

# **LIFE CYCLE ASSESSMENT OF AN ARTISANAL BELGIAN BLOND BEER**

**Raphaëlle P. Melon (1), Vinciane Wergifosse (2), Roberto Renzoni (1) and Angélique Léonard (1)**

(1) Laboratory of Chemical Engineering, Liège University, Belgium

(2) Brasserie des Légendes, Irchonwelz, Belgium

## **Abstract**

In the framework of the Wal-Aid project funded by Wallonia aiming namely at developing valorisation means for co-products of the agro-food industry, a life cycle assessment applied to the production of an artisanal Belgian beer from the 'Brasserie des Légendes' was carried out.

This analysis focuses on the production of a golden triple beer on comparing the packaging in glass bottle or in keg. Six steps are considered for the analysis: (1) culture of barley, malting, grinding and transport to the brewery; (2) brewing of malt flour and water in two steps; (3) boiling wort; (4) guard of the beer at 4°C during 25 days; (5) packaging in brown glass bottle of 33 cl with a crown cap chrome steel or in stainless steel keg of 20 l and then (6) washing of spent grain recovered after brewing. The functional unit is taken as the production of 1 litre of beer. Environmental impacts have been evaluated using the ReCiPe 2008 method with the endpoint hierarchist perspective.

Four packaging scenarios are compared: single use bottle and keg, reused bottle (average 9.2 times) and keg (average 53.5 times). The results show that the most penalizing step is packaging, for single use scenarios, contributing to 86 % of the environmental impact for the keg and 72 % for the bottle. For the reuse scenarios, it's the culture of barley which is the most penalizing step with contribution between 57 % and 70 %. The production of beer remains low with maximum 20 % of contribution. The standardization and single score results show that the most important impacts are fossil depletion and climate change human health due to the energy demand related to the packaging step. These impacts decrease with the reuse of packaging and the keg reused represents the best solution.

## **Keywords**

LCA, ReCiPe, beer, packaging comparison.

## **1. INTRODUCTION**

The Wal-Aid project, funded by Wallonia, aims to develop ways of valorization for co-products of agri-food industry and to assess the environmental potential of these pathways by upgrading the methodology of the life cycle assessment. In this framework, a life cycle assessment of an artisanal Belgian blond beer from the 'Brasserie des Légendes' was performed.

## **2. METHODOLOGY**

This analysis focuses on the production of one liter of triple beer and on two types of packaging: the brown glass bottle and the steel keg. The modeled steps in this study are:

(1) The cultivation of barley, the malting, milling and its transportation by truck to a distance of 12 km to the brewery.

(2) The brewing barley flour mixed with water. This step consists of heating the mixture in two stages with stirring. The mixture is then filtered. Both fractions recovered were wort and spent grain.

(3) The wort boiling for about 90 min and the addition of hops transported by road on 110 km.

(4) The guard of the beer after sedimentation of the wort, its cooling and adding of oxygen and yeast for fermentation. This step must keep the beer to a temperature of 4 °C for 25 days.

(5) The beer packaging: either brown glass bottle of 33 cl of a mass of 300 g capped with a crown-like ring in chromed steel with a mass of 2 g, or a 20 l stainless steel keg of a mass of 8.8 kg. These two packages can be used for single use or more often be reused. The number of use of a glass bottle is estimated to an average of 9.2 times. Metal keg are more often reused as bottles, considering that their average number of use is 53.5 times.

(6) The spent grain cake, recovered after filtration of brew, is cleaned with water slightly acidified with 98 % sulfuric acid. Currently, this washed spent grain is intended for animals feed around the brewery.

The chosen functional unit is the production of one liter of beer and environmental impacts are evaluated by the method ReCiPe 2008 with a hierarchist endpoint perspective.

## **3. INVENTORY AND DATA QUALITY**

The data related to the internal boundaries of brewing (mashing, boiling, guard and washing of spent grain) are experimental data coming from the 'Brasserie des Légendes'. The data required to model the steps of malting barley and packaging are obtained from the literature [1, 2]. The modeling study was performed using the SimaPro software from Pré Consultants, associated with Ecoinvent v2.2 database and LCA Food DK.

With regard to electricity consumption, they have been calculated on the basis of energy balances and Belgian energy mix published by the International Agency of Energy on 2008. This mix shows that the Belgian electricity is mainly produced from nuclear (57%), gas (31%) and coal (9%).

#### 4. RESULTS AND DISCUSSION

The results show two trends depending on whether the packaging is reused or for single use. For single use scenarios, Table 1 shows that the worst case is the packaging step with a contribution of 86.59 % of environmental impacts for the keg and 72.17 % for the bottle. In the case of packaging reuse, namely 9.2 times for the bottle and 53.5 times for the keg, the trend is changing and it's the cultivation of barley which represents the worst case with a contribution of 57.52 % and 69.99 % respectively for the bottle and the keg. It is found that the environmental contribution of internal steps at the brewery remains low with a maximum of 20 % of the overall study.

Steps	Bottle		Keg	
	Single use	Reuse	Single use	Reuse
Cultivation barley	<u>21.83</u>	<u>57.52</u>	<u>10.52</u>	<u>69.99</u>
Brewing	0.2	0.52	0.1	0.64
Wort boiling	3.79	9.98	1.82	12.14
Guard	1.97	5.2	0.95	6.32
Washing spent grain	0.04	0.11	0.02	0.13
Packaging	<u>72.17</u>	<u>26.67</u>	<u>86.59</u>	<u>10.78</u>
Total	100.00	100.00	100,00	100,00

Table 1: Environmental contributions of the process.

The standardization and single score graphs (Figure 1 and Figure 2) show that the concerned impacts are, in descending order of importance: fossil depletion, climate change affecting human health, particulate matter formation, human toxicity, agricultural land occupation and climate change affecting ecosystems. Of course, the importance of agricultural land occupation is independent of the proposed packaging scenario and involves only the cultivation of barley and hops. This impact, low relative to fossil depletion and climate change for single use scenarios, is the third largest impact in the scenarios with reuse of packaging. Whatever the scenario, depletion of fossil resources and climate change with effect on human health are the two most worrying impacts of this study. They are mainly due to energy demand, especially that related to the manufacturing stage of packaging. In case of stainless steel keg, an additional impact appears, the metals depletion as raw material for the manufacture of the keg. However, it is minimal in case of reuse of the keg. As for human toxicity, this impact is mainly for single use scenarios.

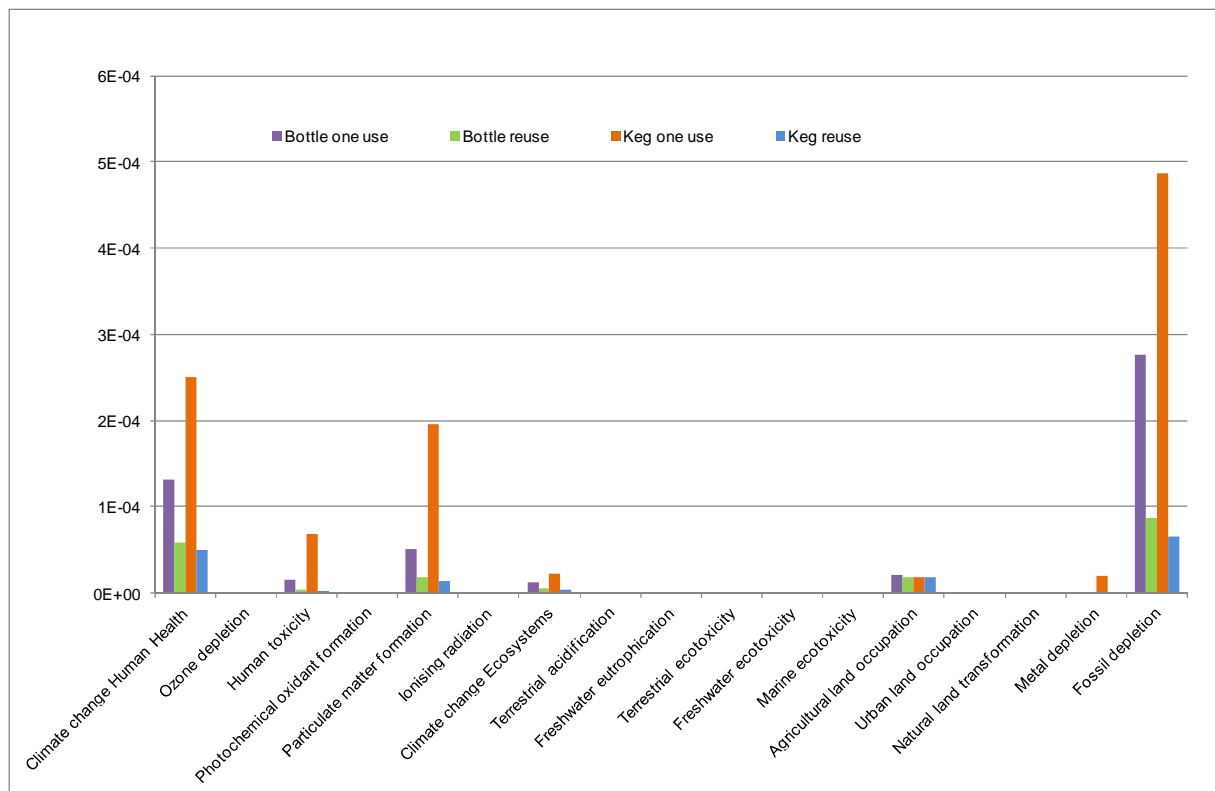


Figure 1: Standardization graph for the production of beer with packaging.

The single score graph, Figure 2, facilitates comparison of several scenarios. Thus, we see that the reuse of packaging can totally reverse the trend. Indeed, for scenarios for single use packaging, the keg packaging represents the worst option with a score of 324 mPt against 156 mPt for single use of bottle. The trend is totally reversed for scenarios with reuse. The score for a keg is 48.6 mPt while the bottle is 59.2 mPt. The keg appeared to be an option to avoid for single use and is ultimately the best option in case of reuse.

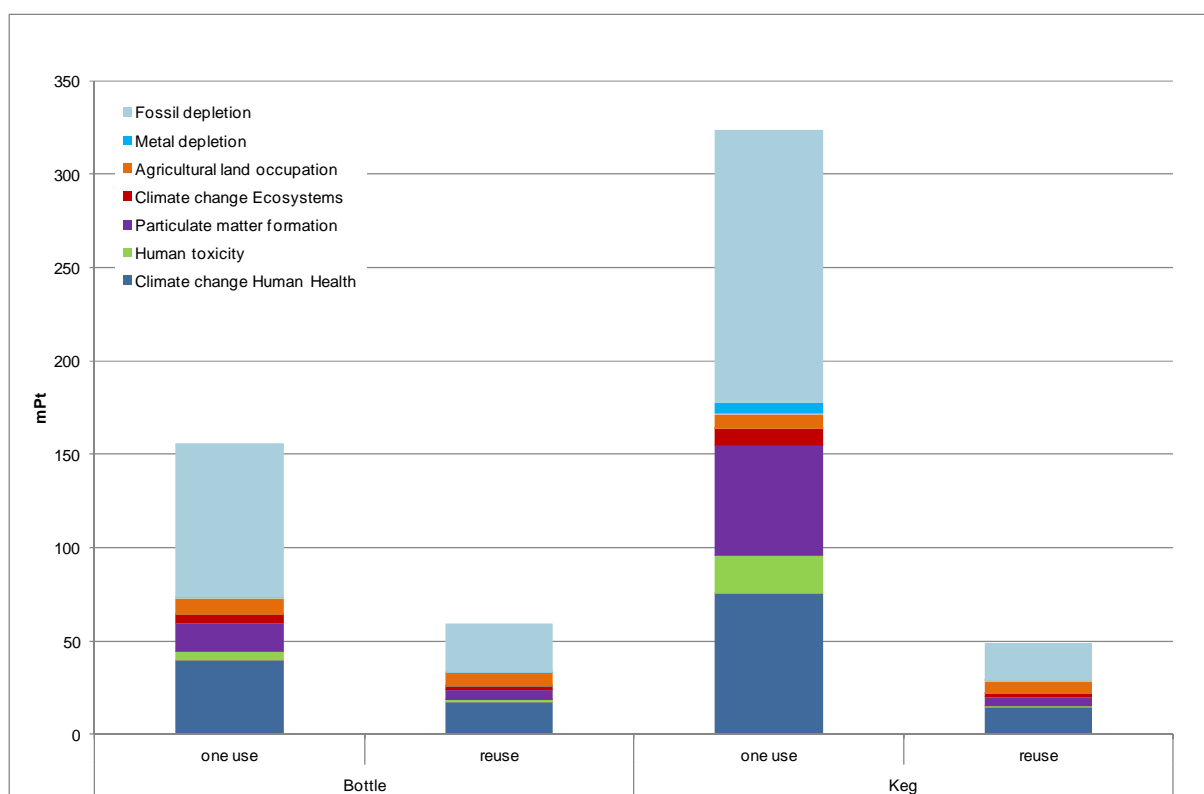


Figure 2 : Single score results of the production of beer with packaging.

## 5. CONCLUSIONS

This study focused on the production of an artisanal Belgian blond beer and on two methods of packaging, the brown glass bottle or the steel keg. The analysis showed that the internal steps of the brewery represent only maximum 20 % of the environmental contributions related to overall system boundaries. Moreover, it appeared that the packaging step is the most damaging in the case of single use packaging. Indeed, this step is the most energy and induces a significant impact in terms of fossil depletion and climate change. On the other side, in case of reuse of packaging, this is the stage of growing barley, malting and grinding which has the greatest impact with the associated agricultural land occupation. This study allowed us to highlight the interest of reuse the packaging.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This project is financially supported by Wallonia. Grant agreement n°6089.

## REFERENCES

- [1] Kloverpris, J.H., Elvig, N., Nielsen, P.H., Nielsen, A.M., Ratzel, O. and Karl, A., 'Comparative life cycle assessment of malt-based beer and 100 % barley beer', Novozymes A/S, 2009.
- [2] Pasquier, S. and Laurent, E., 'Emballages industriels: évaluation environnementale, économique et sociale de l'intérêt comparé entre réutilisation et usage unique. Emballages consignés en cafés hôtels et restaurants', ADEME, synthèse, 2010.

# **ANALYSE DU CYCLE DE VIE D'UNE BIÈRE BLONDE BELGE ARTISANALE**

**Raphaëlle P. Melon (1), Vinciane Wergifosse (2), Roberto Renzoni (1) and Angélique F. Léonard (1)**

(1) Laboratoire de Génie Chimique, Université de Liège, Belgique

(2) Brasserie des Légendes, Irchonwelz, Belgique

## **Résumé**

Dans le cadre du projet Wal-Aid financé par la région wallonne visant à développer des voies de valorisation de co-produits de l'industrie agro-alimentaire, une analyse du cycle de vie de la production d'une bière belge artisanale de la 'Brasserie des Légendes' a été réalisée.

Cette analyse se concentre sur la production d'une bière blonde triple en comparant l'emballage en bouteille en verre et en fût. Six étapes sont modélisées : (1) culture de l'orge, maltage, broyage et transport jusqu'à la brasserie; (2) brassage d'orge et d'eau en deux étapes; (3) ébullition du moût; (4) garde de la bière à 4°C pendant 25 jours; (5) emballage en bouteille en verre brun de 33 cl fermée d'une capsule en acier chromé ou en fût de 20 l en acier inoxydable, ensuite (6) lavage du gâteau de drèches. L'unité fonctionnelle est la production d'1 litre de bière et la méthode employée est ReCiPe 2008 en perspective hiérarchiste endpoint.

Quatre scénarios sont comparés : bouteille et fût à usage unique, bouteille réutilisée (moyenne 9,2 fois) et fût réutilisé (moyenne 53,5 fois). Pour les scénarios à usage unique, l'étape la plus pénalisante est l'emballage avec une contribution de 86 % des impacts environnementaux pour le fût et 72 % pour la bouteille. Dans le cas de la réutilisation des emballages, la culture de l'orge représente l'étape la plus pénalisante avec une contribution de 57 % à 70 %. La production de la bière reste faible avec un maximum de 20 % de contribution. Quant aux impacts, les graphiques de normalisation et de score unique montrent que c'est l'épuisement des ressources fossiles et le changement climatique qui sont les plus concernés dû à la demande d'énergie des emballages. Ces impacts diminuent avec la réutilisation, l'emballage en fût réutilisé représente la meilleure option.

## **Mots-clefs**

ACV, ReCiPe, bière, comparatif emballage.

## **1. INTRODUCTION**

Le projet Wal-Aid, financé par la région wallonne, vise à développer des voies de valorisation de co-produits de l'industrie agro-alimentaire et à évaluer le potentiel environnemental de ces voies de valorisation par la méthodologie de l'analyse du cycle de vie. Dans ce cadre de travail, une analyse du cycle de vie d'un procédé actuel de production de bière blonde belge artisanale de la 'Brasserie des Légendes' a été réalisée.

## **2. MÉTHODOLOGIE**

Cette analyse se concentre sur la production d'un litre de bière blonde triple et sur deux modes de conditionnement: l'emballage en bouteille en verre et l'emballage en fût métallique. Les étapes modélisées dans cette étude sont les suivantes :

(1) La culture de l'orge, son maltage, son broyage et son transport en camion d'une distance de 12 km jusqu'à la brasserie.

(2) Le brassage de la farine d'orge mélangé à de l'eau. Cette étape consiste en un chauffage en deux temps du mélange sous agitation. Le mélange est ensuite filtré. Les deux fractions récupérées sont le moût et un gâteau de drèches.

(3) L'ébullition du moût pendant environ 90 min et l'ajout d'houblon amené par camion sur 110 km.

(4) La garde de la bière après la décantation du moût, son refroidissement et l'ajout d'oxygène puis de levures pour la fermentation. Cette étape consiste à garder la bière à une température de 4°C pendant 25 jours.

(5) Le conditionnement de la bière : soit en bouteille en verre brun de 33 cl d'une masse de 300 g fermée par une capsule de type couronne en acier chromé d'une masse de 2 g, soit en fût de 20 l en acier inoxydable d'une masse de 8,8 kg. Ces deux conditionnements peuvent être utilisés en usage unique ou le plus souvent être réutilisés. Le nombre d'utilisation d'une bouteille en verre est estimé à une moyenne de 9,2 fois. Les fûts métalliques sont plus souvent réutilisés que les bouteilles, on considère que leur nombre d'utilisation moyen est de 53,5 fois.

(6) Le gâteau de drèches, récupéré après la filtration du brassin, est nettoyé avec une eau légèrement acidifiée à l'acide sulfurique à 98 %. A l'heure actuelle, ces drèches lavées sont destinées à l'alimentation du bétail aux environs de la brasserie.

L'unité fonctionnelle choisie est la production d'1 litre de bière et les impacts environnementaux sont évalués par la méthode ReCiPe 2008 en endpoint et avec une perspective hiérarchiste.

## **3. INVENTAIRE ET QUALITÉ DES DONNÉES**

Les données se rapportant aux frontières internes de la brasserie (brassage, ébullition, garde et lavage des drèches) sont des données expérimentales fournies par la Brasserie des Légendes. Les données nécessaires pour modéliser les étapes de maltage de l'orge et de l'emballage sont une estimation de la littérature [1, 2]. La modélisation de cette étude a été réalisée à l'aide du logiciel SimaPro de chez Pré Consultants et nous nous sommes servis de la base de données Ecoinvent v2.2 et LCA Food DK.

En ce qui concerne les consommations d'électricité, ces dernières ont été calculées sur base des bilans énergétiques et du mix énergétique belge de 2008 publié par l'Agence International de l'Energie. Ce mix montre que l'électricité belge est principalement produite à partir du nucléaire (57 %), du gaz (31 %) et du charbon (9 %).

#### 4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats montrent deux tendances selon que les emballages sont réutilisés ou à usage unique. Pour les scénarios à usage unique, le Tableau 1 montre que l'étape la plus pénalisante est l'emballage avec une contribution de 86,59 % des impacts environnementaux pour le fût et 72,17 % pour la bouteille. Dans le cas de la réutilisation des emballages, à savoir 9,2 fois pour la bouteille et 53,5 fois pour le fût, la tendance change et c'est la culture de l'orge qui représente l'étape la plus pénalisante avec une contribution de 57,52 % et 69,99 % respectivement pour la bouteille et le fût. On constate que la contribution environnementale des étapes internes à la brasserie, la production à proprement dite de la bière, reste faible avec un maximum de 20 % de l'étude globale.

Étapes	Bouteille		Fût	
	Usage unique	Réutilisée	Usage unique	Réutilisée
Culture orge	<u>21,83</u>	<u>57,52</u>	<u>10,52</u>	<u>69,99</u>
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 drêches	0,04	0,11	0,02	0,13
Emballage	<u>72,17</u>	<u>26,67</u>	<u>86,59</u>	<u>10,78</u>
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Tableau 1: Contributions environnementales du procédé.

Les graphiques de normalisation et de score unique (Figure 3 et Figure 4) montrent que les impacts concernés sont, par ordre décroissant d'importance: l'épuisement des ressources fossiles, le changement climatique ayant un impact sur la santé humaine, la formation de particules, la toxicité humaine, l'occupation de terres agricoles et le changement climatique ayant un impact sur les écosystèmes. Bien entendu, l'importance de l'occupation des terres agricoles est indépendante du scénario d'emballage envisagé et ne concerne que la culture de l'orge et du houblon. Cet impact, faible face à la déplétion fossile et au changement climatique pour les scénarios à usage unique, devient le troisième impact le plus imposant dans les scénarios avec réutilisation des emballages. Quelque soit le scénario envisagé, l'épuisement des ressources fossiles et le changement climatique avec effet sur la santé humaine sont les deux impacts les plus préoccupants de cette étude. Ils sont principalement dus à la demande énergétique et plus particulièrement à celle liée à l'étape de fabrication des emballages. Dans le cas du conditionnement en fût métallique, un impact supplémentaire apparaît, celui de la déplétion des métaux comme matière première pour la fabrication du fût. Cependant, il est minime en cas



de réutilisation du fût. Quant à la toxicité humaine, cet impact concerne principalement les scénarios à usage unique.

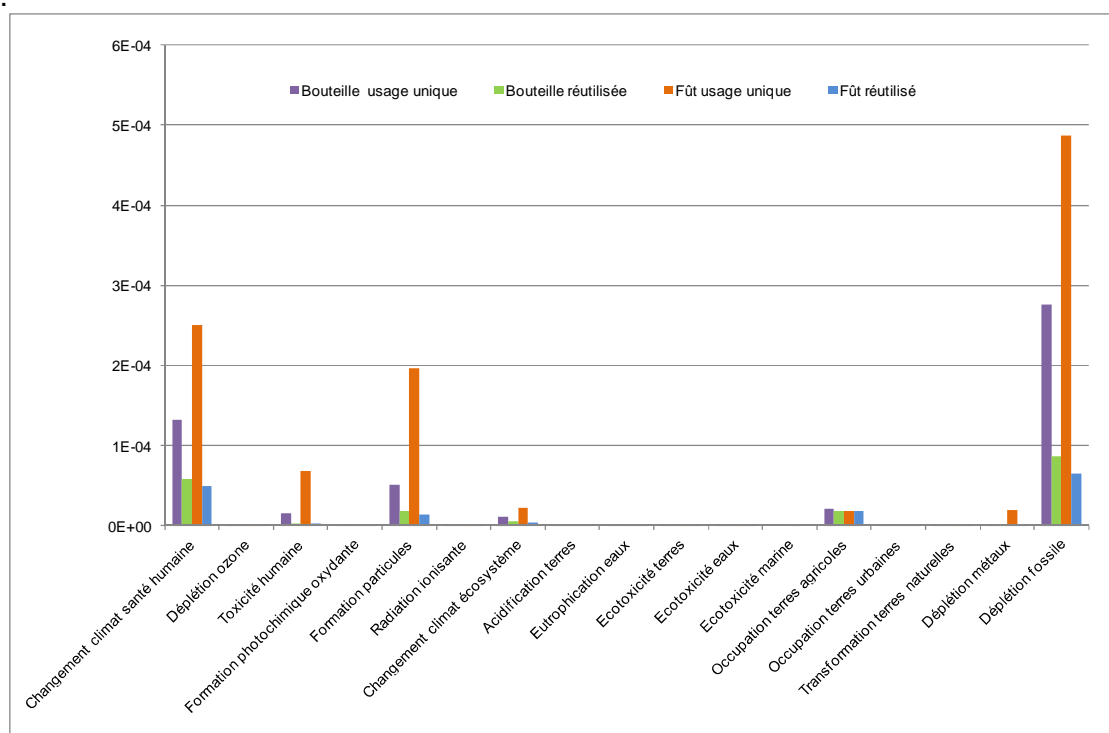


Figure 3: Graphique de normalisation de la production de la bière avec emballage.

Le graphique en score unique, Figure 4, facilite la comparaison entre plusieurs scénarios. Ainsi, on remarque que la réutilisation d'un emballage peut totalement inverser une tendance. En effet, pour les scénarios à usage unique, le conditionnement en fût représente la pire des options avec un score de 324 mPt contre 156 mPt pour la bouteille à usage unique. La tendance s'inverse totalement pour les scénarios avec réutilisation. Le score pour un fût est de 48,6 mPt alors que celui de la bouteille vaut 59,2 mPt. Le fût qui semblait, à usage unique, être une option à absolument éviter représente au final la meilleure des options s'il est réutilisé.

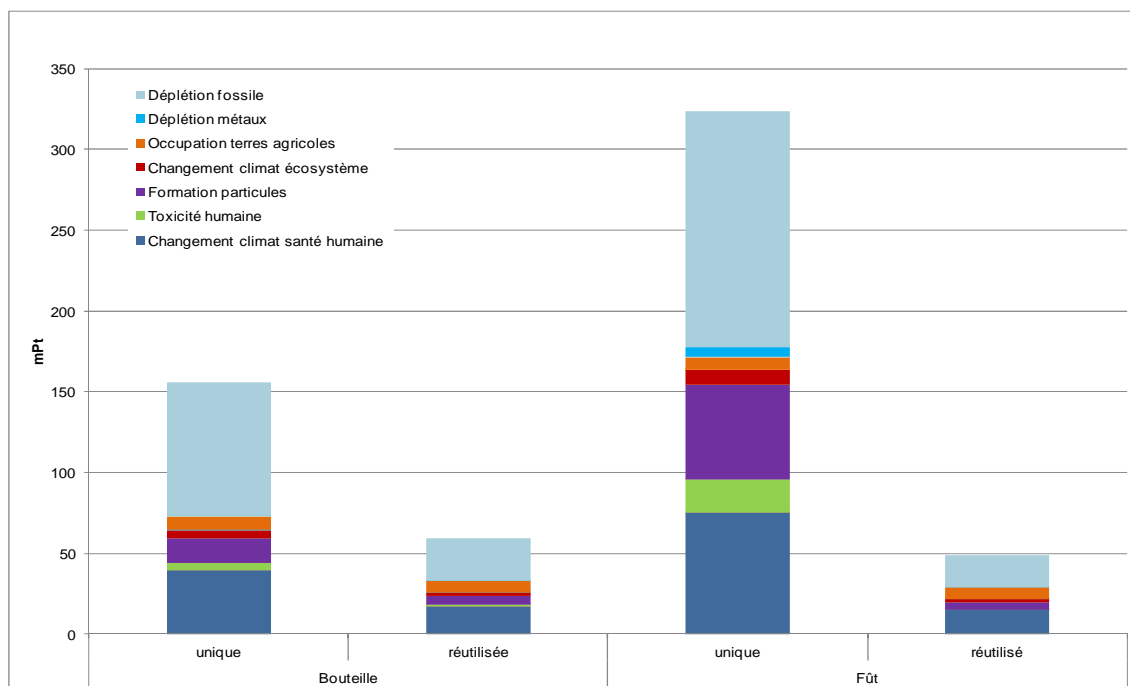


Figure 4 : Résultats en score unique de la fabrication de la bière avec emballage.

## 5. CONCLUSIONS

Cette étude portait sur la production d'une bière blonde belge artisanale et sur deux modes d'emballages, la bouteille en verre brun ou le fût métallique. L'analyse a montré que les étapes internes à la brasserie ne représentent qu'au maximum 20 % des contributions environnementales liées aux frontières globales du système. De plus, il est apparu que l'étape d'emballage représente l'étape la plus pénalisante dans le cas où les emballages sont à usage unique. En effet, cette étape est la plus énergivore et induit des impacts importants au niveau de l'épuisement des ressources fossiles et du changement climatique. Par contre, en cas de réutilisation des emballages, c'est l'étape de culture de l'orge, de son maltage et broyage qui est la plus impactante avec l'occupation des terres agricoles qui lui est associée. Cette étude nous a permis de mettre en évidence tout l'intérêt de réutiliser, recycler ces emballages.

## REMERCIEMENTS

Cette étude a pu être réalisée grâce au financement de la région wallonne pour le projet Wal-Aid, convention n°6089.

## RÉFÉRENCES

- [1] Kloverpris, J.H., Elvig, N., Nielsen, P.H., Nielsen, A.M., Ratzel, O. et Karl, A., 'Comparative life cycle assessment of malt-based beer and 100 % barley beer', Novozymes A/S, 2009.
- [2] Pasquier, S. et Laurent, E., 'Emballages industriels: évaluation environnementale, économique et sociale de l'intérêt comparé entre réutilisation et usage unique. Emballages consignés en cafés hôtels et restaurants', ADEME, synthèse, 2010.