée ciblant la conversion de la canne à sucre sur un site thaïlandais. Dès lors, nous avons pris comme référence l'étude de Lorena Nishihara Hun et al. (2016). Cette dernière met un focus sur l'Argentine. Bien que cette situation ne soit pas vraiment comparable au cas thaïlandais, c'est celle qui nous a semblé le moins s'en éloigner (comparé à un cas australien par exemple). Cette considération est subjective et non fondée scientifiquement parlant. Les données pertinentes ont été extraites de cette étude et sont présentées adaptées dans le tableau ci-dessous. Les profils énergétiques ont aussi été adaptés à la Thaïlande.

²⁷ Cette valeur est justifiée par Belboom (2012) comme étant cohérente avec les statistiques européennes.

La conversion de la canne en sucre s'accompagne d'une production de sucre brut et de bagasses²⁸. En Thaïlande, les bagasses sont brûlées afin de produire de l'électricité qui est réinjectée dans le système par la suite (Groot et Boren, 2010). Cette dernière remplace la production d'électricité « ordinaire ». Nous avons adapté cette substitution au modèle électrique thaïlandais. Selon Groot et Boren (2010), la consommation nette d'électricité pour la production de 37,5 grammes de sucre est donc de 0,6 E-3 kWh. Dans le cas d'un processus multi-sorties, ici, comme pour la culture de l'orge, nous prévoyons une procédure d'allocation. Dans ce cas-ci, nous procéderons à une allocation massique. Nous conservons les facteurs d'allocation proposés par Lorena Nishihara Hun (2016), soit une allocation de 60,6 % pour le sucre, 10,3 % pour le sucre brut (molasses) et 29,1 % pour les bagasses.

Nous avons été surpris par la différence de ratio entre les input/output des deux scénarios modélisés. En effet, betterave et canne présentent une concentration en sucre initiale relativement similaire (environ 15 %). Nous avons dès lors pensé à une différence qui s'explique par des niveaux technologiques différents. La littérature ne nous a pas permis de confirmer cette hypothèse. Toutefois, nous avons comparé ce ratio avec celui d'un cas typique thaïlandais et il s'avère être comparable. En effet, Wim Groot et Tobia Boren (2010)²⁹ relèvent 9.653 tonnes de canne par tonne de sucre produite en Thaïlande.

En ce qui concerne la conversion de la betterave, nous nous référons à une étude belge, que nous avons jugé suffisamment détaillée (Belboom, 2012). Ici encore, les données pertinentes en ont été extraites et sont présentées adaptées dans le tableau 7 ci-dessous. Les profils énergétiques retenus sont ceux de la Belgique.

Comme pour la canne, la conversion de betteraves en sucre s'accompagne de coproduit. En Belgique, les pulpes de betteraves sont réutilisées pour l'alimentation animale. Dans ce cas-ci, nous procéderons aussi à une allocation massique : 60 % pour le sucre, 40 % pour les pulpes.

Tableau 7: Inventaire production du sucre biologique et conventionnel (UF): production de 37,5 grammes de sucre

Processus	Quantité		Intitulés écoinvent	Sources
	Biologique (1)	Conventionnel (2)		
CULTURE				
Culture de la canne à sucre bio	0.40 kg	/	Sugarcane, at farm/TH	Ecoinvent
Culture de la betterave sucrière	/	0.24 kg	Sugarbeet, at farm/BE	Ecoinvent
Transport vers site de transformation	2.00 E-2 tkm	1.2 E-2 tkm	(1) et (2) : Transport, freight lorry 16-32 metric ton, EURO4 (GLO)/market for/alloc Rec, U	Belboom S. (2012)
CONVERSION DES PRODUITS DE CULTURE EN SUCRE INPUT et OUTPUT				
Canne à sucre	0.40 kg	0.24 kg	Ci-dessus	
Betteraves sucrières	/	0.24 kg	Ci-dessus	
Sulfure (SO ₂)	8.28 E-5 kg	3.18 E-5 kg	(1) et (2) : Sulfur (GLO)/market for/alloc Rec, U	Lorena Nishihara Hun et al. (2016) ; Renouf et al. (2012)

²⁸ Résidu solide des cannes à sucre après passage au moulin. <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/bagasse/7462>

²⁹ Groot, W.J. & Borén, T. Int J Life Cycle Assess (2010) 15: 970. <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0225-y>

Acide phosphorique (85 %)		3.75 E-5 kg	/	Phosphoric acid, industrial grade, without water, in 85% solution state (GLO)/market for/alloc Rec, U	Lorena Nishihara Hun et al. (2016)	
Acide sulfurique (100 %)		/	4.12 E-5 kg	Sulfuric acid (98% H ₂ SO ₄), at plant/RER Mass	Renouf et al. (2012)	
Acide chlorhydrique (100 %)		/	6.00 E-6 kg	Hydrochloric acid, at plant/kg/RNA	Ibid.	
Carbonate de sodium (Na ₂ CO ₃)		/	1.22 E-2 g	Sodium percarbonate, powder (GLO)/market for/alloc, Rec, U	Ibid.	
Huile (lubrification)		1.13 E-3 kg	/	Lubricating oil (GLO)/market for/alloc Rec, U	Lorena Nishihara Hun et al. (2016)	
Calcaire (limestone)		5.77 E-4 kg	5.64 E-4 kg	(1) et (2) : Limestone, milled, packed, at plant/CH U	Lorena Nishihara Hun et al. (2016) ; Renouf et al. (2012)	
Eau		4.23 E-3 m ³	/	Water, cooling, unspecified natural origin, TH	Lorena Nishihara Hun et al. (2016)	
Energie	Électricité	6.75 E-3 kWh	7.708 E-3 kWh	(1) : Electricity, medium voltage (TH)/market for/alloc Rec, U (2) : Electricity, medium voltage (BE)/market for/alloc Rec,U	Lorena Nishihara Hun et al. (2016) ; Renouf et al. (2012)	
	Gaz naturel	0.1 MJ	3.19 E-2 MJ	(1) : Natural gas burned in power plant/AT U (2) : Natural gas burned in power plant/BE U	Lorena Nishihara Hun et al. (2016) ; Renouf et al. (2012)	
Émissions	Air	NH ₃	7.95 E-7 kg	/	Ammonia,	Lorena Nishihara Hun et al. (2016)
		N ₂ O	1.05 E-6 kg	/	Dinitrogen monoxide	Ibid.
		CO ₂ org	0.1 kg	/	Carbon dioxide, biogenic	Ibid.
		CO ₂ fossil	5.62 E-3 kg	/	Carbon dioxide, fossil	Ibid.
		CO	6.24 E-3 kg	/	Carbon monoxide	Ibid.
	Eau	BOD ₅	/	7.5 E-6 g	(2) : BOD5, Biological Oxygen Demand	Renouf et al. (2012)
Produits						
Sucre cristallisé		3.75 E-2 kg	3.75 E-2 kg	Ce travail	Lorena Nishihara Hun et al. (2016) ; Groot et Boren (2010)	
Bagasse		1.80 E-2 kg	/	Brulé pour génération d'électricité	Lorena Nishihara Hun et al. (2016) ; Groot et Boren (2010)	
Sucre brut (molasses)		6.37 E-3 kg	/	Utilisé en alimentation animale	Lorena Nishihara Hun et al. (2016) ; Groot et Boren (2010)	
Pulpes		/	2.44 E-2 kg	Utilisé en alimentation animale	Renouf et al. (2012)	
Electricité		6.15 E-3 kWh	/	Réinjectée dans le système	Groot et Boren (2010)	

5.2.2.2. Inventaire du PU2 : le maltage

Qu'elle soit d'origine biologique ou d'origine conventionnelle, l'orge utilisée par la brasserie est d'origine française et est maltée en Belgique par la malterie Dingemans (située à 220 km de la brasserie). Le processus de maltage est partagé par les deux scénarios (nous ne notons aucune différence dans le traitement des deux scénarios). Par conséquent, nous pouvons exclure cette étape des frontières de notre système (cfr. Frontières du système p. 37). Toutefois, afin de rendre les résultats de l'étude plus « parlants » et d'en rendre leur communication plus facile, nous avons décidé de l'intégrer dans nos frontières. L'inventaire est réalisé sur base d'une estimation de la littérature. La référence que nous avons choisie a aussi été celle retenue par

les chercheurs belges Melon et al. (2012). D'autres chercheurs y font aussi référence, comme par exemple Cimini et Moresi (2015).

La figure 10 ci-dessous offre un aperçu simplifié du procédé de maltage. Tout d'abord, les grains d'orge sont nettoyés, triés en fonction de leur taille et trempés dans l'eau pendant deux jours. Ceci mène à la germination : les grains sont déversés dans des germoirs où ils reposeront pendant 5 jours. Température, oxygénation, taux d'humidité y sont contrôlés. Durant la germination, l'orge perd en masse (c'est la « perte métabolique »). Cette dernière est de l'ordre de 22 %. La germination est stoppée par le séchage du grain pendant un à trois jours. Cette étape est appelée le touraillage (l'humidité passe de 45 % à 3 %). En fin de séchage, le malt est traité, la température est élevée progressivement entre 80°C et 120°C. C'est la torréfaction. Cette dernière opération donnera au malt son arôme et sa couleur. Plus la température est élevée, plus le malt sera foncé (un malt grillé, et donc brun, sera utilisé pour faire une bière brune). L'ensemble du processus dure une dizaine de jours.

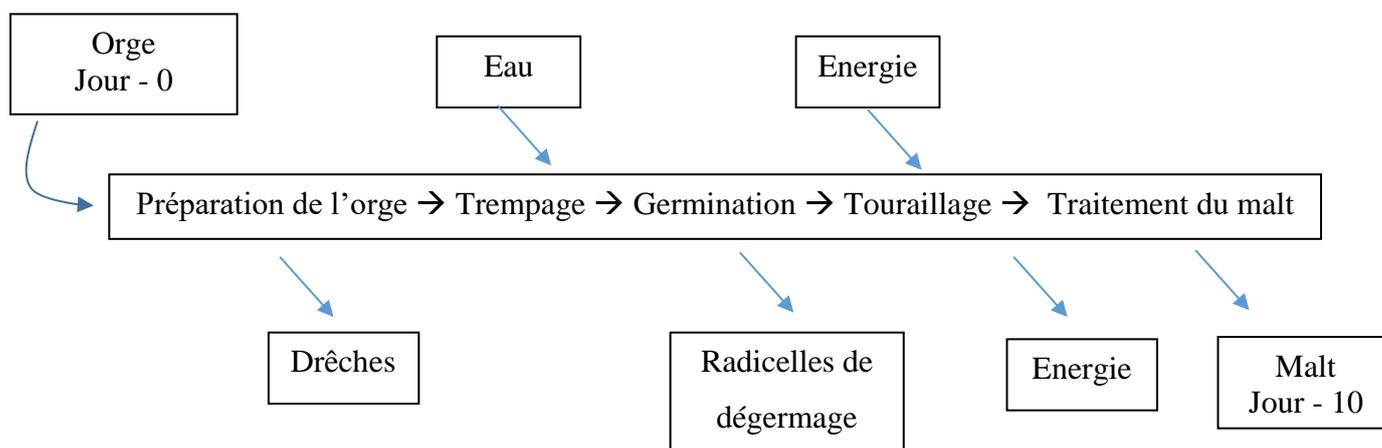


Figure 10: Principaux flux et processus du maltage (inspiré de Kloverpris et al., 2009, p.8)

Dans notre scénario, 154.5 grammes de malt sont nécessaires pour produire notre unité fonctionnelle. Le tableau 8 ci-dessous présente l'inventaire du maltage.

Tableau 8: Inventaire maltage des orges biologique et conventionnelle. UF : production de 154,5 grammes de malt

Matière	Quantité		Unité	Intitulés écoinvent	Sources
	Biologique (1)	Conventionnel (2)			
INPUT					
Orge	188.5	188.5	g	(1) et (2) : voir « tableau 4 » ci-dessus.	Kloverpris et al. (2009)
Eau	3.151 E-1	3.151 E-1	l	(1) et (2) : Tapwater (from groundwater)	Ibid.

Energie	Electricité	1.350 E-2	1.350 E-2	kWh	(1) et (2) : Electricity mix/BE U	Ibid.
	Gaz naturel	8.652 E-3	8.652 E-3	Nm ³	(1) et (2) : Natural gas, high pressure (BE)/market for/alloc Rec, U	Ibid.
OUTPUT						
Malt		154.5	154.5	g		Ibid.
Electricité		1.186 E-2	1.186 E-2	kWh	Réinjectée dans le système	Ibid.
Drêches		1.91	1.91	g	Alimentation bétail	Ibid.
Radicelles de dégermage		6.78	6.78	g	Alimentation bétail	Ibid.

La malterie utilise de l'électricité mais elle en produit aussi. Les malteries présentent généralement une unité de cogénération pour la production de l'électricité et de la chaleur pour le touraillage du malt (Malterie du Château, 2016). L'électricité générée est réinjectée dans le système. Cette dernière remplace la production d'électricité « ordinaire ». Nous avons adapté cette substitution au modèle électrique belge. La consommation nette d'électricité pour la production de 154,5 grammes de malt est donc de 1,64 E-3 kWh.

En Belgique, les coproduits générés lors du maltage (drêches et radicules de dégermage) sont valorisés dans l'alimentation animale (Delcour et al. 2013). Une allocation massique est retenue : 95 % pour le malt, 5 % pour les drêches et radicules (0,869 gr).

Le facteur relatif à l'eau provient de la base de données LCA food DK.

Les facteurs énergétiques proviennent de bases de données qui tiennent compte de la spécificité du mix énergétique belge.

5.2.2.3. *Inventaire du PU3 : Transport (acquisition par la brasserie).*

L'impact environnemental des processus de transport est très difficile à quantifier pour deux raisons :

- Il existe beaucoup de moyens de transport différents, chacun se caractérise par des propriétés techniques, une capacité de charge différente et, donc, par une consommation différente (tonne-kilomètre).
- La plupart du temps, les transports servent à transférer plusieurs produits à plusieurs destinataires (ces derniers sont parfois très éloignés l'un de l'autre).

Il ne nous est pas possible de résoudre les problèmes d'affectation pour chaque procédé de transport. Nous tentons de nous en rapprocher le plus précisément possible sur base des informations collectées à la brasserie (cfr. Annexes 6 et 7).

Les distances sont estimées sur base d'itinéraires jugés les plus plausibles via <https://fr.viamichelin.be/web/Itineraires> .

Le malt conventionnel : la brasserie achète le malt à la malterie Dingemans (Belgique). Cette dernière est située à 220 km de la brasserie. 24 tonnes sont acheminées par trajet à l'aide d'un camion silo et sont stockées sur le site de brassage (malt conventionnel bien séparé du malt biologique). Au total, en nous basant sur le flux de référence, 84,975 tonnes sont commandées sur 27 semaines de production ; ce qui représente en moyenne un aller-retour tous les deux mois (aller en charge et retour à vide).

Le malt biologique : la brasserie l'achète aussi à la malterie Dingemans. 5 tonnes (conditionnées en packs de 1 tonne) sont livrées par trajet à l'aide d'un camion. Le flux de référence renseigne 23,1 tonnes livrées sur 27 semaines soit, en moyenne, un aller-retour par mois. Nous comptons un aller en charge et un retour à vide.

Le houblon conventionnel : il vient de Slovénie. 4 tonnes sont commandées une fois par an et sont livrées par camion. 41 % de ce chargement, soit 820 kg, peuvent être alloués à la Lupulus Blonde (flux de référence). 1,49 grammes de houblons par UF. Nous comptons l'aller en charge et le retour à vide (1.020 km x 2).

Le houblon biologique : il vient de la brasserie De Plukker (Belgique), située à 304 km de la brasserie. Une livraison d'une tonne est faite par an à l'aide d'un camion. 336 kg de cette commande concerne notre flux de référence. 2,25 grammes de houblons par UF. Nous comptons l'aller en charge et le retour à vide.

Le sucre conventionnel : il s'agit de sucre cristallisé produit en Belgique (dextrose monohydraté C₆H₁₄O₇). Le fournisseur (grossiste) est AVEBE basé au Pays-Bas. Il est livré par camion (10 tonnes par livraison). Nous comptons l'aller en charge et le retour à vide (300 km x 2).

Le sucre biologique : il s'agit de sucre de canne biologique provenant de Thaïlande, produit par Khonburi Sugar PLC et acheté via Belgosuc (importateur belge). Il est commandé par 1 tonne et est livré en même temps que le sucre conventionnel. Le trajet prend en compte : Port de Bangkok → Port d'Anvers (17.095 km) → Belgosuc → Brasserie (250 km). « Marine Traffic » nous proposait deux routes maritimes. Nous avons retenu la plus courte soit 17.095 km contre 23.633 km.

La levure : en raison de la quantité transportée et de son caractère commun aux deux produits, nous ne l'avons pas incluse dans cette analyse.

Le sel (adoucesseur) : pas de données.

Le CO₂ : pas de données. Nous savons simplement qu'il arrive en vrac par camion-citerne.

La soude (détergent) : 3 tonnes sont livrées une fois par mois par camion à la brasserie. Le fournisseur est Univar (186 km de la brasserie). Les flux de référence indiquent, pour 27 semaines de brassage, des consommations de 7,38 tonnes pour la Lupulus Blonde et de 1,98 tonnes pour la Lupulus Organicus.

Des incertitudes plus ou moins importantes accompagnent les situations présentées ci-dessus. Par exemple, le malteur peut organiser sa livraison de manière à limiter les voyages de retour à vide. Le tableau 9 présente l'inventaire des données relatives à l'approvisionnement de la brasserie en matières premières. Les données ont été traduites de manière à illustrer l'UF et non le flux de référence.

Tableau 9: Inventaire des données relatives à l'approvisionnement de la brasserie (UF).

Processus		Quantité		Unité	Moyen	Intitulés écoinvent	Sources
		Biologique (1)	Conventionnel (2)				
Transport	Malt d'orge	6.78 E-2	6.78 E-2	t.km	Camion	(1) : Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO 5/RER U (2) : Transport, lorry 16-32t, EURO5/RER, U	Brasseries Lupulus (cfr. figures 12 et 13 ci-dessous ainsi que les Annexes 6 et 7).
	Houblons	1.36 E-3	3.02 E-3			Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO 5/RER U	
	Levures	n.a.	n.a.			/	
	Adoucisseur (sel)	n.d.	n.d.			/	
	CO ₂	n.d.	n.d.			/	
	Sucre	Camion	3.74 E-2		2.28E-2	(1) et (2) : Transport, lorry 16-32t, EURO5/RER, U	
		Bateau	0.64		/	Transport, freight, sea, transoceanic tanker (GLO)/processing/alloc Rec, U	
Détergents (soude)	4.92 E-3	4.92 E-3	Camion	(1) et (2) : Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO 5/RER U			
Total		0.75148	0.09854	/	/		

Dans ce tableau, « n.a. » signifie « non-appliqué » et « n.d. » signifie « pas de données »³⁰.

Aucun des éléments transportés n'est acheminé par transport réfrigéré.

La base de données Ecoinvent ne propose pas de processus prenant en charge un retour à vide. Nous comptabilisons ce retour dans notre modélisation en appliquant un facteur 2 à toutes les distances « aller simple ». Dans cette modélisation, nous posons une hypothèse importante (pouvant impliquer une différence de contribution aux catégories d'impacts et de dommages finaux). Tous les voyages sont réalisés pour le seul compte de Lupulus (nous éliminons l'hypothèse d'une livraison multiple). Seule, la distance parcourue en bateau n'a pas été doublée. En effet, il nous a semblé beaucoup plus improbable que le bateau organise son voyage uniquement pour Lupulus et qu'il reparte à vide.

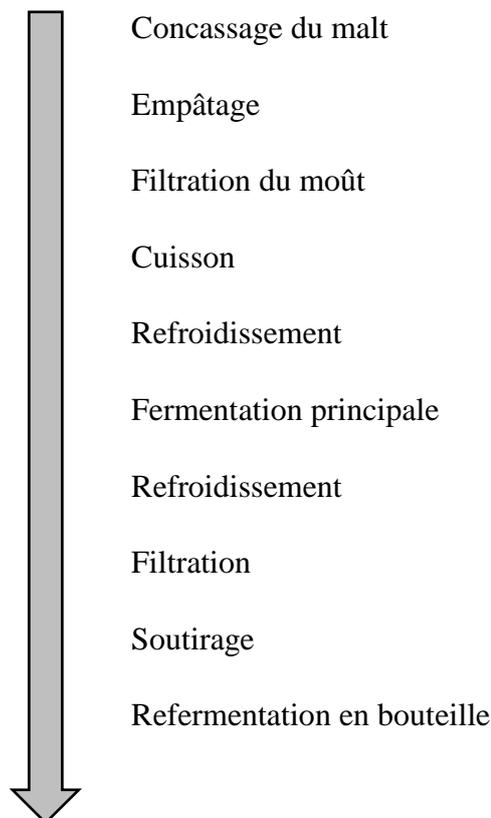
³⁰ Nous manquons de données pour certains éléments. Ces manques de données sont susceptibles de modifier le bilan environnemental du produit fini. Nous pensons toutefois que les éléments ignorés ne sont pas susceptibles de porter atteinte à notre objectif de comparaison des produits. En effet, ces éléments ignorés sont communs aux deux produits (aussi bien au niveau des quantités utilisées par brassin qu'au niveau de leurs provenances).

5.2.2.3. *Inventaire du PU4 : La production de la bière (activité de la brasserie)*

Les inventaires reprennent l'ensemble des flux entrant et sortant issus de la « fabrication de la bière » à partir des différentes matières premières. Bien que les procédés liés à la fabrication de la bière soient partagés par les deux filières de production, les impacts environnementaux liés à la production des deux produits ne peuvent pas être considérés comme étant identiques. La bière biologique, par exemple, consomme plus d'eau.

Nous rappelons que les données utilisées sont d'origine empirique. Pour des raisons d'espace et de clarté, nous ne pouvons pas les exposer sous ce point. Elles sont toutefois consultables intégralement et commentées en Annexes 6 et 7 (pp. 92-106) . Elles ont été estimées par la brasserie ainsi que par l'étudiant sur base de chiffres présentant une constante évolution. Pour illustrer ce point, la brasserie Lupulus brasse 5 bières différentes et enregistre plus de 50 % de croissance chaque année. Il existe donc une certaine incertitude face à ces relevés.

L'inventaire ci-dessous (cfr. Tableau 10, p.54) intègre l'ensemble des processus suivants de la fabrication de la bière :



Scénario 1 : Production de la Lupulus Organicus

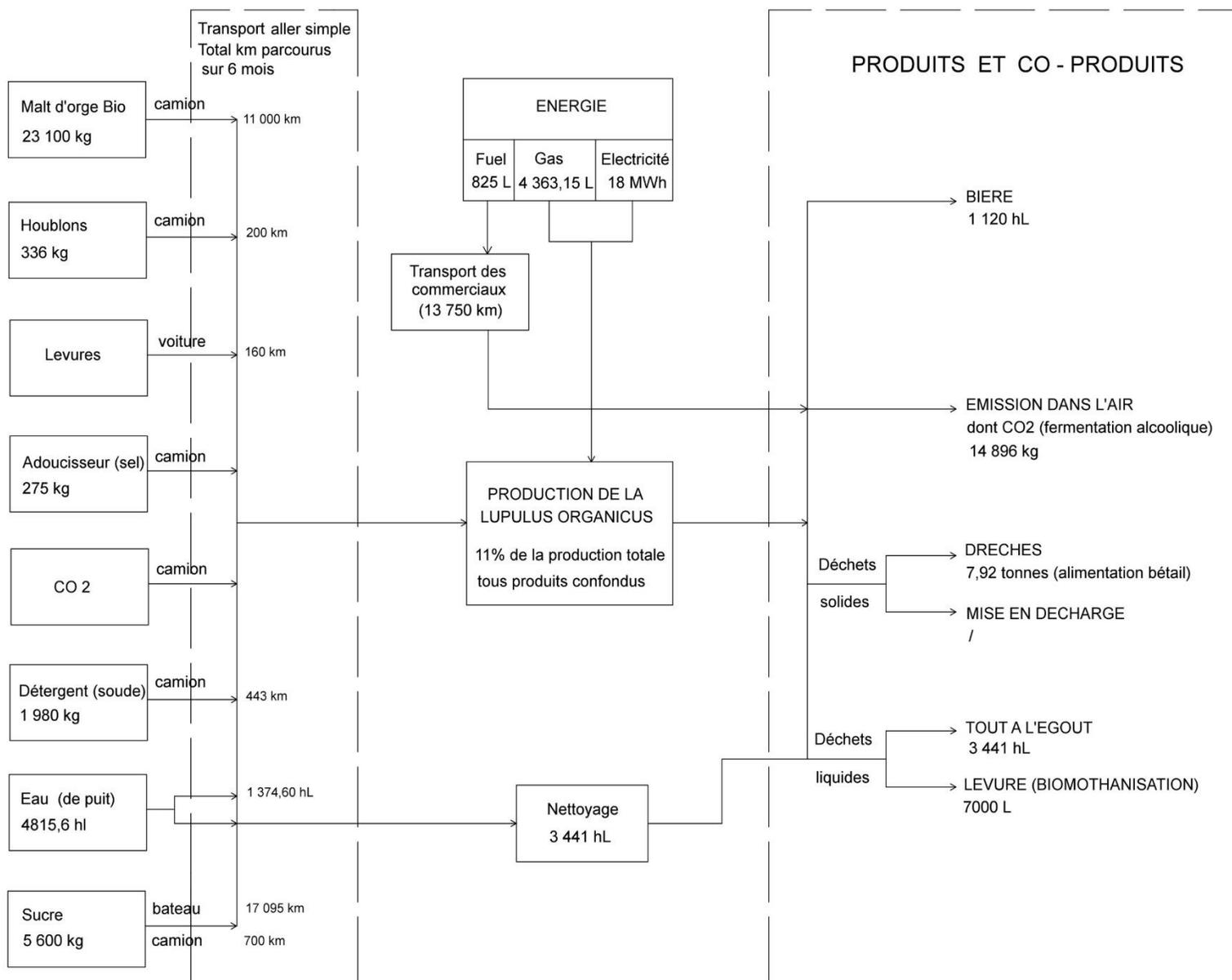


Figure 11:Présentation schématique des flux de références Lupulus Organicus

La Lupulus Organicus représente 11 % du volume de bière produit par la brasserie Lupulus. Dans ce schéma, certaines données sont manquantes. C'est notamment le cas pour les kilomètres parcourus par l'adoucisseur et le CO₂. Nous n'avons pas pu les déterminer.

Les flux représentés correspondent à 27 semaines de production de la brasserie (cfr. Annexe 7, p. 99).

Le détail du calcul justifiant les émissions de CO₂ issus de la fermentation alcoolique est consultable en annexe 7 (p.99).

Scénario 2 : Production de la Lupulus Blonde

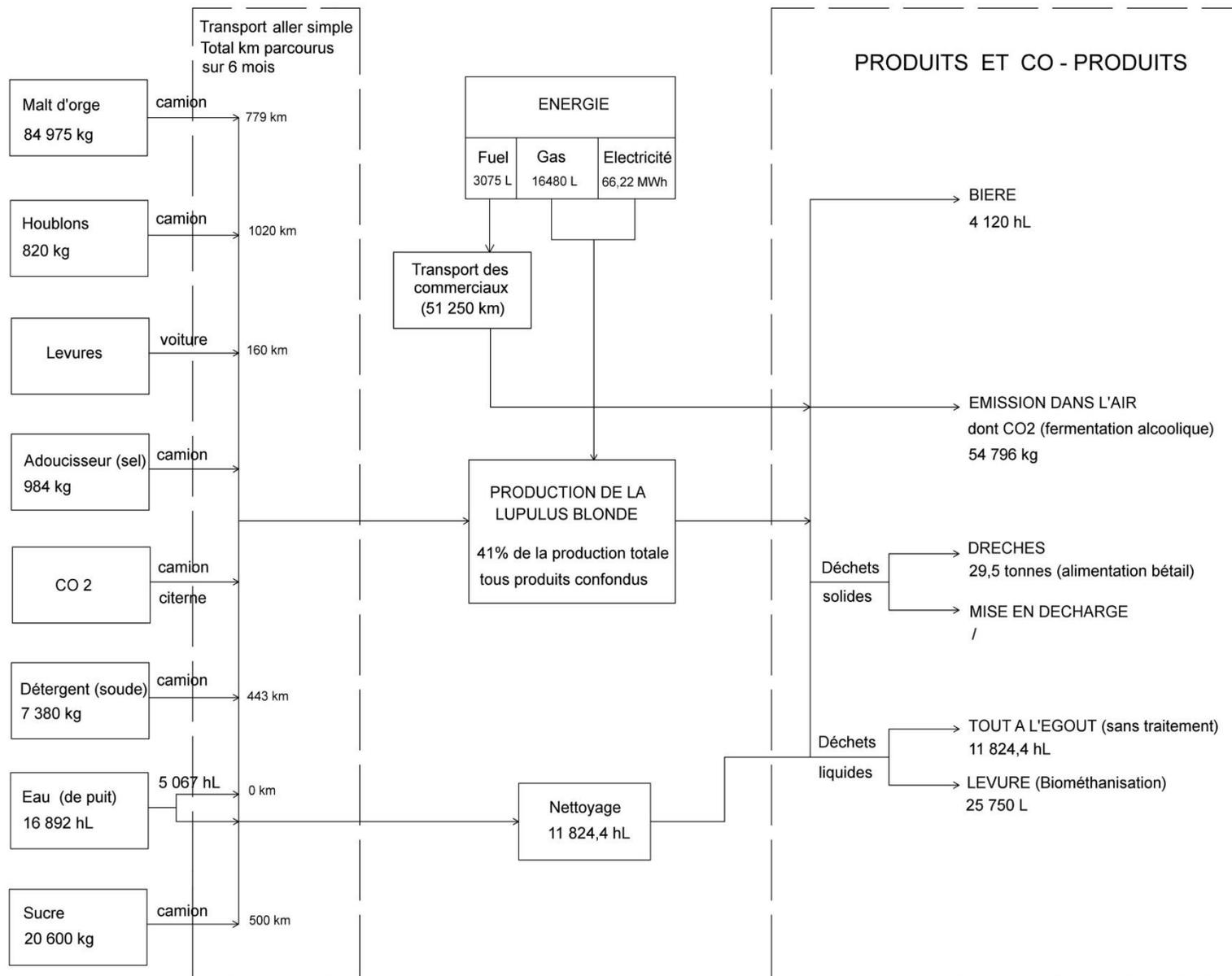


Figure 12:Présentation schématique des flux de références Lupulus Blonde

La Lupulus Blonde représente 41 % du volume de bière produit par la brasserie Lupulus. Ici encore, pour des raisons identiques, certaines données sont manquantes.

Pour les deux bières, nous considérons la gestion des flux d'eau comme Van der Merwe et Friend (2002) : 70 % de la consommation totale en eau part sous la forme d'effluents. Les 30 % restants se partagent entre le produit fini et le phénomène d'évaporation.

Bilan matière et énergie du brassage des deux bières

Des figures 12 et 13, nous visualisons l'ensemble des flux de références de matières et d'énergie impliqués dans nos systèmes. Ceux-ci peuvent être synthétisés en fonction de l'unité fonctionnelle dans le tableau 10 :

Tableau 10: Inventaire des données relatives au processus de brassage UF

Matières/Processus	Quantité		Unité	Intitulés écoinvent	Commentaires	Sources
	Biologique (1)	Conventionnel (2)				
INPUT						
Malt d'orge	154.5	154.5	g	Ce travail	Pour production du malt d'orge (1) et (2) voir développement ci-dessus.	
Houblons	2.25	1.49	g	Ce travail	Seuls les processus de transport ont été considérés dans cette analyse. Les impacts liés à la culture même du houblon sont ignorés.	
Levures	n.d.	n.d.		/	Idem.	Brasseries Lupulus
Adoucisseur (sel)	1.84	1.79	g	n.d.	Production	(cfr. figures 11 et 12 ci- dessus et Annexes 6 et 7).
Eau	4.3	4.1	l	(1) et (2) : Water, well, in ground, BE		
Sucre	37.5	37.5	g	Ce travail	Production (1) ; Production (2)	
CO₂	n.d.	n.d.		/	Manque de données sur les volumes utilisés.	
Détergents (soude)	13.2	13.2	g	(1) et (2) : Sodium hydroxide, without water, in 50 % solution state (GLO)/market for/alloc Rec, U	Production	
Energie³¹	Fuel	/	/	/	Comptabilisé dans transport commerciaux	
	Gaz	0.029	0.029	l	(1) et (2) : Natural gas, high pressure (BE)/market for/alloc Rec, U	Production et utilisation
	Electricité	1.2 E-4	1.2 E-4	MWh	(1) et (2) : Electricity mix/BE U	Production et utilisation

³¹ Les données relatives à la brasserie ont été calculée comme ceci : Le calcul de l'électricité a été réalisée sur base du bilan total de la consommation électrique pour l'année 2016 (documents internes à l'entreprise non consultable dans ce dossier) et du total de la production de la même année. Nous arrivons à une moyenne de 0.016 MWh/hl de bière soutirée. Cette consommation a été rapportée sur 6 mois. La consommation en gaz, sur base sur une moyenne de consommation totale pour les 6 derniers mois (2016-2017). Nous arrivons à une consommation moyenne de gaz de 4 litres/hl de bière soutirée.

Transport	Commerciaux	0.092	0.092	personkm	(1) et (2) : Transport, passenger car, diesel, fleet average 2010/CH U	
	Drèches	1.07 E-4	1.07 E-4	tkm	(1) et (2) : Transport, tractor and trailer, agricultural (GLO)/market for/Alloc Rec, U	Nous prenons 2.5 km comme distance de référence (cfr. Annexes 6 et 7) 53,5 g sont transportés par UF
	Mise en décharge	/	/		/	
	Levure biométhanisation	n.d.	n.d.		/	
OUTPUT						
Bière		0.75	0.75	l		
Déchets solides	Drèches	53.5	53.5	g	/	Valorisation : Alimentation du bétail
Déchets liquides	Effluent	2.30	2.15	l	(1) et (2) : Treatment, sewage, to wastewater treatment, class 4/CH U	Pas de traitement particulier
	Levures	0.046	0.046	l	/	Valorisation : biométhanisation
Émissions dans l'air (CO₂)		99.75	99.75	g	Carbon dioxide	Fermentation alcoolique

La fabrication de la bière est un processus multi-sorties. Nous avons choisi d'appliquer une allocation économique entre la bière et les drèches. La bière est produite pour être vendue et les drèches sont valorisées en alimentant le bétail d'un fermier voisin de la brasserie (2,5 km). Les bières sont vendues sur le site à 3,20 € (Lupulus Blonde) et 3,40 € (Lupulus Organicus) pour 75 cl. La drèche se vend en moyenne 50,00 € la tonne. Sur base de ce choix d'allocation, l'importance de la drèche se révèle extrêmement négligeable, nous allouons 100 % des émissions à la bière.

Bien que Lupulus l'applique, la valorisation des levures en biogaz par la méthode de biométhanisation n'a pas été intégrée dans la modélisation de l'inventaire ci-dessus. Le processus est commun aux deux scénarios et est partagé de manière équitable entre les deux scénarios. Il n'apportait pas de plus-value à notre objectif de comparaison. La brasserie ne possède pas d'unité de biométhanisation elle-même. Les levures récoltées sont envoyées dans une usine. Nous pouvons toutefois considérer que l'énergie générée pourrait être réinjectée d'une certaine façon dans le système, diminuant ainsi la consommation nette d'énergie de la brasserie. Cette alternative est étudiée dans l'interprétation de l'analyse de l'impact environnemental ci-dessous.

5.2.3. Analyse de l'impact environnemental

L'objectif sous ce point est d'identifier les stress, dommages environnementaux inhérents à la production des deux produits finis. Dans le point précédent, nous avons réalisé l'inventaire des émissions et des extractions liées aux différents processus définis dans les limites de notre système (« résultats LCI » dans la figure 13 ci-dessous). L'intérêt de l'analyse est de créer les liens entre ces données et leurs impacts sur l'environnement. Ces données vont être agrégées et classées successivement, en fonction de leur potentiel d'impact, afin de les rendre plus parlantes. Pour ce faire, il existe un certain nombre de méthodes disponibles (Impact 2002+, EDIP, TRACI, LUCAS, CML, etc.). Chacune d'entre elles présente des spécificités liées aux variations spatiales des paramètres. Elles sont donc plus ou moins utilisées dépendamment de l'endroit où l'on se trouve (EDIP est une méthode fort utilisée au Danemark par exemple) (UVED, s.d.). Dans notre cas, nous avons choisi la méthode ReCiPe en perspectives Midpoint et Endpoint. Nous la justifions ainsi : il s'agit d'une des méthodes les plus récentes ; elle possède le plus d'indicateurs (18) ; elle est issue d'une collaboration entre instituts de recherche et différentes institutions fédérales et, pour finir, une étude belge traitant d'une thématique brassicole a, elle aussi, choisi cette méthode (Melon et al., 2012).

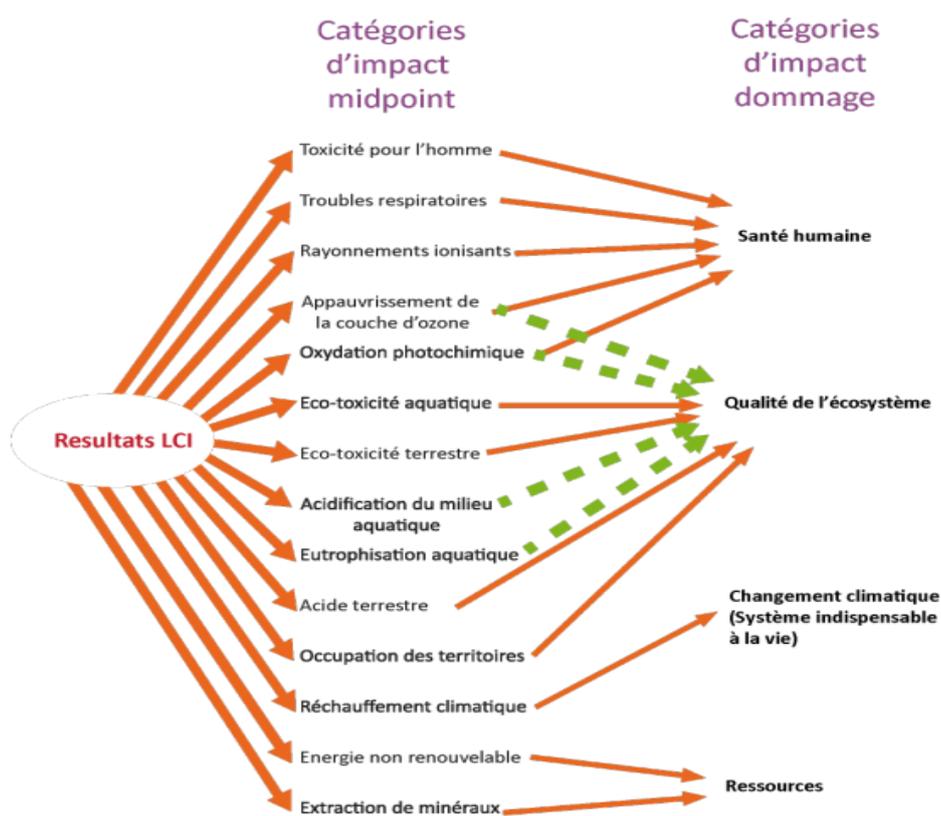


Figure 13: Méthodologie de caractérisation des Midpoint et Endpoint³²

³²Source Figure 13 :

http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap03/co/ch03_110_2-1.html

La modélisation a été réalisée avec le logiciel SimaPro 8.3.0.0. Ce dernier propose les méthodes citées ci-dessus et permet donc le groupement des émissions afin de les modéliser en impacts environnementaux. Cette étape de regroupement est appelée « caractérisation » (cfr. Figure 14). En terme d'impact par unité fonctionnelle, les résultats, obtenus par les deux bières pour la caractérisation sont visibles dans le tableau 11 ci-dessous. En Annexe 2 (pp. 85-87), ces mêmes résultats de caractérisation sont présentés sous forme graphique. Les graphiques sont plus « visuels » et montrent les contributions de chacun des sous-systèmes (PU 1-4) à chacune des catégories d'impacts.

Du tableau 11, nous observons :

- **Un certain nombre de scores semblables** entre les deux scénarios.

Notamment au niveau des catégories d'impacts : réchauffement climatique, appauvrissement de la couche d'ozone, occupation des terres agricoles et urbaines ainsi qu'extraction des ressources minérales et fossiles.

- **Des scores présentant des rapports relativement marqués.**

Un potentiel d'impacts plus important de la bière biologique sur des aspects tels que : l'acidification du milieu terrestre, la formation de photo-oxydants, l'épuisement de l'eau.

Un potentiel d'impacts plus important de la bière conventionnelle sur des aspects tels que : l'eutrophisation aquatique des eaux douce et marine, le potentiel d'écotoxicité terrestre.

- **Des scores présentant une différence marquante.**

Les différences les plus marquantes pour la bière conventionnelle se situent au niveau des potentiels de toxicité humaine, d'écotoxicité en eaux douce et marine et au niveau du potentiel de radiations ionisantes. En ce qui concerne la bière biologique, la différence se marque principalement au niveau de son potentiel de transformation des terres naturelles.

Des différents graphiques de caractérisation en Midpoint présents en annexe 2 (pp.85-87), nous observons qu'aussi bien pour la bière conventionnelle que pour la bière biologique, les impacts environnementaux sont principalement définis par les processus de culture des matières premières agricoles (PU 1). Viennent ensuite les opérations de brassage (PU 4), de transports des matériaux vers la brasserie (PU 3) et finalement l'opération de maltage (PU 2).

La « normalisation » est une étape qui succède à la caractérisation. Elle lui est complémentaire et consiste à mettre en évidence la prépondérance relative de la catégorie d'impact ou de dommage par rapport aux autres (cfr. Figure 14 ci-dessous). Il est important de noter que nous n'établissons pas de lien entre « prépondérance » et « importance » d'un impact ou d'un dommage. Autrement dit, dans ce mémoire, nous n'accorderons pas plus d'importance au réchauffement climatique qu'au phénomène d'eutrophisation marine. Donner une certaine importance à un impact est difficilement justifiable, scientifiquement parlant, de par son affiliation aux considérations morales et éthiques. Toutefois, dans un travail ultérieur, si besoin est, il sera toujours possible de le faire en appliquant un facteur de pondération à chaque catégorie d'impact ou de dommage.

Tableau 11: Scores de caractérisation intermédiaire (Midpoint) : comparaison des deux scénarios (UF)

Catégorie d'impact	Unité	Lupulus Blonde 0,75 litre	Lupulus Organicus 0,75 litre
Climate change	kg CO2 eq	0,243126936	0,261110503
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	3,19781 E-08	2,74497 E-08
Terrestrial acidification	kg SO2 eq	0,000845086	0,001642905
Freshwater eutrophication	kg P eq	4,7001 E-05	3,19758 E-05
Marine eutrophication	kg N eq	0,001054154	0,000675291
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	4,248099422	1,038589697
Photochemical oxidant formation	kg NMVOC	0,000483355	0,000918834
Particulate matter formation	kg PM10 eq	0,000264236	0,000384062
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,001310775	0,000734127
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,738745117	0,001023663
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	8,4558283	0,819253303
Ionising radiation	kBq U235 eq	0,07510293	0,02146772
Agricultural land occupation	m2a	0,047085236	0,052543412
Urban land occupation	m2a	0,004166932	0,004752737
Natural land transformation	m2	3,8382 E-05	0,000352003
Water depletion	m3	0,009746602	0,018882381
Metal depletion	kg Fe eq	0,007829985	0,007553899
Fossil depletion	kg oil eq	0,047275248	0,047233511

Des Figures 14 (a) et (b), nous observons que les catégories d'impacts les plus affectées par la production des bières sont les écotoxicités en eaux douces et marines pour la Lupulus Blonde et la transformation des terres naturelles pour la Lupulus Organicus.

Pour l'une comme pour l'autre, l'amont agricole est le principal contributeur.

Nous relevons que le maltage est l'étape du processus de fabrication qui génère le moins d'impact sur l'environnement.

L'activité de la brasserie est la première contributrice au réchauffement climatique (50 % pour la bière biologique et 55 % pour la bière conventionnelle).

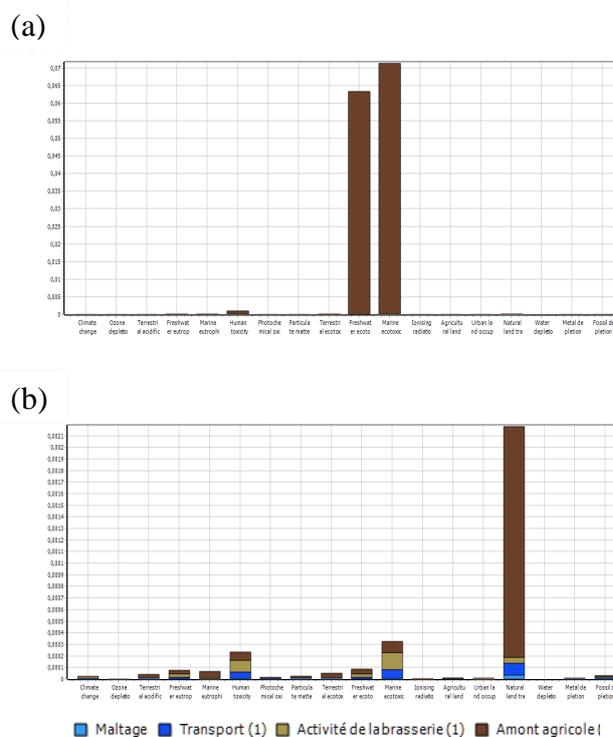


Figure 14: Scores de normalisation intermédiaire (Midpoint) de la Lupulus Blonde (a) et Organicus (b). UF

Sur base de ces résultats intermédiaires, nous pouvons procéder à la caractérisation des dommages (Endpoint). Comme représentée sur la figure 13, cette nouvelle étape permet de répartir les impacts intermédiaires dans 4 catégories de dommages sur l'environnement (dommages portés sur : la santé humaine, la qualité des écosystèmes, le changement climatique et les ressources). Contrairement à la présentation (fig. 13), la méthode ReCiPe ne reporte les résultats obtenus en Midpoint que sur trois catégories de dommages en Endpoint.

Les scores de dommages suivants ont été calculés :

Catégorie de dommages	Unité	Lupulus Blonde 0,75 litre	Lupulus Organicus 0,75 litre
Human Health	DALY	3,89329 E-06	1,74379 E-06
Ecosystems	species.yr	3,89264 E-08	8,56534 E-09
Resources	\$	0,008374183	0,008349168

Tableau 12: Scores de caractérisation de dommages (Endpoint) : comparaison des deux scénarios (UF)

Du tableau 12, il apparaît que la bière biologique est plus performante environnementalement parlant.

Afin d'avoir une meilleure perception des différences entre les deux scénarios étudiés, les scores cumulatifs des processus pour les trois catégories de dommages (Endpoint) au cours du cycle de vie sont repris dans la figure 15 ci-dessous.

Les résultats présentés dans le tableau 12 ont des valeurs numériques très petites. La raison principale est qu'ils décrivent les dommages occasionnés par l'unité fonctionnelle de bière que nous avons définie (0,75 litre, soit une quantité très petite). Ainsi, par exemple, nous remarquons qu'en terme d'impact sur la santé humaine, la production de 0,75 litre de Lupulus Blonde cause la perte de 3,89329 E-06 DALY (Disability Adjusted Life Years); ce qui correspond approximativement à la perte de 122 secondes³³. Il ne s'agit pas d'un avis médical (nous n'étudions pas l'influence de la bière sur la santé) mais bien d'un avis environnemental. Ces chiffres sont donc peu pertinents dans l'absolu mais permettent malgré tout la comparaison des deux scénarios.

Bien que le dommage de type changement climatique soit absent des catégories de dommages, ce premier est facilement déductible de la première caractérisation : la Lupulus Organicus contribue plus au changement climatique que la Lupulus Blonde (émission de 261 grammes de CO₂eq contre 243 grammes). La contribution moyenne d'une bière au réchauffement climatique correspond donc plus ou moins à l'émission moyenne de CO₂ qu'émet un voyageur sur un trajet de 2 km en voiture (Commissariat général au développement durable, 2010). Cette émission provient principalement de l'activité de la brasserie.

³³Nous avons obtenu ce résultat ainsi : 1 DALY = 1 année de vie en bonne santé = 31 536 000 secondes de vie en bonne santé (60x60x24x365). En multipliant ce dernier résultat par 3,89329 E-06 nous obtenons 122 sec.

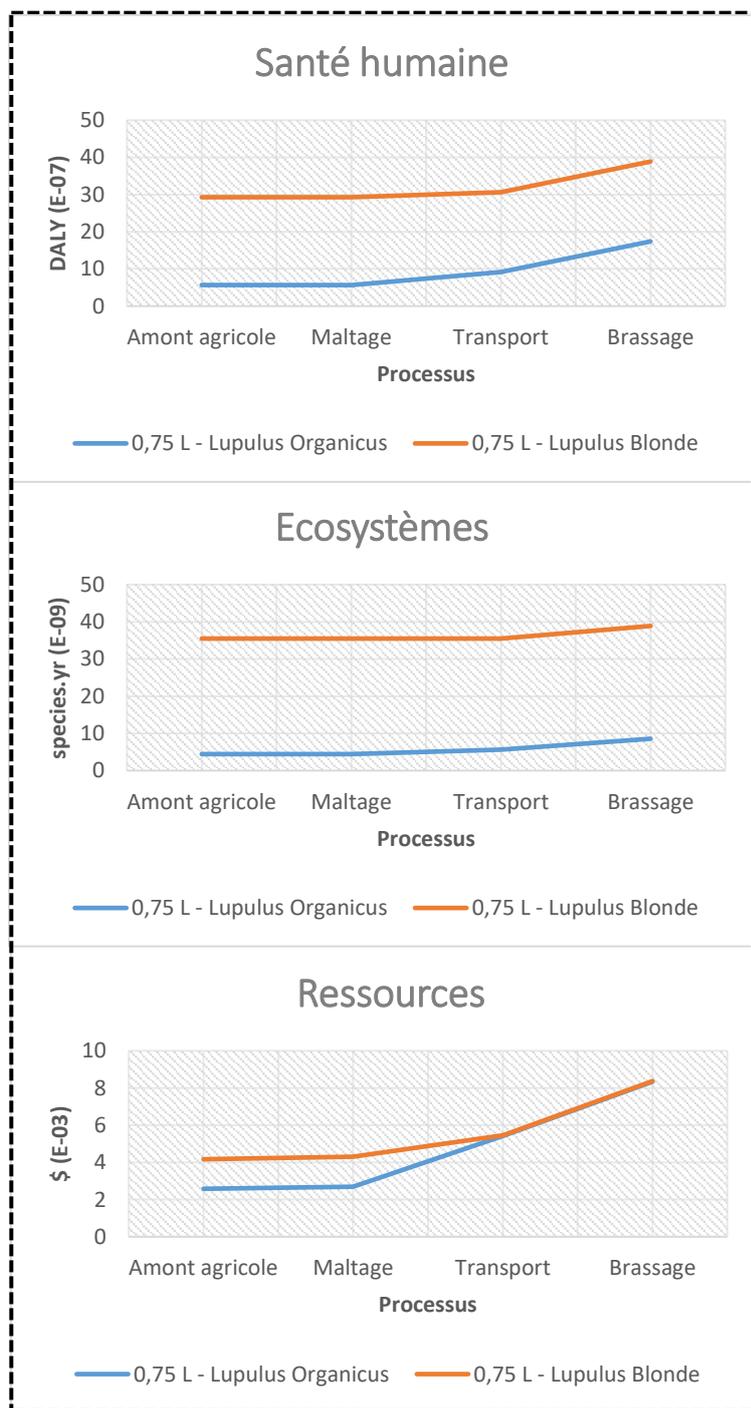


Figure 15: Scores cumulatifs des processus pour les 3 catégories de dommages (Enpoint) au court du cycle de vie (UF)

Sur la Figure 15 ci-contre, les deux cycles de vie ont été décomposés en leur quatre processus unitaires. Pour chacun d'entre eux, les contributions aux dommages des trois catégories ont été évaluées. Les résultats ont été recombinaés afin de représenter des valeurs cumulatives sur l'ensemble du cycle de vie. Il apparait que l'amont agricole donne un avantage considérable à la bière biologique à tous les niveaux. Le processus de maltage n'affecte aucune des catégories particulièrement. Le transport contribue moins aux dommages occasionnés par la bière conventionnelle. Il est particulièrement pénalisant pour les dommages sur les ressources causés par la bière biologique. Le processus de brassage est pénalisant pour l'ensemble des catégories de dommages et particulièrement pour la santé humaine ainsi que pour les ressources. Au niveau des dommages sur ces dernières, il apparait que les deux cycles de vie se superposent à partir du processus de transport pour terminer l'étape du brassage sur deux performances similaires

5.2.4. Interprétation

"Cette étape a pour but d'identifier les étapes du cycle de vie sur lesquelles il faut intervenir pour réduire judicieusement l'impact environnemental du système ou produit étudié et d'analyser en détail les incertitudes." (Jolliet et al, 2005, p.107)

Analyse de contribution

Sous ce point, nous tenterons de faire ressortir des pourcentages de contribution aux dommages. Ces derniers nous permettront, d'une part, de nous assurer que les résultats sont cohérents et, d'autre part, de faire ressortir les processus et les éléments qui contribuent le plus au cycle de vie. Cette mise en évidence des différents processus nous fournira des indications nous permettant de proposer des pistes afin d'améliorer la performance environnementale des systèmes étudiés.

L'amont agricole

Compte tenu de l'importance du PU 1 dans les bilans environnementaux généraux des deux produits et du fait que ce processus unitaire rassemble deux matières différentes (les orges et les sucres), nous avons souhaité l'étudier plus en profondeur. D'une manière commune aux deux bières, la culture de l'orge a un poids relativement important sur le bilan des émissions. Cela se justifie en partie par son importance dans la préparation. En annexe 3 (pp. 88-89) sont repris les détails graphiques des contributions différenciées aux impacts globaux des deux produits. Nous y observons que :

Pour la Lupulus Blonde, l'orge contribue pour 70 % aux impacts du produit fini. Elle est responsable de 62 % des impacts portés à la santé humaine et de 87 % des dommages causés aux écosystèmes. Il s'agit de la première contributrice aux impacts environnementaux du PU1.

L'activité de la brasserie est la deuxième contributrice aux impacts globaux du produit fini (5,95 %). Le sucre de betterave ne représente, quant à lui, que 1,3 % des contributions globales.

Les impacts relevant des écotoxicités en eaux douce et marine sont principalement liés à la culture de l'orge et de son émission de cuivre dans l'eau.

Le score obtenu pour l'écotoxicité terrestre est à mettre en lien avec l'utilisation d'un insecticide à large spectre : le Cypermethrin utilisé pour la culture de la betterave sucrière.

Le score obtenu pour la toxicité humaine est lié à la culture de l'orge et de ses émissions de zinc, de sélénium et de manganèse dans l'eau.

L'orge biologique obtient un meilleur score pour la Lupulus Organicus. Les dommages causés au changement climatique sont principalement liés à l'utilisation de compost. Le compost est le premier contributeur aux impacts de la culture. Viennent ensuite la récolte et les divers entretiens par les machines agricoles (passage de herse, etc.) et divers transports (non liés aux livraisons à la brasserie) interviennent aussi mais de façon plus discrète. L'orge biologique contribue pour 16 % des impacts sur la santé humaine et 23 % des impacts sur les écosystèmes.

La contribution aux oxydations photochimiques est principalement liée à l'émission d'oxyde d'azote et de monoxyde de carbone dans l'air et la contribution à l'acidification terrestre est liée à l'émission d'ammoniaque et d'oxyde d'azote dans l'air. L'occupation des terres agricoles est principalement due à l'occupation annuelle des céréales. L'orge biologique présente un rendement inférieur. Il occupe donc une plus grande surface.

De la figure 16, le score environnemental obtenu par le sucre de canne thaïlandais montre qu'il est plus performant que le sucre de betterave conventionnel cultivé et produit en Belgique. Cela s'explique pour partie par la revalorisation des bagasses en électricité. Sur ce point, il serait intéressant de réaliser une analyse de sensibilité sur l'allocation que nous avons octroyée aux pulpes de betteraves. En effet, nous avons défini une allocation massique, alors qu'une allocation énergétique aurait aussi pu être définie.

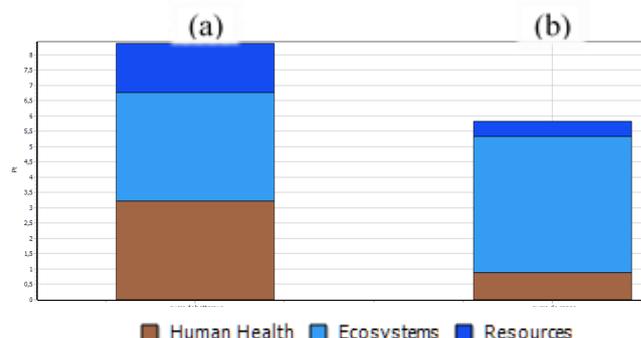


Figure 16: Comparaison des dommages (Endpoint) sucre de betterave (a) et de canne (b) score unique (UF)

Nous désirons confronter nos résultats avec ceux de quelques auteurs :

Auteurs	Processus	Contribution au bilan total	Commentaires
Talve (2001, p.97, Table 3)	Production agricole	80 %	Méthode : KCL-ECO Culture conventionnelle ; définitions des processus différentes des nôtres.
	Transports	8%	
	Brassage	5 %	
Koroneos et al. (2003, p. 438)	Acquisition matière première (transport)	6 % réchauffement climatique	Méthode : SimaPro, Eco-Indicator 95 Frontières du système étudié différentes. Pas d'accès aux valeurs numériques.
	Brassage	14 % réchauffement climatique 9 % toxicité humaine	
Melon et al. (2012, p.2)	Culture de l'orge	De 10,52 % à 69,99 %	Méthode : ReCiPe 2008 Culture conventionnelle ; frontières du systèmes différentes ; résultats dépendant du mode de conditionnement.
	Brassage	De 6 à 19 %	

Il n'est pas évident de comparer nos résultats avec les études existantes. Nous nous sommes limité par manque de place à l'exposition des trois extraits ci-dessus. Même s'ils ne sont pas très utiles, ils sont intéressants car ils révèlent cette complexité générale. Nous n'avons aucune donnée pour une comparaison rationnelle. Les ACV ne sont pas comparables. Les méthodes, les frontières des systèmes, les définitions des processus sont différentes. De plus, les données sont variables, elles peuvent changer en fonction du pays étudié (profils énergétiques, etc.). Nous sommes donc assez démunis pour rationaliser les impacts. Nous pensons toutefois que nos résultats sont probables au regard des résultats obtenus pour la production agricole par Melon et al. (2012). Leur scénario à 69,99 % est celui d'une bière belge conditionnée en fût réutilisable. Ce dernier présente un impact de 10,78 % sur l'ensemble du système.

Nous n'avons à ce jour pas encore rencontré d'étude traitant le cas d'une bière biologique.

Le transport

En générant des émissions (CO₂ principalement, N₂O, CH₄) il porte atteinte à la santé humaine par son recours aux énergies fossiles et aux ressources. De la Figure 17, nous comprenons l'avantage environnemental qu'offre le transport par bateau. À consommation égale, on observe aussi l'intérêt d'un houblon biologique de provenance locale stocké en grande quantité (une réserve d'un an de consommation). Si le houblon conventionnel vient de loin dans des proportions plus importantes, l'effet d'échelle, dans ce cas-ci, ne suffit pas à rattraper les dommages de l'éloignement géographique. L'avantage de la Lupulus Blonde repose sur la meilleure efficacité du transport du malt. C'est la traduction d'un effet d'échelle : une plus grande quantité de malt est transportée par trajet.

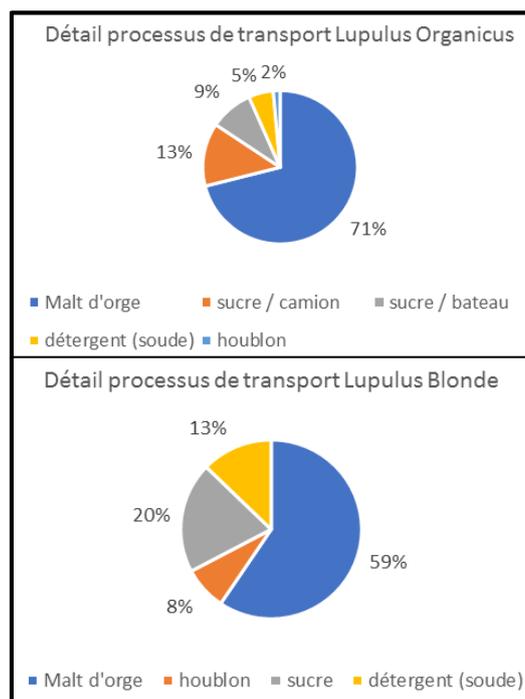


Figure 17: Détail des contributions au PU3 (UF)

Le maltage

Les contributions aux dommages de ce processus ne se font presque pas ressentir. Ceci est lié à la cogénération d'électricité. L'électricité générée est réinjectée dans le système, remplaçant la production d'électricité « ordinaire » génératrice de dommages. Le maltage marque principalement la catégorie d'impact des ressources par sa dépendance au gaz naturel.

Activité de la brasserie

Dans nos modélisations, la brasserie contribue pour 50 % à la catégorie d'impact du réchauffement climatique. La fermentation alcoolique génère du CO₂ et la brasserie est alimentée par l'électricité et le gaz naturel. Les productions et consommations d'énergie s'accompagnent d'un puisement dans des ressources fossiles (non renouvelables) ainsi que d'émissions dommageables à la santé humaine et aux écosystèmes. Le gaz naturel apporte aussi sa contribution à la catégorie d'impact de transformation des terres en raison des structures d'acheminement qu'il implique.

Étude des incertitudes

Nous recommandons de porter votre attention sur certains points. Les données n'étant pas toujours disponibles certaines "zones d'ombre" ont été levées par des hypothèses. Nous ne pensons pas que ces dernières soient susceptibles de changer les performances environnementales comparatives des deux produits (leurs caractères sont communs aux deux produits, dans des proportions identiques).

Au niveau du PU 4, nous n'avons pas réalisé de différence entre les émissions de CO₂ biogéniques et fossiles. Nous avons considéré les émissions de CO₂ biogéniques comme contribuant au potentiel de réchauffement climatique. Ce qui n'est pas tout à fait vrai. La contribution de l'activité de la brasserie à cette catégorie d'impact doit donc être revue à la

baisse. Dès lors, nous pouvons imaginer que la proportion contributive du PU 1 à cette même catégorie d'impact doit être revue à la hausse. Ce constat nous amène à penser comme Cordella et al. (2008) : d'un point de vue ACV, l'activité de la brasserie ne semble pas être une activité problématique compte tenu de sa faible consommation d'énergie dans le secteur industriel. Talve (2001, p.297, Table 3) montre que la contribution au réchauffement climatique est l'impact le plus important de la brasserie. Ce dernier recouvre environ 33 % de cette catégorie d'impact (contre 50 à 55 % dans notre cas).

De plus, nous n'avons pas pris en considération la revalorisation de la levure dans un processus de biométhanisation mis effectivement en place par la brasserie Lupulus. En effet, après la fermentation, la levure est également séparée par filtration. Ces déchets se présentent sous la forme d'une boue. Cette dernière est envoyée par camion sur un site de biométhanisation. Cette perspective de cogénération apporte une plus-value certaine au bilan environnemental de la brasserie. En effet, selon Bel et al., (2016, p.33), le moût de distillation (3 – 8 % de matière sèche) offre un rendement de 400-450 m³/tonne d'un biogaz composé à 63 % de méthane. Selon la CREG³⁴, après avoir appliqué un coefficient de conversion permettant d'exprimer en kWh le pouvoir calorifique contenu dans un mètre cube de gaz naturel, nous obtenons entre 9.5278 et 12.7931 kWh. Dans ce cas-ci, en retenant, d'une part, un rendement moyen de 425 m³/tonne et, d'autre part, l'hypothèse qu'un litre de levure 3-6 % matière sèche = 1,5 kg et, pour finir, la valeur moyenne de 11,16045 kWh, les biométhanisations des levures produisent respectivement 183.205,762 kWh (bière conventionnelle) et 49.803,508 kWh (bière biologique) en regard des flux de référence soit une cogénération commune de 0,333 kWh par UF. Cette valeur représente plus d'énergie qu'il n'en faut à la brasserie pour produire une UF de bière.

Pour le PU 1, nous tenions à analyser les contributions respectives des différents sucres. Malheureusement, nous n'avons pas trouvé de processus biologique pour la culture de la canne à sucre. Nous avons dû prendre son profil conventionnel (cfr. p. 44). Ce dernier s'exprime notamment par la pression exercée sur les écosystèmes. Toutefois, malgré cela, la bière biologique montre son avantage.

Contrôle de sensibilité

Tout au long de l'étude, nous avons posé un certain nombre de choix. Il faut alors, dans la mesure du possible, analyser la portée de ceux-ci par rapport, d'une part, aux choix que nous aurions pu faire à la place et, d'autre part, évaluer si l'incertitude est susceptible d'influencer de manière significative la comparaison de nos scénarios. Cette analyse (de type Monte Carlo) permet d'assurer que les résultats obtenus selon les différents scénarios demeurent dans une fourchette admissible. Dans le cadre de ce travail, nous n'avons pas pu mener à bien une étude complète de ce type. Il nous semble toutefois intéressant et pertinent de réaliser des tests de sensibilités sur les éléments suivants :

³⁴ Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz (<http://www.creg.be>)

- Nous avons constaté l'importance des contributions des processus agricoles. Les impacts environnementaux des cultures d'orges et de betteraves conventionnelles sont considérables notamment à cause des engrais et des produits phytosanitaires. Il serait intéressant d'imaginer des scénarios extrêmes d'utilisation de ces substances.
- Nous suggérons une analyse de sensibilité sur les différentes allocations que nous avons définies, en appliquant notamment une allocation énergétique plutôt que massique pour l'évaluation des différents sucres.
- Une variation des distances et des modalités de transport. Les données belge et thaïlandaise n'étant pas directement disponibles, une analyse de sensibilité visant à évaluer l'impact de la distance champ-raffinerie sur l'impact environnemental global nous semble intéressante. Pour le PU 3, nous posons une hypothèse importante (pouvant impliquer une différence de contribution aux catégories d'impacts et de dommages finaux). Tous les voyages sont réalisés pour le seul compte de Lupulus (nous éliminons l'hypothèse d'une livraison multiple). Le scénario que nous avons modélisé est relativement extrême.
- Utiliser une méthode autre que ReCiPe (par exemple Impact 2002+). Nous l'avons fait :

L'application de la méthode Impact 2002+ révèle l'importance de la méthode utilisée. Les figures reprises en Annexe 4 (p.90) montrent que la tendance reste favorable pour la bière organique mais dans des proportions tout à fait différentes. Nous n'observons pas de différence par rapport à l'impact carbone (la bière biologique reste légèrement moins performante). En ce qui concerne les impacts sur la santé humaine et sur la qualité des écosystèmes, l'écart se voit multiplié par 4, renforçant d'avantage la position de la bière biologique. Les dommages sur les ressources se voient eux aussi révisés en faveur de la bière biologique. Nous ne sommes pas spécialistes de la question et n'avons pas eu le temps d'étudier en profondeur cette nouvelle analyse mais nous pensons que ces différences de scores peuvent être liées, d'une part, aux différences dans les modèles de caractérisation inhérents aux méthodes et, d'autre part, aux pondérations, différemment établies dans les impacts des différentes substances.

Vers un réinvestissement limité des résultats de cette analyse

Une utilisation des résultats présentés ci-dessus est limitée pour plusieurs raisons. Premièrement, la méthode de l'ACV est, par définition, limitante. Nous avons dû déterminer les frontières d'un scénario d'étude. Deuxièmement, le scénario met un focus sur un établissement, une brasserie belge particulière. Cette dernière n'est probablement pas représentative du modèle « moyen » de la brasserie artisanale belge. En effet, en regard des scores moyens de performances environnementaux de la bière, exposés dans la première partie de ce mémoire, la brasserie Lupulus se révèle faire partie, dans le fond, des plus performantes environnementalement parlant. Cela donne du sens aux dispositions qu'elle a déjà prises pour aller dans ce sens. De plus, les modélisations ont été réalisées sur base des données récoltées sur place. Il s'agit donc d'une évaluation très spécifique.

Nous voulions étudier des produits réels, dans le sens « d'existants, présents sur le marché ». Il était intéressant de trouver une brasserie commercialisant deux bières partageant tout sauf le

caractère biologique ou conventionnel. Nous n'en avons pas recensé beaucoup. De plus, ces dernières présentent souvent des volumes de production très différents. En comparant des produits issus de deux brasseries différentes, nous risquons donc de limiter encore plus la portée des résultats. En effet, il n'aurait pas été évident d'isoler les « performances intrinsèques » aux infrastructures des deux brasseries. L'effet d'échelle, nous l'avons vu, est très important, il aurait dès lors été difficile de mesurer son implication dans les résultats.

Dans ce cas-ci, les résultats sont intéressants dans le sens où ils permettent de spéculer sur les enjeux potentiels d'un changement de production vers le biologique au sein d'un même établissement. En raison des points déjà évoqués (et qui ont fait l'objet d'une extension dans la première partie de ce mémoire pp.20-31), il est toutefois important de garder à l'esprit qu'il n'est pas du tout garanti qu'une brasserie décidant de passer un de ses produits en bio, obtienne les mêmes scores que la brasserie Lupulus.

Conclusion

Les résultats présentés illustrent toute la complexité de réaliser l'évaluation scientifiquement fondée des performances environnementales d'un produit. Ils illustrent aussi tout l'enjeu d'avoir recourt à une analyse multi critères. Une analyse mono critère de type « empreinte carbone » laisserait moins de place à la discussion. La Lupulus Organicus montre un bilan environnemental plus favorable que la Lupulus Blonde. En accord avec les études parcourues, les scores obtenus montrent que dans la plupart des catégories d'impacts, la production des matières premières agricoles est le premier contributeur aux impacts environnementaux. L'orge biologique français apporte une plus value environnementale certaine face à son homologue français conventionnelle. En raison de l'importance du processus de culture de l'orge sur le bilan du cycle de vie, une étude plus précise devrait être menée à son sujet (notamment sur les distances parcourues par l'orge du champ à la malterie). La cogénération d'énergie offre un bilan environnemental plus intéressant au sucre de canne thaïlandais par rapport au sucre de betterave belge. Le processus de maltage contribue le moins au bilan total du produit en raison d'une cogénération d'énergie. L'activité de la brasserie peut s'avérer critique en étant le contributeur majeur au réchauffement climatique sur le cycle de vie du produit. Des aménagements internes de types revalorisation des boues de filtration en biométhanisation permet de descendre la contribution de cette dernière jusqu'à la rendre négligeable sur le cycle de vie du produit. L'analyse des processus de transports a montré l'énorme avantage d'un transport fluvial.

Néanmoins, bien que la performance environnementale du produit biologique semble préférable, il n'en est pas moins améliorable. Nous ne désirons pas rendre « acceptable » ou « légitime » le produit biologique dans sa réalité factuelle présentée. Comme évoqué en première partie (p.29), nous désirons prendre de la distance par rapport à un simple fait de comparaison. La fenêtre d'action pour l'imiter les émissions (déterminées principalement par les postes de transport et de brassage) serait l'économie d'énergie (réalisation de scan énergétiques, énergie alternatives), l'optimisation des processus de logistique (achat en grande quantité, ecotrucks, ...), l'usage que l'on fait de l'eau (son économie, automatisation de processus, récupération, ...). Mais aussi la formation de stocks plus importants de malts.

VI. Troisième partie : Pour poursuivre la réflexion

Une première contribution apportée par ce mémoire est l'état de l'art sur le sujet de questions brassicoles belges diverses, sur les considérations environnementales de la bière ainsi que sur les éléments susceptibles d'influencer cette performance environnementale. Une seconde contribution s'exprime au travers de notre analyse de cas et de ses résultats, exerce un petit peu plus technique, inédit en ce qui concerne la bière biologique. Nous pourrions conclure le travail à ce stade. En effet, comme annoncé dans la deuxième partie, l'ACV est un outil d'aide à la prise de décisions. Elle permet l'élaboration de stratégies de développements, de politiques mises et/ou à mettre en place. Ses résultats pourraient donc être utilisés tels quels. Nous désirons toutefois apporter une troisième contribution sous ce point par la confrontation des diverses conclusions déjà obtenues avec quelques réalités factuelles propres à la Belgique. Arrivée à ce stade, l'étude nous inspire deux réflexions :

- Faut-il favoriser le développement des produits dérivés de l'agriculture biologique ? Sans hésitation, oui. Cependant, la réalité factuelle de ce produit biologique reste interpellante. L'orge est française et le sucre est thaïlandais alors que la Belgique est très capable de produire ces matières localement, tout comme le font la France, l'Allemagne, l'Autriche, la Suisse.
- Si son avantage environnemental est observable, que faisons-nous pour faciliter l'accès d'une bière biologique, locale et qui présente un bilan environnemental performant aux consommateurs ?

6.1. Le réalisme d'un approvisionnement 100 % biologique

Il n'est tout simplement pas possible qu'actuellement tous les transformateurs se mettent au bio. Nos échanges avec les brasseurs nous apportent deux raisons principales : premièrement, l'offre bio (même importée) ne permet pas de satisfaire la demande et, deuxièmement, la palette des variétés biologiques est beaucoup moins diversifiée que celle proposée par le conventionnel. Dans un marché de développement des micro-brasseries, se distinguant entre-elles particulièrement sur l'originalité de leurs produits, le bio ne permet pas actuellement de satisfaire toutes les inspirations des transformateurs.

6.2. Le réalisme et l'intérêt d'un approvisionnement 100 % local

6.2.1. D'une orge biologique

6.2.1.1. Une limite factuelle des food miles

Du point de vue environnemental, l'intérêt de l'approvisionnement local de l'orge (ou même du sucre) repose principalement sur l'hypothèse d'une réduction des émissions induites par les food miles. La réalité est beaucoup plus complexe, nous l'avons vu dans la première partie de ce travail et l'avons montré au travers des résultats de l'étude. Le transport du malt pénalise considérablement le bilan d'approvisionnement de la brasserie. L'introduction d'études cherchant à limiter les distances parcourues tout en étudiant une optimisation logistique de ce poste est donc quelque chose de sensé. D'une même manière, il est autant nécessaire de mener

une enquête afin d'établir le coût de revient de l'orge ainsi élaborée localement et, à terme, son prix de vente. Nous ne pouvons pas le faire dans le cadre de ce travail mais nous faisons remarquer qu'actuellement, le malteur reste un intermédiaire incontournable entre l'agriculteur et le brasseur. A la figure 18, nous comptons six malteries en Belgique (points rouges)³⁵, principalement concentrées dans le Nord du pays. Dès lors, nous comprenons que les kilomètres alimentaires ne pourront jamais se réduire au-delà d'une limite déterminée par les transferts nécessaires. Le lien de causalité entre la culture d'une orge de proximité directe et la performance environnementale n'est pas évidente, la situation idéale étant le cas d'une brasserie annexée à la malterie elle-même entourée de cultures. C'est pour cette raison que les défis logistiques ne doivent pas être sous-estimés et que tous les moyens de transport envisageables doivent être étudiés.

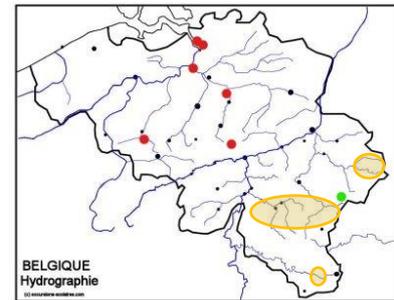


Figure 18: Géolocalisation des 6 malteries belges (rouge), des zones actuelles de cultures d'orge brassicole (orange) et de la brasserie Lupulus (vert)

Si nous tenons compte de la proximité directe d'un cours d'eau navigable, cinq malteries nous semblent idéalement situées (à quai). En investissant pleinement les potentiels offerts par le transport fluvial, démarche déjà lancée pour certaines malteries comme la malterie Duchâteau (Dourcy, 2015), il nous semble que les malteries pourraient constituer de potentiels outils intéressants de centralisation des matières premières et diverses pour les brasseries, en faisant venir ces dernières, autant que possible, par voies fluviales. Indépendamment des questions de faisabilité, cette option lève une nouvelle question de recherche incontournable, à savoir : est-il préférable de mettre en place un outil de centralisation des matières premières ou est-il plutôt préférable de pousser vers le développement d'un plus grand nombre de petites installations mieux réparties sur le territoire ?

6.2.1.2. *Sur la disponibilité de l'orge biologique*

En ce qui concerne la culture de l'orge biologique, comme présenté en première partie, la Belgique produit moins de 4 % de la demande nationale. Une enquête menée par Monfort (2004) montre que la majorité des transformateurs de céréales (malteurs, brasseurs) souhaitent privilégier une fourniture locale (ceci nous a été confirmé par les brasseries Lupulus et Demanez). Dès lors, si nous devons assister à une augmentation de la production de céréales bio, cette dernière serait absorbée localement sans difficulté. De plus, toujours selon l'auteur, les brasseurs sont prêts à discuter d'une éventuelle hausse de prix du malt. Nous avons estimé les pourcentages des prix relatifs aux malts conventionnel et biologique dans 75 cl de bière (type Lupulus). Ils valent respectivement 1,3 % et 1,6 % du prix total moyen payé par le consommateur (détails des calculs disponibles en Annexe 5, p. 91). Le prix du malt est insignifiant dans le prix de la bière, la révision de ce premier est donc tout à fait possible. L'approvisionnement local n'est actuellement pas possible. Les brasseries doivent recevoir des

³⁵ Carte vierge extraite de *d-maps.com* ; localisation des malteries et de la brasserie sur base de leurs sites internet respectifs ; zones de cultures actuelles de l'orge brassicole déterminées sur base de l'étude menée par Delcour et al. (2014).

lots de malt homogènes et l'offre susceptible de fournir les volumes nécessaires n'existe pas. Certaines associations, comme Terrabrew, tentent de fédérer la filière brassicole derrière un principe réunissant terroir et tradition pour une production de bières labélisées « 100 % produit du terroir belge » (ceci notamment par l'accompagnement d'initiatives de circuits courts et de développement d'une culture d'orge de qualité en Belgique (Terrabrew, 2017). Le mouvement est lancé, il est encore trop tôt que pour pouvoir juger de son efficacité.

Pour les agriculteurs, se lancer dans cette culture comporte des risques principalement d'ordre économiques. En raison du climat continental belge, l'orge brassicole se voit régulièrement déclassée en orge fourragère (une année sur trois) et le rendement de l'orge brassicole (en grains et en paille) est jusqu'à 30 % inférieur à celui de l'orge fourragère (Terrabrew, 2015, p.15). De plus, l'Europe impose, par règlement, une période de conversion de deux à trois ans au moins avant l'ensemencement et la première récolte de produits biologiques (Règlement n°889/2008, article 36). Durant cette période, les procédures de cultures biologiques doivent être appliquées sur la parcelle sans pour autant que les agriculteurs puissent vendre les produits sous le label biologique. Nous comprenons dès lors la nécessité pour un agriculteur de recevoir quelque assurance avant de se lancer dans l'aventure bio.

6.2.1.3. Sur la disponibilité de sucre biologique

Selon le rapport d'activités de la Confédération Des Betteraviers Belges (CDBB, 2016-2017), la culture de la betterave sucrière occupe 56.383 ha (répartis pour environ 2/3 en Wallonie sur sa zone limoneuse et pour 1/3 en Flandre, principalement sur la Flandre Occidentale). Sa version biologique est inexistante en Belgique. Les quotas betteraviers se répartissent entre deux entreprises sucrières (Iscal Sugar pour la Flandre et la raffinerie Tirlemontoise pour la Wallonie). La limite factuelle des food miles pour l'orge est donc aussi applicable pour le sucre. Nous n'avons pas trouvé de documents révélant un possible développement biologique de la filière.

« La Commission européenne propose maintenant d'interdire l'utilisation des néonicotinoïdes³⁶ à toutes les cultures, sans faire de distinction entre les cultures attractives pour les insectes pollinisateurs ou non. Les producteurs de betteraves belges et européens sont extrêmement préoccupés par cette proposition. Si les néonicotinoïdes devaient désormais être interdits sans qu'il n'existe d'alternative valable pour les planteurs de betteraves, nous serons contraints de revenir à utiliser davantage de pesticides moins efficaces qui seront davantage nocifs pour l'homme, les animaux et l'environnement. » (Le Betteravier, 2017, p.2).

En Europe, seules l'Autriche, l'Allemagne et la Roumanie en cultivent. Voyant l'opportunité d'un marché, la France et la Suisse ont commencé depuis cette année. 90 % du marché du sucre biologique de l'Union européenne, soit 90.000 tonnes, sont issus de la canne à sucre importée des pays tiers (Agence BIO, 2016). Son importation est donc incontournable pour les transformateurs et une provenance betteravière, inexistante. Les transformateurs (entre autres les brasseurs) sont intéressés, comme pour l'orge, pour sceller une collaboration locale. Le

³⁶ Il s'agit d'insecticides à larges spectres d'action.

sucre de betterave bio belge est donc un marché de niche qu'il reste à organiser et à entreprendre.

➤ Les défis techniques :

La culture en condition bio est techniquement possible (nos pays voisins le font), elle offre des rendements potentiellement intéressants (60 tonnes/ha) mais elle est très exigeante. L'obstacle principal est la régulation des adventices. La betterave met du temps à mettre en place son appareil foliaire, elle rentre donc en concurrence avec ces adventices pendant une longue période au printemps. Actuellement, le désherbage mécanique accompagne le désherbage chimique mais, pour un passage en 100 % mécanique, la performance de la technique doit être améliorée. De plus, le nombre d'heures de travail nécessaires pour le désherbage joue un rôle décisif sur le résultat économique de la culture (Lysiak, 2015 ; Bioactualité, 2017).

➤ Les défis économiques :

En nous basant sur les offres 2017, le sucre blanc de betterave bio allemand se vend au prix usine à partir de 1,41 €/kg hors transport, alors que le sucre de canne biologique blanc importé se vend au prix usine à partir de 1,39 €/kg hors transport (Imkerei in Worin, 2017). L'avantage économique revient donc pour le consommateur au sucre de canne. De plus, certains agriculteurs ont un contrat direct avec un groupe sucrier. Il est difficile pour eux de revenir sur ce contrat pour se lancer dans le bio. Cela pourrait aussi signifier pour eux l'abandon d'une assurance de revenus stables. Et, pour finir, le marché du sucre belge se concentrant sur deux raffineries, les négociations des prix sont difficiles. Cela est clairement mis en évidence dans le rapport d'activités 2016-2017 (p.18) de la CDBB.

➤ Les défis logistiques :

Ce sont ceux qui nous paraissent être les plus difficiles à surmonter. Le processus de raffinage est le même, que la provenance soit bio ou non. Cependant, il faut séparer, dans l'espace et dans le temps, le produit bio du conventionnel. Nous développons brièvement quatre options :

Une première option serait de dédier des usines déjà en place au bio et d'autres au conventionnel. Bien que cet arrangement permettrait de valoriser des installations existantes en évitant de nouveaux investissements, il n'est pas convaincant. Les quantités de betteraves bio doivent être très importantes pour arriver à rentabiliser les installations existantes. Nous parlons de plusieurs milliers de tonnes d'approvisionnement par jour et nous en sommes très loin (Rapport d'activités CDBB, 2016-2017). De plus, le lieu de transformation se retrouve imposé. Dès lors, il peut ne pas être situé de manière optimale par rapport aux transformateurs de sucre en demande, le transport du produit fini se faisant par la route en Belgique.

Une deuxième option serait de construire une nouvelle raffinerie dédiée exclusivement à la production bio. L'opportunité de créer un nouveau site en Belgique semble exister puisque c'est l'Association des Betteraviers Wallons elle-même qui l'annonce (Lemaire, 2017). Toutefois, il nous semble impossible que ce potentiel nouvel établissement se tourne vers du biologique si l'offre biologique est inexistante.

Une troisième option serait de passer les betteraves bio en début de campagne dans la sucrerie. Cet ordre permet d'éviter de devoir nettoyer les installations entre les deux productions. C'est ce que font les Allemands et les Autrichiens. Toutefois, l'efficacité n'est pas optimale : perte de production bio afin d'assurer la séparation entre les deux, problèmes de rendements potentiels (la densité en sucre de la betterave récoltée en début de campagne est moindre). De plus, si une betterave conventionnelle parcourt en moyenne 50 km en Belgique entre la parcelle et la raffinerie, la distance pourrait être plus importante dans le cas des betteraves bio, la filière étant peu développée. Si le réseau ferroviaire allemand permet de compenser ce point, en Belgique, le transport des betteraves ne se fait que par la route, ce qui est très pénalisant environnementalement parlant (Lysiak, 2015).

Une quatrième option serait d'annexer aux fermes de petites unités de transformation de betteraves sucrières. Ces dernières seraient montées en coopératives. Nous ne pouvons pas étudier en profondeur, dans ce travail, le bien-fondé de l'idée. Intuitivement, elle nous semble socio économiquement justifiable mais, est-elle rationnelle environnementalement parlant ? Il s'agirait bien sûr, dans un premier temps, de voir si les équipements existent car le processus de fabrication doit être maîtrisé à une échelle plus petite que celle de la sucrerie industrielle. Ensuite, ces installations devront pouvoir démontrer leur performance environnementale. S'il nous semble certain qu'elles permettraient de réduire les distances de transport des betteraves biologiques, il nous semble moins évident que cela suffise à contrebalancer la performance d'une grosse raffinerie liée à son efficacité industrielle, implantée un petit peu plus loin (effet d'échelle).

6.3. Le bon sens environnemental face à la réalité de marché

Nous proposons de comparer les coûts des deux produits pour le consommateur en fonction de différents distributeurs. Les données recueillies pour cette analyse ne sont pas exhaustives. En effet, beaucoup d'autres enseignes commercialisent la Lupulus. Les données présentées sont celles dont les accès nous ont été les plus faciles.

Le tableau 13 reprend les prix d'une bouteille de Lupulus, 75 cl, proposés par différentes enseignes.

Tableau 13: Coût d'une UF de Lupulus pour le consommateur (euro) conditionnement compris.

<i>Points de vente³⁷</i>	<i>Lupulus Blonde (0.75 l)</i>	<i>Lupulus Organicus (0.75 l)</i>	<i>Différence de prix entre les deux produits</i>
<i>À la brasserie, sur site Lupulus</i>	3.20	3.40	0.20
<i>bière-spéciale.be</i>	5.20	5.48	0.28
<i>belbiere.com</i>	4.87	5.45	0.58
<i>cdiscount.com</i>	6.79	/	/
<i>Delhaize</i>	3.79	3.97	0.18
<i>latelierdesbieres.fr</i>	5.40	/	/

³⁷ Les sites de vente en ligne ont tous été consultés le 30 juillet 2017.

<i>panierdeloise.be</i>	/	5.50	/
<i>bieresdirect.com</i>	5.90	5.50	0.40
<i>saveur-biere.be</i>	6.10	5.60	0.50
<i>laboutiqueducomptoir.com</i>	5.90	5.90	0
<i>centrebrohey.lu</i>	3.55	3.80	0.25
<i>maitregeorges.fr</i>	4.40	/	/
<i>uvinum.be</i>	6.60	6.90	0.30
<i>belgianbeerfactory.com</i>	6.40	6.70	0.30
<i>Moyenne</i>	5.24	5.29	/

Le prix d'une Lupulus Organicus est initialement plus élevé sur le site de la brasserie (0,20 €). En observant les prix moyens obtenus par chacun des deux produits, nous observons que cet écart de prix se réduit à 0,05 €. Ceci induit une diminution considérable de l'avantage économique de la bière conventionnelle sans toutefois l'éliminer. Cependant, cette première approche ne traduit pas la réalité d'une situation d'achat. Cette dernière est la suivante : lorsque le consommateur entre sur un site distribuant simultanément les deux produits, sur neuf points de vente, seuls deux offrent un avantage économique à la consommation de la bière biologique (soit 22 %) et un seul en élimine l'avantage économique (11 %). Sur les 67 % restant, 83 % augmentent la différence initiale de prix entre les deux produits.

Si les données recueillies ne sont pas exhaustives, elles nous permettent tout de même de dessiner une tendance. Nous constatons que, dans le cas précis de la Lupulus, la réalité économique ne s'oriente pas vers la solution d'un produit plus respectueux de l'environnement. En effet, le produit le plus dommageable pour l'environnement est aussi le plus accessible, économiquement parlant. Si nous pouvons justifier une différence de prix au niveau de la brasserie (en raison des coûts supplémentaires induits par les matières premières et par la production bio), nous n'avons pas mené suffisamment loin l'enquête pour pouvoir expliquer les raisons d'une majoration de cette différence initiale par les différentes enseignes concernées (nous observons jusqu'à l'application d'un facteur 3).

Cette majoration pratiquée par les intermédiaires ne nous semble toutefois pas pouvoir se fonder sur le besoin d'amortir des frais supplémentaires induits par le bio. En effet, nous constatons une marge déjà opérée sur les prix d'achat initiaux. De plus, le conditionnement, l'entreposage, les besoins logistiques nous semblent comparables pour les deux produits. Dès lors, il nous semble intéressant de compléter cette analyse avec une étude menée sur chacune des alternatives auprès de la brasserie et des distributeurs.

Si, dans l'état actuel de nos connaissances, nous pouvons expliquer la démarche des intermédiaires par les intelligences économique et marketing, c'est un peu naïvement que nous posons la question des bien-fondés moral et éthique d'un tel aménagement entravant très clairement l'accès à la consommation d'un produit environnementalement plus intéressant.

Conclusion

C'est à partir du XIX^{ème} siècle que production et distribution de bières ont pris une ampleur qui n'avait encore, jusqu'alors, jamais été égalée. Depuis, les volumes produits en Belgique n'ont jamais cessé de croître et le marché brassicole de se concentrer. Malgré cette concentration, le nombre de variétés de bières disponibles reste élevé. Ceci est en partie lié à la présence de brasseries artisanales dont le nombre ne cesse d'augmenter depuis 1980.

La filière brassicole génère des impacts sur l'environnement. Actuellement, les consommations d'énergies et de ressources ainsi que les émissions de déchets dans l'eau, le sol et l'air constituent les principaux enjeux environnementaux du secteur brassicole et cela, en dépit des dernières grandes avancées technologiques observées depuis quelques décennies. Dans le contexte que nous connaissons, se sentir concerné par les enjeux sociétaux et environnementaux de notre époque est un incontournable pour le secteur brassicole belge. Les solutions passent par l'entreprise d'études visant à mettre en évidence des « hot points » qui permettront à chaque entreprise, chaque consommateur de mettre en place des stratégies afin de limiter les externalités négatives inhérentes à leurs modèles de production pour les uns et à leurs modèles de consommation pour les autres.

Les performances environnementales de la bière se révèlent être extrêmement dépendantes des limites des systèmes d'études fixées. En fonction des études, les étapes du processus brassicole les plus pénalisantes sont différentes. Nous observons une extrême variabilité des postes de contributions en fonction des paramètres choisis (processus, conditionnement, etc.). Dans les études réalisées, la culture des céréales et le conditionnement de la bière sont souvent cités comme étant les postes les plus pénalisants sur l'ensemble d'un cycle de vie.

Depuis quelques décennies, si la consommation moyenne de bière en Belgique est d'une manière générale en baisse, cela ne se vérifie pas pour tous les types de bières. L'analyse différenciée des consommations par types de bières depuis le début des années 90 permet de mettre en évidence une baisse de commandes visant les « Lager » et « Aber & White ». Sur cette même période, nous observons aussi une augmentation des consommations visant les bières plus typées (trappistes, spéciales). Ceci est le témoignage d'un changement d'habitudes au niveau du comportement de consommation. Un mouvement qui semble se traduire, dans un premier temps, par un regain d'intérêt pour ce qui semble plus « authentique », « artisanal », « spécial » pour aboutir, dans un second temps, à la pose délibérée d'un comportement de consommation différent.

Notre cas d'étude, visant deux bières de dégustation produites par la brasserie Lupulus, nous a permis de déterminer que la Lupulus Organicus (certifiée biologique), sous réserve d'un certain nombre d'hypothèses, présente un bilan environnemental plus intéressant que la Lupulus Blonde (conventionnelle).

Le passage d'une production conventionnelle vers une production biologique se traduit par un phénomène de transfert d'impacts net. Nous observons un transfert d'impacts allant d'un niveau de potentiels marquant de toxicité humaine, d'écotoxicité en eau douce, d'écotoxicité

marine et d'émission de radiations ionisantes vers un potentiel de transformation des terres naturelles.

Au niveau de la contribution au changement climatique, un score relativement comparable apparaît entre les deux produits. Toutefois, l'avantage reste à la bière conventionnelle (émission de 243 grammes de CO₂éq contre 261 grammes). Ce dernier est principalement déterminé par le processus de brassage (entre 50 à 55 %) et les besoins en énergie. Nous observons aussi qu'une prise en considération d'une revalorisation de coproduits, tels que les levures dans une perspective de cogénération d'énergie de type biométhanisation, apporte une plus-value certaine au bilan environnemental de la brasserie. En effet, la cogénération d'énergie obtenue par ce processus pourrait dès lors représenter plus d'énergie qu'il n'en faut à la brasserie pour produire la bière. En considérant cette énergie produite comme substitut, remplaçant la production d'énergie ordinaire, le processus de brassage devient alors, à la manière du processus de maltage, relativement négligeable dans les contributions aux dommages environnementaux sur un cycle de vie.

Au niveau des dommages causés sur la santé humaine, les écosystèmes et les ressources, il apparaît que l'amont agricole offre un avantage considérable à la bière biologique. Celui-ci permet d'amortir certains processus moins performants de la filière biologique tels que ceux liés aux transports de ses matières premières.

À consommation égale, nous observons aussi l'intérêt d'une matière première de provenance locale stockée en grande quantité sur le site de la brasserie. En effet, si le houblon conventionnel vient de loin, dans des proportions de livraison plus importantes, l'effet d'échelle, dans ce cas-ci, ne suffit pas à rattraper les dommages attribuables à l'éloignement géographique.

D'une manière générale, nous observons qu'aussi bien pour la bière conventionnelle que pour la bière biologique, les impacts environnementaux sont principalement définis par les processus de culture des matières premières agricoles. Viennent ensuite les opérations de brassage, de transport des matériaux vers la brasserie et finalement l'opération de maltage.

Si les scores caractérisant les impacts générés par la production de 75 cl de bière peuvent sembler dérisoire, nous devons les mettre en parallèle avec les volumes produits et vendus chaque année ainsi qu'avec les volumes potentiels à venir. Ces derniers s'adressent particulièrement à la bière biologique, qui représente, à l'heure actuelle, un marché de niche relativement insignifiant. Toutefois des constats récents nous amènent à penser que cette situation pourrait très vite prendre une autre configuration.

La confrontation de diverses observations, accumulées tout au long de l'étude, avec les réalités factuelles propres à la Belgique, nous a amené à remettre en question, dans l'état actuel de la situation, le réalisme et l'intérêt environnemental d'un approvisionnement 100 % biologique et local. En effet, indépendamment des questions de faisabilité liées aux défis techniques, économiques et logistiques qu'amène la culture biologique, les options lèvent de nouvelles questions de recherches d'une complexité extrême.

Le bon sens environnemental face à la réalité de marché nous a mené au constat que le produit le plus dommageable pour l'environnement est aussi le plus accessible pour le consommateur.

Si une différence de prix initiale des produits peut se justifier au niveau de la brasserie, la majoration constatée de cette différence initiale lors de la revente des produits par les intermédiaires n'est pas expliquée dans cette étude. Il nous semblerait dès lors intéressant qu'une enquête soit menée auprès de ces différentes enseignes afin de pouvoir justifier cette pratique. Si, dans l'état actuel de nos connaissances, nous pouvons expliquer la démarche des intermédiaires par les intelligences économique et marketing, c'est un peu naïvement que nous posons la question des bien fondés moral et éthique d'un tel aménagement entravant très clairement l'accès à la consommation d'un produit environnementalement plus intéressant.

Pour finir, ce mémoire apporte un complément d'informations à intégrer dans la composante environnementale d'un objet d'étude plus large : rendre la filière brassicole belge environnementalement viable, économiquement vivable et socialement soutenable. Autrement dit, rendre la filière brassicole belge durable. Il doit donc nécessairement être complété par des analyses économiques et sociales sur l'ensemble du cycle de vie. De plus, une étude de sensibilité peut encore compléter notre analyse d'impacts et faciliter une recherche d'amélioration des différents processus.

Références bibliographiques

- AB InBev, (2016). Atteindre davantage ensemble. Rapport annuel 2016. 190p. En ligne : http://www.ab-inbev.com/content/dam/universaltemplate/ab-inbev/investors/reports-and-filings/annual-and-hy-reports/2017/03/ABI_AR16_FR.pdf (consulté en juillet 2017).
- AB Inbev, (2012). InBev Belgium, Marché de consommation et tendances de population en Belgique. En ligne : <http://www.ab-inbev.be/files/documents/201306%20Fact%20Sheet%20InBev%20Belgium%20FR.pdf> (consulté en mars 2017)
- Aertsens J., Verbeke W., Mondelaers K. et Van Huylenbroeck G., (2009). Personal determinants of organic food consumption : a review. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Ghent, Belgium. British Food Journal Vol. 111 No. 10, 2009 pp. 1140-1167.
- Agence BIO, (2016). LA BIO dans l'Union Européenne. Les carnets de l'Agence BIO, Edition 2016. Chap. 3. Pp. 31-54. En ligne : http://www.agencebio.org/sites/default/files/upload/documents/4_Chiffres/BrochureCC/CC2013_chap3_Europe.pdf (consulté en juillet 2017)
- Annet S., Beudelot A., (2016). Les chiffres du bio 2015. Rapport mai 2016. BioWallonie. 32p. En ligne : <http://www.apaqw.be/Apaqw/media/PDF/CommPresse/DPbiochi-2015.pdf> (consulté en mars 2017)
- Arrêté royal concernant la bière du 31 mars 1993. En ligne : http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=1993033131&table_name=loi (consulté en mars 2017).
- Aubert M., Enjolras G., (s.d.). Do short food supply chains go hand in hand with environment-friendly practices ? An analysis of French farms. International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology. Vol.12, issue 2. DOI: 10.1504/IJARGE.2016.076932
- AWAC - Agence Wallonne de l'Air et du Climat, (2013). Méthodes d'analyses environnementale : Analyse de cycle de vie, bilan CO₂, Empreinte CO₂, etc. Aperçu des méthodes et études de cas en entreprises. Cahier technique n°15. En ligne : <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/dai-fichesureindustrie-15-acv-cmyk150dpi.pdf%20?ID=29681> (consulté en mars 2017)
- Beudelot A., Monfort B., De Mees A., (2016). Itinéraires BIO – Le magazine de tous les acteurs du bio ! – dossier spécial : Transformation des céréales. N°26. BioWallonie. En ligne : https://www.biowallonie.com/wp-content/uploads/2017/04/BIOW-5270-ITBIO-26_1.4.pdf (consulté en juin 2017)
- Bel J.B., Craddock F., Tomislav P., Morales I., Mitkovski D., Petrushevski K., (2016). Guide pour la méthanisation de déchets de l'industrie agroalimentaire. WP 3 – Mission 3.2, Projet BIN2GRID, ORDIF, France. 47p. En ligne : http://www.ordif.com/sites/ordif/files/document/publication/d3_2_-_guidelines_final_version_-_fr_vf.pdf (consulté en mars 2017)
- Belboom S., (2012). Thèse : Evaluation de l'impact environnemental de la production de bioéthanol à partir de canne à sucre, betterave ou froment par analyse de cycle de vie. Université de Liège. En ligne : <http://bictel.ulg.ac.be/ETD-db/collection/available/ULgetd-03062013-143233/restricted/FinalSbelboomV6-3-13.pdf> (consulté en juin 2017)
- Belliard F., (2001). La préparation de bière de sorgho chez les jòdhé (Burkina Faso), étude ethnolinguistique d'une technique. Journal des africanistes, vol. 71, n°2, pp. 49-76. En ligne : http://www.persee.fr/doc/jafr_0399-0346_2001_num_71_2_1269 (consulté en mars 2017)
- Beverage Industry, (2012). Research on the Carbon Footprint of Beer. 23p. En ligne : http://docs.wixstatic.com/ugd/49d7a0_70726e8dc94c456caf8a10771fc31625.pdf (consulté en juillet 2017)

Bierebel (2017). La bière en Belgique, actu-événements-infos. En ligne : <http://www.bierebel.com/> (consulté en mars 2017)

Bioactualité, (2017). Betterave. 10p. En ligne : <http://www.bioactualites.ch/fileadmin/documents/bafr/production-vegetale/grandes-cultures/4-3-betteraves-2017-AGRIDEA-prov.pdf> (consulté en juillet 2017)

BioWallonie, (2016). Itinéraires BIO – Le magazine de tous les acteurs du bio ! – Dossier spécial : Transformation des céréales. N°26. Pp. 20-30.

Bourgeois C., (1998). La bière et la brasserie – Que sais-je ?, Presses Universitaires de France, première édition. 127 pages.

Brasserie Lancelot. En ligne : <http://brasserie-lancelot.bzh/nos-bieres/bieres-bio/telemn-du/?age-verified=07f0035439> (consulté en mars 2017)

Brasserie Pietra. En ligne : <http://www.brasseriepietra.corsica/fr/bieres/pietra/> (consulté en mars 2017)

Bué, M. (2013-2014). La bière biologique en Belgique : démarche engagée, filière d'avenir ? Étude qualitative de la perception et du développement de la bière biologique en Wallonie. Mémoire non publié pour l'obtention du grade académique de Master en Sciences et Gestion de l'Environnement. Université Libre de Bruxelles, Bruxelles.

Chapman L., (2007). Transport and climate change : a review. Elsevier, Journal of Transport Geography, volume 15, Issue 5, pages 354-367.

Chiffolleau Y., (2008). Les circuits courts de commercialisation en agriculture : diversité et enjeux pour le développement durable. In G. Marechal, Les circuits courts alimentaires : Bien manger dans les territoires, Educagri Edition, p. 21-30

Chiffolleau Y. et Prevost B., (2012). Les circuits courts, des innovations sociales pour une alimentation durable dans les territoires. Norois n°224, 2012/3, pp. 7-20.

Cimini A., Moresi M., (2015). Carbon footprint of a pale lager packed in different formats : assessment and sensitivity analysis based on transparent data. Journal of Cleaner Production, pp. 1-18.

Coley D., Howard M., Winter M., (2009). Local food, food miles and carbon emissions: A comparison of farm shop and mass distribution approaches, Food Policy 34 (2009) pp.150–155

Comité Scientifique de l'Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire, AFSCA (2014), La sécurité alimentaire des circuits courts (dossier Sci Com 2013/01 :auto-saisie), 27p. En ligne : http://www.afsca.be/comitescientifique/avis/documents/AVIS05-2014_FR_DOSSIER2013-01_website.pdf (consulté en mars 2017)

Commissariat Général au Développement Durable - CGDD, (2013). Consommer local, les avantages ne sont pas toujours ceux que l'on croit. Le point sur. n°158. mars. 4p. En ligne : https://www.concours-agro-veto.net/IMG/pdf_42_environnement_consommer_local.pdf (consulté en mars 2017)

Commissariat général au développement durable, (2010). L'environnement en France. Edition 2010, Paris, Service de l'observation et des statistiques, Ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de la mer, 140p. En ligne : http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/_shared/pdf/9_RevueCGDD-ENTD-article_9_CO2_-_13_12_10_cle67215c.pdf (consulté en juin 2017)

Confédération des Betteraviers Belges – CDBB, (2016-2017). Rapport d'activités 2016-2017. 26p. En ligne : <http://www.cbb.be/Rapport%20d'activites%202016.pdf> (consulté en juillet 2017)

Cordella M., Tugnoli A., Spadoni G., Santarelli F., Zangrando T., (2008). LCA of an Italian Lager Beer. Int J LCA 13 (2). Pp. 133–139. En ligne Ezproxy. DOI: <http://dx.doi.org/10.1065/lca2007.02.306>

- CRIOC, (2006). Fruits et légumes locaux et de saison. Une étude de l'Observatoire Bruxellois de la Consommation Durable. Vandercammen M., 376-06, D-2006-2492-66. 41p. En ligne : <http://www.huytebroeck.be/TMG/pdf/fruitsetlegumes.pdf> (consulté en mars 2017)
- Décret n° 2016-1531 du 15 novembre 2016 relatif à la composition et à l'étiquetage des produits brassicoles. En ligne : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2016/11/15/ECFC1616503D/jo/texte> (consulté en mars 2017).
- Delcour A., Van Stappen F., Gheysens S., Decruyenaere V., Stilmant D., Burny Ph., Babier F., Louppe H., Goffart J-P., (2013). Etat des lieux des flux céréaliers en Wallonie selon différentes filières d'utilisation. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement ; Vol.18, n°2, pp. 181-192. En ligne : <http://www.pressesagro.be/base/text/v18n2/181.pdf> (consulté en juillet 2017).
- Delcour A., Van Stappen F., Gheysens S., Decruyenaere V., Stilmant D., Burny Ph., Rabier F., Louppe H., Goffart J-P., (2014). Etat des lieux des flux céréaliers en Wallonie selon différentes filières d'utilisation. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 18 (2), 181-192. En ligne : <http://www.pressesagro.be/base/text/v18n2/181.pdf> (consulté en juillet 2017).
- Deverre C., Rolled Cl. 2010. *Alternative Agrifood Systems. A Review of Social Science English literature*. s.l. : Rural Economy No. 317, 2010.
- DGE – Direction Générale des Entreprises, (2017). Réglementation non harmonisée au niveau européen. Bières. En ligne : https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/libre-circulation-marchandises/bieres.pdf (consulté en juillet 2017).
- Direction générale statistique - Statistics Belgium (2016). Communiqué de presse. En ligne : http://statbel.fgov.be/fr/binaries/CP%20Population%202016_tcm326-278749.pdf (consulté en mars 2017).
- d-maps.com, (s.d.). Cartes gratuites – Belgique. En ligne : http://d-maps.com/pays.php?num_pay=183&lang=fr (consulté en juillet 2017).
- Donoghue C., Jackson G., Koop J.H., Heuven A.J.M., (2012). The Environmental Performance of the European Brewing Sector. Etude commissionnée par The Brewers of Europe. 52p. En ligne : http://www.brewersofeurope.org/uploads/mycms-files/documents/archives/publications/2012/envi_report_2012_web.pdf (consulté en juillet 2017)
- Dourcy J-L., (2015). Malterie du Château. La Renaissance. 25p. En ligne : http://voies-hydrauliques.wallonie.be/opencms/export/sites/met.dg2/doc/fr/promotion/event/20130619/PRESENTATION_Malterie_du_chateau_-_19_JUIN_13.pdf (consulté en juillet 2017)
- Dupon A., Sibieude T., Sibille H. (2013), Petit précis de l'évaluation de l'impact social. En ligne : http://www.avise.org/sites/default/files/atoms/files/20140204/201310_Avise_Essec_Mouves_ImpactSocial.pdf (consulté en mars 2017)
- Dussud F-X., Louati S., Mordant G., Rouquette C., (2013). Bilan énergétique de la France pour 2013. Commissariat général au développement durable. 168 p. En ligne : http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/References/2014/references-bilan-energie2013-ed-2014-t.pdf (consulté en mars 2017)
- Edwards-Jones G. (2010). Does eating local food reduce the environmental impact of food production and enhance consumer health? *Proceedings of the Nutrition Society*, 69(4), 582-591. doi:10.1017/S0029665110002004
- Edwards-Jones, G., Canals, L. M., Hounsome, N., Truninger, M., Koerber, G., Hounsome, B., Cross, P., York, E. H., Hospido, A., Plassmann, K., Harris, I. M., 299 Edwards, R. T., Day, G. A. S., Tomos, A. D., Cowell, S. J., et Jones, D.L. (2008). Testing the Assertion that 'Local Food is Best': The Challenges of an EvidenceBased Approach. *Trends in Food Science and Technology* 19, 265-274.
- Eurostat (2016). Statistiques sur le transport de marchandises. En ligne : http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Freight_transport_statistics/fr (consulté en mars 2017)

- Finnveden G. et al., (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment, *Journal of Environmental Management*, Elsevier, vol. 91, pp. 1-21. En ligne : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479709002345?via%3Dihub> (consulté en mars 2017).
- Grolleau G., Sirieix L., Schaer B., (2010). « Les « kilomètres alimentaires » : de la compréhension du concept à la complexité de la réalité », *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 2010/5 (décembre), p. 899-911. DOI : 10.3917/revu.105.0899.
- Groot W., Boren T., (2010). Life cycle assessment of the manufacture of lactide and PLA biopolymers from sugarcane in Thailand. *The International Journal of LCA*. Vol. 15, Issue 9, pp. 970-984
- Hébert J-P, Griffon D., (2010). *Toutes les bières moussent-elles ? 80 clés pour comprendre les bières*. Quae. Versailles. 224 p.
- Hoefkens C., Verbeke W, Aertsens J., Mondelaers K., Van Camp J., (2009). "The nutritional and toxicological value of organic vegetables: Consumer perception versus scientific evidence", *British Food Journal*, Vol. 111 Issue: 10, pp.1062-1077.
- Hornsey, L. (2003). *A History of Beer and Brewing*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.
- Hospido A., Milà i Canals L., McLaren S. et al. *Int J Life Cycle Assess* (2009). The role of seasonality in lettuce consumption: a case study of environmental and social aspects. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 14: 381. Vol. 14, Issue 5, pp 381 -391.
- Imkerei in Worin, (2017). *Sucre organique. Notre offre 2017*. En ligne : <http://westerhoff-imkereibetriebe.de/bio-zucker/> (consulté en juillet 2017)
- Jackson M., (1978). *Les Bières, Guide Mondial*. Oyez. 253p.
- Jolliet O., Saade M. et Crettaz P., (2005). *Analyse du cycle de vie : comprendre et réaliser un écobilan*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2005, 242 p.
- Jolliet, O., Saade M., Crettaz P., Shaked S., (2010). *Analyse du cycle de vie – comprendre et réaliser un écobilan*, 2^{ème} édition mise à jour et augmentée. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 302 p. En ligne : <https://books.google.be/books?id=g9S55CklsOoC&pg=PA21&lpg=PA21&dq#v=onepage&q&f=false> (consulté le 15 mars 2017)
- Kanagachandran K., Jayaratne R., (2006). Utilization Potential of Brewery Waste Water Sludge as an Organic Fertilizer. *Journal of Institute of Brewing*, 112: 92–96. doi:10.1002/j.2050-0416.2006.tb00236.x
- Kloverpris J.H., Elvig N., Nielsen P.H., Nielsen A.M., Ratzel O. et Karl A., (2009). Comparative life cycle assessment of malt-based beer and 100 % barley beer, *Novozymes A/S*.
- Kneafsey M., Venn L., Schmutz U., Balázs B., Trenchard L., Eyden-Wood T., Bos E., Sutton G., Blackett M., (2013). *Short Food Supply Chains and Local Food Systems in the EU. A State of Play of their Socio-Economic Characteristics*. European Commission, JRC scientific and policy reports, publications office of the European Union, Luxembourg. 179p. En ligne : http://agriflife.jrc.ec.europa.eu/documents/SFSCchainFinaleditedreport_001.pdf (consulté en juillet 2017)
- Koroneos C., Roumbas G., Gabari Z., Papagiannidou E., Moussiopoulos N., (2003). Life cycle assessment of beer production in Greece. Elsevier, *Journal of cleaner production*. Pp. 433-439.
- La Dernière Heure – Gonze Nathan, (2009). *Succès des bières bio*. En ligne : <http://www.dhnet.be/actu/societe/succes-des-bieres-bio-51b7adace4b0de6db9873dd1> (consulté en mars 2017).
- Laloi G. (président des brasseurs de France), (2014). *Définition et évolution de la consommation de bières*. Conférence organisée par Arvalis. En ligne : <https://www.youtube.com/watch?v=DktScM6pR9w> (consulté en mars 2017).

Le Betteravier, (2017). Interdiction des néocotinoïdes : une menace pour la culture de betteraves et de chicorées. Organe mensuel de la Confédération des Betteraviers Belges. N° 538. Mai-juin 2017. En ligne : <http://www.cbb.be/betteravier/LeBetteravier-mai-juin2017-538.pdf> (consulté en juillet 2017)

Le soir – Bodeux J-L., (2016). L'incroyable explosion des microbrasseries. Edition du 4/11/2016.

Le Vif / l'express, (2015). L'heure de gloire des microbrasseries. En ligne : <http://www.levif.be/actualite/belgique/l-heure-de-gloire-des-microbrasseries/article-normal-411783.html> (consulté en mars 2017)

Lemaire I., (2017). Des planteurs de betteraves veulent créer une nouvelle sucrerie en Belgique. Dans La Libre. Article publié le mercredi 12 juillet 2017. En ligne : <http://www.lalibre.be/economie/libre-entreprise/des-planteurs-de-betteraves-veulent-creer-une-nouvelle-sucrerie-en-belgique-59661daecd706e263ec3d25b> (consulté en juillet 2017)

Louis R., (2012). La culture de l'orge brassicole. Donner le goût du Québec. En ligne : http://www.ecosphere.qc.ca/wp-content/uploads/2015/02/LRobert_orge_brassicole.pdf (consulté en juillet 2017)

Lorena Nishihara Hun A., Daniel Mele F., Antonio Pérez G., (2016). A comparative life cycle assessment of the sugarcane value chain in the province of Tucuman considering different technology levels. The International Journal of LCA, Vol. 22, Issue 4, pp. 502-515

Lysiak O., (2015). Le sucre bio en France, un marché à organiser. Wikiagri.fr. En ligne : <http://wikiagri.fr/articles/le-sucre-bio-en-france-un-marche-de-niche-a-organiser/2273>

Malterie du Château, (2016). Des malts belges qui rendent vos bières si spéciales. 44 p. En ligne : <http://www.castlemalting.com/Presentations/MalterieDuChateauBrochureFR.pdf>

Maréchal G. et Spanu A., (2010). Les circuits courts favorisent-ils l'adoption de pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement ? Courrier de l'environnement de l'INRA, n°59, octobre. Pp. 33-45. En ligne : <https://www7.inra.fr/dpenv/pdf/MarechalC59.pdf>

Mekonnen M., Hoekstra, A., (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, Hydrology and Earth System Science, vol.15, 1577-1600, <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>

Melon R., Wergifosse V., Renzoni R., Léonard A., (2012). Analyse du cycle de vie d'une bière blonde belge artisanale. 4p. En ligne : http://avnir.org/documentation/book/LCAconf_melon_2012_fr.pdf (consulté en mars 2017)

Mondelaers K., Aertsens J., Van Huylenbroeck G., (2009) "A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming", British Food Journal, Vol. 111 Issue: 10, pp.1098-1119, <https://doi.org/10.1108/00070700910992925>

Monfort B., (2004). Le malt d'orge de brasserie locale et de qualité différenciée. Etude de marché réalisée auprès des brasseurs wallons. ULG en collaboration avec l'Unité d'Economie et de Développement Rural. En ligne : http://www.gembloux.ulg.ac.be/phytotechnie-temperee/sitePOB/etude_de_marche_resultats.htm (consulté en juillet 2017)

Mundler P., Rumpus L., (2012). The energy efficiency of local food systems : A comparison between different modes of distribution. Food Policy, vol.37, issue 6, pp. 609-615.

Nelson M., (2005), The barbarian's beverage : A history of beer in ancient Europe. Routledge, Abingdon. 224 p.

Ness B., Urbelpiirsalu E., Anderberg S., Olsson L., (2007). Categorising tools for sustainability assessment. Ecological Economics 60, 498-508.

Niero M., Ingvordsen C.H. Peltonen-Sainio P., Jalli M., Lyngkjaer M.F., Hauschild M.Z., Jorgensen R.B., (2015). Eco-efficient production of spring barley in a changed climate : A life cycle assessment including primary data from future climate scenarios. Elsevier.

- Observatoire Bruxellois de la Consommation Durable, (2006). Combien de kilomètres contient une assiette ?. Vanderammen Marc, Bruxelles. 10p. En ligne : http://www.profacility.be/piclib/biblio/pdf_00000551FR.pdf (consulté en juillet 2017)
- OCDE, (2012). Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 : Les conséquences de l'inaction, Edition OCDE. En ligne, DOI : http://dx.doi.org/10.1787/env_outlook-2012-fr (consulté en mars 2017)
- Olajire, A., (2012). The brewing industry and environmental challenges. *Journal of Cleaner Production*, doi:10.1016/j.jclepro.2012.03.003.
- Pasteur V-R, (1928). Œuvres de Pasteur, TOME V : Etudes sur la bière. Masson et C^{ie}, Paris. 398 p. En ligne : https://www.irphe.fr/~clanet/otherpaperfile/articles/Pasteur/N0007360_PDF_1_398.pdf (consulté en mars 2017)
- Patterson M., Hoalst N., (2014). *The Geography of Beer. Regions, Environment, and Societies*. Springer. Netherlands. 212p.
- Persyn D., Swinnen J., Vanormelingen S., (2010). Belian Beers : Where history meet globalization. Discussion Paper 271. Katholieke Universiteit Leuven. 40 p. En ligne : <http://feb.kuleuven.be/drc/licos/publications/dp/dp271.pdf> (consulté en mars 2017)
- Plateau, L., Holzemer, L. Nyssens, T., Maréchal, K., (2016), Analyse dynamique de la durabilité vécue et mise en œuvre par les acteurs des circuits courts, Rapport de recherche, CEESE-ULB. En ligne : http://www.iew.be/IMG/pdf/addoccc_rapport_final_ceedse_-_2016.pdf (consulté en avril 2017)
- Poelmans, E., & Swinnen, J., (2011). From Monasteries to Multinationals (and Back): A Historical Review of the Beer Economy. *Journal of Wine Economics*, 6(2), 196-216. doi:10.1017/S1931436100001607
- Ponisio, L. C., M'Gonigle, L. K., Mace, K. C., Palomino, J., de Valpine, P., & Kremen, C., (2015). Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1799), 20141396. <http://doi.org/10.1098/rspb.2014.1396>
- Rahmann G., (2011). Biodiversity and organic farming : What do we know ? *Agriculture and Forestry Research*, 61 (3), pp. 189-208.
- Brasseurs Belges, (2015). Rapport annuel des Brasseurs Belges 2015. 49p. En ligne : <http://www.belgianbrewers.be/fr/economie/article/rapport-annuel> (consulté en mars 2017)
- Redlingshöfer B., (2006). Vers une alimentation durable ? Ce qu'enseigne la littérature scientifique. *Courier de l'environnement de l'INRA* n°53, décembre. Pp. 83-102. En ligne : <http://www7.inra.fr/dpenv/pdf/RedlingshoferC53.pdf>
- Règlement (CE) n° 834/2007 du Conseil du 28 juin 2007 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques et abrogeant le règlement (CEE) n° 2092/91. En ligne : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32007R0834>
- Règlement (CE) n° 889/2008 de la Commission du 5 septembre 2008 portant modalités d'application du règlement (CE) n° 834/2007 du Conseil relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques en ce qui concerne la production biologique, l'étiquetage et les contrôles. En ligne : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R0889&from=FR>
- Règlement délégué (UE) n°807/2014 de la Commission du 11 mars 2014 complétant le règlement (UE) n°1305/2013 du Parlement européen et du Conseil relatif au soutien au développement rural par le Fonds européen agricole pour le développement rural (Feader) et introduisant des dispositions transitoires, article 11. En ligne : http://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/TXT/PDF/?uri=OJ:JOL_2014_227_R_0001
- Renouf M.A., Wegener M.K., Nielsen L.K., (2008). An environmental life cycle assessment comparing Australian sugarcane with US corn and UK sugar beet as producers of sugars for fermentation. *Biomass and Bioenergy*. Elsevier, Vol. 32, Issue 12, pp. 1144-1155

Schlich E., Bigler I., Hardtert B., Luz M., Schroeber J., Winnebeck S., Schroder S., (2006). La consommation d'énergie finale de différents produits alimentaires : un essai de comparaison. *Le courrier de l'environnement de l'INRA*, Paris : Institut national de la recherche agronomique Délégation permanente à l'environnement, 53 (53), pp.111-120.

Schlich E., Fleissner U., (2005). The Ecology of Scale : Assesment of Regional Energy Turnover and comparison with Global Food. *The international Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 10, issue 3, pp. 219-223. doi: 10.1065/lca2004.09.180.9 .

Service public de Wallonie, SPW (2015), Agriculture – Vade-mecum de la valorisation des produits agricoles et de leur commercialisation en circuit court.. Bruxelles : DGO3, 122 p. En ligne : http://agriculture.wallonie.be/apps/spip_wolwin/IMG/pdf/vademecum-circuit-court.pdf (consulté en mars 2017)

Seufert V, Ramankutty N, Foley JA., (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485, 229-232.

Smith A., Watkiss P., Tweddle G., McKinnon A., Browne M., Hunt A., Treleven C., Nash C., Cross S., (2005). The Validity of Food Miles as an Indicator of Sustainable Development: Final report produced for DEFRA. Issue 7, ED50254, 229 p. En ligne : <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130403235816/http://archive.defra.gov.uk/evidence/economics/foodfarm/reports/documents/foodmile.pdf>

Statbel, Statistics Belgium (2016). Chiffres clés de l'agriculture – L'agriculture en Belgique en chiffres. Waeyaert N., 52 p. En ligne : http://statbel.fgov.be/fr/binaries/FR_Kerncijfers%20landbouw_2016_Web_tcm326-279479.pdf (consulté en juillet 2017)

Sureau S., (2013-2014). 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. Mémoire pour l'obtention du grade académique de Master en Sciences et Gestion de l'Environnement. Université Libre de Bruxelles, Bruxelles.

Talve S., (2001). Life Cycle Assessment of a Basic Lager Beer. *LCA Case Studies. Int. J. LCA* 6 (5). Pp. 293-298. En ligne, Ezproxy. DOI: <http://dx.doi.org/lca2001.06.055>

Terrabrew, (2015). La filière courte en orge de brasserie. 18p. En ligne : http://www.apaqw.be/Apaqw/media/PDF/presse/Presentation_Terrabrew.pdf (consulté en juillet 2017)

Terrabrew, (2017). La filière courte en orge de brasserie. En ligne : http://www.terrabrew.be/Default.asp?N=Home_page&ID=1&Language=French (consulté en juillet 2017)

The Brewers of Europe, (2016). Beer statistics edition 2016, en ligne : http://www.brewersofeurope.eu/uploads/mycms-files/documents/publications/2016/stats_2016_web.pdf (consulté en mars 2017).

Tricase C., Lamonaca E., Ingrao C., Bacenetti J., Giudice A., (2017). A comparative Life Cycle Assessment between organic and conventional barley cultivation for sustainable agriculture pathways, *Journal of Cleaner Production* (2017), doi: 10.1016/j.jclepro.2017.07.008 En ligne : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617314294>

UVED – Université Virtuelle Environnement et Développement, (s.d.). Méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ACV). Les méthodes orientées problèmes et la quantification des impacts intermédiaires (mid-point). En ligne : http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap03/co/ch03_120_2-2.html (consulté en mars 2017)

Vaillant L., Gonçalves A., Raton G. et Blanquart C., (2017). Transport et logistique des circuits courts alimentaires de proximité : la diversité des trajectoires d'innovation. *Innovations*, prépublication. <http://www.cairn.info/ezproxy.ulb.ac.be/revue-innovations-2017-0-page-art181.htm> (consulté en juillet 2017)

Van der Merwe A.I., Friend J.F.C., (2002). Water management at a malted barley brewery, Water SA 28, ISSN: 0378-4738, pp. 313-318. En ligne : <http://www.ajol.info/index.php/wsa/article/view/4900/12544>

Van Passel S., (2013), Food miles to assess sustainability: A revision. Sustainable Development, 21: 1–17. doi:10.1002/sd.485

Weber H., Matthews S., (2008). Food-Miles and the Relative Climate Impacts of Food Choices in the United States. Environmental Science & Technology vol. 42 (10), 3508-3513 DOI: 10.1021/es702969f

World Health Organization (2014). Belgium – Alcohol consumption : Levels and patterns. En ligne : http://www.who.int/substance_abuse/publications/global_alcohol_report/profiles/bel.pdf?ua=1 (consulté en mars 2017)

ANNEXES

Annexe 1 : Processus d'extraction des sucres de canne et de betterave.

Les deux figures ci-dessous illustrent les processus par lesquels la canne à sucre et la betterave sucrière passent afin d'en extraire le sucre.

Figure 20: Processus d'extraction du sucre de canne

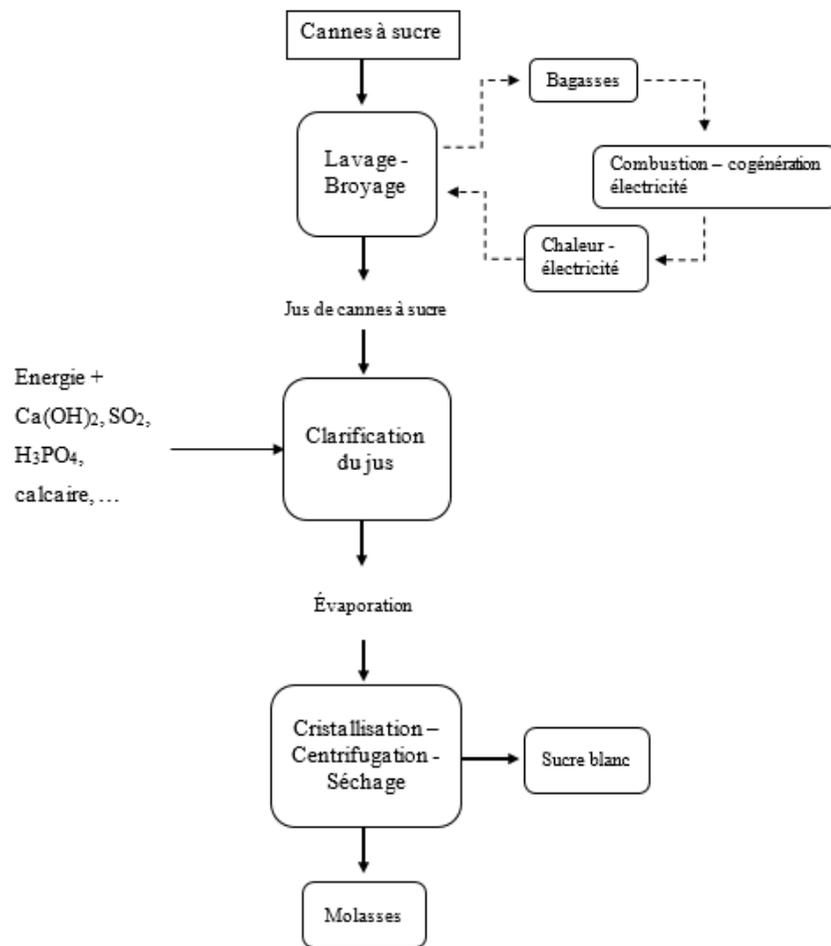
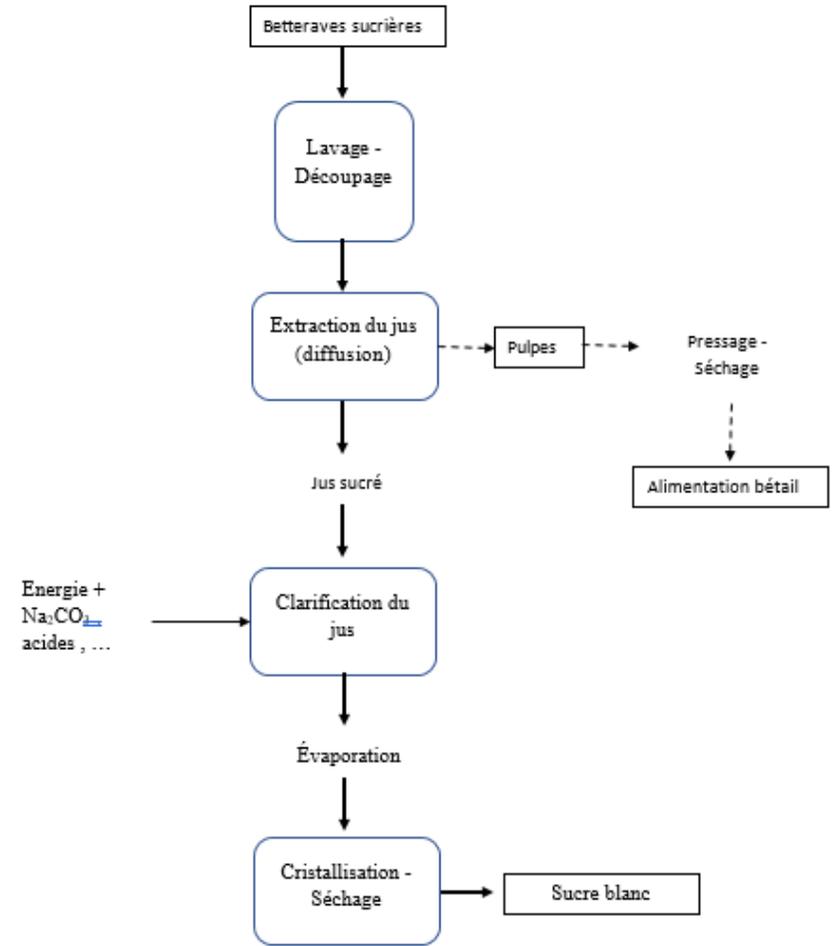
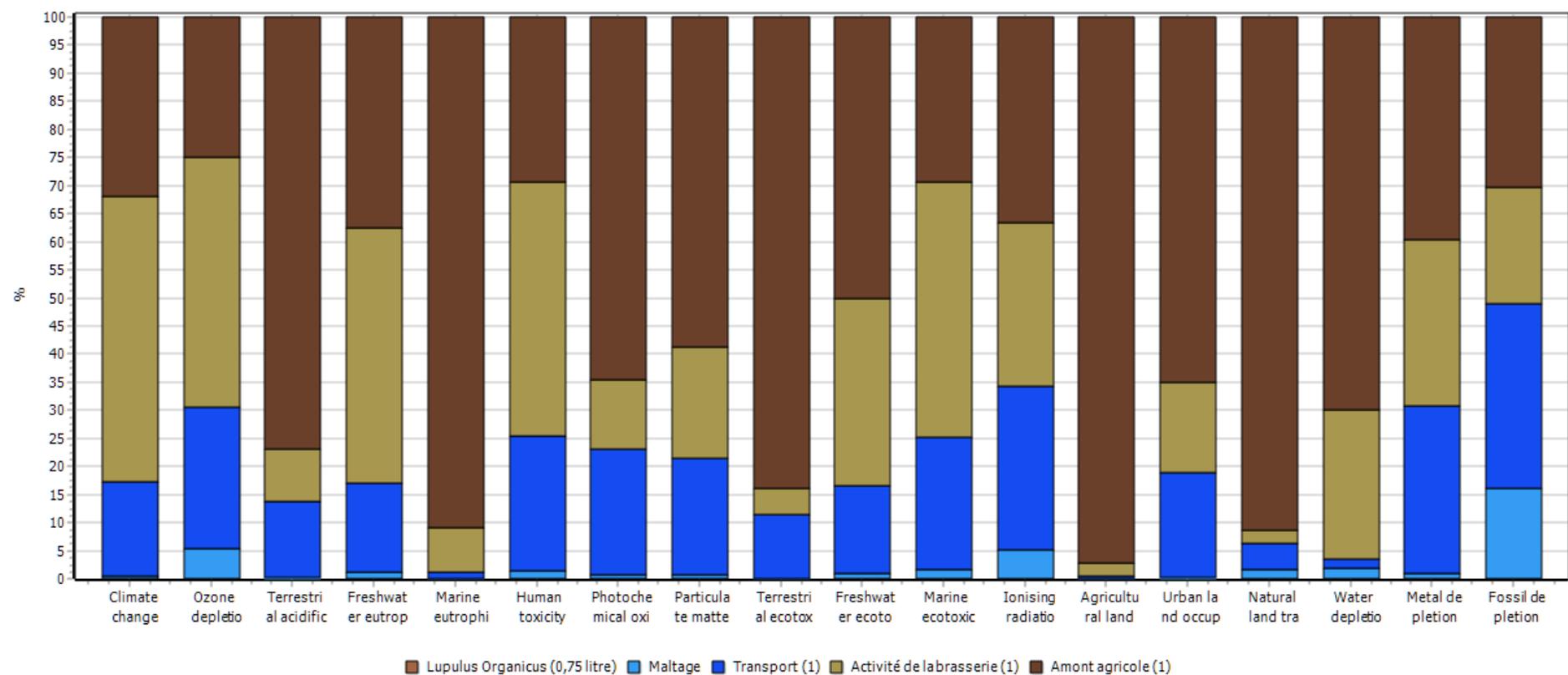


Figure 19: Processus d'extraction du sucre de betterave



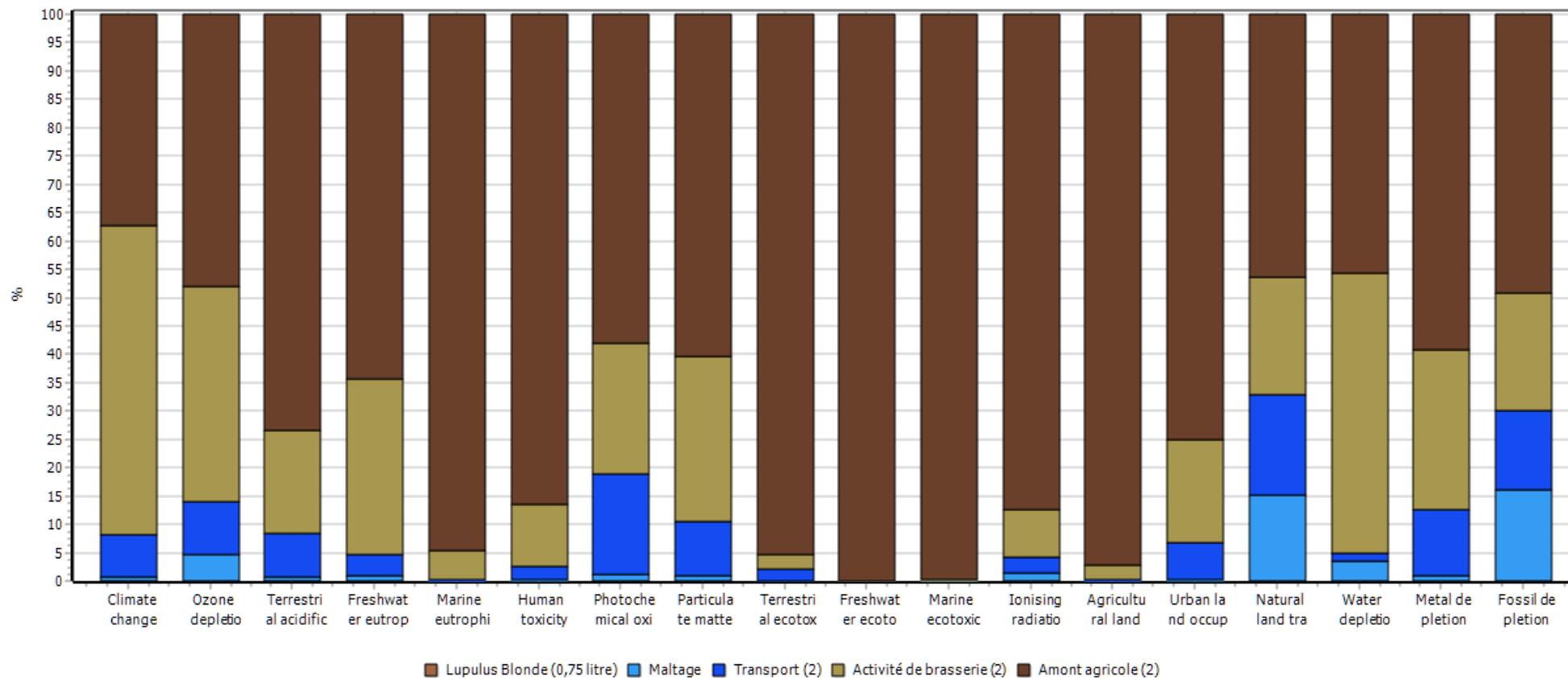
Annexe 2 : Résultats obtenus par les deux bières, caractérisation en Midpoint.

a) **Lupulus Organicus**



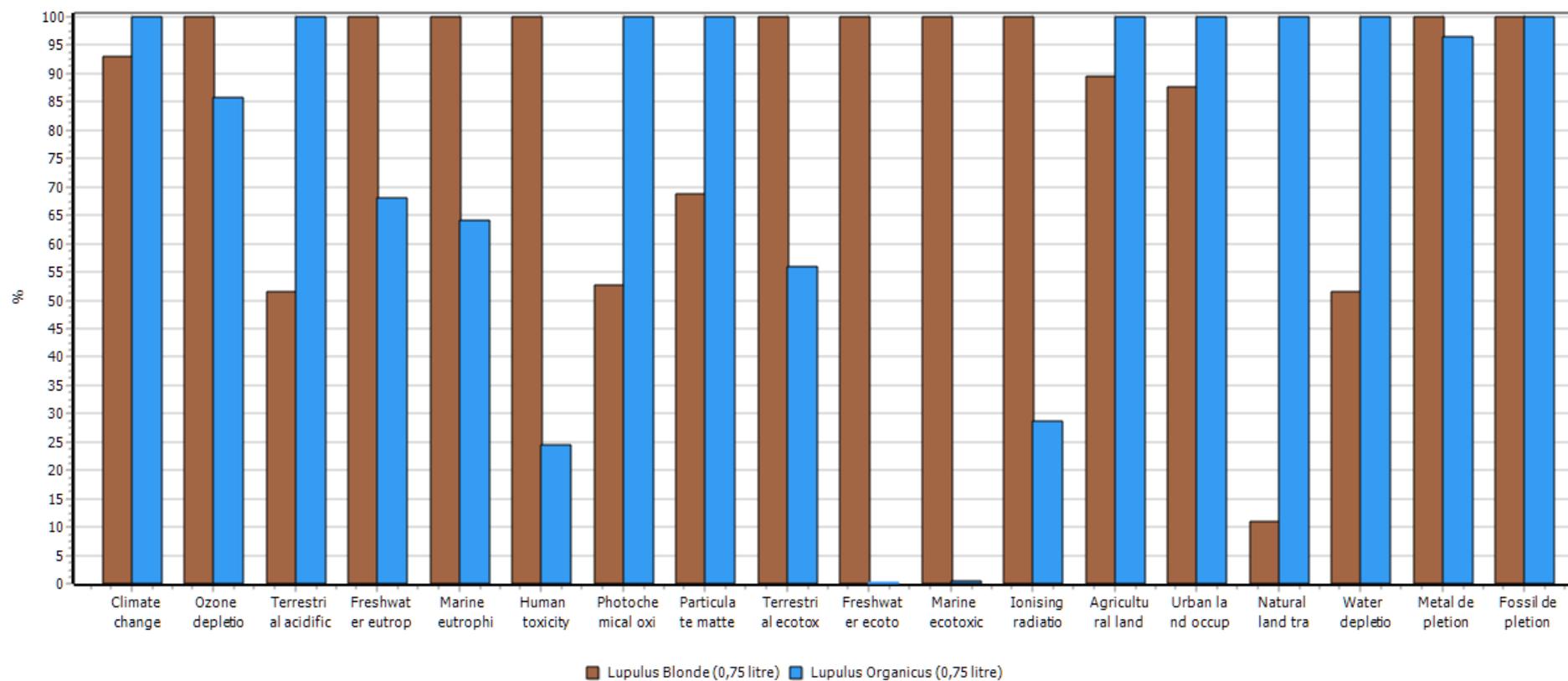
Analyse de 0,75 kg 'Lupulus Organicus (0,75 litre)', méthode: ReCiPe Midpoint (E) V1.13 / Europe Recipe E / Caractérisation

b) Lupulus Blonde



Analyse de 0,75 kg 'Lupulus Blonde (0,75 litre), méthode: ReCiPe Midpoint (E) V1.13 / Europe Recipe E / Caractérisation

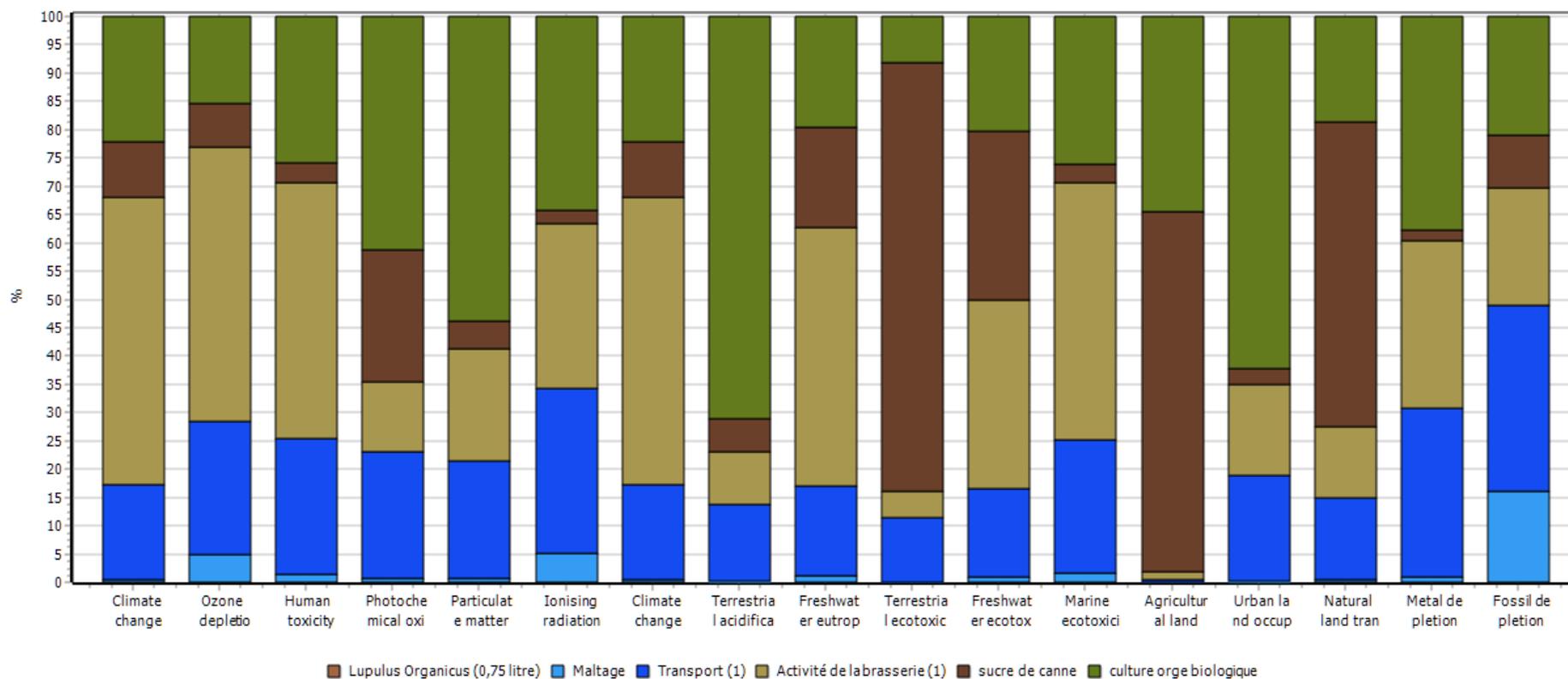
c) **Scores de caractérisation intermédiaire, comparaison des deux scénarios**



Comparaison de 0,75 kg 'Lupulus Blonde (0,75 litre)' avec 0,75 kg 'Lupulus Organicus (0,75 litre)', méthode: ReCiPe Midpoint (E) V1.13 / Europe Recipe E / Caractérisation

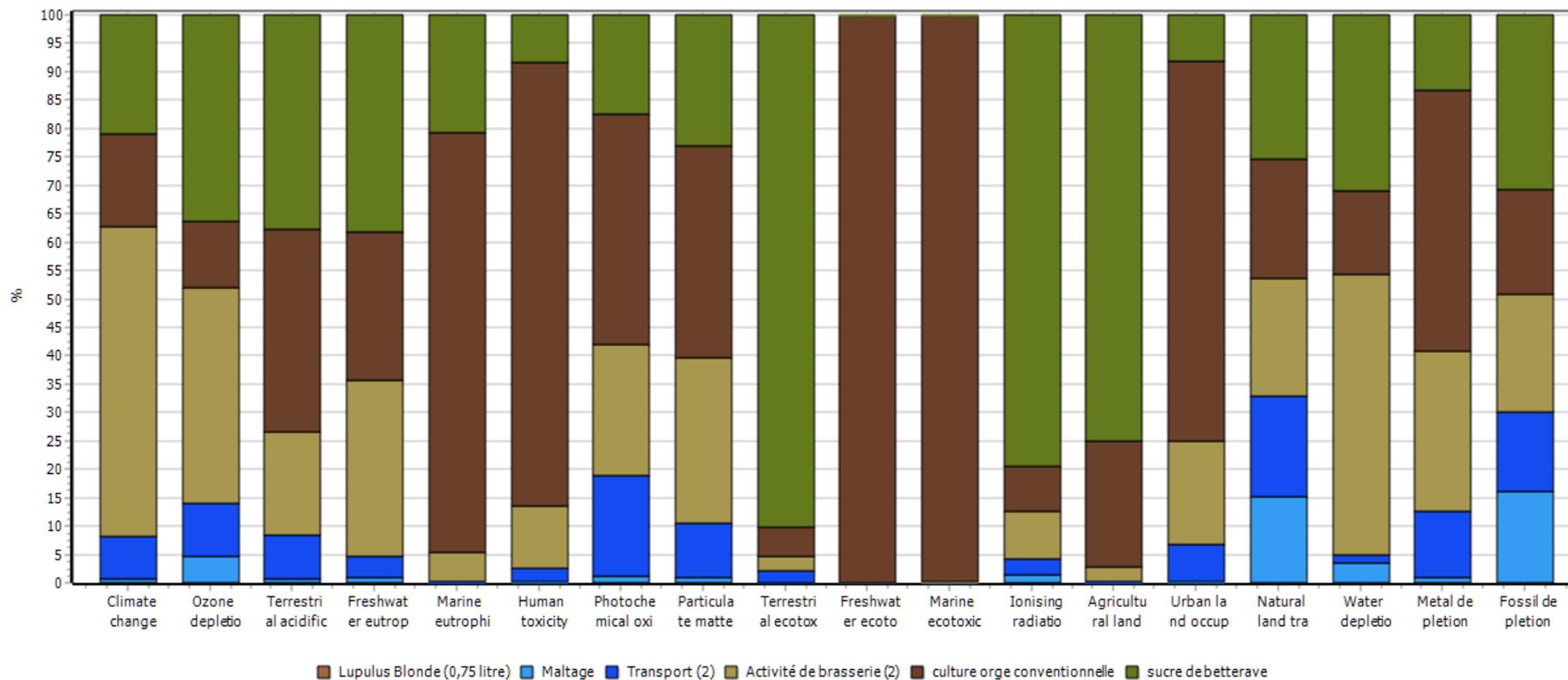
Annexe 3 : Détails des contributions relatives des orges et des sucres.

a) **Scores de caractérisation intermédiaire Lupulus Organicus**



Analyse de 0,75 kg 'Lupulus Organicus (0,75 litre)', méthode: ReCiPe Endpoint (E) V1.13 / Europe ReCiPe E/E/ Caractérisation

b) Scores de caractérisation intermédiaire Lupulus Blonde



Analyse de 0,75 kg 'Lupulus Blonde (0,75 litre)', méthode: ReCiPe Midpoint (E) V1.13 / Europe Recipe E / Caractérisation

Annexe 4 : Analyse de sensibilité en rapport à un changement de méthode

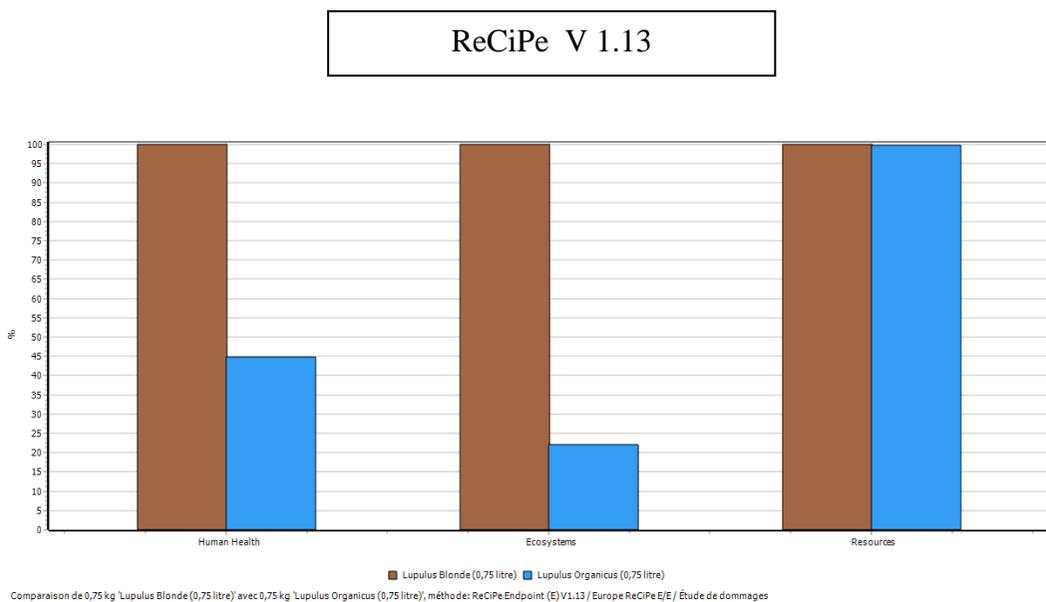


Figure 24: Scores de caractérisation de dommages (Endpoint) : comparaison des deux scénarios (UF)

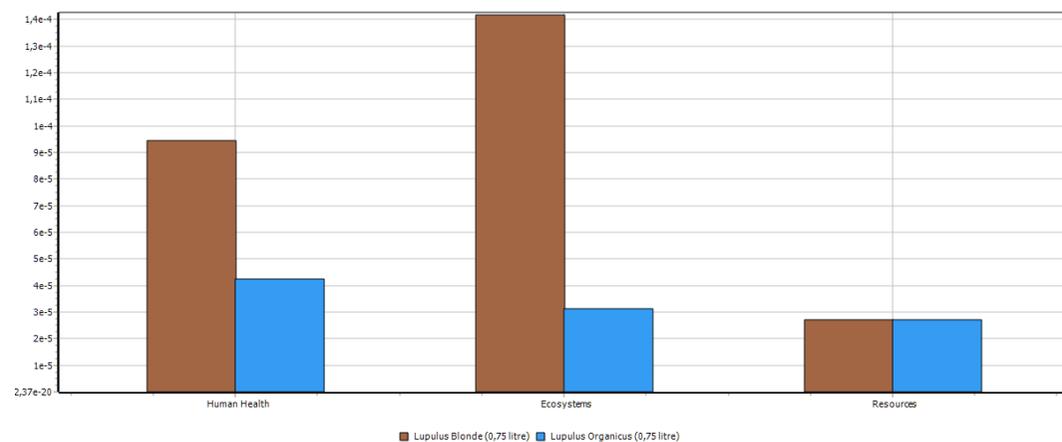


Figure 24: Scores de normalisation de dommages (Endpoint) : comparaison des deux scénarios (UF)

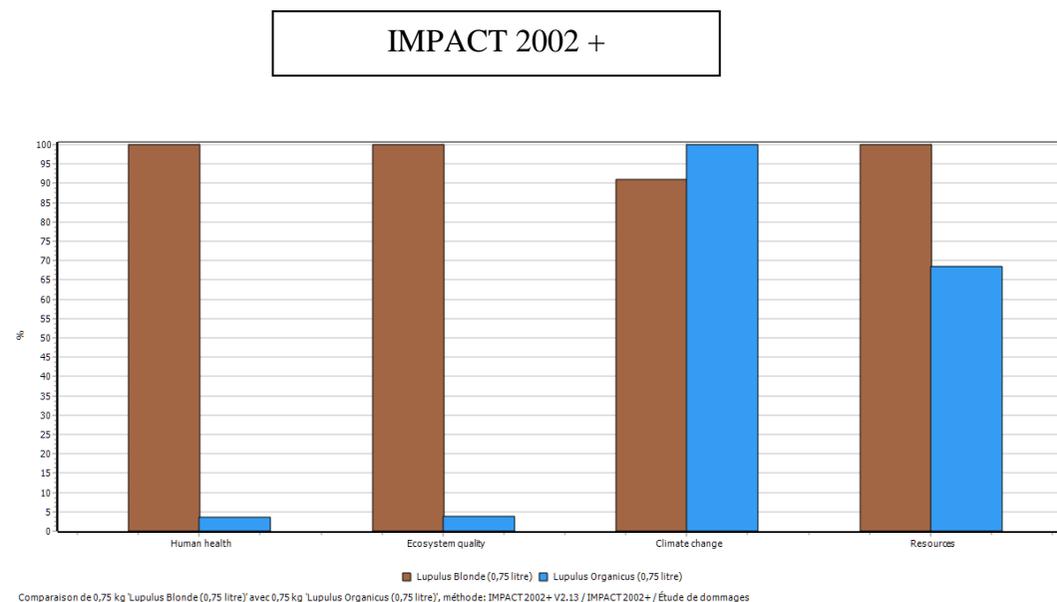


Figure 24: Scores de caractérisation de dommages (Endpoint) : comparaison des deux scénarios (UF)

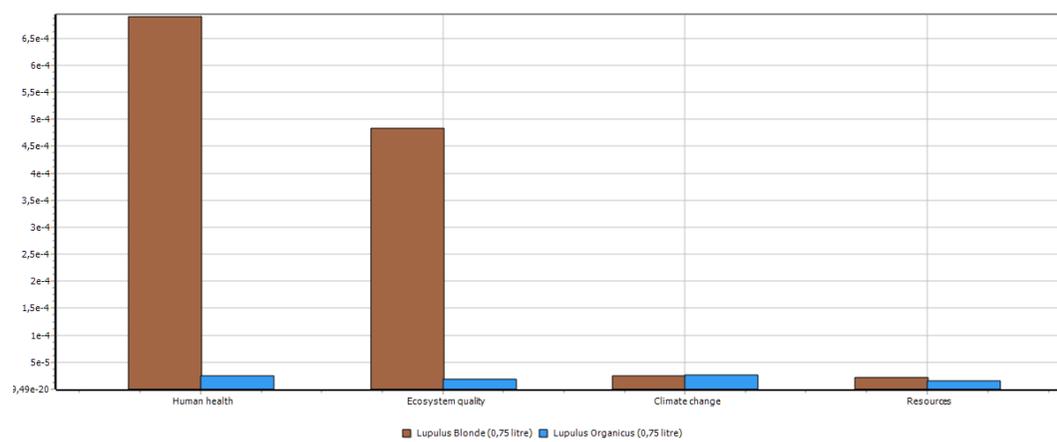


Figure 24: Scores de normalisation de dommages (Endpoint) : comparaison des deux scénarios (UF)

Annexe 5 : Pourcentages des prix du malt dans 0.75 litre de bière.

Le tableau ci-dessous présente le développement qui nous a conduit à l'évaluation des % des prix des malts conventionnel et biologique dans 0.75 litre de bière au niveau du consommateur.

Orges	Conventionnelle (1)	Biologique (2)	Sources
Récolte	2016		Terrabrew, (2015, p.17)
Prix de l'orge brassicole rendu malterie, EUR/Tonne (moyenne)	275	375	(1) Terrabrew, (2015., p.17) (2) Hypothèse formulée sur base de Terrabrew, (2015, p.17) et des données (juillet 2017) disponibles sur le site d'expertise agricole « plein champs » ³⁸ .
Coefficient de transformation orge-malt	1.23	1.23	Terrabrew, (2015, p.17)
Coûts de production du malt, EUR/Tonne	104.00	104.00	(1) Terrabrew, (2015, p.17) (2) Hypothèse formulée
Prix du malt, EUR/ Tonne	443.25	553.25	(1) Terrabrew, (2015, p.17)
Prix du malt, EUR/kg	0.443	0.553	
Quantité de malt pour produire 1 hl de bière, kg	20.6	20.6	Ce travail
Prix du malt par hl de bière, EUR/hl	9.12	11,39	
Prix du malt pour une UF (0,75 l), EUR	0.068	0.085	
Prix moyen d'une UF de bière	5.24	5.29	Voir tableau 13 de ce travail (p.71)
Prix de malt % dans une UF de bière	1.3 %	1.6 %	

³⁸ Source en ligne : [http://www.pleinchamp.com/cours-marches/\(chp_secteur\)/1/\(chp_produit\)/-1/\(chp_marche\)/-1/](http://www.pleinchamp.com/cours-marches/(chp_secteur)/1/(chp_produit)/-1/(chp_marche)/-1/) (consultée en juillet 2017)

Annexe 6 : Inventaire des données récoltées à la brasserie Lupulus – Lupulus Blonde.

ACQUISITION DES MATIERES PREMIERES (INPUT) pour 27 semaines de production.

Lupulus Blonde (Brasserie Lupulus)

Matières	Description	Données	Commentaires		
Données générales sur la brasserie :					
<ul style="list-style-type: none"> - Volume total de production pour 27 semaines : 249 brassins dont 103 Lupulus Blonde et 28 Lupulus Organicus. - Un brassin = 40 hectolitres = 4000 litres. - 412 000 litres de bières Lupulus blonde sont tirées sur 27 semaines. <p>Dans l'inventaire ci-dessous, « n.d. » signifie « pas de donnée ».</p>					
EAU	Origine (eau de distribution, puit, source, etc.)		Puit dans la propriété	<p>Peu traitée à sa sortie du puit. Elle passe dans un adoucisseur (consommation d'environ 100 kg de sel par semaine. Soit 2 400 kg pour 27 semaines). Il est livré à la tonne, c'est du AXAL PRO.</p> <p>La brasserie a calculé la consommation moyenne en eau par litre de bière produite sur base des données compteurs. Le ratio est de 4,1 litres d'eau / litre de bière tirée.</p> <p>Actuellement aucune installation ne permet le traitement des effluents liquides. Autrement dit, les effluents vont à l'égout. Le projet d'installation d'une station d'épuration est en cours.</p>	
	Quantité Lupulus Blonde	Intrant dans le brassage			506 760 litres
		Pour le nettoyage			1 182 440 litres
		Autre usage			Aucun
		Total			$103*4000*4,1 = 1\ 689\ 200$ litres
	Traitement des eaux usées	Système(s) de traitement			Aucun
Quantité d'effluent déversé		1182440 litres			
CEREALES	Orge brassicole / malt		Malt Pilsen	<p>Orge d'origine française malté en Belgique par la malterie Dingemans. Adresse : Laageind 43, 2940 Stabroek. (située à 220 km de la brasserie).</p>	
	Origine	Pays	France		
		Adresse	n.d.		

	Transport	Km parcouru par trajet		n.d.	220	220	<p>Les données liées au transport comprennent :</p> <p>1 voyage de l'orge France jusqu'à la malterie (distance inconnue) + 1 voyage malterie – brasserie + 1 voyage retour camion.</p> <p>Consommation de 800 kg / brassin.</p>	
		Quantité transportée par trajet		24 tonnes				
		Véhicule	Type		Camion (silo)			
			Cap. Charge max		n.d.			
			Vitesse moyenne		60 km/h			
Quantité pour brassage Lupulus Blonde				103 * 825 = 84 975 kg				
Matières	Description			Données		Commentaires		
HOUBLON	Houblon 1			Secret de fabrication			<p>Commande de 4 tonnes 1x par an</p> <p>Au sujet du transport, nous estimons un aller simple à 1020 km (sur base d'un itinéraire Michelin) + retour à vide.</p>	
	Origine	Pays		Slovénie				
		Adresse		n.d.				
	Transport	Km parcouru par trajet (aller)		1020 km				
		Quantité transportée par trajet		4 tonnes				
		Véhicule	Type		camion			
			Cap. Charge max		n.d.			
	Vitesse moyenne		60 km/h					
Quantité pour brassage Lupulus Blonde				820 kg				
Quantité totale commandée sur l'année				4 tonnes				
LEVURE	Type			Secret de fabrication			<p>Une partie de celle-ci est revalorisée en bio-méthanisation en fin de processus. Nous évaluons que 250l de levure son récoltée par 40hl brassés, soit environ 90m³ revalorisés en 27 semaines (pour l'ensemble de la production toutes bières confondues).</p>	
	Origine	Pays		Belgique				
		Adresse		Avenue Émile Gryzon 1, Batiment 10, 1070 Bruxelles				
	Transport	Km parcouru par trajet		160 km				
		Quantité transportée par trajet		20 litres				
		Véhicule	Type		voiture			
Cap. Charge max			n.d.					

			Vitesse moyenne	60 km/h	
	Quantité pour brassage Lupulus Blonde			n.d.	
	Quantité totale commandée sur l'année			n.d.	
SUCRE	Type :			Dextrose monohydraté	<p>Pour la bière conventionnelle comme pour la biologique, nous comptons 200kg de sucre cristallisé par brassin</p> <p>Lors de la mise en bouteilles, du saccharose liquide « traditionnel » européen est utilisé pour la Lupulus Blonde. 50kg de sucre liquide dosé par brassin de 40hl. En raison de sa très faible quantité, le sucre inséré lors de la mise en bouteille (permettant la gazéification de la bière) n'a pas été intégré dans cette étude.</p> <p>Au niveau du transport, nous estimons qu'il faudra 2 trajets (aller-retour) pour assurer 27 semaines de production Lupulus Blonde. Nous comptons 50 km du producteur au fournisseur (Belboom, 2012) et 250 km du fournisseur à la brasserie donc 300 km aller.</p>
	Origine	Pays		Made in Belgium	
		Adresse		Fournisseur AVEBE (Holland)	
	Transport	Km parcouru par trajet		300 km	
		Quantité transportée par trajet		10 tonnes	
		Véhicule	Type	Camion	
			Cap. Charge max	n.d.	
	Vitesse moyenne		60 km/h		
Quantité pour brassage Lupulus Blonde			20 600 kg		
DETERGENT	Type :			Soude	<p>Fournisseur : Univar</p> <p>La livraison se fait une fois par mois. La consommation est donc de 18 tonnes pour 6 mois de brassage (toutes bières confondues).</p>
	Origine	Pays		Belgique	
		Adresse		Boulevard International 55G, 1070 Anderlech	
	Transport	Km parcouru par trajet		186 km	
		Quantité transportée par trajet		3 tonnes	
		Véhicule	Type	Camion	
			Cap. Charge max	n.d.	
	Vitesse moyenne		60 km/h		
Quantité brassage Lupulus Blonde			7.38 tonnes		

	Quantité totale commandée sur l'année		36 tonnes		
Matières	Description		Données	Commentaires	
BOUTEILLES	Type :		Verre brun	Fournisseur : Gaasch Packaging	
	Origine	Pays	Belgique	Bouteille consignée pour la filière belge uniquement.	
		Adresse	Z.5 Mollem 530, 1730 Asse		
	Transport	Km parcouru par trajet		185 km	Pas de laveuse à la brasserie Lupulus. Donc bouteille lavée en France chez Serge Cheveau.
		Quantité transportée par trajet		n.d.	
		Véhicule	Type	Camion remorque	
			Cap. Charge max	n.d.	
	Vitesse moyenne		60 km/h		
Quantité Lupulus Blonde			103 320	10 500 bouteilles arrivent à la brasserie par semaine. Soit 4 305 pour Lupulus Blonde.	
				Le conditionnement étant en tout point identique au deux bières étudiées, n'est pas intégré dans cette étude.	
Capsules / Bouchons BOUTEILLE(S)	Type :		Bouchon de liège avec muselet	Fournisseur : DIAM Bouchage SAS	
	Origine	Pays	France	1 livraison tous les 6 mois de plusieurs palettes.	
		Adresse	Espace Tech Ulrich 66400 - Céret - France		
	Transport	Km parcouru par trajet		1080 km	Le conditionnement en tout point identique au deux bières étudiées, n'est pas intégré dans cette étude.
		Quantité transportée par trajet		n.d.	
		Véhicule	Type	Camion	
			Cap. Charge max	n.d.	
	Vitesse moyenne		60 km/h		
Quantité pour Lupulus Blonde			13 320		

Matières	Description	Données	Commentaires
ENERGIE	Electricité		Données issues d'un rapport interne à la brasserie. Etant jugé confidentiel, ce dernier ne se retrouve pas consultable dans ce dossier. Les calculs sont réalisés sur base de données 2016. Consommation totale sur l'année : 233,06 MWh (toutes bières confondues).
	Usages	Alimentation de la brasserie	
	Fournisseur	Essent	
		Profil du mix : contrat « classique »	
	Quantité pour brassage Lupulus Blonde	66,22 MWh	
	Consommation totale l'année	233,068 MWh	
	GAS		Calcul sur base de la consommation décembre 2016 – mai 2017 (source : document interne).
	Usages	Alimentation de la brasserie	
	Fournisseur	Antargaz	La brasserie possède une citerne de 10m ³ qui est remplie dès que le niveau « bas » est atteint. La recharge est faite environ toutes les 3 semaines.
	Quantité pour brassage Lupulus Blonde	16 262, 65 litres	
	FUEL	Diesel	5 commerciaux parcourent en moyenne 50 000 km par an chacun dans des véhicules de type « classiques ». Soit un total de 250 000 km parcourus par an. La part annuelle revenant à la Lupulus blonde est donc estimée à $(250\ 000/100)*41 = 102500$ km. Cette répartition est faite de manière arbitraire et peut ne pas représenter la réalité. En effet, nous pouvons imaginer que la promotion de la Lupulus Organicus soit plus intensive étant donné sa moins grande « popularité ». Nous estimons dans notre calcul la consommation moyenne de ces véhicules à 6 litres/100 km.
	Usage	Transport des commerciaux exclusivement	
	Fournisseur	À la pompe (station service)	
	Quantité brassage Lupulus Blonde	3 075 litres	

OUTPUT Lupulus Blonde (Brasserie Lupulus) pour 27 semaines de production

Matières	Description		Données	Commentaires		
SOLIDE/LIQUIDE/GAS	Drêches			800 kg d’emballage génère environ 1 tonne de drêche.		
	Transport	Km parcouru par trajet		< 5 km	La brasserie Lupulus produit environ 3 tonnes de drêches par semaine. Cette drêche sert à alimenter le bétail d’un agriculteur voisin à la brasserie.	
		Quantité transportée par trajet		1 tonne		
		Véhicule	Type			Tracteur remorque
			Cap. Charge max			n.d.
	Vitesse moyenne		15 km/h			
	Quantité pour brassage Lupulus Blonde			29.5 tonnes		
	Valorisation			Alimentation animale		
	CO ₂				Equation fermentation alcoolique :	
	Origine			Fermentation alcoolique	C ₆ H ₁₂ O ₆ (glucose) → 2CO ₂ + 2CH ₃ CH ₂ OH (éthanol) + énergie	
Quantité pour brassage Lupulus Blonde			54 796 kg	Données (venant du brasseur) 14,5 gr. de sucre fermenté pour 100 ml (ou gr) de bière produite. Quantité de CO ₂ atmosphérique produit : <ul style="list-style-type: none"> - Masse molaire C₆H₁₂O₆ = 96 gr/mol - Masse molaire CO₂ = 44 gr/mol Solution : 13,3 gr CO ₂ sont produit / 100 ml de bière. Soit 133 grammes par litre de bière.		
Levure				Une partie de celle-ci est revalorisée en bio-méthanisation en fin de processus. A ce sujet, on table sur 250l de levure par 40hl brassés,		
Transport	Km parcouru par trajet		n.d.			
	Quantité transportée par trajet		n.d.			

		Véhicule	Type	n.d	soit environ 90m ³ revalorisés en 27 semaines (pour l'ensemble de la production toutes bières confondues).
			Cap. Charge max	n.d.	
			Vitesse moyenne	n.d.	
	Quantité pour brassage Lupulus Blonde		25 750 litres		
	Valorisation		Bio-méthanisation		

Annexe 7 : Inventaire des données récoltées à la brasserie Lupulus – Lupulus Organicus.

ACQUISITION DES MATIERES PREMIERES (INPUT) pour 27 semaines de production.

Lupulus Organicus (Brasserie Lupulus)

Matières	Description	Données			Commentaires	
Données générales sur la brasserie :						
<ul style="list-style-type: none"> - Volume total de production pour 27 semaines : 249 brassins dont 103 Lupulus Blonde et 28 Lupulus Organicus. - Un brassin = 40 hectolitres = 4000 litres. - 412 000 litres de bières Lupulus blonde sont tirées sur 27 semaines. Dans l'inventaire ci-dessous, « n.d. » signifie « pas de donnée ».						
EAU	Origine (eau de distribution, puit, source, etc.)		Puit dans la propriété		Même traitement de l'eau que pour la bière conventionnelle (cfr. Lupulus Blonde).	
	Quantité Lupulus Organicus	Intrant dans le brassage	137 460 litres			
		Pour le nettoyage	344 100 litres			
		Autre usage	Aucun			
		Total	$(28*4000*4,1) + (810*28) = 4815.6$ hl			
	Traitement des eaux usées	Système(s) de traitement		Aucun		Même consommation d'eau que Lupulus Blonde. Mais bière biologique et conventionnelle partagent les mêmes infrastructures. La bière bio demande donc un rinçage supplémentaire des cuves et filtres. Cette consommation d'eau est de 8,1 hl par brassin.
Quantité d'effluent déversé		3 441 00 litres				
CEREALES	Orge brassicole / malt		Malt Pilsen			Orge d'origine française malté en Belgique par la malterie Dingemans. Adresse : Laageind 43, 2940 Stabroek. (située à 220 km de la brasserie).
	Origine	Pays	France			
		Adresse	n.d.			
	Transport	Km parcouru par trajet	n.d.	220	220	Les données liées au transport comprennent :
		Quantité transportée par trajet		5 tonnes		

		Véhicule	Type	Camion (silo)	1 voyage de l'orge France jusqu'à la malterie (distance inconnue) + 1 voyage malterie – brasserie + 1 voyage retour camion. Consommation de 800 kg / brassin. Conditionné en 1 tonne
			Cap. Charge max	n.d.	
			Vitesse moyenne	60 km/h	
	Quantité pour brassage Lupulus Organicus			28 * 825 = 23 100 kg	
Matières	Description			Données	Commentaires
HOUBLON	Houblon 1			Secret de fabrication	Provenance de la brasserie De Plukker (Belgique) située à 304 km de la brasserie. Une livraison d'une tonne est faite par an. Au sujet du transport, nous estimons un aller simple à 304 km (sur base d'un itinéraire Michelin) + un retour à vide.
	Origine	Pays		Belgique	
		Adresse		Brouwerij De Plukker, Elverdingseweg 16, 8970 Poperinge	
	Transport	Km parcouru par trajet (aller)		304 km	
		Quantité transportée par trajet		1 tonne	
		Véhicule	Type	camion	
			Cap. Charge max	n.d.	
	Vitesse moyenne		60 km/h		
	Quantité pour brassage Lupulus Organicus			336 kg	
Quantité totale commandée sur l'année			1 tonne		
LEVURE	Type			Secret de fabrication	Une partie de celle-ci est revalorisée en bio-méthanisation en fin de processus. A ce sujet, nous évaluons à 250l de levure par 40hl brassés, soit environ 90m³ revalorisés en 27 semaines (pour l'ensemble de la production toutes bières confondues).
	Origine	Pays		Belgique	
		Adresse		Avenue Émile Gryzon 1, Batiment 10, 1070 Bruxelles	
	Transport	Km parcouru par trajet		160 km	
		Quantité transportée par trajet		20 litres	
		Véhicule	Type	voiture	
Cap. Charge max			n.d.		

			Vitesse moyenne	60 km/h		
	Quantité pour brassage Lupulus Blonde			n.d.		
	Quantité totale commandée sur l'année			n.d.		
SUCRE	Type :			Blanc de canne à sucre	<p>Pour la bière conventionnelle comme pour la biologique, nous comptons 200kg de sucre cristallisé par brassin. Sucre de canne bio provenant de Thaïlande, produit par Khonburi Sugar PLC (groupe http://www.sea-organic.com/) et acheté via Belgosuc (importateur belge). Il est commandé par tonne. Il est livré en même temps que le sucre conventionnel.</p> <p>Lors de la mise en bouteilles, du « Bio cane sugar liquide » thaïlandais est utilisé. Dans les deux cas (bière biologique et conventionnelle), on compte 50kg de sucre liquide dosé par brassin de 40hl. En raison de sa très faible quantité, le sucre inséré lors de la mise en bouteille (permettant la gazéification de la bière) n'a pas été intégré dans cette étude.</p> <p>Au niveau du transport, nous estimons qu'il faudra 5.6 trajets (aller-retour) pour assurer 27 semaines de production Lupulus Organicus. Nous comptons par trajet : 17 095 km du port de Bangkok au port d'Anvers, 100 km du port pour rejoindre Belgosuc et 250 km de Belgosuc à la brasserie.</p> <p>Seul le trajet en camion subira le facteur 5.6. En effet, nous posons l'hypothèse que le bateau transporte plus qu'une tonne par trajet et qu'un stock est constitué en</p>	
	Origine	Pays		Thaïlande		
		Adresse		Fournisseur AVEBE (Holland)		
	Transport	Km parcouru par trajet		17 095 + 350 km		
		Quantité transportée par trajet		1 tonne		
		Véhicule	Type			Bateau - Camion
			Cap. Charge max			n.d.
			Vitesse moyenne			60 km/h
	Quantité pour brassage Lupulus Organicus			5 600 kg		

			Belgique. De plus nous ne comptons pas le retour du bateau. Il est peu probable que ce dernier n'en profite pas pour transporter d'autres marchandises. Un trajet de retour à vide sera pris en charge pour le camion.		
DETERGENT	Type :		Soude	Fournisseur : Univar La livraison se fait une fois par mois. La consommation est donc de 18 tonnes pour 6 mois de brassage (toutes bières confondues).	
	Origine	Pays	Belgique		
		Adresse	Boulevard International 55G, 1070 Anderlecht		
	Transport	Km parcouru par trajet			186 km
		Quantité transportée par trajet			3 tonnes
		Véhicule	Type		Camion
			Cap. Charge max		n.d.
	Vitesse moyenne		60 km/h		
Quantité brassage Lupulus Organicus		1.98 tonnes			
Quantité totale commandée sur l'année		36 tonnes			
Matières	Description	Données	Commentaires		
BOUTEILLES	Type :		Verre brun	Fournisseur : Gaasch Packaging Bouteilles consignées pour la filière belge uniquement. Pas de laveuse à la brasserie Lupulus. Donc bouteilles lavées en France chez Serge Cheveau. 10 500 bouteilles arrivent à la brasserie par semaine. Soit 1 155 pour Lupulus Organicus.	
	Origine	Pays	Belgique		
		Adresse	Z.5 Mollem 530, 1730 Asse		
	Transport	Km parcouru par trajet			185 km
		Quantité transportée par trajet			n.d.
		Véhicule	Type		Camion remorque
			Cap. Charge max		n.d.
	Vitesse moyenne		60 km/h		
Quantité Lupulus Organicus		27 720			

			Le conditionnement étant en tout point identique au deux bières étudiées, n'est pas intégré dans cette étude.	
Capsules / Bouchons BOUTEILLE(S)	Type :		Bouchon de liège avec muselet	
	Origine	Pays	France	
		Adresse	Espace Tech Ulrich 66400 - Céret - France	
	Transport	Km parcouru par trajet		1080 km
		Quantité transportée par trajet		n.d.
		Véhicule	Type	Camion
			Cap. Charge max	n.d.
Vitesse moyenne		60 km/h		
Quantité pour Lupulus Organicus		27 720	Fournisseur : DIAM Bouchage SAS 1 livraison tous les 6 mois de plusieurs palettes. Le conditionnement en tout point identique au deux bières étudiées, n'est pas intégré dans cette étude.	

Matières	Description	Données	Commentaires
ENERGIE	Electricité		Données issues d'un rapport interne à la brasserie. Etant jugé confidentiel, ce dernier ne se retrouve pas consultable dans ce dossier. Les calculs sont réalisés sur base de données 2016. Consommation totale sur l'année : 233,06 MWh (toutes bières confondues) pour une production totale de 14 500 hl. Soit 5 945 Blonde et 1595 Bio. Consommation moyenne de 0,016 MWh / hl de bière.
	Usages	Alimentation de la brasserie	
	Fournisseur	Essent	
		Profil du mix : contrat « classique »	
	Quantité pour brassage Lupulus Organicu	18 MWh	
	Consommation totale l'année	233,068 MWh	
	GAS		Calcul sur base de la consommation décembre 2016 – mai 2017 (source : document interne).
Usages	Alimentation de la brasserie		
Fournisseur	Antargaz		

	Quantité pour brassage Lupulus Organicus	4 363, 15 litres	La brasserie possède une citerne de 10m ³ qui est remplie dès que le niveau « bas » est atteint. La recharge est faite environ toutes les 3 semaines.
	FUEL	Diesel	5 commerciaux parcourent en moyenne 50 000 km par an chacun dans des véhicules de type « classiques ». Soit un total de 250 000 km parcourus par an. La part annuelle revenant à la Lupulus blonde est donc estimée à $(250\,000/100)*41 = 102\,500$ km. Cette répartition est faite de manière arbitraire et peut ne pas représenter la réalité. En effet, nous pouvons imaginer que la promotion de la Lupulus Organicus soit plus intensive étant donné sa moins grande « popularité ». Nous estimons dans notre calcul la consommation moyenne de ces véhicules à 6 litres/100 km.
	Usage	Transport des commerciaux exclusivement	
	Fournisseur	À la pompe (station service)	
	Quantité brassage Lupulus Organicus	825 litres	

OUTPUT Lupulus Organicus (Brasserie Lupulus) pour 27 semaines de production

Matières	Description		Données	Commentaires		
SOLIDE/LIQUIDE/GAS	Drêches			800 kg d'emballage génère environ 1 tonne de drêche.		
	Transport	Km parcouru par trajet		< 5 km	La brasserie Lupulus produit environ 3 tonnes de drêches par semaine. Cette drêche sert à alimenter le bétail d'un agriculteur voisin à la brasserie.	
		Quantité transportée par trajet		1 tonne		
		Véhicule	Type			Tracteur remorque
			Cap. Charge max			n.d.
			Vitesse moyenne			15 km/h
	Quantité pour brassage Lupulus Organicus			7.92 tonnes		
	Valorisation			Alimentation animale		
	CO ₂				Equation fermentation alcoolique :	
	Origine			Fermentation alcoolique	$C_6H_{12}O_6$ (glucose) \rightarrow $2CO_2 + 2CH_3CH_2OH$ (éthanol) + énergie	
Quantité pour brassage Lupulus Organicus			14 896 kg	Données (venant du brasseur) 14,5 gr. de sucre fermenté pour 100 ml (ou gr) de bière produite. Quantité de CO ₂ atmosphérique produit : <ul style="list-style-type: none"> - Masse molaire $C_6H_{12}O_6 = 96$ gr/mol - Masse molaire $CO_2 = 44$ gr/mol Solution : 13,3 gr CO ₂ sont produit / 100 ml de bière. Soit 133 grammes par litre de bière.		

	Levure			Une partie de celle-ci est revalorisée en bio-méthanisation en fin de processus. A ce sujet, on table sur 250l de levure par 40hl brassés, soit environ 90m ³ revalorisés en 27 semaines (pour l'ensemble de la production toutes bières confondues).
Transport	Km parcouru par trajet		n.d.	
	Quantité transportée par trajet		n.d.	
	Véhicule	Type	n.d.	
		Cap. Charge max	n.d.	
Vitesse moyenne		n.d.		
Quantité pour brassage Lupulus Organicus			7 000 litres	
Valorisation			Bio-méthanisation	