



# ECOFASS VIN

## Analyse de Cycle de Vie du fût ECOFASS distribué par Bibarium : pistes d'écoconception et comparaisons avec un conditionnement bouteille verre



Auteur : Emilie Adoir

Septembre 2020

Le projet ECOFASS VIN est soutenu par le programme européen de coopération transfrontalière Interreg France-Suisse 2014-2020 et bénéficie à ce titre d'une subvention européenne (Fonds européen de développement régional) et fédérale.

Interreg  
France - Suisse



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

ne.ch  
RÉPUBLIQUE ET CANTON DE NEUCHÂTEL



RÉPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENEVE



## Table des matières

Table des figures.....	1
Table des tableaux.....	2
Glossaire .....	4
1 Introduction.....	5
1.1 Contexte .....	5
1.2 Conduite de l'étude .....	3
2 Délimitation de l'étude.....	4
2.1 Objectifs de l'étude .....	4
2.1.1 Applications de l'étude ACV .....	4
2.1.2 Public cible de l'étude .....	5
2.2 Champs de l'étude.....	6
2.2.1 Produits étudiés.....	6
2.2.2 Fonctions des produits pertinentes pour l'ACV .....	6
2.2.3 Unité fonctionnelle.....	6
2.2.4 Frontière du système.....	9
2.2.5 Méthode d'inventaire et qualité des données.....	12
2.2.6 Catégories d'impact étudiées.....	13
2.2.7 Type de revue critique.....	16
3 Inventaire de cycle de vie des solutions ECOFASS® et bouteille verre .....	16
3.1 Hypothèses communes aux deux solutions d'emballage .....	16
3.1.1 Fabrication du vin .....	16
3.1.2 Type d'électricité .....	17
3.1.3 Flux associés au fonctionnement des locaux .....	17
3.1.4 Transports.....	17
3.1.5 Fabrication et fin de vie des emballages .....	17
3.2 Inventaire de cycle de vie de référence pour la solution fût ECOFASS® .....	28
3.2.1 Etape Fabrication.....	29
3.2.2 Etape Conditionnement .....	37
3.2.3 Etape Distribution.....	37
3.2.4 Etape Service du vin .....	38
3.2.5 Etape Fin de vie .....	39
3.3 Inventaire de cycle de vie pour les pistes d'écoconception évaluées (Objectif 1).....	40
3.3.1 Variante existante : poche EVOH jetable .....	40

3.3.2	Variante exploratoire : poche EVOH recyclable .....	43
3.3.3	Variante existante : tête creuse .....	45
3.3.4	Variante exploratoire : tête plate lavable .....	48
3.3.5	Variante exploratoire : tête plate jetable sans ressort .....	49
3.3.6	Variante exploratoire : tête plate recyclable (sans ressort).....	50
3.3.7	Variante exploratoire : enveloppe du fût recyclable.....	52
3.4	Inventaire de cycle de vie de référence pour la solution bouteille verre (Objectif 2) .....	53
3.4.1	Etape Fabrication.....	53
3.4.2	Etape Conditionnement .....	54
3.4.3	Etape Distribution.....	54
3.4.4	Etape Service du vin .....	55
3.4.5	Etape Fin de vie .....	56
4	Résultats de l'Analyse de Cycle de Vie .....	57
4.1	Analyse et écoconception de la solution de fût ECOFASS® .....	57
4.1.1	Analyse des impacts pour la solution de fût de référence.....	57
4.1.2	Comparaison de scénarios d'écoconception.....	62
4.2	Comparaison du cycle de vie des solutions « Fût ECOFASS® » et « Bouteille verre » .....	65
4.2.1	Comparaison des deux solutions pour le service du vin rouge ou blanc (livraison Genève-Genève) 65	
4.2.2	Comparaison des deux solutions pour deux options logistiques, livraison Genève-Genève ou Genève-Zurich (vin rouge) .....	66
4.2.3	Comparaison des deux solutions pour le Périmètre 2 (livraison Genève vin rouge) ....	67
5	Discussion des résultats .....	68
5.1	Analyse de sensibilité sur le nombre de cycles .....	68
5.2	Analyse de sensibilité sur le R <sub>2</sub> du verre.....	69
5.3	Analyse de sensibilité sur le taux de pertes en vin de la solution ECOFASS® .....	70
6	Conclusion .....	73
7	Références.....	74
	Annexes .....	75
	Annexe 1 : Liste des données d'arrière-plan EcoInvent 3.5 utilisées dans la modélisation.....	75
	Annexe 2 : Liste des proxys construits à partir des données d'arrière-plan EcoInvent 3.5 .....	76
	Annexe 3 : Fiches techniques des films multicouche des poches .....	79
	Annexe 4 : Résultats chiffrés de la caractérisation des impacts .....	81
	Annexe 5 : Rapport de revue critique .....	97

## Table des figures

Figure 1 : Composition de la solution de fût ECOFASS® (à gauche : les quatre tailles de fût ; au milieu : une poche multicouche aluminium remplie à l'extérieur dans un but de démonstration ; à droite : insertion de la poche dans le fût avant remplissage).....	5
Figure 2 : Fûts ECOFASS® branchés sur un système de tireuse.....	6
Figure 3 : Schéma en coupe longitudinale du fonctionnement de la solution ECOFASS® .....	6
Figure 4 : Tête ECOFASS® (c : tête plate ; d : tête creuse) adaptée pour chaque type de tête de remplissage et soutirage (a : tête plate de type "A" Alumasc ; b : tête creuse de type "S" Sankey Europe) .....	6
Figure 5 : Poche multicouche aluminium (a) et poche plastique EVOH (b) .....	6
Figure 6 : Scénarios évalués pour chacun des deux objectifs de l'étude (en orange : scénario de référence identique).....	5
Figure 7 : Schémas de présentation des processus intégrés dans le périmètre de l'étude découpage des systèmes en étapes du cycle de vie.....	11
Figure 8 : Taux de recyclage par type de déchet en Suisse (source : OFEV) .....	20
Figure 9 : Schéma en coupe transversale du film multicouche aluminium .....	30
Figure 10 : Structuration de la modélisation dans Simapro et quantités de flux pour la fabrication du fût .....	31
Figure 11 : Structuration de la modélisation dans Simapro et quantités de flux pour la fabrication de l'ensemble {tête plate + poche aluminium}.....	32
Figure 12 : Schéma des flux de matériaux et pièces fabriquées - affichage des informations sur les sous-traitants uniquement .....	36
Figure 13 : Schéma des flux de matériaux et pièces fabriquées - affichage des étapes de production.....	36
Figure 14 : Schéma en coupe transversale du film multicouche EVOH .....	41
Figure 15 : Schéma en coupe transversale du film monocouche EVOH .....	44
Figure 16 : Analyse de la contribution de chaque étape du cycle de vie aux impacts totaux pour le scénario de référence ECOFASS® (Périmètre 1).....	57
Figure 17 : Analyse de la contribution de chaque étape du cycle de vie aux impacts totaux pour le scénario de référence ECOFASS® (Périmètre 2).....	58
Figure 18 : Analyse de la contribution de chaque pièce et flux de la solution complète ECOFASS® aux impacts totaux de sa fabrication (scénario de référence), pour une unité fonctionnelle (fabrication d'un ensemble tête + poche et de 1/30 fût) .....	59
Figure 19 : Analyse de la contribution de chaque pièce et flux du fût aux impacts totaux de sa fabrication (scénario de référence).....	60
Figure 20 : Analyse de la contribution de chaque pièce et flux de la tête plate aux impacts totaux de sa fabrication (scénario de référence).....	61
Figure 21 : Comparaison des impacts du scénario de référence ECOFASS® avec les différentes variantes concernant la poche .....	62
Figure 22 : Comparaison des impacts du scénario de référence ECOFASS® avec les différentes variantes concernant la tête .....	63
Figure 23 : Comparaison des impacts du scénario de référence ECOFASS® avec la variante « enveloppe du fût recyclable » .....	64

Figure 24 : Comparaison des impacts entre le scénario de référence ECOFASS® et le scénario de référence bouteille verre, pour deux types de réfrigération au service (vin rouge ou vin blanc) .....	65
Figure 25 : Comparaison des impacts entre le scénario de référence ECOFASS® et le scénario de référence bouteille verre, pour deux options de logistique (livraison Genève ou Zurich) .....	66
Figure 26 : Comparaison des impacts entre le scénario de référence ECOFASS® et le scénario de référence bouteille verre (scénario vin rouge et livré à Genève), incluant les impacts du vin servi ....	67
Figure 27 : Analyse de sensibilité des impacts de cycle de vie total du scénario de référence ECOFASS® au nombre de réutilisations du fût.....	68
Figure 28 : Analyse de sensibilité sur le paramètre de recyclage R2 du verre (scénario de référence bouteille) .....	69
Figure 29 : Comparaison des scénarios ECOFASS® - bouteille verre pour un R2 du verre de 80%.....	70
Figure 30 : Analyse de sensibilité sur le taux de pertes (scénario de référence ECOFASS®) .....	71
Figure 31 : Comparaison des scénarios ECOFASS® - bouteille verre pour un taux de pertes de vin dans le système ECOFASS® de 6% .....	72

## Table des tableaux

Tableau 1 : Contributions de chaque partenaire dans l'étude.....	3
Tableau 2 : Références de débit de service des clients de Bibarium et conversions en indicateurs de réutilisations et équivalences bouteilles.....	8
Tableau 3 : Estimation qualitative de la qualité des données d'inventaire .....	13
Tableau 4 : Catégories d'impact midpoint et indicateurs recommandés par le ILCD Handbook .....	15
Tableau 5 : Recyclabilité et taux de recyclage des matériaux étudiés dans l'ACV comparative solution ECOFASS®/bouteille verre .....	21
Tableau 6 : Modifications apportées sur les inventaires de ressources énergétiques mobilisés dans l'inventaire « Packaging glass, green {DE}   production   Cut-off, U» pour les inventaires modifiés « 0% de calcin » et « 100% de calcin ».....	23
Tableau 7 : Modifications apportées sur les quantités de flux dans l'inventaire « Packaging glass, green {DE}   production   Cut-off, U» pour l'inventaire modifié « 0% de calcin » .....	24
Tableau 8 : Modifications apportées sur les quantités de flux dans l'inventaire « Packaging glass, green {DE}   production   Cut-off, U» pour l'inventaire modifié « 100% de calcin » .....	25
Tableau 9 : Inventaire de cycle de vie pour la production de granulés PEHD issus du recyclage.....	27
Tableau 10 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de fabrication pour le scénario de référence de la solution ECOFASS® .....	30
Tableau 11 : Inventaire de cycle de vie de la fabrication des pièces composant le fût et la valve de sécurité.....	33
Tableau 12 : Inventaire de cycle de vie de la fabrication des pièces composant la tête plate et la poche aluminium.....	34
Tableau 13 : Inventaire de cycle de vie de l'assemblage des pièces.....	35

Tableau 14 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de conditionnement pour le scénario de référence de la solution ECOFASS® .....	37
Tableau 15 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de distribution pour le scénario de référence de la solution ECOFASS® .....	38
Tableau 16 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de service du vin pour le scénario de référence de la solution ECOFASS® .....	39
Tableau 17 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de fin de vie pour le scénario de référence de la solution ECOFASS® .....	40
Tableau 18 : Inventaire de cycle de vie pour la variante "Poche EVOH jetable" .....	43
Tableau 19 : Inventaire de cycle de vie pour la variante "Poche EVOH recyclable" .....	45
Tableau 20 : Inventaire de cycle de vie pour la variante "Tête creuse" .....	47
Tableau 21 : Inventaire de cycle de vie pour la variante "Tête plate lavable" .....	49
Tableau 22 : Inventaire de cycle de vie pour la variante "Tête plate jetable sans ressort" .....	50
Tableau 23 : Inventaire de cycle de vie pour la variante "Tête plate recyclable sans ressort" .....	52
Tableau 24 : Inventaire de cycle de vie pour la variante "Enveloppe du fût recyclable" .....	53
Tableau 25 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de fabrication pour le scénario de référence de la solution bouteille verre .....	54
Tableau 26 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de conditionnement pour le scénario de référence de la solution bouteille verre .....	54
Tableau 27 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de distribution pour le scénario de référence de la solution bouteille verre .....	55
Tableau 28 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de service du vin pour le scénario de référence de la solution bouteille verre .....	55
Tableau 29 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de fin de vie pour le scénario de référence de la solution bouteille verre .....	56

## Glossaire

ACV : Analyse de Cycle de Vie  
CHR : Cafés-Hôtels-Restaurants  
DCO : Demande Chimique en Oxygène  
DLUO : Date Limite d'Utilisation Optimale  
EHL : Ecole Hôtelière de Lausanne  
EVOH : Ethylène Alcool Vinylique  
FDV : Fin De Vie  
FV : Fibre de Verre  
ICV : Inventaire de Cycle de Vie  
IFV : Institut Français de la Vigne et du Vin  
PA : PolyAmide  
PE : PolyEthylène  
PEF : Product Environmental Footprint  
PEFCR : Product Environmental Footprint Category Rules  
PET : PolyEthylène Téréphtalate  
PEBD : PolyEthylène Basse Densité  
PEHD : PolyEthylène Haute Densité  
PP : PolyPropylène  
POM : PolyOxyMéthylène  
PVC : PolyChlorure de Vinyle  
TC : Tête Creuse  
TP : Tête Plate  
TPE :ThermoPlastique Elastomère  
UF : Unité Fonctionnelle  
WP : Work Package

## 1 Introduction

### 1.1 Contexte

Le fût ECOFASS® est une solution de conditionnement fabriquée par la société CG Industry située à Moirans-en-Montagne (39). La solution de fût ECOFASS® se compose de deux parties bien distinctes (Figure 1) :

- **Un fût en PEHD<sup>1</sup>**, réutilisable sur de nombreux cycles. Plusieurs volumes de fût existent actuellement : 10, 20, 25 et 30 l.
- **Un ensemble {tête + poche}**, actuellement à usage unique et disponible en quatre combinaisons de tête et poche : tête plate ou creuse (Figure 4), poche multicouche aluminium ou poche plastique EVOH<sup>2</sup> (Figure 5). La tête est entièrement hermétique, ce qui permet de garantir un maintien de la qualité du produit contenu **pendant 4 mois**.

Dans la suite du rapport, on appellera « fût » la seule partie réutilisable, et « solution de fût ECOFASS® » le fût complet comprenant le fût et l'ensemble {tête + poche}.

Développé en 2007 et commercialisé à partir de 2010, les fûts ont fait l'objet d'un nouveau design à partir de 2013.



**Figure 1 : Composition de la solution de fût ECOFASS® (à gauche : les quatre tailles de fût ; au milieu : une poche multicouche aluminium remplie à l'extérieur dans un but de démonstration ; à droite : insertion de la poche dans le fût avant remplissage)**

Ce dispositif se branche sur un système de tireuse classique (Figure 2). Les tireuses possèdent également deux types de tête de soutirage : tête plate (type « A ») ou tête creuse (type « S »). Ainsi, à un type de tête de soutirage correspond un type de tête de l'ensemble {tête + poche} (Figure 4).

Une fois la tête connectée au système de tireuse, la poche est progressivement comprimée par l'action d'un gaz de contre-pression (air atmosphérique ou azote) injecté par un compresseur (Figure 3). L'efficacité de pression est telle qu'il ne reste à la fin aucun volume de produit dans la poche. Une fois vide, l'ensemble {tête+poche} est retiré puis jeté.

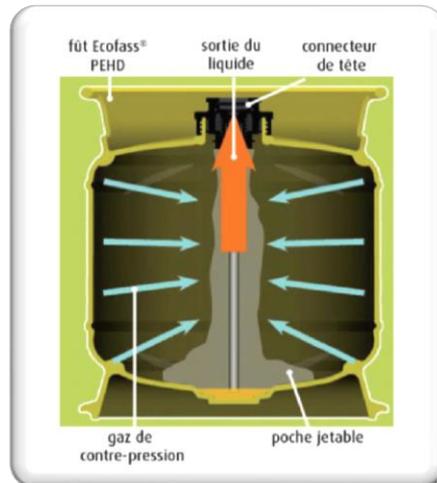
<sup>1</sup> PEHD : PolyÉthylène Haute Densité

<sup>2</sup> EVOH : Éthylène Alcoool Vinylique



Crédit photo : Bibarium

Figure 2 : Fûts ECOFASS® branchés sur un système de tireuse



Crédit photo : CG Industry

Figure 3 : Schéma en coupe longitudinale du fonctionnement de la solution ECOFASS®



Crédit photo : CG Industry

Figure 4 : Tête ECOFASS® (c : tête plate ; d : tête creuse) adaptée pour chaque type de tête de remplissage et soutirage (a : tête plate de type "A" Alumasc ; b : tête creuse de type "S" Sankey Europe)



Crédit photo : CG Industry

Figure 5 : Poche multicouche aluminium (a) et poche plastique EVOH (b)

Bibarium est un distributeur de vins suisses situé à Genève. Il s'agit d'une Très Petite Entreprise qui distribue uniquement à des **Cafés-Hôtels-Restaurants (CHR)** autour de Genève du **vin local et régional** que l'entreprise enfûte **chez le vigneron** dans la solution de **fût ECOFASS®**. Son potentiel de développement amènera peut-être l'entreprise à livrer plus loin dans quelques années.

Depuis sa commercialisation, la solution de fût ECOFASS® est principalement utilisée pour la bière et le cidre. Bibarium est le premier distributeur de vin à utiliser cette solution.

De manière plus générale, le vin en fût est très peu développé en Suisse pour des raisons techniques (fût en acier incompatible avec la conservation du vin) et culturelles (résistance des consommateurs à consommer un verre de vin contenu dans d'autres emballages que la bouteille en verre). Pourtant, la solution de fût ECOFASS® présente de nombreux avantages pour le vin :

- masse d'emballage transportée relativement faible pour 1 l de vin
- volume transporté et stocké relativement faible pour 1 l de vin
- emballage solide, pas de casse pendant le transport ni le stockage
- absence de gaspillage de vin pour des débits de service faibles, comparativement à d'autres solutions d'emballage, car la tête hermétique préserve les qualités du vin
- réduction des sulfites dans le vin, grâce à l'étanchéité du système
- seule alternative à la bouteille en verre pour les vins effervescents (le fût ECOFASS® résiste à la pression, contrairement à la caisse-outre<sup>3</sup>)
- réduction du coût de revient d'un verre de vin grâce à la réduction de coût de l'emballage

Un avantage environnemental est également pressenti par rapport à d'autres emballages, de par la réutilisation des fûts, la masse et le volume transportés, l'absence de gaspillage, mais nécessite d'être confirmé par une évaluation environnementale.

Le projet Interreg Franco-Suisse ECOFASS-Vin est né de la collaboration commerciale entre CG Industry et Bibarium, et du besoin d'approfondir les spécificités de l'utilisation du fût ECOFASS® pour le vin. Il rassemble le consortium industriel et R&D suivant : CG Industry, Bibarium, Fondation Changins, Ecole Hôtelière de Lausanne (EHL) et Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV). Le projet s'est déroulé de juillet 2017 à janvier 2020.

Des développements concernant l'industrialisation de la solution ECOFASS® (WP<sup>4</sup> 1 et 2), les processus de conservation des vins conditionnés ainsi et les conditions de réduction des sulfites grâce à cet emballage (WP 3 et 4) ont été conduits pendant le projet. L'étude de l'acceptabilité de ce nouveau type de conditionnement dans la filière a également été menée (WP 6). Enfin, une évaluation environnementale selon la méthode d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) a été réalisée (WP5), sans objectif prédéfini dans le projet déposé.

---

<sup>3</sup> Nom générique du système bien connu sous le nom de la marque Bag-in-Box®

<sup>4</sup> Work Package

## 1.2 Conduite de l'étude

Dans le WP5, quatre actions, classiques pour une étude ACV, ont été réalisées. Le Tableau 1 reprend par organisme la répartition des tâches dans cette étude.

Organisme	Personnes	Tâches effectuées
<b>IFV</b>	Emilie Adoir, Sophie Penavayre	Définition de la méthodologie, modélisation, collecte des données, évaluation des impacts, rédaction du rapport
<b>CG Industry</b>	Alain Gabriel-Robez	Collecte des données pour la fabrication et la fin de vie du fût
<b>Bibarium</b>	Marc Sarrazin	Collecte des données pour l'enfûtage et la logistique du fût
<b>Ecole de Changins</b>	Benoît Bach	Collecte des données pour le lavage des têtes
<b>EHL</b>	Stéphanie Pougnet-Rozan	Enquêtes complémentaires pour les solutions d'emballages en CHR suisses et les débits de service

Tableau 1 : Contributions de chaque partenaire dans l'étude

### 1. Définition des objectifs, du périmètre et de l'unité fonctionnelle de l'étude – 2<sup>ème</sup> semestre 2017

Cette action a été conduite de manière concertée avec l'ensemble des partenaires du projet, par proposition/validation lors de réunions de projet.

### 2. Inventaire de Cycle de Vie (ICV) – 2<sup>ème</sup> semestre 2017 → 2<sup>ème</sup> semestre 2019

L'Inventaire de Cycle de Vie consiste à répertorier, en quantité et en qualité, l'ensemble des flux entrants et sortants du périmètre étudié. Cette action a été réalisée par l'IFV en s'appuyant sur les partenaires pour la collecte de données d'activité et sur les données d'arrière-plan de la base Ecolnvent 3.5.

### 3. Analyse des Impact – 2<sup>ème</sup> semestre 2017 → 2<sup>ème</sup> semestre 2019

Cette étape consiste à caractériser les impacts environnementaux liés aux flux répertoriés précédemment et à interpréter les résultats obtenus en tenant compte des choix méthodologiques réalisés en amont (objectifs, périmètre, bases de données d'arrière-plan,...). Cette étape a été réalisée par l'IFV à l'aide du logiciel Simapro® (version 9.0.0.31).

### 4. Revue critique – 1<sup>er</sup> semestre 2020

Cf paragraphe 2.2.7.

## 2 Délimitation de l'étude

### 2.1 Objectifs de l'étude

#### 2.1.1 Applications de l'étude ACV

Cette étude ACV a été réalisée car le partenaire CG Industry ne disposait pas de références pour l'aide au choix d'innovation dans sa démarche d'écoconception poursuivie tout au long du projet, et car le fût n'a jamais fait l'objet d'une telle évaluation environnementale, alors qu'il s'agit d'un point fort pressenti par rapport à d'autres solutions d'emballage (cf 1.1).

Les partenaires du projet ECOFASS-Vin ont donc identifié en début de projet deux applications pour l'étude ACV du WP 5 :

- **Application 1 : écoconception de la solution de fût ECOFASS®**

L'ACV a d'une part pour but d'appuyer les réflexions d'écoconception des WP 1 et 2 et les réflexions sur les variantes techniques issues des WP 3 et 4 (poche aluminium ou EVOH).

Pour cela, une première ACV évalue le cycle de vie de la solution de fût pour un **scénario de référence** (type de fût, type d'ensemble {tête + poche}, scénario de distribution et de fin de vie tels qu'existant actuellement). Puis des **variantes de composition** des pièces du fût et de l'ensemble {tête + poche} (variantes existantes ou exploratoires) sont évaluées pour en tester la différence d'impacts et aider à la décision au niveau de la conception.

Les variantes retenues sont :

- Poche multicouche aluminium VS poche EVOH multicouche jetable  
(variante existante)  
VS poche EVOH monocouche recyclable  
(variante exploratoire)
- Tête plate jetable VS tête creuse jetable (variante existante)  
VS tête plate lavable (variante exploratoire)  
VS tête plate jetable sans ressort (variante exploratoire)  
VS tête plate recyclable (variante exploratoire)
- Enveloppe du fût jetable VS Enveloppe du fût recyclable (variante exploratoire)

Pour les variantes exploratoires, les conditions de leur réalisation sont exposées en introduction de chacune d'elles au paragraphe 3.3.

- **Application 2 : comparaison du cycle de vie de la solution de fût ECOFASS® distribuée par Bibarium avec celui de la solution bouteille en verre**

L'ACV a d'autre part pour but d'appuyer les actions de construction d'un argumentaire favorisant l'appropriation de la solution ECOFASS® par les Café-Hôtels-Restaurants et les consommateurs si l'avantage environnemental pressenti se confirme dans les résultats (WP6). Pour cela, un scénario de référence du cycle de vie de chaque solution d'emballage comparée est défini pour deux variantes de distance de distribution (livraison à Genève ou livraison à Zurich), dans la perspective du développement de l'activité de Bibarium en Suisse.

La solution d’emballage comparée à la solution ECOFASS® est la **bouteille en verre**, car il s’agit de l’emballage **largement majoritaire pour le service du vin au verre en CHR suisse**. On se concentre dans cette étude sur un contexte d’usage en CHR car Bibarium distribue uniquement auprès des CHR. L’information sur les emballages majoritairement utilisés en CHR suisse a été acquise par l’EHL dans le WP 6 du projet par enquête auprès de 104 établissements très majoritairement suisses (Pougnat et al, 2018). La question posée était « pour la vente de vin au verre, quel procédé de service alternatif à la bouteille utilisez-vous ? ». Résultats : 65% des établissements interrogés n’ont aucun procédé alternatif, 31% versent le vin dans une carafe (selon EHL : provient également d’une bouteille), 2% utilisent le système de caisse-outre et 2% le système de Coravin.

L’ensemble des scénarios de cycle de vie évalués dans cette étude est résumé dans la Figure 6. Les deux objectifs reposant sur un même scénario de référence pour la solution ECOFASS® (rectangle orange dans la figure), la suite du rapport réunit tous les inventaires de cycle de vie nécessaires aux deux objectifs dans la partie 3. Les résultats et leur interprétation sont par contre bien séparés selon les deux objectifs dans la partie 4.

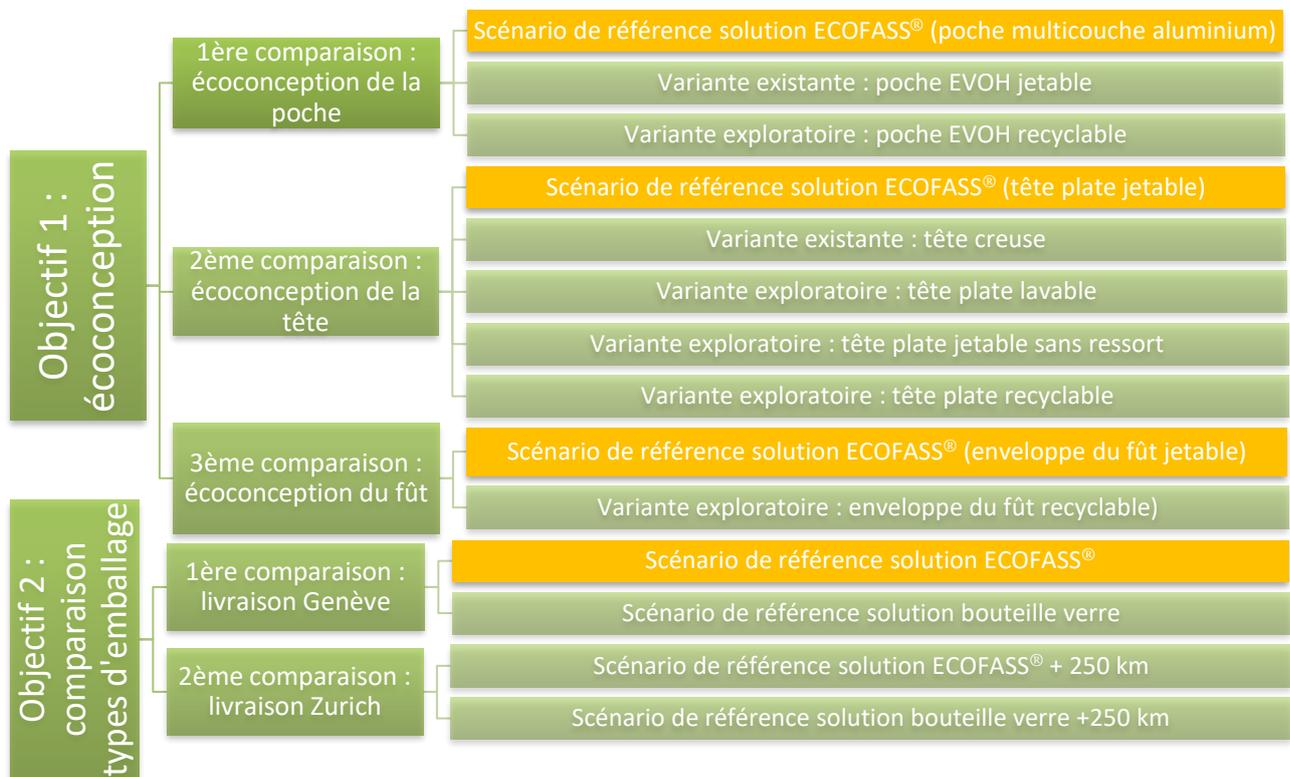


Figure 6 : Scénarios évalués pour chacun des deux objectifs de l’étude (en orange : scénario de référence identique)

### 2.1.2 Public cible de l’étude

Plusieurs publics sont concernés par cette étude :

- CG Industry pour les résultats des pistes d’écoconception
- Le réseau d’affaires de Bibarium (communications de Bibarium auprès des établissements CHR et de ses investisseurs)

- Les consommateurs de vin clients de CHR (communication secondaire de la part des établissements CHR)
- Les conditionneurs de la filière vin, au niveau français et international (communications scientifiques et techniques de l'IFV).

Il est prévu que les résultats soient utilisés dans des affirmations comparatives destinées à être divulguées au public. C'est pourquoi une revue critique de l'étude a été réalisée.

## 2.2 Champs de l'étude

### 2.2.1 Produits étudiés

Les produits étudiés ont été présentés au paragraphe 2.1.1, à savoir un scénario de référence pour la solution ECOFASS® (deux distances de livraison), cinq scénarios d'écoconception de la solution ECOFASS® et un scénario de référence de la solution bouteille verre (deux distances de livraison).

L'étude est bien centrée sur le niveau d'activité de distribution de Bibarium, et non sur le niveau d'activité d'un établissement CHR en particulier, ce qui conditionne le nombre de réutilisations considérées dans l'Unité Fonctionnelle (cf § 2.2.3).

### 2.2.2 Fonctions des produits pertinentes pour l'ACV

Les fonctions considérées pour ces solutions d'emballage sont :

- contenir le vin pour le transporter et le stocker
- protéger les qualités organoleptiques du vin.

### 2.2.3 Unité fonctionnelle

L'Unité Fonctionnelle (UF) correspond à la **performance quantifiée d'un système de produits, destinée à être utilisée comme unité de référence dans une ACV (ISO 14044)**.

Le volume de fût ECOFASS® le plus utilisé par Bibarium étant celui de 30 litres, l'unité fonctionnelle principale définie dans cette étude est : **conditionner, distribuer et servir en CHR 30 litres de vin moyen-haut de gamme d'une même référence et de même qualité organoleptique pendant 4 mois.**

Des **unités fonctionnelles intermédiaires** permettent de faire des inventaires de cycle de vie intermédiaires, notamment au niveau de la fabrication, où l'on calcule séparément les impacts pour la fabrication d'un fût de 30 L et les impacts pour la fabrication d'un ensemble {tête + poche}.

#### 2.2.3.1 Mode de conditionnement comparé au fût

La bouteille en verre majoritairement utilisée en CHR suisse pour le service de vins de moyen-haut de gamme au verre est identique à celles distribuées dans le commerce aux particuliers, à savoir une **bouteille en verre vert** de 75 cl et de 500 g étiquetée, capsulée et fermée par un bouchon en liège, et contenue dans un carton de 6 bouteilles (source : Bibarium).

#### 2.2.3.2 Flux de référence et équivalence quantitative du service rendu

Pour la solution ECOFASS®, les pertes de vin au moment du service en CHR sont estimées à 2% du volume de vin servi, soit 6 dl (pour plus de détails sur les taux de pertes, voir 3.2.5). Pour servir 30l de vin en provenance d'un fût ECOFASS®, il faut donc contenir et transporter 30,6 l de vin, soit 1,02 fût et 1,02 ensemble {tête + poche}.

En tenant compte du nombre de réutilisations du fût sur toute sa durée de vie (noté « n »), le flux de référence pour une UF est donc de **1,02 ensemble {tête + poche}** et de **1,02/n fût** (voir 2.2.3.3 ci-dessous).

Pour la solution bouteille en verre, le flux de référence pour une UF est de **40 bouteilles de 0,75 l servies**. Mais la prise en compte de pertes sur le cycle de vie de la bouteille en verre (1% puis 5%) implique de considérer  $40 * 1,01 * 1,05 = 42,42$  **bouteilles fabriquées, transportées, conditionnées pour une Unité Fonctionnelle** (pour plus de détails sur les taux de pertes, voir 3.4.5).

### 2.2.3.3 Nombre de réutilisations du fût

L'agrégation des unités fonctionnelles intermédiaires de la solution ECOFASS® impliquent de connaître le nombre de réutilisations du fût sur toute sa durée de vie, pour amortir les impacts de la fabrication, du transport et de la fin de vie du fût et en obtenir les impacts pour un remplissage de {tête + poche}.

La durée de vie du fût n'est aujourd'hui pas connue, car aucun fût commercialisé depuis la création de CG Industry n'est devenu hors d'usage. Deux possibilités sur ses déterminants ont été envisagées :

- Hypothèse 1 : la durée de vie du fût est plafonnée à un nombre d'années, quel que soit le nombre de réutilisations qui en a été fait pendant cette durée de vie. Dans ce cas, les impacts associés à un cycle d'utilisation du fût dépendent du nombre moyen de cycles qui s'opèrent sur les fûts ECOFASS® acquis par Bibarium, qui dépend lui du niveau de flux tendu du stock de fûts de Bibarium et du débit de service/commande moyen de ses clients.
- Hypothèse 2 : la durée de vie du fût est plafonnée à un nombre de réutilisations du fût, en partant du principe que l'usure s'accumule à chaque réutilisation. Dans ce cas, les impacts associés à un cycle d'utilisation du fût dépendent de ce nombre plafond de réutilisations.

Le choix d'hypothèse s'est fait de manière concertée avec les partenaires du projet, qui ont choisi l'hypothèse 1 pour la suite de cette étude. Le plafond de la durée de vie a été **estimé à 10 ans**, en se basant sur les fûts les plus vieux datant du lancement de la commercialisation (bien qu'ils soient toujours en état de fonctionnement).

A partir du stock de fûts de Bibarium et du nombre moyen d'ensembles {tête + poche} achetées par Bibarium à CG Industry, il a été estimé un nombre moyen de **3 réutilisations d'un fût sur une année**, soit **30 réutilisations sur sa durée de vie** estimée à 10 ans. Cela implique ainsi un débit de service moyen en CHR de 30 l sur 4 mois, d'où la durée de **4 mois** retenue dans l'Unité Fonctionnelle de l'étude. En faisant l'hypothèse que les établissements CHR ouvrent en moyenne 6 jours/7, ce débit de service équivaut à **29 cl d'une référence de vin servi au verre par jour, soit une bouteille de 75 cl ouverte pendant 2,5 jours**.

A titre de comparaison, une partie des clients de Bibarium écoule des quantités de vin par référence bien plus importantes, ce qui ferait monter le nombre de réutilisations sur 10 ans à 120 voire 1200 (Tableau 2). L'enquête réalisée par l'EHL montre également que les volumes de vin vendus au verre en Suisse sont plus élevés que 30 l sur 4 mois. En effet, seuls 26,9% des 104 établissements interrogés vendent entre 0 et 15l de vin au verre par semaine. En considérant les autres résultats de l'étude (63% des établissements interrogés vendent plus de vin suisse que de vin étranger, et 61% proposent entre 4 et 10 vins différents au verre), et en prenant un nombre de références moyen de 7 références, seuls **26,9 % des établissements interrogés vendent moins de 34 l par référence pendant 4 mois**. La grande

majorité des établissements vendent donc plus de vin au verre que le volume considéré dans l'Unité Fonctionnelle. L'hypothèse retenue dans l'Unité Fonctionnelle a donc tendance à maximiser les impacts de la fabrication du fût, de son transport et de sa fin de vie pour un remplissage.

	Client 1	Client 2	Client 3	Autres clients (une quinzaine)
<b>Quantité totale livrée par Bibarium (litres/par mois)</b>	568	500	580	120 à 200 (similaire moyenne enquête EHL)
<b>Nombre de becs de tireuse = nombre de fûts (= nombre de références si hypothèse = 1 fût par référence)</b>	2	10	12	4
<b>Moyenne du nombre de fûts livrés par mois et par référence (/30/nb de becs)</b>	10 ⇔ livraison d'un fût tous les 3 jours	1.66 ⇔ livraison de 2 fûts par mois	1.61	1 à 1.7
<b>Moyenne du nombre de fûts livrés par an et par référence (/nb de becs) ⇔ Nombre de réutilisations du fût par an et par référence</b>	<b>120</b>	<b>20</b>	<b>19.3</b>	<b>12 à 20</b>
<b>Moyenne du nombre de réutilisations du fût par référence sur 10 ans</b>	1200	200	193	120 à 200
<b>Durée de vie du fût si fin de vie toutes les 300 réutilisations</b>	<b>2.5 ans</b>	<b>15 ans</b>	<b>10.3 ans</b>	<b>25 à 15 ans</b>
<b>Equivalent nb de bouteilles par référence par mois</b>	378	66.7	64.4	40 à 66.7
<b>Equivalent nb de bouteilles par référence par jour (hypothèse : ouverture CHR 6j/7)</b>	<b>14,5</b>	<b>2.6</b>	<b>2.5</b>	<b>1.5 à 2.6</b>

Tableau 2 : Références de débit de service des clients de Bibarium et conversions en indicateurs de réutilisations et équivalences bouteilles

#### 2.2.3.4 Conditions de la qualité organoleptique du vin pour les deux solutions d'emballage (équivalence qualitative du service rendu)

Les hypothèses posées au paragraphe précédent 2.2.3.3 impliquent un débit de service équivalent à l'ouverture d'une bouteille d'une référence donnée tous les 2.5 jours. On considère que la qualité organoleptique du vin pendant 2.5 jours est maintenue et identique à celle issue d'un fût ECOFASS® pendant ses 4 mois d'ouverture, et ainsi qu'il n'y a pas de vin en bouteille jeté à cause du débit de service.

On considère par ailleurs que la quantité de sulfites dans le vin en bouteille ou en fût est la même dans cette étude. Ces sulfites permettent de stabiliser le vin et de maintenir ses qualités organoleptiques. L'étanchéité du fût permettrait de réduire la quantité de sulfites présente dans le vin, mais il existe également des solutions proposées par les bouchonniers pour réduire la quantité de sulfites du vin en bouteille, avec des bouchons moins perméables à l'air. Le niveau de réduction maximal de sulfites pour chacune des technologies n'a cependant pas pu être comparé. En l'absence de résultats, on considère

que le vin conditionné contient des quantités « standard » de sulfites, permettant de sécuriser les qualités organoleptiques.

#### 2.2.4 Frontière du système

L'ensemble des étapes du cycle de vie des produits étudiés a été pris en compte, selon un découpage en 6 étapes (cf Figure 7) :

- **Fabrication de la solution d'emballage** : extraction et transport des matières premières, mise en forme, transport des pièces entre sous-traitants et assemblage des pièces.
- **Fabrication du vin** : production des intrants, énergie et équipements nécessaires à la conduite de la vigne et transformation en vin, émissions de polluants à la vigne et au chai.
- **Conditionnement** : transport de l'emballage depuis le fournisseur jusqu'au conditionneur, consommations d'eau et d'énergie.
- **Distribution** : transport de l'emballage depuis le conditionneur jusqu'au consommateur.
- **Service du vin** : cette étape ne concerne que le vin blanc qui doit être réfrigéré pour avoir une température optimale au moment du service. Cela inclue donc des consommations d'énergie et de fluides réfrigérants.
- **Fin de vie** : transport de l'emballage du CHR jusqu'au centre de traitement du déchet, impacts de la fin de vie de l'emballage, prise en compte des déchets d'emballage et effluents vinicoles dus aux pertes de produit lors des étapes de distribution jusqu'au CHR et de stockage (service du vin) en CHR.

Les résultats sont présentés pour deux périmètres différents :

- Le Périmètre 1 ne contient pas les 30 l de vin servi. Il comptabilise uniquement la fabrication, le transport et la fin de vie du vin perdu. Ce Périmètre 1 permet de ne comparer que ce qui est différent entre les deux systèmes d'emballage comparés. **La grande majorité des résultats ont été produits en considérant ce Périmètre 1.**
- Le Périmètre 2 ajoute à ce Périmètre 1 la Fabrication et le transport des 30 l de vin servi aux étapes de Conditionnement et Distribution. Ce Périmètre 2 permet de mettre en perspective les impacts propres au système d'emballage, pour visualiser la part de ces impacts dans les impacts globaux du système {contenant + contenu}. Il n'est mobilisé que pour l'évaluation des scénarios de référence des deux types d'emballage comparés.

Le lavage des verres, dans lesquels le vin est consommé, après consommation n'est pas inclus dans le périmètre car il est considéré identique entre les deux solutions d'emballage.

Les emballages primaires (I) et secondaires (II) ont été inclus dans le périmètre (ex : carton = emballage secondaire pour la solution bouteille verre). La fabrication, le transport et la fin de vie des emballages tertiaires (III) ont été considérés hors-périmètre dans cette étude (ex : palette bois).

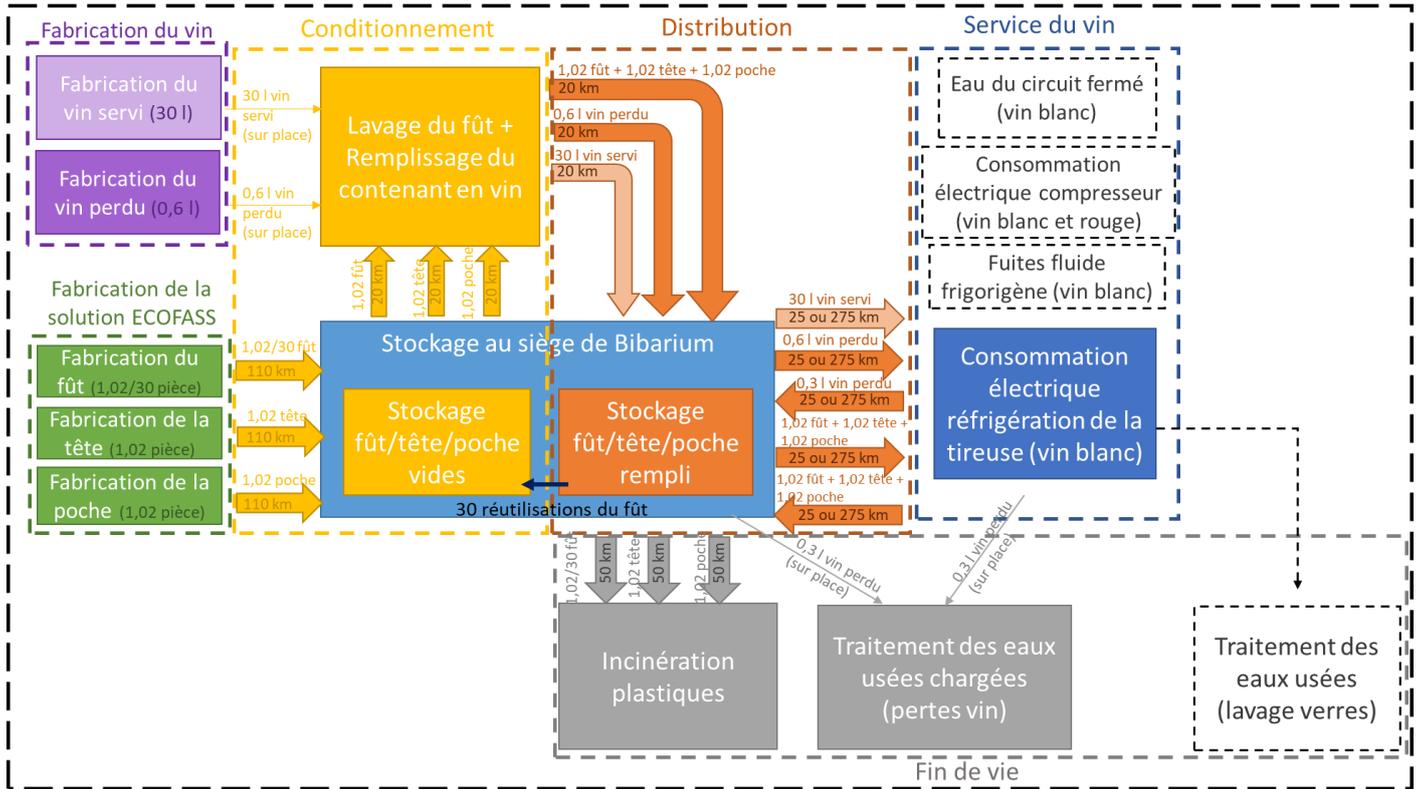
Certains flux associés générés lors du service du vin ont été exclus du périmètre en l'absence de données disponibles (cf 3.2.4 et 3.4.4).

La fabrication et la fin de vie de tous les matériels à longue durée de vie (pompe d'enfûtage, embouteilleuse, tireuse et compresseur, armoires frigorifiques) ont également été négligées car amorties sur de grands volumes de produit.

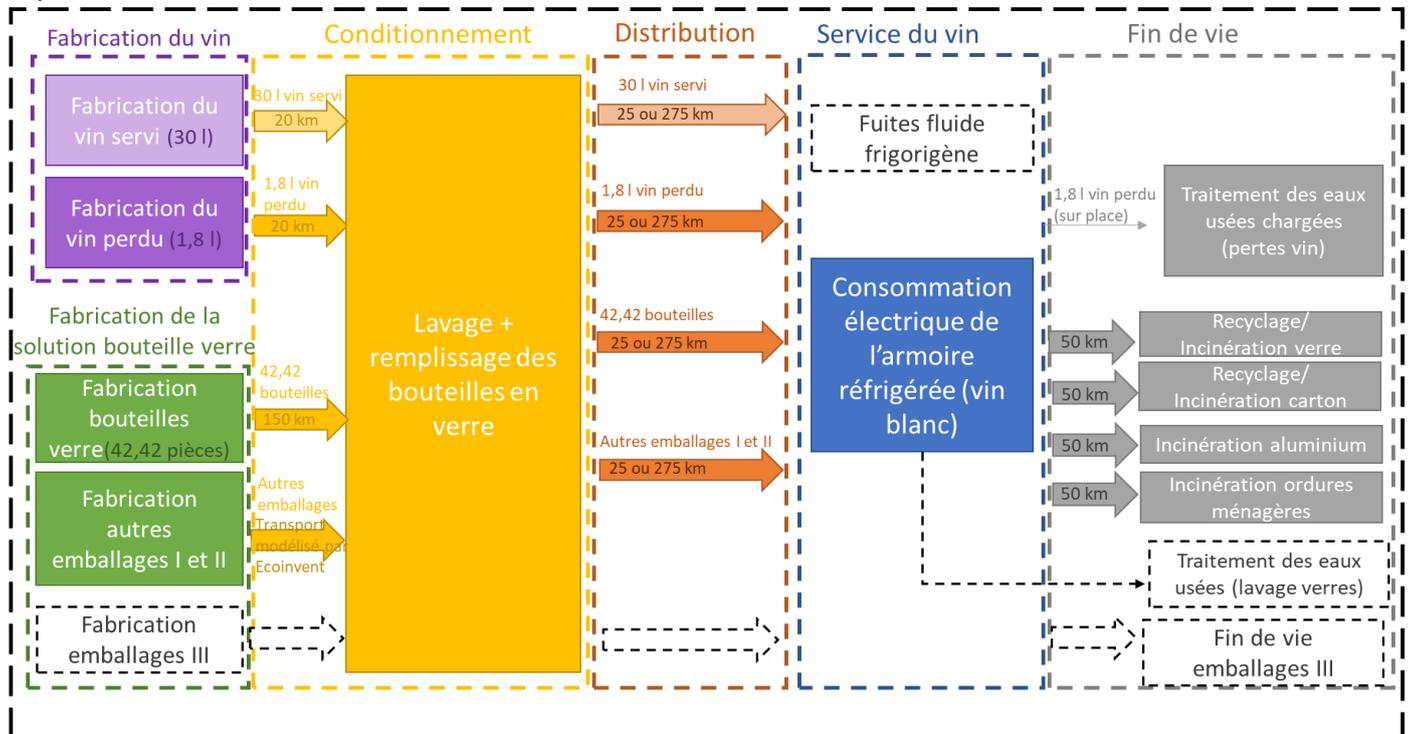


Enfin, l'emprise au sol, qui est un des avantages de la solution ECOFASS® (aux étapes de conditionnement et stockage en CHR), n'a pas été prise en compte car en l'absence de données, on ne peut préjuger du caractère limitant des espaces de stockage en caves vitivinicoles et en CHR.

### Système scénario de référence solution ECOFASS



### Système scénario de référence bouteille verre



#### Légende :

- Processus hors-périmètre
- Cases et flèches en transparence = processus inclus dans le périmètre dans un second temps

Figure 7 : Schémas de présentation des processus intégrés dans le périmètre de l'étude découpage des systèmes en étapes du cycle de vie

### 2.2.5 Méthode d'inventaire et qualité des données

Les données d'inventaire de cycle de vie de la solution de fût ECOFASS® ont pu être collectées de manière très précise en ce qui concerne sa fabrication (données primaires du fabricant CG Industry et de ses sous-traitants) et son remplissage par Bibarium. La logistique a été modélisée à dire d'expert par Bibarium. La consommation électrique due au refroidissement du vin a été estimée à partir du référentiel sectoriel PEFCR<sup>5</sup> Bière, étant donné l'absence de données précises du constructeur de tireuse ou des clients de Bibarium. Le PEFCR Bière a pu être mobilisé car les systèmes de refroidissement des tireuses pour vin fonctionnent de la même manière que pour la bière.

La spécificité de cette étude est de comparer le cycle de vie d'une solution de fût ECOFASS® distribuée par un distributeur particulier et servie par une diversité d'établissements CHR, avec le cycle de vie d'une bouteille en verre distribuée par un distributeur non identifié, également servie par une diversité d'établissements CHR.

Le cycle de vie de la bouteille en verre a donc été modélisé de bout en bout, sans collecte de données primaires, en s'appuyant notamment :

- sur les données collectées dans le cadre du projet ACYDU (Besnier et al, 2016) : masse des emballages primaires et secondaires.
- sur la base de données ACYVIA (Bayart et al, 2016) : consommation d'eau pour l'embouteillage.
- sur les référentiels PEFCR Vin (CEEV, 2018) et PEFCR Bière (The Brewers of Europe, 2018) : respectivement pour la consommation électrique d'une embouteilleuse et celle d'une armoire réfrigérante.

Le PEFCR Bière a été mobilisé pour estimer la consommation électrique d'une armoire réfrigérante de CHR, dans le but d'avoir une source de données homogènes avec celle de la tireuse, bien qu'une référence existe aussi dans le PEFCR Vin.

Des hypothèses communes aux deux solutions d'emballage (distances et types de transport, hypothèses de fin de vie) ont également été reprises du PEFCR Vin.

L'interprétation des résultats doit tenir compte de cette dissymétrie dans la construction des inventaires.

Une synthèse des types de sources de données accompagnée d'une qualification de la qualité des données est présentée dans le Tableau 3 ci-dessous.

---

<sup>5</sup> Product Environmental Footprint Category Rules

Etape du cycle de vie	Système ECOFASS®	Système bouteille verre
<b>Fabrication de l'emballage</b>	Collecte de données primaires Qualité : +++	Inventaire EcolInvent modifié Qualité : ++
<b>Fabrication du vin</b>	Donnée Agribalyse Qualité : +	
<b>Conditionnement</b>	Eau de lavage, électricité : Collecte de données primaires Qualité +++	Electricité embouteillage : donnée PEFCR Vin Qualité +  Eau de lavage : ACYVIA Qualité : ++
<b>Distribution</b>	Type de transport : données primaires Qualité ++	Type de transport et modèle logistique : absence de cas réel Qualité +
<b>Service du vin</b>	Electricité réfrigération tireuse : PEFCR Bière Qualité : +	Electricité réfrigération armoire de bar : PEFCR Bière Qualité : +
<b>Fin de vie</b>	Données EcolInvent Qualité : ++	

Tableau 3 : Estimation qualitative de la qualité des données d'inventaire

### 2.2.6 Catégories d'impact étudiées

La caractérisation permet de convertir l'inventaire (c'est-à-dire l'ensemble des échanges entre la technosphère et l'environnement) en impacts potentiels sur l'environnement selon plusieurs indicateurs environnementaux, correspondant chacun à des catégories d'impacts différentes.

La communauté scientifique ACV a construit au fil des années plusieurs indicateurs pour une même catégorie d'impact, et plusieurs méthodes d'analyse sélectionnant un indicateur par catégorie d'impact parmi ceux existants.

La méthode d'analyse appliquée dans cette étude est la **méthode ILCD 2011 Midpoint +** (version 1.10), recommandée par le Joint Research Center de la Commission Européenne dans le ILCD Handbook – General guide for Life Cycle Assessment (JRC, European Commission, 2011). Il s'agit d'un ensemble de 15 indicateurs midpoint, c'est-à-dire qu'ils renseignent sur des impacts intermédiaires dans la chaîne de causalité des impacts. Pour chaque catégorie d'impact, le ILCD Handbook précise l'indicateur qu'il recommande (dans le cas où au moins un indicateur a été considéré comme robuste et le classe dans des catégories allant de I à III (I étant la meilleure note) en fonction de la validité des méthodes employées pour la caractérisation des impacts. Cette classification est reportée dans le Tableau 4.

Tous les indicateurs de la méthode ILCD sont présentés pour les résultats de la contribution des étapes du cycle de vie pour le scénario de référence de la solution ECOFASS®. Pour les autres résultats, une sélection de 7 indicateurs parmi ces 15 a été faite, pour écarter les indicateurs peu robustes (catégorie III) et retenir les indicateurs les plus pertinents pour une étude centrée sur le conditionnement et la distribution. Cette sélection s'est faite en s'appuyant sur le choix fait dans l'étude ACV de dispositifs de réemploi ou réutilisation d'emballages ménagers en verre (Deloitte DD, 2018). Il s'agit des indicateurs suivants :

- Changement climatique
- Emissions de particules
- Acidification
- Eutrophisation aquatique des eaux douces
- Eutrophisation aquatique marine
- Diminution des ressources en eau
- Diminution des ressources minérales et fossiles.

L'indicateur Changement climatique est notamment un indicateur incontournable et robuste. L'indicateur Diminution des ressources en eau est particulièrement intéressant pour des comparaisons où une étape de lavage des emballages intervient. Enfin, il est important d'étudier la Diminution des ressources minérales et fossiles car pour les deux solutions d'emballage comparées, une utilisation de ces ressources est faite mais avec des problématiques différentes (verre/plastique).

Les résultats sont exprimés en base 100, chaque indicateur ayant une unité et une gamme de variation de valeurs différentes. Ces résultats ne renseignent cependant pas sur la gravité des écarts, mais seulement sur des différences relatives pour chaque indicateur entre les deux solutions d'emballage comparées.

Catégorie d'impact	Indicateur	Unité	Méthode de calcul	Classification ILCD
<b>Changement climatique</b>	Radiative forcing as Global Warming Potential (GWP100)	kg d'équivalent CO <sub>2</sub> (noté kg éqCO <sub>2</sub> )	IPCC 2007	I
<b>Diminution de la couche d'ozone</b>	Ozone Depletion Potential (ODP)	Kg d'équivalent CFC-11	EDIP model based on the ODPs of the World Meteorological Organization (WMO) over an infinite time horizon	I
<b>Ecotoxicité - eaux douces</b>	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)	CTUe	USEtox	II/III
<b>Toxicité humaine - effets cancérigènes</b>	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	CTUh	USEtox	II/III
<b>Toxicité humaine - effets non cancérigènes</b>	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	CTUh	USEtox	II/III
<b>Emissions de particules - effets respiratoires</b>	Intake fraction for fine particles	kg d'équivalent PM <sub>2.5</sub>	RiskPoll	I
<b>Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine</b>	Human exposure efficiency relative to U <sup>235</sup>	kBq d'équivalent U <sup>235</sup>	Human Health effect	II
<b>Formation d'ozone photochimique</b>	Tropospheric ozone concentration increase	kg NMVOC equivalent	LOTOS-EUROS	II
<b>Acidification terrestre et des eaux douces</b>	Accumulated Exceedance (AE)	mol H+ eq	Accumulated Exceedance	II
<b>Eutrophisation terrestre</b>	Accumulated Exceedance (AE)	mol N eq	Accumulated Exceedance	II
<b>Eutrophisation des eaux douces</b>	Fraction of nutrients reaching freshwater end compartment (P)	kg P equivalent	EUTREND	II
<b>Eutrophisation marine</b>	Fraction of nutrients reaching marine end compartment (N)	kg N equivalent	EUTREND	II
<b>Diminution de la ressource en eau</b>	Water use related to local scarcity of water	m <sup>3</sup> water use related to local scarcity of water	Swiss Ecoscarcity model	III
<b>Diminution des ressources minérales et fossiles</b>	Scarcity	kg antimony (Sb) equivalent	CML2002	II
<b>Utilisation des terres</b>	Soil Organic Matter	kg C (deficit)	Soil Organic Matter (SOM)	III

Tableau 4 : Catégories d'impact midpoint et indicateurs recommandés par le ILCD Handbook

### 2.2.7 Type de revue critique

Les objectifs de l'ACV définis par les partenaires étant pour partie de communiquer des affirmations comparatives (cf §2.1.2), l'étude a été soumise à une revue critique réalisée par un comité des parties intéressées, comme demandé dans le cadre de la série des normes ISO 14040 (AFNOR, 2006).

Les méthodes, données, interprétations des résultats et la transparence du présent rapport ont été évalués en fin de projet sur la base d'une première version du rapport ACV. Des commentaires ont été émis par le comité de revue critique et pris en compte dans une seconde version du rapport ACV (livrable WP 5) qui a été validé par le comité dans un rapport de revue critique.

Le comité de revue critique réunit des experts externes et indépendants, reconnus pour leur compétence en ACV et leur connaissance du secteur étudié. Il est composé de :

- Antoine Besnier et Fabrice Bosque, de l'ITERG (Institut des Corps Gras et produits apparentés), spécialistes en ACV, qui ont **présidé cette revue critique**.
- Laura Farrant, spécialiste en ACV, et David Allain, spécialiste des emballages, du CTCPA (Centre Technique de la Conservation des Produits Agricoles),.

Le rapport de revue critique constitue l'Annexe 5 du présent rapport.

## 3 Inventaire de cycle de vie des solutions ECOFASS® et bouteille verre

### 3.1 Hypothèses communes aux deux solutions d'emballage

#### 3.1.1 Fabrication du vin

Les impacts associés à la fabrication du vin n'étant pas le cœur de l'étude, ceux-ci ont été approchés en modifiant l'inventaire « Red Wine; from grape, in an individual cellar, packaged; French production, at plant; 1 L of red wine (PDi) », de la base de données ACYVIA (reprise dans AGRIBALYSE 3.0). En effet, cet inventaire comprend les flux d'énergie et de matière pour le processus embouteillage avec un emballage verre. Le processus « Bottling » a donc été supprimé de l'inventaire pour ne pas faire de double-comptage.

Il faut noter que cet inventaire est utilisé dans une première approche, car il a été bâti à partir de données de caves vitivinicoles françaises et non suisse, et sur des données de régions viticoles françaises (provenant à 96,6% de Languedoc-Roussillon et 3,4% de Beaujolais). Il existe un inventaire similaire pour le vin blanc, mais avec le même proxy de raisin de cuve rouge, donc l'inventaire « vin rouge » a été utilisé dans cette étude même pour le vin blanc.

De plus, les inventaires de production de raisin de cuve Languedoc-Roussillon et Beaujolais mobilisés dans cet inventaire vin rouge ont également été modifiés pour ne pas comptabiliser l'absorption de CO<sub>2</sub> par la plante (CO<sub>2</sub> biogénique).

### 3.1.2 Type d'électricité

On considère pour tous les inventaires de cycle de vie que l'électricité consommée par les industriels de fabrication de pièces, par les opérateurs de conditionnement et les établissements CHR est du « low voltage ». Certaines usines sont parfois raccordées à du « medium voltage », mais cela peu fréquent.

### 3.1.3 Flux associés au fonctionnement des locaux

Pour toutes les étapes du cycle de vie (et notamment le stockage du vin conditionné avant distribution et avant service), ces flux ont été négligés, car aucune référence pour le scénario bouteille n'a été trouvée (le PEFCR Vin n'en fait pas mention), et il est difficile pour la solution ECOFASS® d'évaluer ces flux par unité fonctionnelle, ie le nombre d'entrées-sorties des fûts. Ces flux ne seraient composés que de consommation électrique pour l'éclairage néon et les transpalettes électriques.

Pour l'étape de service du vin en CHR, ces flux n'ont pas été intégrés aux inventaires car considérés identiques dans les deux scénarios.

### 3.1.4 Transports

Pour chacune des deux solutions d'emballage, on considère :

- le même type de transport entre le conditionneur et l'établissement CHR, à savoir un véhicule léger commercial, que ce soit pour le scénario « livraison à Genève » ou « livraison à Zurich ».
- les mêmes distances parcourues pour les étapes de distribution et de fin de vie, à savoir : 25 km entre le conditionneur et l'établissement CHR pour un scénario « livraison à Genève » ou 275 km pour un scénario « livraison à Zurich », et 50 km entre l'établissement CHR et le centre de traitement des déchets (recyclage ou incinération).

Un scénario logistique de transport en vrac du vin à Zurich puis livraison en véhicule léger dans un rayon de 25 km avait été proposé par les partenaires du projet. Ce scénario n'a finalement pas été étudié ici, car ne prenant pas en compte les impacts du transport du vin servi, ce scénario diffère peu du scénario « livraison à Zurich » avec enfûtage à Genève.

### 3.1.5 Fabrication et fin de vie des emballages

Dans un premier paragraphe est présenté la méthodologie employée pour tenir compte de la double fonctionnalité du recyclage (mode de traitement des déchets et mode de production de matière première de recyclage) et des émissions évitées par la récupération d'électricité et de chaleur lors de l'incinération.

Puis des focus sont fait sur les deux processus de fin de vie les plus importants de l'étude : le traitement du verre pour l'étude comparative ECOFASS®/bouteille verre, et le traitement du plastique pour l'écoconception du fût, de la poche et de la tête.

#### 3.1.5.1 Formule circulaire

La méthode utilisée pour prendre en compte les bénéfices du recyclage est la méthode préconisée par la Commission Européenne pour le traitement de la multifonctionnalité dans les situations de fin de vie dans le PEF Guidance version 6.3 (Commission Européenne, 2018). Cette méthode, appelée « formule circulaire », consiste, lorsqu'il y a un recyclage du matériau considéré, à répartir les impacts et les bénéfices du recyclage entre le producteur qui utilise des matières recyclées et le producteur qui fabrique un produit recyclé en fin de vie.

La formule pour l'inventaire de la fabrication du matériau est la suivante :

$$ICV_{Fabrication} = (1 - R_1) \times E_v + R_1 \times (A \times E_{recyclé} + (1 - A) \times E_v \times \frac{Q_s \text{ in}}{Q_p})$$

**Avec :**

**A :** allocation des charges et crédits du recyclage entre le fournisseur et l'utilisateur de matériaux recyclés, en tenant compte des réalités du marché (A = 0,2 : faible offre en matériaux recyclables et forte demande ; A = 0,5 : équilibre entre l'offre et la demande)

**R1 :** taux d'incorporation de matière recyclée dans le produit

**E<sub>v</sub> :** inventaire pour la production de la matière vierge

**E<sub>recyclé</sub> :** inventaire pour la production de la matière recyclée

$\frac{Q_s \text{ in}}{Q_p}$  : Ratio permettant d'évaluer l'écart de qualité entre la matière secondaire recyclée et la matière primaire vierge dans la phase de fabrication

La formule pour l'inventaire de la fin de vie du matériau utilisé est la suivante :

$$ICV_{Fin \text{ de } vie} = ICV_{Recyclage} + ICV_{Incineration} + ICV_{Enfouissement}$$

**Avec :**

$$ICV_{Recyclage} = (1 - A) \times R_2 \times (E_{recyclage} - E_v^* \times \frac{Q_s \text{ out}}{Q_p})$$

$$ICV_{Incineration} = R_3 \times (E_{ER} - X_{elec} \times E_{elec} - X_{heat} \times E_{heat})$$

$$ICV_{Enfouissement} = (1 - R_2 - R_3) \times E_D$$

**A :** idem que pour la formule de fabrication du matériau

**R<sub>2</sub> :** taux de recyclage en fin de vie du matériau utilisé (%)

**E<sub>recyclage</sub> :** inventaire du recyclage en fin de vie du matériau

**E<sub>v</sub><sup>\*</sup> :** inventaire pour la production de la matière vierge substituée grâce au recyclage en fin de vie

$\frac{Q_s \text{ out}}{Q_p}$  : Ratio permettant d'évaluer l'écart de qualité entre la matière secondaire recyclée et la matière primaire vierge dans la phase de recyclage

**R<sub>3</sub> :** taux d'incinération

**E<sub>ER</sub> :** inventaire pour le processus d'incinération du matériau

**X<sub>elec</sub> et X<sub>heat</sub> :** quantité d'électricité produite au cours de l'incinération avec valorisation énergétique (calculée à partir du pouvoir calorifique de la matière)

**E<sub>elec</sub> et E<sub>heat</sub> :** inventaire de production conventionnelle de l'électricité et de la chaleur (production d'électricité et de chaleur substituée grâce à la valorisation énergétique de l'incinération)

**E<sub>D</sub> :** inventaire pour le processus d'enfouissement du matériau

**Par simplification, on considère ici que :**

$$E_v = E_v^*$$

$$E_{recyclé} = E_{recyclage} = E_r$$

Les inventaires utilisés pour appliquer cette formule sont répertoriés en Annexe 2. Des adaptations spécifiques ont été réalisées pour le verre et sont présentées dans le paragraphe 3.1.5.2 suivant.

**Pour le facteur A**, la Commission Européenne préconise dans le PEF Guidance de prendre :

- A = 0,2 pour le verre et le carton
- A = 0,5 pour les plastiques

**Pour le facteur R<sub>1</sub>**, on considère R<sub>1</sub> = 0 pour tous les matériaux sauf pour le verre (voir 3.1.5.2).

**Pour le facteur R<sub>2</sub>**, deux valeurs sont considérées lorsque le matériau et l'emballage sont recyclables, quel que soit le type (plastique, verre, carton) : 0% ou 99% des déchets d'un type de matière qui part au recyclage. En effet, les résultats sont déjà très bons en terme de taux de recyclage des déchets ménagers suisses (Figure 8)<sup>6</sup>, supérieur à 80% pour tous les types de déchets recyclables. La Suisse est notamment un des meilleurs pays au monde sur le taux de recyclage du verre<sup>7</sup> avec un taux de recyclage de 96% en 2014 (source OFEV).

Dans cette étude, on se trouve dans le cas de déchets industriels concentrés en un seul endroit. Ainsi, si l'établissement CHR recycle le verre, il va probablement le faire pour l'intégralité de son verre. Par ailleurs, dans le cas de la solution de fût ECOFASS®, l'ensemble {tête+poche} retourne au site de stockage de Bibarium avant d'être retiré du fût et jeté. Si la poche ou la tête devenait recyclable, cette logistique favoriserait un taux élevé de recyclage.

C'est pourquoi le taux de recyclage est considéré comme étant quasiment maximal lorsque le matériau et l'emballage sont recyclables, en considérant tout de même que 1% des flux pourraient échapper au recyclage, en l'absence de statistiques nationales sur les déchets industriels suisses. Le caractère recyclable et le R<sub>2</sub> de chaque matériau sont compilés dans le Tableau 10.

**Pour le facteur Q<sub>s in</sub>/Q<sub>p</sub>**, on a considéré un facteur de 1 pour le verre, d'après les préconisations du PEFCR Vin (CEEV, 2018).

**Pour le facteur Q<sub>s out</sub>/Q<sub>p</sub>**, aucune valeur n'est préconisée par le PEFCR Vin. On a considéré les mêmes paramètres que ceux retenus dans l'étude ACV du projet ACYDU (Besnier et al, 2016), à savoir un facteur de 1 pour le verre, 0,85 pour le carton et 0,75 pour le plastique.

Enfin, **seule l'incinération** a été considérée lorsque le recyclage n'est pas possible. C'est en effet le seul procédé d'élimination opéré en Suisse, toujours d'après l'OFEV<sup>8</sup>, qui avance les chiffres suivants : 53 % des déchets ménagers recyclés, et 47% incinérés (chiffres de 2017). Le facteur R3 retenu est donc : 1-R<sub>2</sub>. Les facteurs X<sub>elec</sub> et X<sub>heat</sub> pour chaque type de déchet sont renseignés dans les proxys de fin de vie en Annexe 2.

<sup>6</sup>Graphique à retrouver sur la page internet : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-abfall/abfall--daten--indikatoren-und-karten/abfall--indikatoren/indikator--abfall.pt.html/aHR0cHM6Ly93d3cuaW5kaWthdG9yZW4uYWRtaW4uY2gvUHVibG/ljL0FibURldGFpbD9pbmQ9QUlwMzEmbG5nPWZyJlN1Ymo9Tg%3d%3d.html>

<sup>7</sup>Voir cette infographie : <https://www.swissinfo.ch/fre/economie/a-l-%C3%A9preuve-des-faits- la-suisse-est-elle-la-championne-du-monde-du-recyclage/42433318>

<sup>8</sup> Voir cette infographie : [https://www.eda.admin.ch/content/dam/PRS-Web/bilder/infografiken/fr/7.2.7\\_FR.jpg](https://www.eda.admin.ch/content/dam/PRS-Web/bilder/infografiken/fr/7.2.7_FR.jpg)

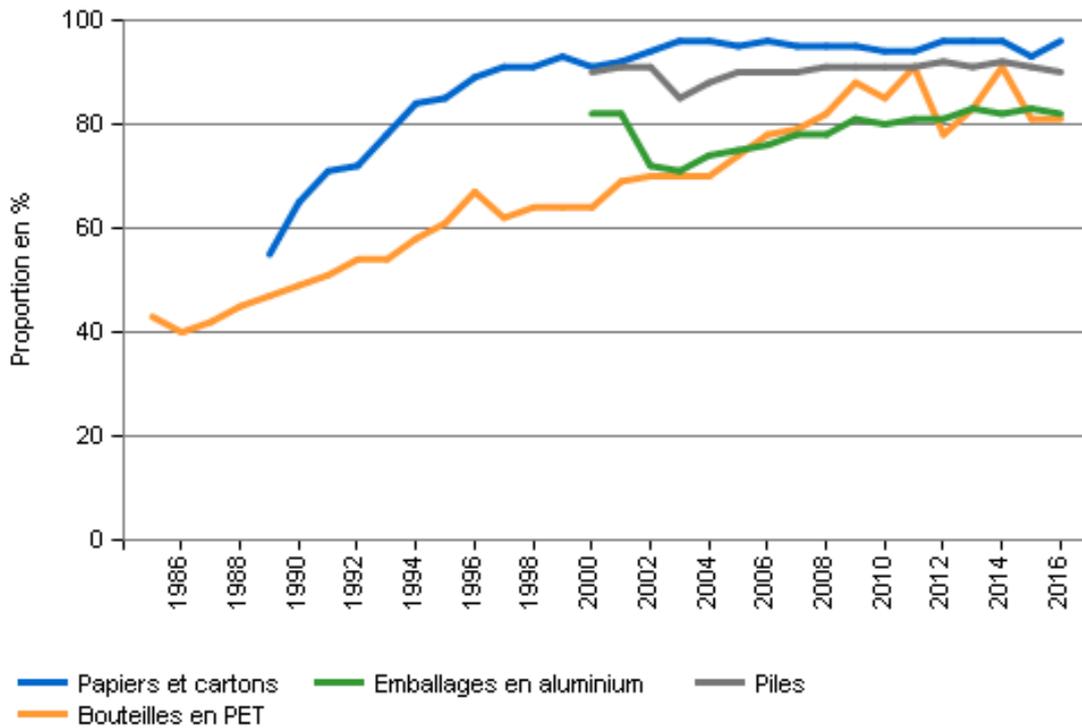


Figure 8 : Taux de recyclage par type de déchet en Suisse (source : OFEV)

Solution d'emballage	Matériau	Recyclable ?	R <sub>2</sub>
Bouteille en verre	Verre	Oui	99 %
	Carton	Oui	99 %
	Papier (Etiquette)	Oui	0 % (emporté dans effluents recyclage bouteilles)
	Aluminium (Capsule)	Oui	0 % (pièce solidaire de la bouteille, peu probable que le serveur ait le temps de retirer la capsule avant recyclage → emporté dans ordures ménagères du recyclage du verre)
	PP/PVC (adhésif)	Non	0 %
	liège	Non (filières très émergentes et d'initiative privée, logistique pas encore organisée)	0 %
Solution ECOFASS <sup>®</sup>	PEHD	Oui, si pièce monomatériau séparée du reste	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 0 % pour le fût non séparé,</li> <li>- 99% pour le fût séparé du reste</li> <li>- 0 % pour bouchon valve (petite pièce fixée à d'autres matériaux)</li> </ul>
	PA	Non	0 %
	PA 30% fibre verre	Non	0 %
	PE	Oui, si pièce monomatériau séparée du reste	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 0 % pour capsule diam.76 du fût non séparé,</li> <li>- 99% pour capsule diam.76 du fût séparé du reste</li> <li>- 0 % pour tresse et embase de la poche alu et la poche EVOH non recyclable</li> <li>- 99% pour tresse et embase de la poche EVOH recyclable</li> <li>- 0 % pour film alu et EVOH multicouche</li> <li>- 99% pour film EVOH monocouche (variante exploratoire)</li> </ul>
	PP	Oui, si pièce monomatériau séparée du reste	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 0 % pour capot valve du fût non séparé,</li> <li>- 99% pour capot valve du fût séparé du reste</li> <li>- 0 % pour support joint de la tête plate non recyclable (contenant du POM)</li> <li>- 99% pour support joint de la tête plate recyclable (tout PP)</li> </ul>
	POM	Non	0 %
	TPE (Santoprène)	Non	0 %
	Inox	Oui, si pièce monomatériau séparée du reste	0 % (visserie solidaire du fût, on considère que Bibarium n'a pas le temps de récupérer la visserie)

Tableau 5 : Recyclabilité et taux de recyclage des matériaux étudiés dans l'ACV comparative solution ECOFASS<sup>®</sup>/bouteille verre

### 3.1.5.2 Application de la formule pour le verre

En appliquant les paramètres fixés au 3.1.5.1 pour le verre, on obtient les deux formules suivantes :

- $ICV_{Fabrication} = (1 - 0,2 R_1) \times E_v + 0,2 R_1 \times E_r$
- $ICV_{Recyclage} = 0,8 \times 0,99 \times (E_r - E_v)$

$E_v$  représente l'inventaire de la production d'un matériau vierge à 100%, c'est-à-dire contenant 0% de calcin (« glasse cullet » en anglais).

$E_r$  représente l'inventaire de la production d'un matériau recyclé à 100%, c'est-à-dire contenant 100% de calcin.

De tels inventaires n'existent pas dans la base de données EcoInvent. Celle-ci contient plusieurs inventaires « Packaging glass, green » pour différentes représentativités géographiques, mais tous contiennent un flux de calcin non nul en entrée :

- Europe hors Suisse et Allemagne (RER w/o CH + DE) : 0,835 kg de calcin pour 1 kg de bouteille
- Rest of World (RoW) : 0,57 kg pour 1 kg de bouteille
- Allemagne (DE) : 0,848 kg pour 1 kg de bouteille
- CH (Suisse) : information non disponible car inventaire non transparent.

Pour modéliser  $E_v$  et  $E_r$ , la méthode d'adaptation d'inventaires d'EcoInvent utilisée dans une étude ACV sur différents dispositifs (BtoC) de réemploi ou réutilisation d'emballages ménagers en verre a été répliquée dans notre étude (Deloitte DD, 2018). Elle consiste à modifier un inventaire « Packaging glass » de EcoInvent pour obtenir deux inventaires : un premier avec 0% de calcin, un second avec 100% de calcin. L'inventaire à modifier qui avait été choisi dans l'étude citée précédemment était *Packaging glass, green {DE} | production | Alloc Rec, U* (version d'EcoInvent antérieure à EcoInvent 3.5).

L'inventaire représentatif de la Suisse n'étant pas transparent (inventaire « Unit » identique à l'inventaire « System »), il n'a pas été possible de repartir de celui-ci dans notre étude. Les résultats d'impacts des inventaires CH et DE sont comparables (Deloitte DD, 2018), donc la modélisation retenue dans la présente étude se base aussi sur l'inventaire *Packaging glass, green {DE} | production | Cut-off, U* (version d'EcoInvent 3.5). Bien qu'il s'agisse d'un inventaire d'une version ultérieure à celui utilisé pour l'étude Deloitte, les quantités de matières premières, de consommation énergétique et les émissions de CO<sub>2</sub>, particules et SO<sub>x</sub> sont les mêmes, excepté pour le fioul lourd (« heavy fuel oil ») qui était à 0,064 kg/kg dans l'inventaire non modifié de l'étude Deloitte, et à 0,0224 kg/kg dans EcoInvent 3.5. La valeur a donc été réajustée dans les inventaires recréés en reprenant un ratio intermédiaire parmi les ratios appliqués aux autres flux d'énergie (1,209 pour l'inventaire 0% de calcin, et 1,06 pour l'inventaire 100% de calcin).

Les types de modifications réalisées sur l'inventaire *Packaging glass, green {DE} | production | Cut-off, U* sont les mêmes que ceux réalisés dans l'étude citée précédemment, à savoir :

- Adaptation du mix énergétique à celui de la Suisse pour tenir compte d'une production du verre vierge et recyclé en Suisse, d'après l'hypothèse posée au 3.4.2 (voir Tableau 10 pour la liste des inventaires modifiés) ;

- Modification des quantités de matières premières afin d'avoir une composition représentative d'un verre vierge avec un taux de calcin de 0% (Tableau 7) et d'un verre recyclé avec un taux de calcin de 100% (Tableau 8). Pour l'inventaire modifié « 0% de calcin », il faut pour cela intégrer le fait qu'une tonne de verre recyclé remplace 1,2 tonne de matières premières nécessaires à la fabrication du verre vierge (Deloitte DD, 2018).
- Modification des consommations d'électricité et autres énergie, ainsi que les émissions de CO<sub>2</sub>, de particules et SOx, en faisant l'hypothèse que ces données évoluent linéairement avec le taux de calcin (Tableau 7 et Tableau 8).
- Contrairement à l'étude Deloitte, les inventaires de transport de l'inventaire « Glass cullet, sorted {GLO} | market for | Cut-off, U » n'ont par contre pas été supprimés, car la formule circulaire utilisée n'est pas une formule de boucle ouverte 0:100.

On reprend également le flux de calcin de l'inventaire *Packaging glass, green {DE} | production | Cut-off, U* pour définir le **facteur R1, c'est-à-dire 82,5 %**, en faisant l'hypothèse que les taux d'incorporation du verre recyclé sont proches pour l'Allemagne et la Suisse.

	Inventaires représentatifs de l'Allemagne mobilisés dans l'inventaire « <i>Packaging glass, green {DE}</i> » d'origine	Inventaires représentatifs de la Suisse (Eco'Invent 3.5) mobilisés dans les inventaires « <i>Packaging glass, green {DE}</i> » modifiés (0% et 100% de calcin)
<b>Electricité</b>	Electricity, medium voltage {DE}   market for   Cut-off, U	Electricity, medium voltage {CH}   market for   Cut-off, U
<b>Gaz naturel</b>	Natural gas, high pressure {DE}   market for   Cut-off, U	Natural gas, high pressure {CH}   market for   Cut-off, U
<b>Diesel</b>	Diesel {Europe without Switzerland}   market for   Cut-off, U	Diesel {CH}   market for   Cut-off, U
<b>Fioul lourd</b>	Heavy fuel oil {Europe without Switzerland}   market for   Cut-off, U	Heavy fuel oil {CH}   market for   Cut-off, U

Tableau 6 : Modifications apportées sur les inventaires de ressources énergétiques mobilisés dans l'inventaire « *Packaging glass, green {DE} | production | Cut-off, U* » pour les inventaires modifiés « 0% de calcin » et « 100% de calcin »

Nom de l'inventaire	Masse (modèle EcoInvent d'origine) (kg)	Pourcentage avec calcin (modèle EcoInvent d'origine) (%)	Pourcentage sans calcin (modèle EcoInvent modifié) (%)	Masse (modèle EcoInvent modifié pour 0% de calcin) (kg)	Commentaire
<b>Matières premières</b>					
Silica sand {GLO}   market for   Cut-off, U	0,0987	9,6 %	55 %	0,6576	
Glass cullet, sorted {GLO}   market for   Cut-off, U	<b>0,848</b>	<b>82,5 %</b>	<b>0 %</b>	<b>0</b>	
Lime {RER}   market for lime   Cut-off, U	0,0199	1,9 %	11 %	0,1326	
Soda ash, light, crystalline, heptahydrate {GLO}   market for   Cut-off, U	0,0305	3,0 %	17 %	0,2032	
Dolomite {RER}   market for dolomite   Cut-off, U	0,0144	1,4 %	8 %	0,0959	
Feldspar {GLO}   market for   Cut-off, U	0,0162	1,6 %	9 %	0,1079	
<b>Total (%)</b>		<b>100 %</b>	<b>100 %</b>		
<b>Total hors calcin</b>		<b>17,5 %</b>	<b>100 %</b>		
<b>Energies</b>					
Electricity, medium voltage {CH}   market for   Cut-off, U	0,159 (kWh/kg)			0,192 (kWh/kg)	
Natural gas, high pressure {CH}   market for   Cut-off, U	0,064 (m <sup>3</sup> /kg)			0,077 (m <sup>3</sup> /kg)	
Diesel {CH}   market for   Cut-off, U	0,00177 (kg/kg)			0,00214 (kg/kg)	
Heavy fuel oil {CH}   market for   Cut-off, U	0,0224 (kg/kg)			0,0271 (kg/kg)	0,0224 x 1,209 = 0,0271
<b>Emissions dans l'air</b>					
Carbon dioxide, fossil	0,2386 (kg/kg)			0,33708 (kg/kg)	
Sulfur dioxide	0,00070 (kg/kg)			0,00080 (kg/kg)	
Particulates, > 10 µm	7,78E-06 (kg/kg)			8,85E-06 (kg/kg)	

Tableau 7 : Modifications apportées sur les quantités de flux dans l'inventaire « Packaging glass, green {DE} | production | Cut-off, U » pour l'inventaire modifié « 0% de calcin »

Nom de l'inventaire	Masse (modèle EcoInvent d'origine) (kg)	Pourcentage avec calcin (modèle EcoInvent d'origine) (%)	Pourcentage 100% de calcin (modèle EcoInvent modifié) (%)	Masse (modèle EcoInvent modifié pour 100% de calcin) (kg)	Commentaire
<b>Matières premières</b>					
Silica sand {GLO}  market for   Cut-off, U	0,0987	9,6 %	0 %	0	
Glass cullet, sorted {GLO}  market for   Cut-off, U	<b>0,848</b>	<b>82,5 %</b>	<b>100 %</b>	<b>1,0277</b>	
Lime {RER}  market for lime   Cut-off, U	0,0199	1,9 %	0 %	0	
Soda ash, light, crystalline, heptahydrate {GLO}  market for   Cut-off, U	0,0305	3,0 %	0 %	0	
Dolomite {RER}  market for dolomite   Cut-off, U	0,0144	1,4 %	0 %	0	
Feldspar {GLO}  market for   Cut-off, U	0,0162	1,6 %	0 %	0	
Total (%)		100 %	100 %		
Total hors calcin		17,5 %	0 %		
<b>Energies</b>					
Electricity, medium voltage {CH}  market for   Cut-off, U	0,159 (kWh/kg)			0,150	
Natural gas, high pressure {CH}  market for   Cut-off, U	0,064 (m <sup>3</sup> /kg)			0,06057	
Diesel {CH}  market for   Cut-off, U	0,00177 (kg/kg)			0,00167	
Heavy fuel oil {CH}  market for   Cut-off, U	0,0224 (kg/kg)			0,0237	0,0224 x 1,06 = 0,0237
<b>Emissions dans l'air</b>					
Carbon dioxide, fossil	0,2386 (kg/kg)			0,20311 (kg/kg)	
Sulfur dioxide	0,00070 (kg/kg)			0,00080679 (kg/kg)	
Particules, > 10 µm	7,78E-06 (kg/kg)			7,52E-06 (kg/kg)	

Tableau 8 : Modifications apportées sur les quantités de flux dans l'inventaire « Packaging glass, green {DE} | production | Cut-off, U » pour l'inventaire modifié « 100% de calcin »

### 3.1.5.3 Application de la formule pour le plastique

En appliquant les paramètres fixés au 3.1.5.1 pour le plastique, on obtient les deux formules suivantes :

- $ICV_{Fabrication} = E_v$
- $ICV_{Incineration} = 0,01 \times (E_{ER} - X_{elec} \times E_{elec} - X_{heat} \times E_{heat})$
- Lorsque le matériau est recyclable et recyclé :  $ICV_{Recyclage} = 0,5 \times 0,99 \times (E_{recyclage} - 0,75 E_v)$

$E_v$  est l'inventaire de fabrication du matériau plastique vierge, à adapter selon le type (PP, PA, PEBD,...) : cf Annexe 1.

Etant donné qu'il n'existe pas encore de filière de recyclage à large échelle du PEBD (la grande quantité de plastifiants, dont les phtalates, contenus dans le PEBD rend le recyclage plus compliqué que le PEBD par dénaturation du plastique), il n'existe pas non plus de données d'inventaire sur la production de PEBD recyclé. L'inventaire  $E_{recyclage}$  retenu pour le PEBD (pour la variante poche recyclable) est donc en première approche un inventaire adapté pour le recyclage du PEHD.

L'inventaire  $E_{recyclage}$  retenu pour le PP (pour la variante tête recyclable) est également en première approche l'inventaire adapté pour le recyclage du PEHD.

L'inventaire  $E_{recyclage}$  retenu pour le PEHD (pour la variante enveloppe de fût recyclable) est celui détaillé dans une étude ACV du recyclage en France (RDC Environnement, 2017) réalisée pour le compte de FEDEREC et de l'ADEME (voir Tableau 9). Il s'agit d'un inventaire bâti en faisant la moyenne arithmétique de trois sources de données. Le mix électrique a été adapté au contexte suisse, en faisant l'hypothèse que la production de granulés de PEHD se fait en Suisse.

L'inventaire  $E_{ER}$  retenu pour tous les types de plastiques est « *Disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration/CH S* », qui intègre déjà les bénéfices de la récupération d'électricité et de chaleur ( $X_{elec} = 3,48$  MJ/kg, et  $X_{heat} = 7,03$  MJ/kg).

Pour 1 tonne de granulés produits	Moyenne	Unités	Inventaire de cycle de vie (EcolInvent v2.2 sauf pour électricité)
<b>Matières premières</b>			
PEHD trié	1076	kg	-
Hydroxyde de sodium (100 %)	0,135	kg	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S
Anti-mousses	0,76	kg	Propylene glycol, liquid, at plant/RER S
Charges	0,285	kg	Limestone, milled, packed, at plant/CH S
Détergent	0,32	kg	Soap, at plant/RER S
Détergent alcalin	0,03	kg	Sodium phosphate, at plant/RER S
<b>Consommations d'énergie</b>			
Electricité	640,22	kWh	Electricity, medium voltage {CH}   market for   Cut-off, S
Diesel	0,06	L	Diesel, burned in building machine/GLO S
Gaz naturel	2,56	m <sup>3</sup>	Natural gas, burned in industrial furnace >100kW/RER S
Gaz liquéfié	0,26	l	Propane/ butane, at refinery/CH S
Propane	0,11	l	Propane/ butane, at refinery/CH S
<b>Consommation d'eau</b>			
Eau du réseau	1201,6	l	Tap water, at user/RER S
<b>Emissions dans l'air</b>			
Particules (PM 10)	0,023	kg	-
Particules (PM 2,5)	0,015	kg	-
<b>Emissions dans l'eau</b>			
DBO	0,3	kg	-
DCO	0,0015	kg	-
MES	0,29	kg	-
Matières dissoutes	0,0091	kg	-
<b>Déchets</b>			
Déchets enfouis	65,7	kg	50% : disposal, packaging paper, 13.7% water, to sanitary landfill, CH ; 50% : disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill, CH
Déchets incinérés avec récupération énergétique	13,4		50% : disposal, packaging paper, 13.7% water, to municipal incineration, CH ; 50% : disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH

Tableau 9 : Inventaire de cycle de vie pour la production de granulés PEHD issus du recyclage

### 3.2 Inventaire de cycle de vie de référence pour la solution fût ECOFASS®

Globalement, la construction de l'inventaire de cycle de vie de la solution ECOFASS® s'est faite dans Simapro par étape du cycle de vie, et non par pièce de l'emballage. Ainsi, pour répondre à l'objectif 1 d'écoconception, il sera nécessaire de comparer l'ensemble du cycle de vie pour plusieurs variantes, car de par la construction de la modélisation, on ne peut isoler le cycle de vie de chaque pièce.

Une exception a été faite pour la construction de l'inventaire « Fabrication de la solution ECOFASS® », qui suit une structuration en « boîtes de poupées russes » reflétant les différentes étapes d'assemblage, afin de faciliter la lecture dans Simapro malgré les nombreuses pièces, de faciliter les modifications d'écoconception et d'analyser la contribution relative de chaque pièce aux impacts de l'étape Fabrication.

Comme évoqué au § 1.1, le fabricant CG Industry propose quatre combinaisons pour l'ensemble {tête + poche}. Il a fallu fixer une combinaison pour le scénario de référence.

Bien que les perméabilités des films multicouche alu et EVOH soient proches (cf fiches techniques des films en Annexe 3), les deux types de poche possèdent des propriétés différentes en terme de conservation de la qualité du vin. D'après des tests réalisés dans le cadre des WP 3 et 4 du projet ECOFASS-Vin, les vins conditionnés dans la poche EVOH et poussés à l'air ont vu leur teneur en SO<sub>2</sub> libre très impactée au bout de 1 et 3 mois, cet effet ne s'étant pas retrouvé lorsque le vin était poussé à l'azote (Bach et al, 2019). Le vin blanc de type chasselas conservé en poche EVOH a vu son profil organoleptique très affecté au bout de 6 mois lorsqu'il a été poussé à l'air, mais a pu être protégé lorsque 'il a été poussé à l'azote et conservé à 15°C (effet protecteur de l'azote qui a disparu à 30°C). Les résultats au bout de 6 mois pour le vin rouge n'étaient pas aussi nets.

Le choix se fait donc en fonction des exigences de conservation du produit contenu :

- la poche multicouche aluminium garantit une conservation de la qualité du vin pendant 4 mois, même avec une pousse à l'air, l'aluminium ayant des propriétés de protection vis-à-vis de l'oxydation des vins.
- la poche EVOH présente une perméabilité suffisamment plus faible pour nécessiter, pour un remplissage de vin, soit d'apposer une DLUO<sup>9</sup> sur la poche remplie, soit de pousser à l'azote (2<sup>ème</sup> option pas encore possible car impose que le système n'ait aucune fuite).

C'est pourquoi la poche multicouche aluminium est actuellement utilisée pour le vin par Bibarium, elle nécessite moins de précautions.

Par ailleurs, les clients de Bibarium utilisent uniquement des têtes de soutirage plates. Compte-tenu de ces informations sur les usages actuels, il a été retenu de prendre la **combinaison {tête plate + poche aluminium}** dans le scénario de référence pour la solution ECOFASS®.

---

<sup>9</sup> Date Limite d'Utilisation Optimale

### 3.2.1 Etape Fabrication

L'inventaire de cycle de vie pour les deux sous-unités fonctionnelles « fût » et « ensemble {tête+poche} » a été réalisé grâce à :

- une collecte de données primaires pour les données d'activité, réalisée par CG Industry. Elle a consisté à effectuer des mesures et relevés sur les sites de production et d'assemblage des pièces par CG Industry et ses sous-traitants.
- une recherche d'inventaires de cycle de vie dans la base de données EcolInvent 3.5 pour les données d'arrière-plan.

Les résultats de cette collecte de données et la structuration des inventaires de cycles de vie emboîtés les uns dans les autres sont synthétisés par l'arborescence de la Figure 10 et de la Figure 11. Sur ces schémas, on distingue :

- quatre catégories d'inventaires « matière » (bleu : matières premières ; vert : pièces de base ; orange clair : pièces issues de l'assemblage de pièces de base ; orange foncé : assemblage final du produit) ;
- des inventaires « procédés/énergie » en gris ;
- des inventaires « transport » en beige.

Ces informations sont reprises et complétées par les données d'arrière-plan dans le Tableau 11.

Les transports des matériaux et des pièces fabriquées sont représentés dans les schémas logistiques des Figure 12 et Figure 13 (identiques, l'un étant plus détaillé que l'autre). Ce schéma logistique montre la complexité des flux de pièces entre sous-traitants puis des sous-traitants à CG Industry. Ainsi, pour simplifier les inventaires de cycle de vie, les quantités de transport (exprimées en kg.km) ont été sommées pour toutes les pièces d'une même branche de l'arborescence des Figure 10 et Figure 11.

Par ailleurs, les masses des matériaux de chaque couche du film multicouche aluminium n'étaient pas connues de CG Industry, seule l'épaisseur de chaque couche (voir Figure 9) était connue ainsi que la masse de film totale. Pour calculer la masse de chaque matériau, la surface du film utilisé est d'abord recalculée à partir de la masse totale du film.

$$M_{\text{totale film}} = S_{\text{film}} \times (\rho_{\text{matériau 1}} \times e_{\text{matériau 1}} + \rho_{\text{matériau 2}} \times e_{\text{matériau 2}} + \rho_{\text{matériau 3}} \times e_{\text{matériau 3}} + \rho_{\text{matériau 4}} \times e_{\text{matériau 4}})$$

D'où

$$S_{\text{film}} = \frac{M_{\text{totale film}}}{\rho_{\text{matériau 1}} \times e_{\text{matériau 1}} + \rho_{\text{matériau 2}} \times e_{\text{matériau 2}} + \rho_{\text{matériau 3}} \times e_{\text{matériau 3}} + \rho_{\text{matériau 4}} \times e_{\text{matériau 4}}} = 1,18.10^4 \text{ cm}^2$$

avec :

$$M_{\text{totale film}} = 158 \text{ g}$$

$$\rho_{\text{PEBD}} = 0,92 \text{ g.cm}^{-3} ; \rho_{\text{PA}} = 1,14 \text{ g.cm}^{-3} ; \rho_{\text{alu}} = 2,7 \text{ g.cm}^{-3} ; \rho_{\text{PET}} = 1,36 \text{ g.cm}^{-3} \text{ (entre 1,34 et 1,39)}$$

$$e_{\text{PEBD}} = 80 \text{ } \mu\text{m} ; e_{\text{PA}} = 15 \text{ } \mu\text{m} ; e_{\text{alu}} = 10 \text{ } \mu\text{m} ; e_{\text{PET}} = 12 \text{ } \mu\text{m} \text{ (à noter que 6,6 } \mu\text{m d'adhésif n'ont pas été pris en compte).}$$

Donc

$$m_{PEBD} = S_{film} \times \rho_{PEBD} \times e_{PEBD} = 86,8g$$

$$m_{PA} = S_{film} \times \rho_{PA} \times e_{PA} = 20,2g$$

$$m_{alu} = S_{film} \times \rho_{alu} \times e_{alu} = 31,8g$$

$$m_{PET} = S_{film} \times \rho_{PET} \times e_{PET} = 19,2g$$

Le film multicouche aluminium est schématisé en coupe transversale sur la Figure 9.

Côté produit liquide	
PEBD (d=0,92 – m=86,8 g)	80 µm
PA (d=1,14 – m=20,2 g)	15 µm
Alu (d=2,7 – m=31,8 g)	10 µm
PET (d=1,36 – m=19,2 g)	12 µm
Côté extérieur	

**Figure 9 : Schéma en coupe transversale du film multicouche aluminium**

On notera que l'on ne compte **pas de remplacement de pièce défectueuse**. Cela serait possible pour les poignées et les embases de fût avec la conception actuelle du fût, mais **ce cas de figure n'a encore jamais été rencontré par CG Industry depuis 10 ans**.

Les données d'arrière-plan EcolInvent utilisées pour les matières premières étant des données « market » incluant déjà du transport « moyen » pour une provenance donnée (maille géographique minimale = France), les distances parcourues par les matières premières entre le fournisseur et les sous-traitants de CG Industry n'ont pas été prises en compte dans l'évaluation bien qu'elles aient été renseignées par CG Industry.

Les données d'arrière-plan de mise en forme ne sont pas des données « market » mais « transformation » afin d'utiliser des inventaires plus spécifiques de la zone RER voire FR quand l'inventaire est disponible (pour extrusion), étant donné que les sites de fabrication des pièces sont connus et se situent tous en France.

Les taux de pertes des procédés industriels (extrusion, décoletage,...) et la fin de vie des déchets générés correspondant sont déjà comptabilisées dans les processus EcolInvent correspondant (ex : "injection moulding" permet de faire une pièce de 0.994 kg à partir d'un kg de plastique). Bien qu'inventoriés dans la phase de collecte, ils n'ont donc pas été ajoutés dans les inventaires de cycle de vie pour ne pas faire de double-comptage.

Unité fonctionnelle	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire
<b>Fabrication de l'emballage et du vin perdu pour 30 l de vin servis</b>	Fabrication fût	1,02/30	p		
	Fabrication ensemble {tête plate + poche aluminium}	1,02	p		
	Fabrication vin perdu	0,6	l	45	
<b>Pour Périmètre 2</b>	Fabrication vin servi	+30	l	45	

**Tableau 10 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de fabrication pour le scénario de référence de la solution ECOFASS®**



Figure 10 : Structuration de la modélisation dans Simapro et quantités de flux pour la fabrication du fût

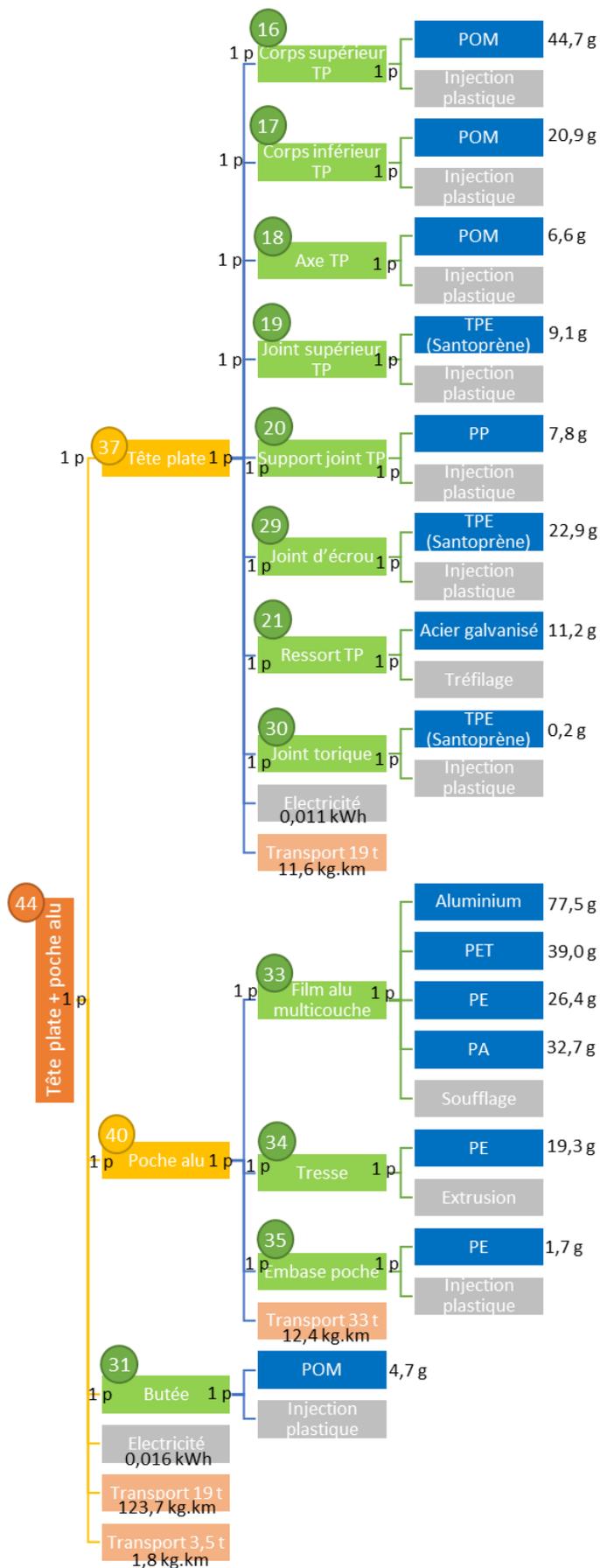


Figure 11 : Structuration de la modélisation dans Simapro et quantités de flux pour la fabrication de l'ensemble {tête plate + poche aluminium}

Identifiant de la pièce sur la Figure 10	Flux de référence	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire
1	1 enveloppe fût 30 l	PEHD	3601	g	1	Inventaire d'extrusion de feuilles plastiques
		Extrusion	3601	g	12	
		Soufflage	3601	g	13	
2	1 poignée	PA	507,6	g	2	
		Injection plastique	507,6	g	14	
3	1 embase fût	PA	472,1	g	2	
		Injection plastique	472,1	g	14	
4	1 bague	PA	416,2	g	2	
		Injection plastique	416,2	g	14	
5	1 écrou plastique	PA 30% FV	93,4	g	3	Injection déjà intégrée dans la donnée d'arrière-plan du matériau
		Injection plastique				
6	1 capsule Ø76	PE	6,4	g	1	
		Injection plastique	6,4	g	14	
7	1 capot valve	PP	3,7	g	4	
		Injection plastique	3,7	g	14	
8	1 vis inox	Inox	4,1	g	6	
		Décolletage	4,1	g	15	
9	1 écrou inox	Inox	2,1	g	6	
		Décolletage	2,1	g	15	
10	1 rondelle inox	Inox	1,0	g	6	
		Décolletage	1,0	g	15	
11	1 bouchon valve	PEHD	3,9	g	1	
		Injection plastique	3,9	g	14	
12	1 piston valve	POM	4,2	g	11	Le POM n'existe plus dans EcoInvent 3.5 : proxy retenu = formaldéhyde <sup>10</sup>
		Injection plastique	4,2	g	14	
13	1 butée valve	POM	6,1	g	11	proxy retenu = formaldéhyde
		Injection plastique	6,1	g	14	
14	1 joint piston + 1 joint bouchon	TPE (Santoprène) <sup>11</sup>	1,3	g	4	EPDM introuvable dans EcoInvent 3.5 donc proxy PP retenu.
		Injection plastique	1,3	g	14	
15	1 ressort valve	Inox	4,0	g	6	
		Tréfilage	4,0	g	16	

**Tableau 11 : Inventaire de cycle de vie de la fabrication des pièces composant le fût et la valve de sécurité**

<sup>10</sup> Le monomère du POM étant le formaldéhyde, c'est cette molécule qui est utilisée comme proxy pour le POM.

<sup>11</sup> Le Santoprène est un thermoplastique élastomère (TPE) formé de deux phases : une phase élastique (EPDM) et une phase thermoplastique (PP) : (source : [http://www.altinelpvc.com/altinelpvc/media/pdf/conta\\_teknik\\_bilgiler\\_fr.pdf](http://www.altinelpvc.com/altinelpvc/media/pdf/conta_teknik_bilgiler_fr.pdf)), Il s'agit plus précisément d'un alliage vulcanisé dynamiquement consistant principalement en des particules de gomme EPDM encapsulées dans une matrice de PP (source : Wikipedia).

Identifiant de la pièce sur la Figure 11	Flux de référence	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire
<b>16</b>	1 corps supérieur tête plate (TP)	POM	44,7	g	11	Le POM n'existe plus dans EcoInvent 3.5 : proxy retenu = formaldéhyde
		Injection plastique	44,7	g	14	
<b>17</b>	1 corps inférieur TP	POM	20,9	g	11	proxy retenu = formaldéhyde
		Injection plastique	20,9	g	14	
<b>18</b>	1 axe TP	POM	6,6	g	11	proxy retenu = formaldéhyde
		Injection plastique	6,6	g	14	
<b>19</b>	1 joint supérieur TP	TPE (Santoprène)	9,1	g	4	EPDM introuvable dans EcoInvent 3.5 donc proxy PP retenu.
		Injection plastique	9,1	g	14	
<b>20</b>	1 support joint TP	PP	7,8	g	4	
		Injection plastique	7,8	g	14	
<b>21</b>	1 ressort TP	Acier galvanisé (acier)	22,9	g	7	
		Acier galvanisé (galvanisation)	4660	mm <sup>2</sup>	17	
		Tréfilage	22,9	g	16	
<b>29</b>	1 joint d'écrou	TPE (Santoprène)	11,2	g	4	proxy retenu = PP
		Injection plastique	11,2	g	14	
<b>30</b>	1 joint torique	TPE (Santoprène)	0,2	g	4	proxy retenu = PP
		Injection plastique	0,2	g	14	
<b>31</b>	1 butée	POM	4,7	g	11	proxy retenu = formaldéhyde
		Injection plastique	4,7	g	14	
<b>32</b>	1 film aluminium multicouche	Feuille d'aluminium	35,4	g	9	Pas d'inventaire contenant la mise en forme trouvé : proxy retenu = aluminium « lingot » ; 10% de pertes matière lors de la fabrication du film
		PET	21,4	g	10	
		PEBD	96,4	g	8	
		PA	22,4	g	2	
		Soufflage	158	g	13	
<b>34</b>	1 tresse	PEBD	19,3	g	8	Inventaire d'extrusion de film plastique
		Extrusion	19,3	g	18	
<b>35</b>	1 embase poche	PEBD	1,7	g	8	
		Injection plastique	1,7	g	14	

Tableau 12 : Inventaire de cycle de vie de la fabrication des pièces composant la tête plate et la poche aluminium

Identifiant de la pièce sur les Figure 10 et Figure 11	Flux de référence	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexe 1 et 2)	Commentaire
<b>36</b>	1 valve de sécurité	Bouchon valve	1	p		
		Piston valve	1	p		
		Joint piston + joint bouchon	1	p		
		Butée valve	1	p		
		Ressort valve	1	p		
		Electricité FR	0,006	kWh	19	Assemblage par presse manuelle + test étanchéité final avec compresseur
		Fourgon 3,5 t	0,2	kg.km	22	
		Poids lourd 19 t	1,9	kg.km	23	
<b>37</b>	1 tête plate	Corps supérieur TP	1	p		
		Corps inférieur TP	1	p		
		Axe TJ TP	1	p		
		Joint supérieur TP	1	p		
		Support joint TP	1	p		
		Ressort TP	1	p		
		Joint d'écrou	1	p		
		Joint torique	1	p		
		Electricité FR	0,011	kWh	19	Assemblage par presse manuelle + test étanchéité final avec compresseur
		Poids lourd 19 t	11,6	kg.km	23	
<b>40</b>	1 poche aluminium de 30 l	Film aluminium multicouche	1	p		
		Tresse	1	p		Assemblage par presse manuelle
		Embase poche	1	P		
		Poids lourd 33 t	12,4	kg.km	24	
<b>41</b>	1 fût de 30 l	Enveloppe fût	1	p		
		Poignée	2	p		
		Embase fût	2	p		
		Bague	1	p		
		Ecrou plastique	1	p		
		Capsule Ø76	1	p		
		Capot valve	1	p		
		Vis inox	8	p		
		Ecrou inox	8	p		
		Rondelle inox	16	p		
		Valve de sécurité	1	p		
		Electricité FR	0,29	kWh	19	Assemblage par presse manuelle + test étanchéité final avec compresseur
		Fourgon 3,5 t	0,11	kg.km	22	
		Poids lourd 19 t	8,0	kg.km	23	
Poids lourd 33 t	98,2	kg.km	24			
<b>44</b>	1 ensemble {TP + poche aluminium} de 30 l	Tête plate				
		Poche aluminium				
		Butée TJ				
		Electricité FR	0,016	kWh	19	Assemblage et pliage manuel + semi-automatique
		Fourgon 3,5 t	1,8	kg.km	22	
		Poids lourd 19 t	123,7	kg.km	23	

Tableau 13 : Inventaire de cycle de vie de l'assemblage des pièces

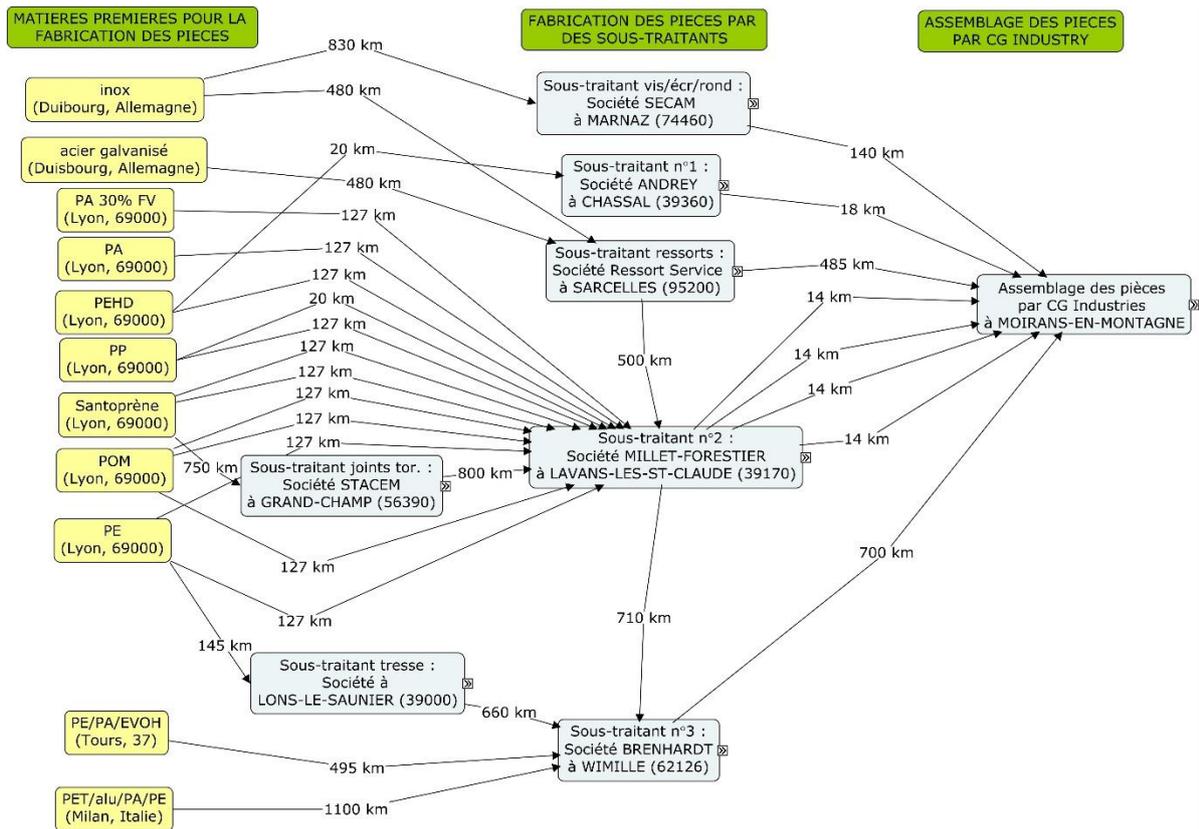


Figure 12 : Schéma des flux de matériaux et pièces fabriquées - affichage des informations sur les sous-traitants uniquement

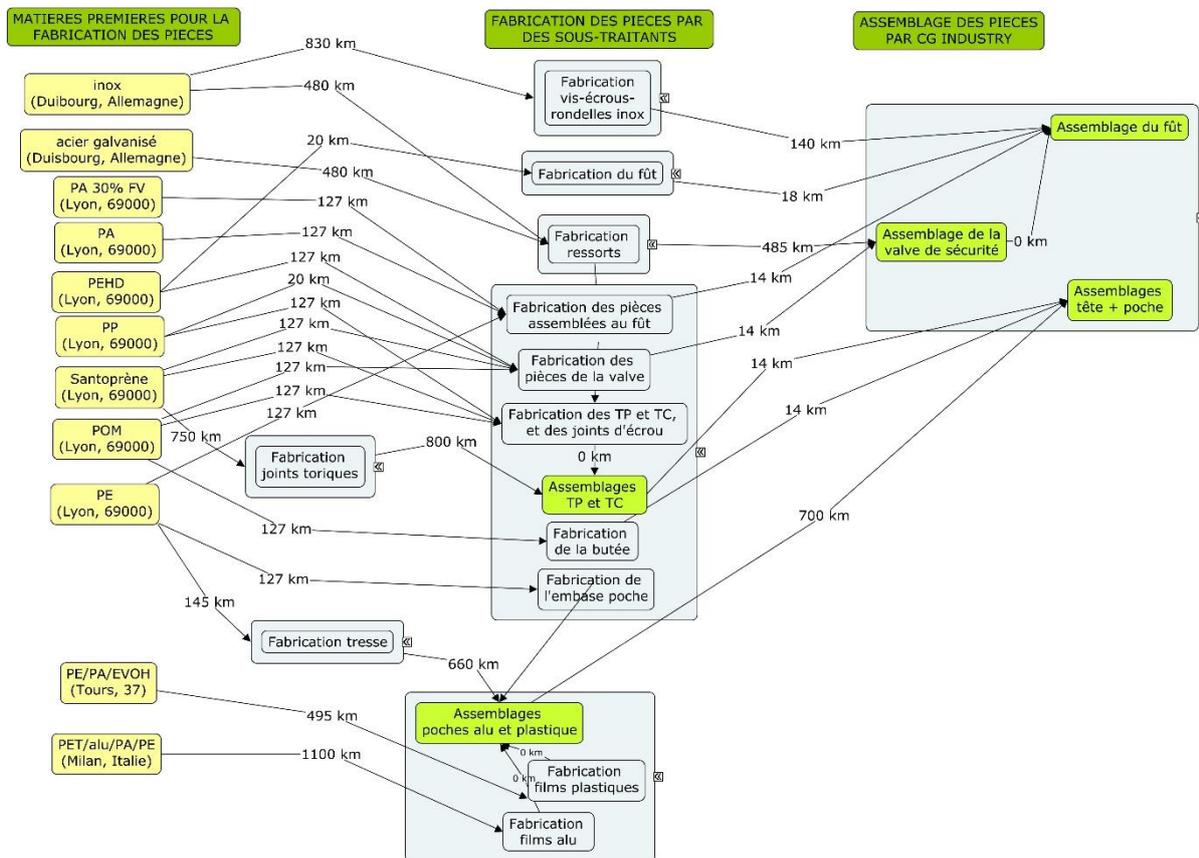


Figure 13 : Schéma des flux de matériaux et pièces fabriquées - affichage des étapes de production

### 3.2.2 Etape Conditionnement

Les données d'activité pour cette étape ont été fournies par Bibarium, à partir de relevé d'information (pompe) et d'estimation (eau de lavage).

Dans cette étape sont inclus le transport de CG Industry à Bibarium (en amortissant la quantité de transport sur le nombre de cycle pour le fût) et le transport de Bibarium au vigneron chez qui Bibarium remplit les fûts à l'aide d'une pompe. Le type de véhicule est un véhicule commercial léger car les distances sont faibles et le nombre de fût ou poches transportées à la fois aussi. Le vigneron se situe dans un rayon de 20 km autour de Genève.

L'eau consommée est assez faible car elle sert uniquement à rincer d'éventuelles gouttes échappées dans le fût afin de pas laisser d'odeur et de toucher collant se développer. Mais le fût et le système de tête+ poche sont conçus pour qu'aucune goutte ne se retrouve dans le fût.

En l'absence d'information sur la concentration des eaux usées en charge polluante, on considère tout de même une charge en DCO (Demande Chimique en Oxygène), dont la valeur a été reprise du projet ACYDU (Besnier et al, 2016).

Unité fonctionnelle	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire
<b>Conditionner 30 l de vin dans un fût ECOFASS de 30 l</b>	Véhicule commercial léger	187,0	kg.km	25	Transport de 1,02/30 de fût et 1,02 ensemble {TP + poche alu} de CG Industry à Bibarium, puis transport de 1,02 fût + 1,02 ensemble {TP+poche alu} de Bibarium au vigneron
	Electricité CH	0,057	kWh	20	Pompe puissance 1,5 kW, débit 800 l/h
	Eau du réseau CH	2,04	kg	21	Eau pour rincer d'éventuelles gouttes échappées dans le fût
	Effluents vinicoles	2,04	l	43	

Tableau 14 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de conditionnement pour le scénario de référence de la solution ECOFASS®

### 3.2.3 Etape Distribution

Lors de l'étape de distribution, Bibarium rapatrie le fût rempli sur son lieu de stockage à Genève, puis livre l'établissement CHR avec un véhicule commercial léger, dans un rayon de 25 km autour de Genève. Le mode de transport utilisé s'explique car Bibarium a encore la taille d'une start-up et livre des volumes ne justifiant pas la livraison par un petit camion, et car les livraisons en CHR se font souvent en centre-ville, donc plus accessibles en véhicule commercial léger.

La donnée d'arrière-plan EcoInvent considère une logistique optimisée, au niveau des kilomètres parcourus et des taux de chargement des véhicules.

En l'absence de données précises sur la logistique de Bibarium, on a considéré un **aller-retour direct** entre le lieu de stockage de Bibarium et l'établissement CHR. En effet, pour un fût livré à l'aller, Bibarium repart avec un fût vide. Il est possible qu'en réalité, la livraison soit optimisée en livrant plusieurs établissements CHR à la fois, avec un camion bien rempli (avec un mix fûts pleins/fûts vides qui évolue au fur et à mesure de la tournée). Les impacts associés à ce transport sont donc sans doute surestimés.

Unité fonctionnelle	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire
<b>Distribuer 30 l de vin dans un fût ECOFASS de 30 l</b>	Véhicule commercial léger	487,5	kg.km	25	Transport de 1,02/30 de fût, de 1,02 ensemble {TP + poche alu} et de 0,6l de vin depuis le lieu d'enfûtage (vigneron) au lieu de stockage de Bibarium, puis de Bibarium au CHR et enfin du CHR à Bibarium
<b>Pour Périmètre 2</b>	Véhicule commercial léger	+1242	kg.km	25	Transport de 30 l de vin

**Tableau 15 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de distribution pour le scénario de référence de la solution ECOFASS®**

### **Flux non pris en compte car données non trouvées :**

Comme évoqué dans la partie 1.1, la solution de fût ECOFASS® permet de réduire largement le volume occupé par le vin emballé, **d'environ 50%** d'après Bibarium. Cependant, il est difficile de prendre en compte ce **gain de volume** dans le transport qui pourrait être significatif dans la réalité, car les données d'arrière-plan EcoInvent sont disponibles pour une unité en kg.km, c'est-à-dire qu'ils considèrent une masse volumique moyenne (non précisée dans les métadonnées) des produits transportés, et sur laquelle on ne peut jouer pour faire valoir la masse volumique beaucoup plus faible du fût par rapport à la bouteille en verre.

### **3.2.4 Etape Service du vin**

Une fois le fût livré en CHR, il est stocké puis branché à un système de tireuse, qui comprend un compresseur, et un système de réfrigération s'il s'agit d'un vin blanc. Le refroidissement du vin se fait au niveau des serpentins immergés dans un bain d'eau glacée.

La génération de cette eau glacée consomme de l'électricité, qui a été estimée à partir de la donnée d'activité proposée par le **PEFCR Bière** (The Brewers of Europe, 2018) : **33,6 kWh/hl**. Il s'agit d'une donnée moyenne qui ne dépend pas du débit de service. L'acquisition de donnée primaire pour cette grandeur n'a pas pu être possible pendant le projet.

Le système de génération de l'eau glacée utilise également un fluide frigorigène, mais les pertes de celui-ci ne sont pas connues. Il n'existe pas de référence à ce sujet dans le PEFCR Bière.

L'eau contenue dans le refroidisseur est en circuit fermé : le volume d'eau consommé initialement puis traité comme eau usée a été négligé.

Quelle que soit la température de service, il faut également un compresseur d'air ou d'azote fonctionnant à l'électricité pour pousser le liquide jusqu'au bec de tireuse. Cette consommation d'électricité n'a pu être intégrée à l'inventaire par manque de donnée, soit primaire, soit dans les référentiels sectoriels type PEFCR.

**Finalement, l'étape de service se limite à la consommation d'électricité du système de réfrigération pour le vin blanc.**

Unité fonctionnelle	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire
Servir au verre 30 l de vin contenus dans un fût ECOFASS® de 30 l	Electricité CH	0,1	kWh	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Refroidissement du système de tireuse par serpentins réfrigérés dans de l'eau glacée</li> <li>- Uniquement pour vin blanc</li> <li>- 33,6 kWh/hl réfrigérés (PEFCR Bière)</li> </ul>

Tableau 16 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de service du vin pour le scénario de référence de la solution ECOFASS®

**Flux non pris en compte car données non trouvées :**

- Eau contenue dans le refroidisseur
- Electricité consommée par le compresseur
- Fuites de fluide frigorigène du système de génération de l'eau glacée.

### 3.2.5 Etape Fin de vie

Actuellement, les ensembles {tête+poche} sont jetés, c'est-à-dire incinérés selon l'hypothèse du facteur de fin de vie R<sub>2</sub> en Suisse exposée au §3.1.5. En effet, même si on peut imaginer séparer la tête de la poche avant envoi vers des filières de traitement des déchets, ces deux parties sont de toute façon multi-matériaux donc non-recyclables. De plus, le POM composant majoritairement les têtes est un plastique non recyclable, de même que la poche aluminium n'est pas recyclable car les 4 couches du film alu sont inséparables (même problème que les poches de caisse-oute ou de gourde de compote par exemple).

En ce qui concerne le fût, le cas de fin de vie ne s'est encore pas présenté, mais bien que l'enveloppe soit composée en majorité de PEHD (plastique recyclable), il est multi-matériaux de par les autres pièces fixées dessus, notamment PA et inox. De plus, le PA est un plastique non recyclable, sauf dans des filières industrielles très particulières telles que l'industrie automobile. La possibilité que Bibarium puisse s'insérer dans ce type de filière en place est très incertaine.

Au niveau des proxys de fin de vie retenus pour chaque pièce, on a affecté un proxy différent pour la poche alu en considérant le proxy d'incinération de l'aluminium (sans récupération d'énergie). En effet, la poche est constituée majoritairement du film multicouche, dont 20% de sa masse est de l'aluminium, tandis que la tête et le fût sont constitués en très grande majorité de plastique.

Les impacts du transport du fût vers un centre de traitement et les impacts de son traitement ont été amortis sur le nombre de cycles de réutilisation.

Concernant les pertes de vin, on considère deux types de pertes :

- Dans le système de tireuse : on estime qu'au débranchement du fût, il reste **3 dl de vin dans les tuyaux** entre le fût et la tireuse. Ce volume de vin ne sera pas servi au consommateur et sera considéré comme perdu.
- Dans le fût : on considère également des pertes liées à des aspects organisationnels, notamment au besoin de privilégier le changement de fût en-dehors des heures d'ouverture du CHR, afin de ne pas être pris de cours en journée lorsque le fût est vide. D'après l'unité fonctionnelle retenue, il est servi en moyenne 3 verres (= 3 dl) de vin d'une référence donnée

par jour. Le serveur doit s'assurer en sous-pesant (pas possible d'extraire la poche facilement pour visualiser le volume) qu'il reste au moins 3 verres pour le lendemain. On estime donc qu'il change le fût alors qu'il reste **l'équivalent de 3 verres dans le fût**, car il est difficile en sous-pesant de différencier la masse de 2 dl et 3 dl. Cette hypothèse est assez forte et n'est sans doute pas représentative de tous les établissements CHR suisse, certains prendront peut-être le temps de changer le fût en cours de journée systématiquement.

Le volume de pertes de vin considéré est donc de 6 dl pour 30 l de vin servi, soit 2% de pertes. Le traitement des eaux usées chargées pour ce vin perdu est pris en compte dans l'étape de Fin de vie, après retour du fût et de l'ensemble {tête + poche} sur le lieu de stockage de Bibarium (transport retour de cette masse de vin prise en compte dans l'étape de Distribution), et extraction + vidage de la poche par Bibarium.

Unité fonctionnelle	Pièce/Elément	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2))	Commentaire
<b>Fin de vie de l'emballage et du vin perdu pour 30 l de vin servis</b>	Fût	Incinération déchets plastiques	(6,081*1,02)/30	kg	34	100% incinération de déchets plastiques
		Incinération déchets aluminium	(0,0112*1,02)/30	Kg	41	11,2 g de visserie et ressort en métal
	Tête plate	Incinération déchets plastiques	0,122*1,02	kg	34	100% incinération de déchets plastiques
	Poche alu	Incinération déchets aluminium	0,177*1,02	kg	41	100% incinération de déchets aluminium
	Vin perdu	Effluents vinicoles	0,6	l	43	
		Poids lourd 19 t		25,6	kg.km	23

Tableau 17 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de fin de vie pour le scénario de référence de la solution ECOFASS®

### 3.3 Inventaire de cycle de vie pour les pistes d'écoconception évaluées (Objectif 1)

Les pistes d'écoconception testées ont été définies en concertation avec les partenaires du projet ECOFASS-Vin, sur la base des premiers résultats d'ACV et des possibilités techniques envisagées par CG Industry. Bien que la tête ne soit pas la plus contributrice aux impacts totaux (cf résultats aux §4.1.1.1), c'est sur cette pièce qu'ont porté la majorité des pistes testées, car plus de possibilités techniques existent.

#### 3.3.1 Variante existante : poche EVOH jetable

Comme évoqué en introduction de cette partie 3, la poche EVOH présente une certaine perméabilité qui nécessiterait soit d'apposer une DLUO sur la poche remplie, soit de pousser à l'azote (2<sup>ème</sup> option pas encore possible car impose que le système n'ait absolument aucune fuite).

En première approche, cette variante a été évaluée sans gaspillage de vin due à la DLUO (qui reste à établir par des ingénieurs œnologues) et sans intrant « gaz azote » pour la pousse dans le système de tireuse.

On pourrait aussi imaginer que le nombre de cycles augmente (par exemple réduction du nombre de références de vin dans l'établissement CHR pour avoir plus de roulement sur une référence et ne pas perdre de produit). Mais dans ce cas, l'unité fonctionnelle de l'étude devrait être modifiée, car elle est pour l'instant fixée sur un débit de service précis.

Tout comme le film aluminium, le film EVOH de la poche jetable est un film multicouche, mais ne contient pas de fines couches d'adhésif (voir Figure 14).

Pour calculer la masse de chaque matériau, la surface du film utilisé est d'abord recalculée à partir de la masse totale du film, qui est connue.

$$M_{totale\ film} = S_{film} \times (\rho_{matériau\ 1} \times e_{matériau\ 1} + \rho_{matériau\ 2} \times e_{matériau\ 2} + \rho_{matériau\ 3} \times e_{matériau\ 3})$$

D'où

$$S_{film} = \frac{M_{totale\ film}}{\rho_{matériau\ 1} \times e_{matériau\ 1} + \rho_{matériau\ 2} \times e_{matériau\ 2} + \rho_{matériau\ 3} \times e_{matériau\ 3}} = 1,07.10^4\ cm^2$$

avec :

$$M_{totale\ film} = 133\ g$$

$$\rho_{PEBD} = 0,92\ g.cm^{-3} ; \rho_{PA} = 1,14\ g.cm^{-3} ; \rho_{EVOH} = 1,16\ g.cm^{-3}\ (\text{entre } 1,13 \text{ et } 1,19)$$

$$e_{PEBD} = 80\ \mu m ; e_{PA} = 30\ \mu m ; e_{EVOH} = 10\ \mu m$$

Donc

$$m_{PEBD} = S_{film} \times \rho_{PEBD} \times e_{PEBD} = 79,1\ g$$

$$m_{PA} = S_{film} \times \rho_{PA} \times e_{PA} = 36,7\ g$$

$$m_{EVOH} = S_{film} \times \rho_{EVOH} \times e_{EVOH} = 12,5\ g$$

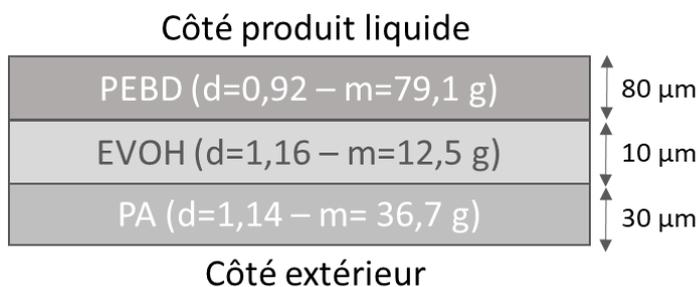


Figure 14 : Schéma en coupe transversale du film multicouche EVOH

Unité fonctionnelle scénario	Etape du cycle de vie	Flux de référence	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire	
<b>Conditionner, distribuer et servir en CHR 30 litres de vin</b>	Fabrication	1 film plastique multicouche EVOH	PEBD	89,9	g	8	12% de pertes matière lors de la fabrication du film	
			PA	41,8	g	2		
			EVOH	14,2	g	27		
			Soufflage	133	g	13		Au lieu de 158 pour poche alu
		1 tresse	<i>Idem poche aluminium</i>					
		1 embase poche	<i>Idem poche aluminium</i>					
		1 poche EVOH jetable	Film plastique multicouche EVOH	1	p			
			Tresse	1	p			
			Embase poche	1	p			
			Electricité	<i>Idem poche aluminium</i>				
			Poids lourd 33 t	<i>Idem poche aluminium</i>				
		1 ensemble {tête plate + poche EVOH}	Tête plate	<i>Idem scénario de référence</i>				
	Poche EVOH jetable		1	p				
	Butée		<i>Idem scénario de référence</i>					
	Electricité		<i>Idem scénario de référence</i>					
	Fourgon 3,5 t		<i>Idem scénario de référence</i>					
	Poids lourd 19 t		106,2	kg.km			Au lieu de 123,7 pour poche alu	
	1 fût	<i>Idem scénario de référence</i>						
	Fabrication de 1,02 ensemble {tête plate + poche EVOH} et de 1,02/30 fût	Ensemble {tête plate + poche EVOH}	1,02	p				
		Fût	1,02/30	p				
	Fabrication vin perdu	<i>Idem scénario de référence</i>						
	Conditionnement	Véhicule léger commercial	183,9	kg.km			Au lieu de 187 pour scénario de référence	
		Eau, électricité	<i>Idem scénario de référence</i>					
Distribution	Véhicule léger commercial	485,7	kg.km			Au lieu de 487,5 pour		

						scénario de référence
Service du vin	<i>Idem scénario de référence</i>					
	1,02/30 fût	<i>Idem scénario de référence</i>				
	1,02 tête plate	<i>Idem scénario de référence</i>				
Fin de vie	1,02 poche plastique jetable	Incinération déchets plastiques	0,155	kg	34	Au lieu de 0,180 et incinération ordures ménagères pour scénario de référence
		Effluents vinicoles	<i>Idem scénario de référence</i>			
		Poids lourd 19t	24,3	kg.km	23	Au lieu de 25,6 pour scénario de référence

**Tableau 18 : Inventaire de cycle de vie pour la variante "Poche EVOH jetable"**

### 3.3.2 Variante exploratoire : poche EVOH recyclable

Cette variante a été évaluée dans un **but prospectif**. En effet, les poches EVOH pourraient devenir recyclables à moyen/long terme, tout du moins en France, selon des conditions bien précises fournies par l'éco-organisme français CITEO : l'emballage doit être un monomatériau (poche monocouche en PEBD ou PP) qui contiendrait une part très faible d'EVOH. Cette part n'est pas préconisée à l'échelle d'un emballage en particulier, mais à l'échelle de tous les emballages monomatériau en PE pouvant contenir de l'EVOH : ce taux doit être maximum de 5% à l'échelle d'une balle (lot d'emballages en sortie de centre de tri) à recycler. A titre indicatif, le taux massique d'EVOH dans le film multicouche utilisé dans la poche EVOH du fût ECOFASS® actuellement commercialisée est de 9,4 % (12,5/133), et rempli une fonction « barrière ». Le passage de la poche en monomatériau nécessiterait aussi de compenser la fonction « résistance » remplie par le PA de la poche multicouche.

En sus de toutes les conditions citées précédemment, il faut également considérer une séparation manuelle de la tête et de la poche avant recyclage de la poche (travail supplémentaire pour le distributeur Bibarium qui concentrerait le gisement à recycler).

Pour la modélisation, la composition du film EVOH a été modifiée, sans changer son épaisseur totale (120 µm) ni sa surface (**hypothèses de travail**). Le PA a été retiré, et les masses d'EVOH et de PEBD ont été modifiées pour obtenir une équivalence de 5 µm de EVOH et 115 µm de PEBD s'il s'agissait d'un film multicouche. En appliquant les mêmes formules qu'au 3.3.1, on obtient :

$$m_{PEBD} = S_{film} \times \rho_{PEBD} \times e_{PEBD} = 117,4 \text{ g}$$

$$m_{EVOH} = S_{film} \times \rho_{EVOH} \times e_{EVOH} = 6,4 \text{ g}$$

Cela revient à modéliser un taux massique d'EVOH de 5,2% sur l'ensemble du film monocouche PEBD/EVOH, ce qui est compatible avec les orientations données par CITEO.

Le film monocouche ainsi modélisé est schématisé en coupe transversale en Figure 15.

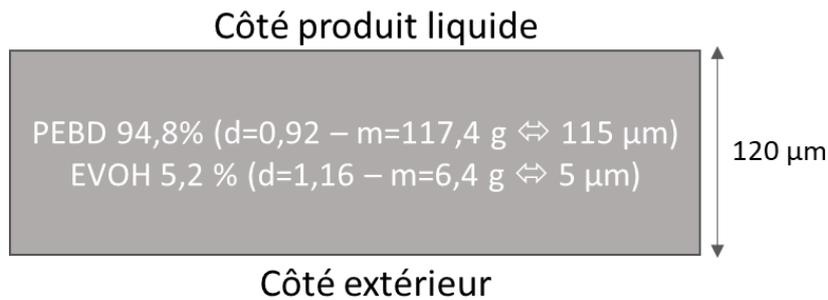


Figure 15 : Schéma en coupe transversale du film monocouche EVOH

Unité fonctionnelle scénario	Etape du cycle de vie	Flux de référence	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire		
<b>Conditionner, distribuer et servir en CHR 30 litres de vin</b>	Fabrication	1 film plastique monocouche EVOH	PEBD	133	g	8	12% de pertes matière lors de la fabrication du film		
			EVOH	7,27	g	27			
			Soufflage	123,9	g	13		Au lieu de 133 pour poche EVOH jetable	
		1 tresse	<i>Idem poche aluminium</i>						
		1 embase poche	<i>Idem poche aluminium</i>						
		1 poche EVOH recyclable	Film plastique monocouche EVOH	1	p				
			Tresse	1	p				
			Embase poche	1	p				
			Electricité	<i>Idem poche aluminium</i>					
			Poids lourd 33 t	<i>Idem poche aluminium</i>					
	Tête plate		<i>Idem scénario de référence</i>						
	Poche EVOH		1	p					
	1 ensemble {tête plate + poche EVOH recyclable}	Butée	<i>Idem scénario de référence</i>						
		Electricité	<i>Idem scénario de référence</i>						
		Fourgon 3,5 t	<i>Idem scénario de référence</i>						
		Poids lourd 19 t	105	kg.km			Au lieu de 106,2 pour poche plastique jetable		
	1fût	<i>Idem scénario de référence</i>							

	Fabrication de 1,02 ensemble {tête plate + poche EVOH recyclable}	Ensemble {tête plate + poche EVOH recyclable}	1,02	p		
	Fabrication de 1,02/30 fût	Fût	1,02	p		
Fabrication vin perdu	<i>Idem scénario de référence</i>					
Conditionnement		Véhicule léger commercial	183,7	kg.km		Au lieu de 183,9 pour poche EVOH jetable
		Eau, électricité	<i>Idem scénario de référence</i>			
Distribution		Véhicule léger commercial	485,7	kg.km		Différence non significative avec scénario poche EVOH jetable
Service du vin	<i>Idem scénario de référence</i>					
	1,02/30 fût	<i>Idem scénario de référence</i>				
	1,02 tête plate	<i>Idem scénario de référence</i>				
Fin de vie	1,02 poche plastique recyclable	Recyclage PEBD / Incinération plastiques	0,153	kg	35/34	Au lieu de 0,177 et incinération déchets aluminium pour scénario de référence. 99% recyclage PEBD et 1 % incinération plastiques
		Effluents vinicoles	<i>Idem scénario de référence</i>			
		Poids lourd 19t	24,15	kg.km	23	Au lieu de 24,3 pour le scénario poche EVOH jetable

**Tableau 19 : Inventaire de cycle de vie pour la variante "Poche EVOH recyclable"**

### 3.3.3 Variante existante : tête creuse

Il existe très peu de différences entre les deux têtes en terme de fabrication (masses légèrement différentes, qui jouent également sur les impacts liés au transport), et aucune différence dans leur utilisation. Cette variante a tout de même été évaluée pour le confirmer, dans la mesure où c'est une alternative déjà commercialisée par CG Industry.

Unité fonctionnelle et scénario	Etape du cycle de vie	Flux de référence	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire	
<b>Conditionner, distribuer et servir en CHR 30 litres de vin</b>	Fabrication emballage	1 corps supérieur TC	POM	55,8	g	11	Le POM n'existe plus dans EcoInvent 3.5 : proxy retenu = formaldéhyde	
			Injection plastique	55,8	g	14		
		1 corps inférieur TC	POM	21,3	g	11	proxy retenu = formaldéhyde	
			Injection plastique	21,3	g	14		
		1 insert joint TC	POM	4,8	g	11	proxy retenu = formaldéhyde	
			Injection plastique	4,8	g	14		
		1 joint supérieur TC	TPE (Santoprène)	7,1	g	4	EPDM introuvable dans EcoInvent 3.5 donc proxy PP retenu.	
			Injection plastique	7,1	g	14		
		1 obturateur TC	POM	0,9	g	11	proxy retenu = PP	
			Injection plastique	0,9	g	14		
		1 ressort intérieur TC	Inox	4,8	g	6		
			Tréfilage	4,8	g	16		
		1 ressort extérieur TC	Acier galvanisé (acier)	20,6	g	7		
			Acier galvanisé (galvanisation)	4022	mm <sup>2</sup>	17		
			Tréfilage	20,6	g	16		
		1 joint d'écrou	<i>Idem tête plate</i>					
		1 joint torique	<i>Idem tête plate</i>					
		1 tête creuse	Corps supérieur TC	1	p			
			Corps inférieur TC	1	p			
			Insert joint	1	p			
Joint supérieur TC	1		p					
Obturateur TC	1		p					

	Ressort intérieur TC	1	p		
	Ressort extérieur TC	1	p		
	Joint d'écrou	1	p		
	Joint torique	1	p		
	Electricité	0,013	kWh		Au lieu de 0,011 pour la tête plate
	Poids lourd 19 t	12,8	kg.km		Au lieu de 11,6 pour la tête plate
	Tête creuse	1	p		
1 ensemble {tête creuse + poche alu}	Poche alu	<i>Idem scénario de référence</i>			
	Butée	<i>Idem scénario de référence</i>			
	Electricité	<i>Idem scénario de référence</i>			
	Fourgon 3,5 t	<i>Idem scénario de référence</i>			
	Poids lourd 19 t	<i>Idem scénario de référence</i>			
	Fourgon 3,5 t	1,81	kg.km		Au lieu de 1,77 pour tête plate
	1 fût	<i>Idem scénario de référence</i>			
Fabrication vin perdu	<i>Idem scénario de référence</i>				
Fabrication de 1,02 ensemble {tête creuse + poche alu} et 1,02/30 fût	Ensemble {tête creuse + poche alu}	1,02	p		
	Fût	1,02/30	p		
Conditionnement	Véhicule léger commercial	187,1	kg.km		Au lieu de 187 pour scénario de référence
	Eau, électricité	<i>Idem scénario de référence</i>			
Distribution	Véhicule léger commercial	487,7	kg.km		Au lieu de 487,7 pour scénario de référence
Service du vin	<i>Idem scénario de référence</i>				
	1/30 fût	<i>Idem scénario de référence</i>			
	1 poche alu	<i>Idem scénario de référence</i>			
Fin de vie	1 tête creuse	Incinération déchets plastiques	0,128	kg	34
		Effluents vinicoles	<i>Idem scénario de référence</i>		
		Poids lourd 19t	25,7	kg.km	23

Tableau 20 : Inventaire de cycle de vie pour la variante "Tête creuse"

### 3.3.4 Variante exploratoire : tête plate lavable

Cette variante exploratoire a été proposée en s’inspirant des premières têtes commercialisées par CG Industry, qui étaient lavables. Des contraintes techniques avaient conduit à les arrêter (notamment sur le risque de contamination microbiologique pour la bière), mais ces contraintes pourraient être réétudiées pour le vin si les résultats d’impacts environnementaux s’avèrent satisfaisants. Un point de vigilance serait à garder en permanence, mais le risque de contamination est moindre pour le vin que pour la bière.

CG Industry a déjà conçu une machine de lavage (de puissance 0,22 kW) permettant de laver 8 têtes à la fois. Cette machine a été testée par Changins pendant le projet. Résultats des tests : une durée de nettoyage de 15 min est nécessaire pour un batch, et 5l d’eau par tête.

D’après CG Industry, la tête plate telle qu’elle existe actuellement pourrait être lavée dans cette machine et fixée sur une nouvelle poche, il n’y a donc pas de modification concernant la fabrication et la masse transportée dans l’inventaire.

De la même manière que pour la réutilisation du fût, il a fallu définir un nombre de cycles réalisés sur toute la durée de vie de la tête lavable. En première approche, l’hypothèse suivante a été posée : **nombre de cycles sur la durée de vie du fût = nombre de cycles sur la durée de vie de la tête = 30**. Cette valeur a été appliquée pour amortir la fabrication de la tête, son transport de CG Industry à Bibarium et son transport de Bibarium au centre de traitement des déchets.

Unité fonctionnelle scénario	Etape du cycle de vie	Flux de référence	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d’arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire
Conditionner, distribuer et servir en CHR 30 litres de vin	Fabrication		Fabrication fût	1,02/30	p		<b>Hypothèse : même nombre de cycles que pour le fût</b>
			Fabrication tête plate	1,02/30	p		
			Fabrication poche alu	1,02	p		
		Fabrication vin perdu	<i>Idem scénario de référence</i>				
	Conditionnement		Véhicule léger commercial	173,0	kg.km	25	Au lieu de 187 pour scénario de référence ; Transport de 1,02/30 de fût, de 1,02/30 tête plate et 1,02 poche alu de CG Industry à Bibarium, puis transport de 1,02 fût + 1,02 ensemble {TP+poche alu} de Bibarium au vigneron

		Electricité CH pour remplissage fût				<i>Idem scénario de référence</i>
		Eau CH pour lavage fût				<i>Idem scénario de référence</i>
		Electricité CH pour lavage tête	0,00701	kWh	20	puissance machine 0,22 kW, durée nettoyage 15 min et 8 têtes lavées par batch de 15 min (source : essais Changins)
		Eau CH pour lavage tête	5,1	kg	21	5 l d'eau/tête (source : essais Changins)
		Effluents vinicoles (lavage tête)	5,1	l	43	
Distribution						<i>Idem scénario de référence</i>
Service du vin						<i>Idem scénario de référence</i>
	1/30 fût + 1/30 tête plate	Incinération déchets plastiques	0,211	kg	34	- Au lieu de 0,361 - 1,02*6,081/30 kg pour le fût et 1,02*0,122/30 pour la tête
Fin de vie	1 poche alu	Incinération déchets aluminium				<i>Idem scénario de référence</i>
		Effluents vinicoles				<i>Idem scénario de référence</i>
		Poids lourd 19t	19,52	kg.km	23	Au lieu de 25,1 pour scénario de référence

**Tableau 21 : Inventaire de cycle de vie pour la variante "Tête plate lavable"**

### 3.3.5 Variante exploratoire : tête plate jetable sans ressort

Les premiers résultats d'ACV en début de projet ayant montré un impact significatif du ressort en acier galvanisé de la tête sur les impacts de la fabrication (confirmé dans les résultats finaux, cf §4.1), l'idée de retirer ce ressort a été envisagée. Pour conserver les propriétés mécaniques permettant de maintenir l'intérieur du fût sous pression et hermétique, il est nécessaire de remplacer ce ressort métallique par un ressort plastique. Ce remplacement a été envisagé dans le projet mais n'a pas été concrétisé sur le plan technique.

La variante tête plate jetable sans ressort métallique ni plastique est tout de même étudiée ici, pour voir l'ordre de grandeur du gain de ce retrait sur l'ensemble du cycle de vie, bien qu'il ne tienne pas compte de la fabrication, du transport et de la fin de vie du ressort plastique qui le remplacerait.

Ce retrait présente aussi l'avantage de réduire le nombre de pièces autres que du plastique, ce qui favoriserait la recyclabilité de la tête si elle était fabriquée en PP (cf §3.3.6 suivant). La variante « tête

jetable sans ressort » a tout de même été évaluée dans l'hypothèse où la tête ne pourrait être recyclable, afin d'isoler les bénéfices directs du retrait du ressort.

Unité fonctionnelle scénario	Etape du cycle de vie	Flux de référence	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire	
<b>Conditionner, distribuer et servir en CHR 30 litres de vin</b>	Fabrication		Fabrication fût	<i>Idem scénario de référence</i>				
			Fabrication tête plate sans ressort	<i>Idem scénario de référence mais en ne comptant pas le ressort TP en acier galvanisé</i>				
			Fabrication poche alu	<i>Idem scénario de référence</i>				
			Fabrication vin perdu	<i>Idem scénario de référence</i>				
	Conditionnement			Véhicule léger commercial	184,1	kg.km	25	Au lieu de 187 pour scénario de référence
				Eau, électricité	<i>Idem scénario de référence</i>			
	Distribution			Véhicule léger commercial	485,7	kg.km	25	Au lieu de 487,5 pour scénario de référence
	Service du vin			<i>Idem scénario de référence</i>				
	Fin de vie		1,02/30 fût + 1,02 tête plate	Incinération déchets plastiques	0,308	kg	34	Au lieu de 0,331 pour scénario de référence
			1,02 poche alu	Incinération déchets aluminium	<i>Idem scénario de référence</i>			
				Effluents vinicoles	<i>Idem scénario de référence</i>			
				Poids lourd 19t	24,4	kg.km	23	Au lieu de 25,6 pour scénario de référence

Tableau 22 : Inventaire de cycle de vie pour la variante "Tête plate jetable sans ressort"

### 3.3.6 Variante exploratoire : tête plate recyclable (sans ressort)

Une piste d'écoconception énoncée par CG Industry pendant le projet consiste à remplacer le POM (non recyclable) par du PP (recyclable). Ce remplacement de matériau a donc été effectué dans les inventaires. La différence de densité entre les deux matériaux a été prise en compte dans le calcul des masses : la masse de la pièce en POM dans le scénario de référence est multipliée par 0,64 (=0,9/1,4), car la densité du POM est de 0,9 et celle du PP de 1,4.

Il a par ailleurs été considéré que la recyclabilité de la tête impliquait de retirer le ressort en acier galvanisé, dans l'hypothèse où les centre de recyclage du plastique ne pourraient pas séparer le plastique des autres matériaux après broyage. Ce retrait dès la conception est faisable techniquement comme expliqué au §3.3.5 précédent.

Il reste tout de même dans cette variante un joint en Santoprène probablement non recyclable et indispensable au fonctionnement de la tête. Cette variante a tout de même été évaluée pour obtenir des ordres de grandeur et montrer si un travail supplémentaire d'écoconception sur le joint en vaut la peine.

En sus de toutes les conditions citées précédemment, il faut également considérer une séparation manuelle de la tête et de la poche avant recyclage de la tête (travail supplémentaire pour le distributeur Bibarium qui concentrerait le gisement à recycler).

En première approche, le recyclage du PP est considéré comme assimilable au recyclage du PEHD.

Unité fonctionnelle scénario	Etape du cycle de vie	Flux de référence	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire	
<b>Conditionner, distribuer et servir en CHR 30 litres de vin</b>	Fabrication	1 corps supérieur tête	PP	28,6	g	4	0,64 * 44,7 g	
		plate (TP) recyclable	Injection plastique	28,6	g	14		
		1 corps inférieur TP	PP	13,4	g	4	0,64 * 20,9 g	
		recyclable	Injection plastique	13,4	g	14		
		1 axe TP	PP	4,2	g	4	0,64 * 6,6 g	
			Injection plastique	4,2	g	14		
		Fabrication autres éléments	<i>Idem variante « Tête plate jetable sans ressort »</i>					
		Transport TP et butée sur site d'assemblage avec la poche	Fourgon 3,5 t	1,1	kg.km	22	Au lieu de 1,45 kg.km pour le scénario TP sans ressort jetable	
		Fabrication 1,02 ensemble {TP recyclable + poche alu} et 1,02 fût	Ensemble {TP recyclable + poche alu}	1,02	p			
			Fût	1,02	p			
		Fabrication vin perdu	<i>Idem scénario de référence</i>					
		Conditionnement	Fourgon 3,5 t	180,4	kg.km	22	Au lieu de 184,1 kg.km pour le scénario TP sans ressort jetable	
		Distribution	Véhicule léger commercial	484,7	kg.km	25	Au lieu de 485,7 pour le scénario tête	

						jetable sans ressort
Service du vin	Idem scénario de référence					
Fin de vie	1,02 tête plate	Recyclage PEBD/Incinération plastiques	0,076	kg	35/34	99% recyclage PEBD et 1 % incinération plastiques
	1,02/30 fût	Incinération déchets plastiques	0,207	kg	34	
	1,02 poche alu	Incinération de déchets aluminium	Idem scénario de référence			
		Effluents vinicoles	Idem scénario de référence			
		Poids lourd 19t	23,1	kg.km	23	Au lieu de 24,4 pour le scénario TP jetable sans ressort

Tableau 23 : Inventaire de cycle de vie pour la variante "Tête plate recyclable sans ressort"

### 3.3.7 Variante exploratoire : enveloppe du fût recyclable

Cette piste d'écoconception est exploratoire dans la mesure où :

- pour l'instant, aucun fût ne s'est retrouvé hors d'usage
- la filière de recyclage industriel de ces fûts n'a pas été étudiée, bien que la matière PEHD soit recyclable
- l'enveloppe du fût en PEHD est assemblée avec d'autres pièces non recyclables (PA notamment).

Il est donc indispensable d'envisager une séparation manuelle des différentes pièces du fût pour n'envoyer que l'enveloppe en PEHD en filière de recyclage.

Unité fonctionnelle scénario	Etape du cycle de vie	Flux de référence	Flux entrant technospère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire
		Fabrication de 1,02 ensemble {tête plate + poche alu} et de 1,02/30 fût	Idem scénario de référence				
	Fabrication vin perdu	Idem scénario de référence					
	Conditionnement	Idem scénario de référence					

Distribution	<i>Idem scénario de référence</i>					
Service du vin	<i>Idem scénario de référence</i>					
Fin de vie	1,02/30 fût	Incinération déchets plastiques	0,085	kg	34	Au lieu de 0,207 kg – Incinération 1 % de l'enveloppe et 100% des autres pièces plastiques
		Recyclage enveloppe en PEHD	0,12		36	Recyclage enveloppe seulement – R2 = 99 %
		Incinération déchets aluminium	0,002	kg	41	11,2 g de visserie et ressort en métal
	1,02 tête plate	<i>Idem scénario de référence</i>				
	1,02 poche plastique jetable	<i>Idem scénario de référence</i>				
	Effluents vinicoles	<i>Idem scénario de référence</i>				
	Poids lourd 19t	<i>Idem scénario de référence</i>				

Tableau 24 : Inventaire de cycle de vie pour la variante "Enveloppe du fût recyclable"

### 3.4 Inventaire de cycle de vie de référence pour la solution bouteille verre (Objectif 2)

En se référant au PEFCR Wine (CEEV, 2018), un taux de **perte de 1%** pendant l'étape de distribution et **de 5%** pendant l'étape de service/consommation est appliqué. Ainsi, pour pouvoir servir effectivement 30 l de vin, il faut produire et transporter en amont de ces étapes :  $40 * 1,01 * 1,05 = 42,4$  **bouteilles**. On rappelle ici que le modèle de bouteille jugé représentatif par les partenaires du projet est une bouteille de **500 g**. Les masses des autres emballages, primaires et secondaires, ont également été fixées à partir de références acquises dans le projet ACYDU (Besnier et al, 2016) :

- Masse d'un carton de six bouteilles : 200 g
- Masse d'une dose d'adhésif PP/PVC pour un carton de 6 : 0,0011 g
- Masse d'un bouchon en liège : 4 g
- Masse d'une capsule en aluminium : 1 g
- Masse d'une étiquette papier : 0,75 g.

Bien que les masses autres que celles de la bouteille et du carton soient négligeables, elles ont tout de même été prises en compte.

#### 3.4.1 Etape Fabrication

Les proxys de fabrication des différents emballages primaires et secondaires ont été repris du projet ACYDU (Besnier et al, 2016). Certains inventaires ont été modifiés à la marge car devenu obsolètes dans EcolInvent 3.5 (inventaires approvisionnement mondial {GLO} pour carton notamment → choix nécessaire entre une fabrication en Europe {RER} et une fabrication hors de l'Europe {RoW} → inventaire {RER} retenu).

Unité fonctionnelle	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire
<b>Fabrication de l'emballage pour 30 l de vin servis</b>	bouteille verre vert	42,42	p	28	
	carton de 6 bouteilles	7,07	p	29	
	bouchon en liège	42,42	p	30	
	capsule aluminium	42,42	p	31	
	étiquette papier	42,42	p	32	
	dose d'adhésif	7,07	p	33	
	Fabrication du vin perdu	1,815	l	45	(30*1,01*1,05)-30
<b>Pour Périmètre 2</b>	Fabrication vin servi	+30	l	45	

Tableau 25 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de fabrication pour le scénario de référence de la solution bouteille verre

### 3.4.2 Etape Conditionnement

Pour le transport, l'hypothèse d'une distance de 150 km entre le verrier et le négociant embouteilleur a été considérée, en se basant sur les sites de fabrication du verrier suisse UNIVERRE.

La consommation d'électricité pour l'embouteillage a été approchée avec une référence provenant du PEFCR Vin.

La consommation d'eau pour l'embouteillage a quant à elle été approchée avec une référence utilisée dans la base de données ACYVIA, provenant d'une expertise de l'IFV.

Unité fonctionnelle	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire
<b>Conditionner 31,8 l de vin</b>	Poids lourd 33 t	3214,9	kg.km	24	Transport des 42,42 bouteilles du verrier au négociant embouteilleur (hypothèse : 150 km), et de 1,815 l de vin perdu de la cave individuelle au négociant
	Electricité CH	0,71	kWh	20	0,0224 kWh/l (source : PEFCR Vin)
	Eau du réseau CH	25,5	L	21	0,6 l/bouteille (source : ACYVIA)
	Traitement des eaux usées	25,5	l	43	0,6 l/bouteille (source : ACYVIA)
<b>Pour Périmètre 2</b>	Poids lourd 33 t	+552	kg.km	24	Transport des 30 l de vin servi de la cave individuelle au négociant

Tableau 26 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de conditionnement pour le scénario de référence de la solution bouteille verre

### 3.4.3 Etape Distribution

A la différence du scénario de référence pour la solution ECOFASS®, on considère seulement un aller pour la distribution du vin, du négociant-embouteilleur à l'établissement CHR. En effet, on considère que ce transport s'intègre dans un circuit logistique moyen et optimisé (pas de retour d'emballage vide

au lieu de conditionnement contrairement à la solution de fût ECOFASS®) qui est pris en compte dans la donnée d'arrière-plan.

On considère un véhicule commercial léger, car d'après Bibarium la livraison de cartons de vin en CHR suisse se fait en petit camion (facilité de chargement/déchargement avec un transpalette) mais peut également se faire avec un véhicule commercial léger en centre-ville. Inversement il est envisageable que Bibarium fasse appel à un transport plus gros de type petit camion à terme, en développant l'activité de l'entreprise. Le choix a donc été fait de comparer les deux solutions d'emballage avec un type de transport identique.

Unité fonctionnelle	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire
<b>Distribuer 31,8 l de vin</b>	Véhicule commercial léger	617,1	kg.km	25	Transport des 42,42 bouteilles et des 1,815 l de vin perdu du négociant embouteilleur au CHR
<b>Pour Périmètre 2</b>	Véhicule commercial léger	+690	kg.km	25	Transport des 30 l de vin servi du négociant embouteilleur au CHR

**Tableau 27 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de distribution pour le scénario de référence de la solution bouteille verre**

### 3.4.4 Etape Service du vin

Comme pour le scénario de référence ECOFASS®, cette étape n'a été intégrée à l'inventaire que pour le vin blanc. On considère en effet que le vin rouge en bouteille n'est pas mis en cave à vin une fois la bouteille ouverte.

Le refroidissement du vin blanc en CHR se fait dans des armoires réfrigérées. De même que pour la consommation d'électricité des tireuses, aucune donnée primaire n'a pu être considérée. La référence fournie par le PEFCR Bière a donc été utilisée, pour avoir des références homogènes entre la consommation d'électricité de la tireuse et d'une armoire réfrigérée. Il s'agit d'une donnée moyenne qui dépend pas du temps de placement de la bouteille en armoire réfrigérée et donc du débit de service. Le PEFCR Vin propose également une référence pour le refroidissement du vin, mais celle-ci est légèrement différente car la référence est donnée par jour d'occupation de la bouteille dans le frigo :

- **PEFCR Bière : 35 kWh/hl réfrigéré** (sans précision sur la durée ni le volume refroidi)
- **PEFCR Vin : 0,0037 kWh/l occupé/jour**, avec un volume de stockage = 2,25 L/ bouteille de 0,75L.

Unité fonctionnelle	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire
<b>Servir au verre 30 l de vin</b>	Electricité CH	0,1	kWh	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Refroidissement en armoire réfrigérée</li> <li>- Uniquement pour vin blanc</li> <li>- 35 kWh/hl réfrigérés (PEFCR Bière)</li> </ul>

**Tableau 28 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de service du vin pour le scénario de référence de la solution bouteille verre**

**Flux non pris en compte car données non trouvées :**

- fuites de fluide frigorigène des armoires réfrigérées.

**3.4.5 Etape Fin de vie**

On considère qu'il n'y a pas de gaspillage de vin en bouteille dû à la dégradation de la qualité du vin lors du stockage, car le débit de service retenu dans l'Unité Fonctionnelle (1 bouteille gardée ouverte pendant 2,5 jours) est suffisant pour conserver les mêmes propriétés organoleptiques que le vin conservé en fût ECOFASS®.

On considère par contre des pertes de bouteille lors des étapes de distribution (1%) et de stockage (5%), en suivant les recommandations du PEF CR Vin. Les impacts de ces pertes ont été regroupées dans l'étape de Fin de vie.

Unité fonctionnelle	Pièce/Élément	Flux entrant technosphère	Quantité pour 1 UF	Unité	Identifiant de la donnée d'arrière-plan ou proxy (cf Annexes 1 et 2)	Commentaire
<b>Fin de vie de l'emballage et du vin perdu pour 30 l de vin servis</b>	bouteille verre	Recyclage verre / Incinération verre	21,2	kg	40/39	99% recyclage verre + 1% incinération de déchets verre
	carton de six	Recyclage carton / Incinération carton	1,4	kg	38/37	99% recyclage carton + 1% incinération de déchets carton
	adhésif	Incinération déchets plastiques	0,000008	kg	34	100% incinération de déchets plastiques
	bouchon liège	Incinération ordures ménagères	0,17	kg	42	100% incinération d'ordures ménagères
	capsule aluminium	Incinération déchets aluminium	0,04	kg	41	100% incinération de déchets aluminium
	étiquette papier	Incinération papier-carton	0,03	kg	37	100% incinération papier-carton
	vin perdu	Effluents vinicoles	1,815	l	43	(30*1,01*1,05)-30
		Poids lourd 19 t	1143,4	kg.km	23	

**Tableau 29 : Inventaire de cycle de vie de l'étape de fin de vie pour le scénario de référence de la solution bouteille verre**

## 4 Résultats de l'Analyse de Cycle de Vie

### 4.1 Analyse et écoconception de la solution de fût ECOFASS®

#### 4.1.1 Analyse des impacts pour la solution de fût de référence

Pour la description précise de la solution de fût de référence, se reporter au §3.2.

##### 4.1.1.1 Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux impacts totaux

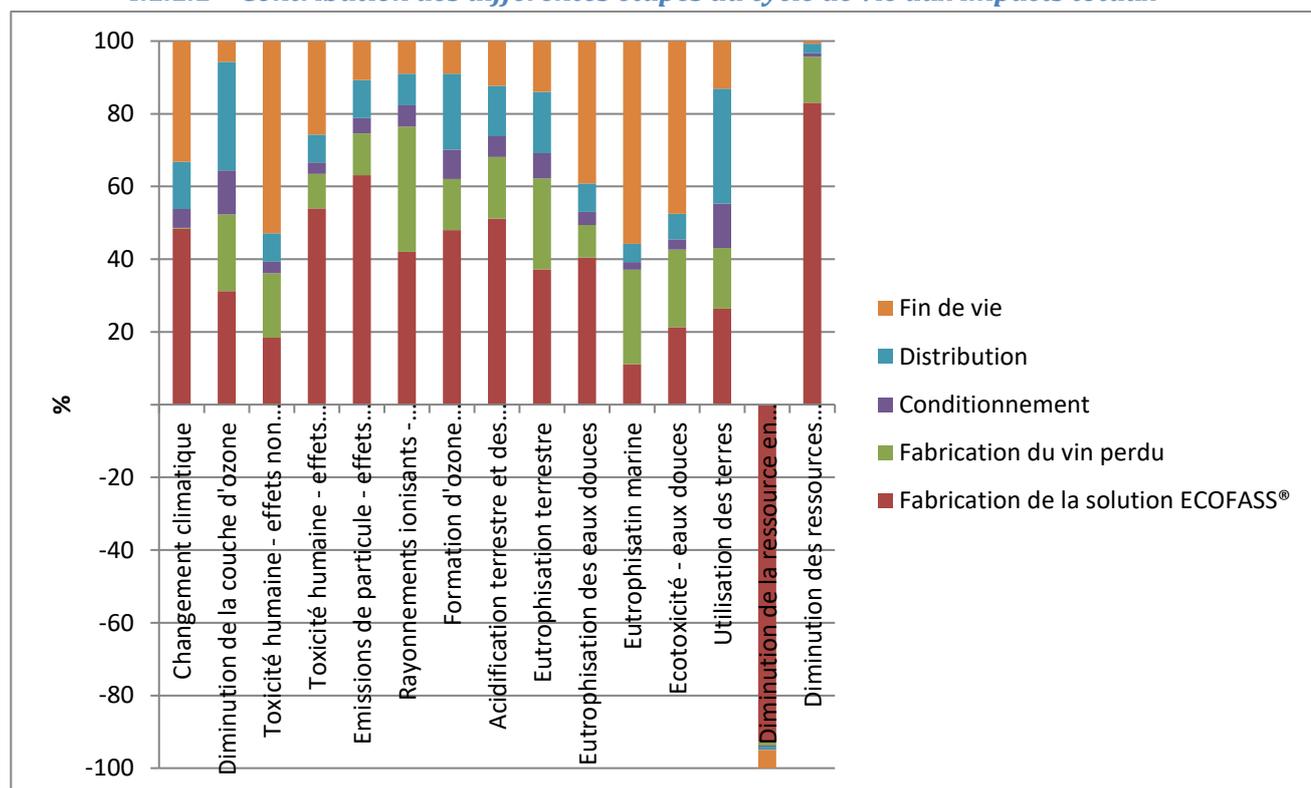


Figure 16 : Analyse de la contribution de chaque étape du cycle de vie aux impacts totaux pour le scénario de référence ECOFASS® (Périmètre 1)

Cf [Annexe 4.1](#) pour les résultats chiffrés.

La Figure 16 porte sur le vin rouge, donc ne contient pas l'étape Service du vin.

Cette analyse de contribution montre que les impacts environnementaux **potentiels** du cycle de vie pour le scénario de référence ECOFASS® sont très majoritairement dus à la fabrication et à la fin de vie de la solution complète pour tous les indicateurs, avec une prépondérance des impacts liés à la fabrication pour 6 des 15 indicateurs. Pour Toxicité humaine (effets non cancérogènes) et Eutrophisation marine, c'est la fin de vie qui représente plus de 50% des impacts.

Les impacts de la fin de vie apparaissent en positif car, dans ce scénario de référence, tous les éléments partent en incinération, qui génère plus d'impact qu'elle n'en évite par la récupération d'électricité et de chaleur.

Les impacts associés aux étapes de conditionnement et de distribution ne sont toutefois pas négligeables par rapport aux deux étapes citées précédemment, notamment la Distribution pour deux indicateurs : Diminution de la couche d'ozone et Utilisation des terres.

On remarque que les 6 dl de pertes de vin sur le cycle de vie de l'utilisation du fût pour servir 30 l de vin ont un impact significatif pour tous les indicateurs sauf Changement climatique.

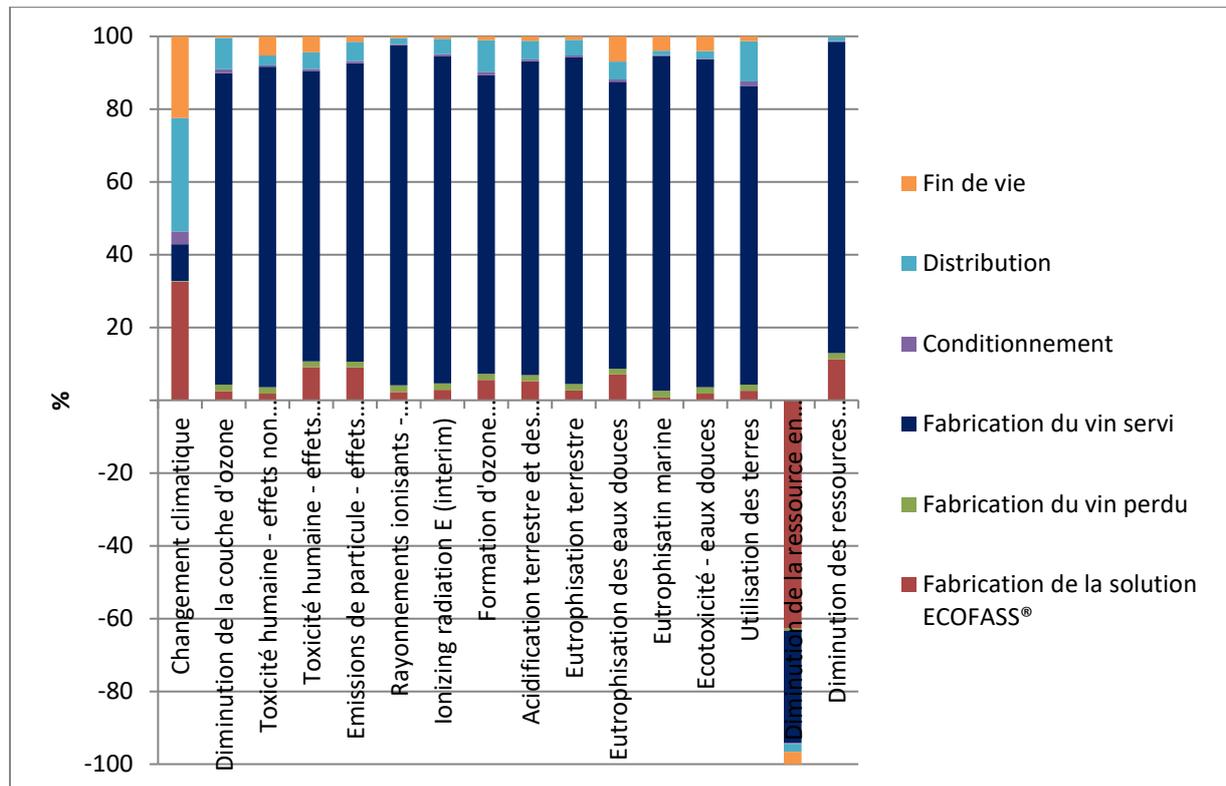
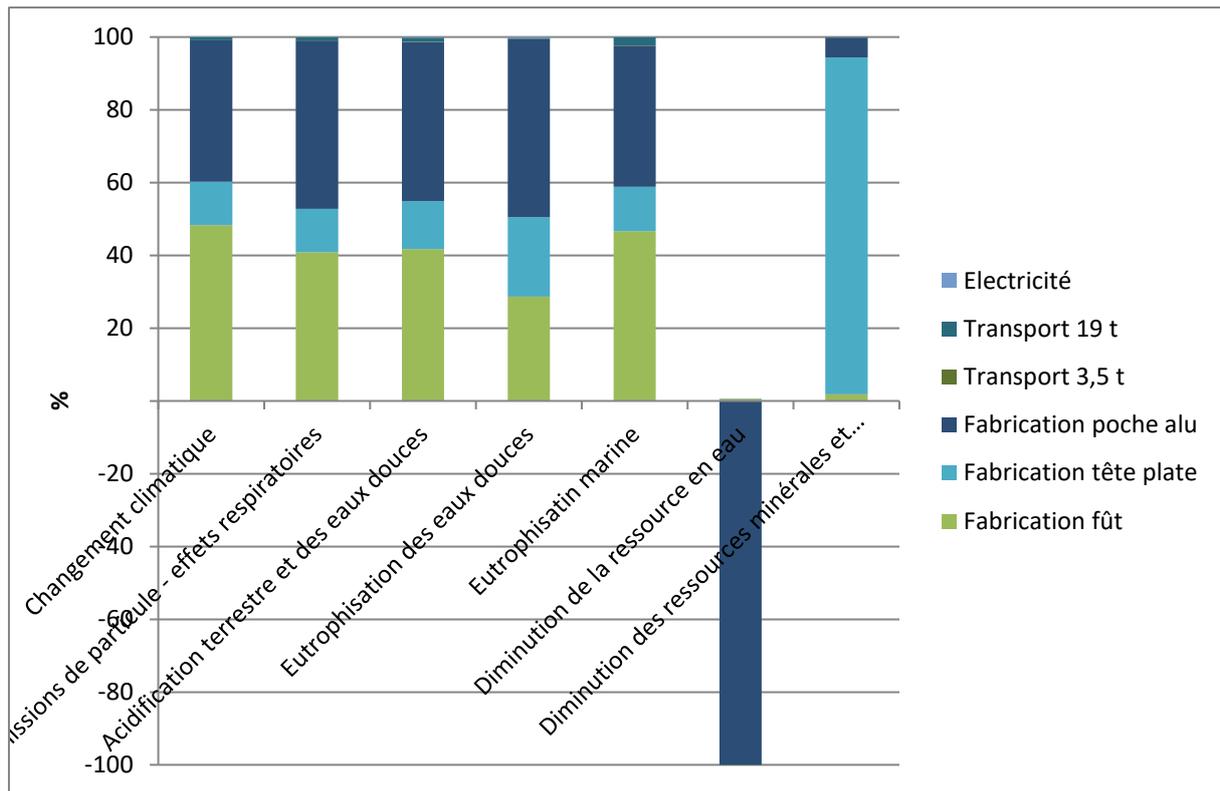


Figure 17 : Analyse de la contribution de chaque étape du cycle de vie aux impacts totaux pour le scénario de référence ECOFASS® (Périmètre 2)

Cf [Annexe 4.2](#) pour les résultats chiffrés.

La Figure 17 présente les mêmes résultats qu'en Figure 16 mais en élargissant au Périmètre 2 (comptabilisation des flux liés à la production et au transport des 30 l de vin servi). Ce graphique permet de mettre en perspective les impacts dus au contenant par rapport aux impacts dus au contenu. On constate que les impacts dus à la fabrication du vin servi sont très majoritaires (plus de 75% pour tous les indicateurs sauf Changement climatique et Diminution de la ressource en eau).



**Figure 18 : Analyse de la contribution de chaque pièce et flux de la solution complète ECOFASS® aux impacts totaux de sa fabrication (scénario de référence), pour une unité fonctionnelle (fabrication d'un ensemble tête + poche et de 1/30 fût)**

Cf [Annexe 4.3](#) pour les résultats chiffrés.

La Figure 18 permet d'affiner l'analyse sur la contribution des différentes pièces de la solution ECOFASS® (fût, tête plate et poche aluminium) aux impacts totaux de l'étape de Fabrication. On constate que la poche représente une part importante des impacts de la Fabrication pour tous les indicateurs sauf Diminution des ressources minérales et fossiles. Pour ce dernier, c'est la tête plate qui représente près de 90% des impacts, qui sont dus au ressort métallique nécessitant des ressources minérales pour sa fabrication (voir paragraphe dédié ci-dessous pour une analyse plus fine de la tête). La fabrication du fût représente quant à elle presque la moitié des impacts sur le changement climatique.

#### 4.1.1.2 Contribution des différentes pièces du fût aux impacts totaux de sa fabrication

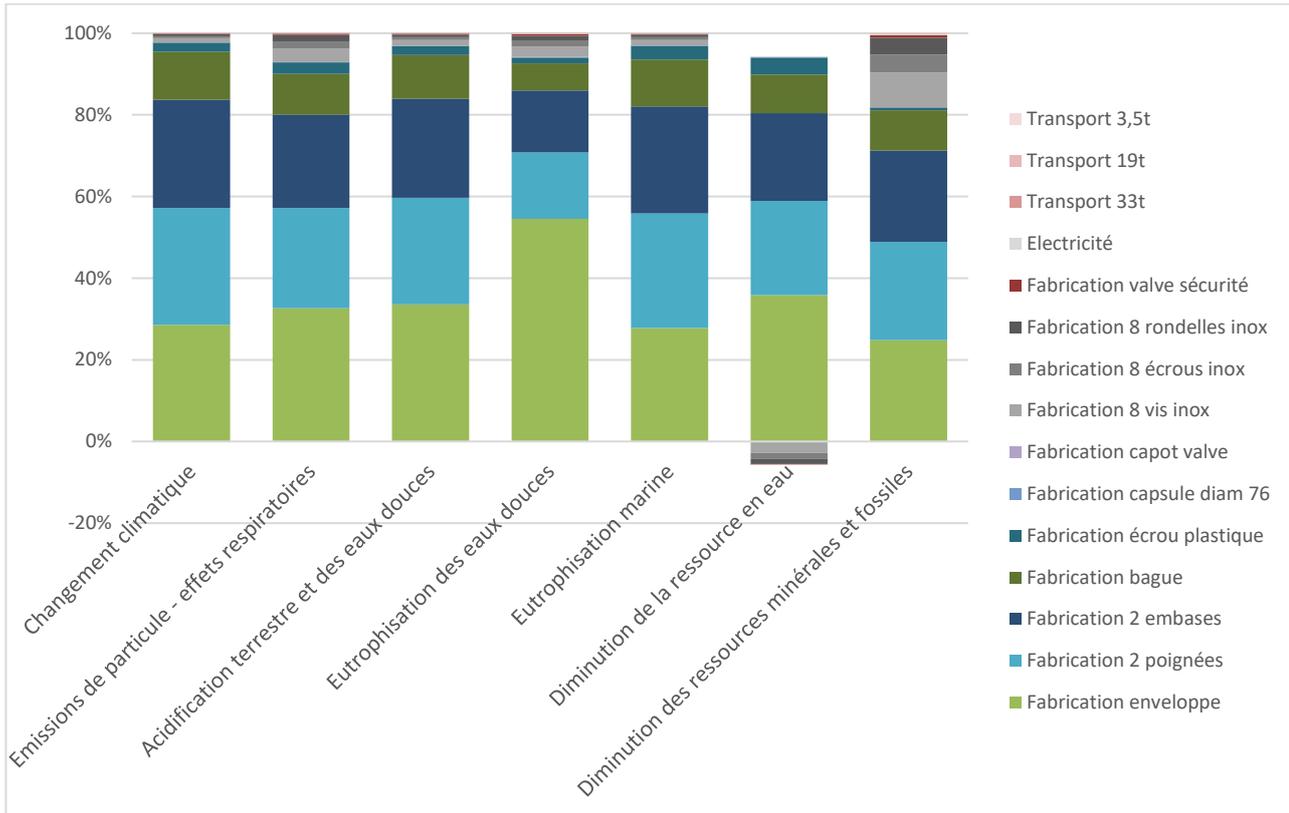


Figure 19 : Analyse de la contribution de chaque pièce et flux du fût aux impacts totaux de sa fabrication (scénario de référence)

Cf [Annexe 4.4](#) pour les résultats chiffrés.

Bien qu'étant l'élément nécessitant le plus de matière, la contribution de l'enveloppe du fût en PEHD n'est pas majoritaire dans les impacts totaux de la Fabrication, sauf pour les indicateurs Diminution de la couche d'ozone, Rayonnements ionisants, Eutrophisation des eaux douces et Utilisation des terres. Les poignées et embases en PA réunies contribuent tout autant voire plus que l'enveloppe du fût pour une majorité d'indicateurs. Cela s'explique car le PA est beaucoup plus impactant par unité de masse que le PEHD pour tous les indicateurs.

Le remplacement du PA par du PEHD dans la fabrication de ces quatre pièces pourrait être intéressant du point de vue des impacts liés à la fabrication, mais aussi favoriserait la recyclabilité du fût. Ce point n'a jamais été évoqué au cours du projet, il faut en étudier la faisabilité technique.

On remarque aussi que malgré leur très faible masse relativement à l'ensemble du fût, les vis, écrous et rondelles en inox ont une contribution significative dans les impacts totaux de la fabrication du fût, notamment pour l'indicateur Diminution des ressources minières et fossiles.

#### 4.1.1.3 Contribution des différentes pièces de la poche aluminium aux impacts totaux de sa fabrication

La poche étant constituée en très grande majorité du film multicouche aluminium (89% de la masse totale film multicouche + tresse + embase poche), le graphique n'est pas présenté ici, mais c'est sans surprise ce film multicouche qui est très majoritairement contributif pour tous les indicateurs, au minimum à 94%.

#### 4.1.1.4 Contribution des différentes pièces de la tête plate aux impacts totaux de sa fabrication

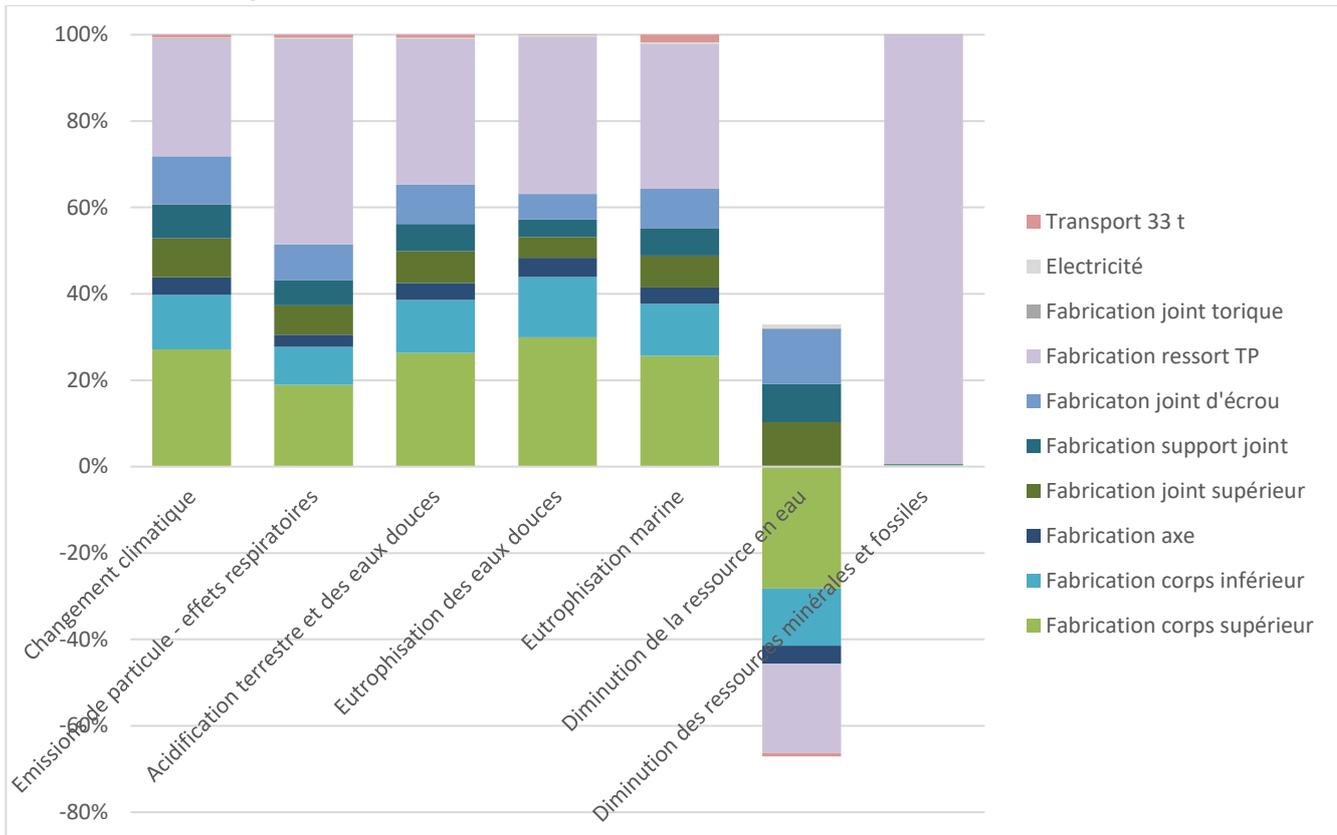


Figure 20 : Analyse de la contribution de chaque pièce et flux de la tête plate aux impacts totaux de sa fabrication (scénario de référence)

Cf [Annexe 4.5](#) pour les résultats chiffrés.

Plusieurs pièces ressortent comme contribuant significativement aux impacts totaux pour une majorité d'indicateurs : corps supérieur, corps inférieur et ressort.

Les corps supérieurs et inférieurs sont constitués de POM et représentent les pièces les plus lourdes de la tête.

Le ressort en acier galvanisé, qui ne représente pourtant que 22,9 g sur les 121,9 g de la tête plate, contribue à 99,7% de l'indicateur Diminution des ressources minérales et fossiles. Le ressort est donc crucial dans la réduction de l'impact toutes étapes confondues pour ce dernier indicateur.

## 4.1.2 Comparaison de scénarios d'écoconception

### 4.1.2.1 Ecoconception de la poche

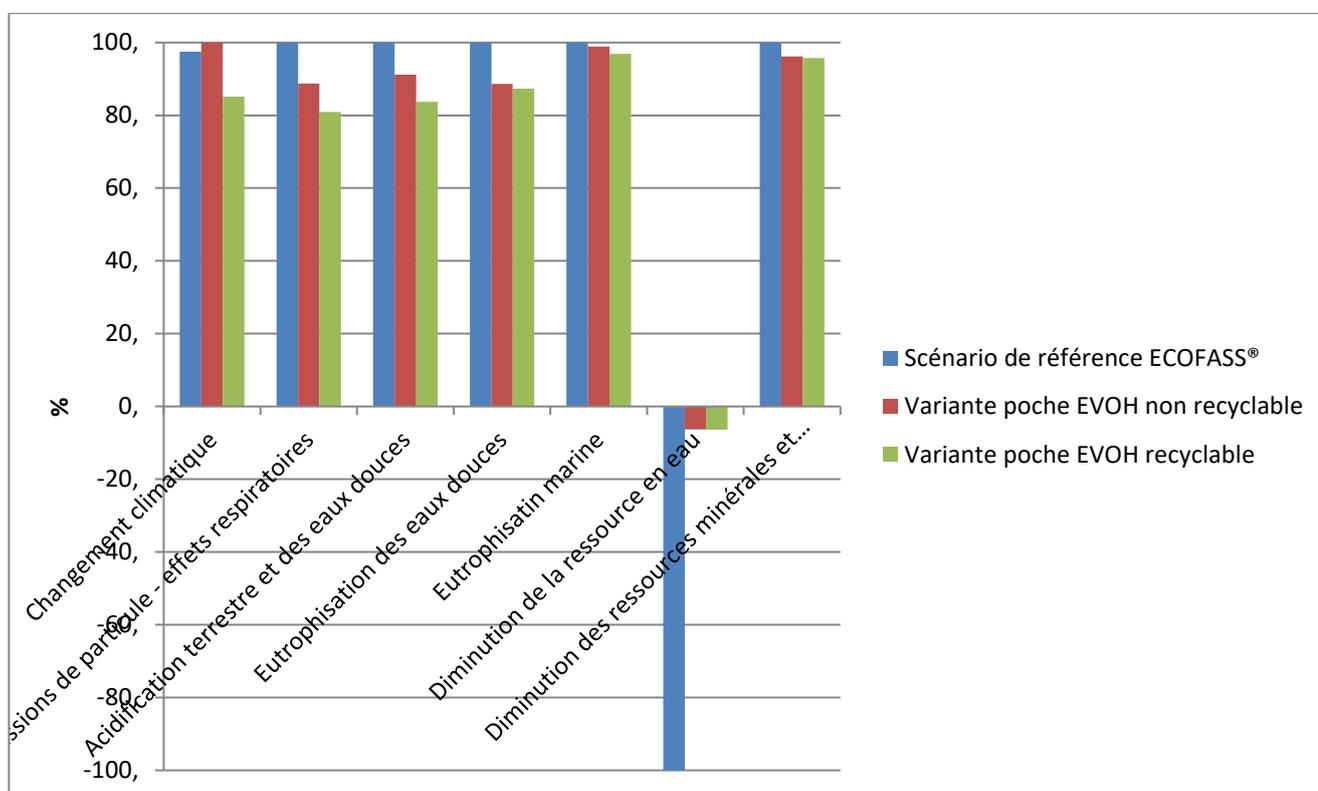


Figure 21 : Comparaison des impacts du scénario de référence ECOFASS® avec les différentes variantes concernant la poche

Cf [Annexe 4.6](#) pour les résultats chiffrés.

La poche EVOH non recyclable obtient des résultats d'impacts sur l'ensemble du cycle de vie plus faibles dans des proportions variables que la poche aluminium pour tous les indicateurs, sauf pour les indicateurs Changement climatique et Eutrophisation marine (écarts non significatifs). Cela s'explique par la prépondérance de la contribution de l'aluminium dans les impacts de la fabrication du film multicouche aluminium. En effet, la production d'aluminium nécessite beaucoup d'énergie, notamment pour son électrolyse.

La poche EVOH peut donc être appropriée pour réduire les impacts environnementaux de la solution de fût ECOFASS®, en tenant compte également des contraintes techniques (conservation du vin) et de l'aspect acceptabilité des consommateurs.

La recyclabilité de la poche EVOH apporte un avantage environnemental, significatif pour les indicateurs Changement climatique, Emissions de particules et Acidification.

#### 4.1.2.2 Ecoconception de la tête

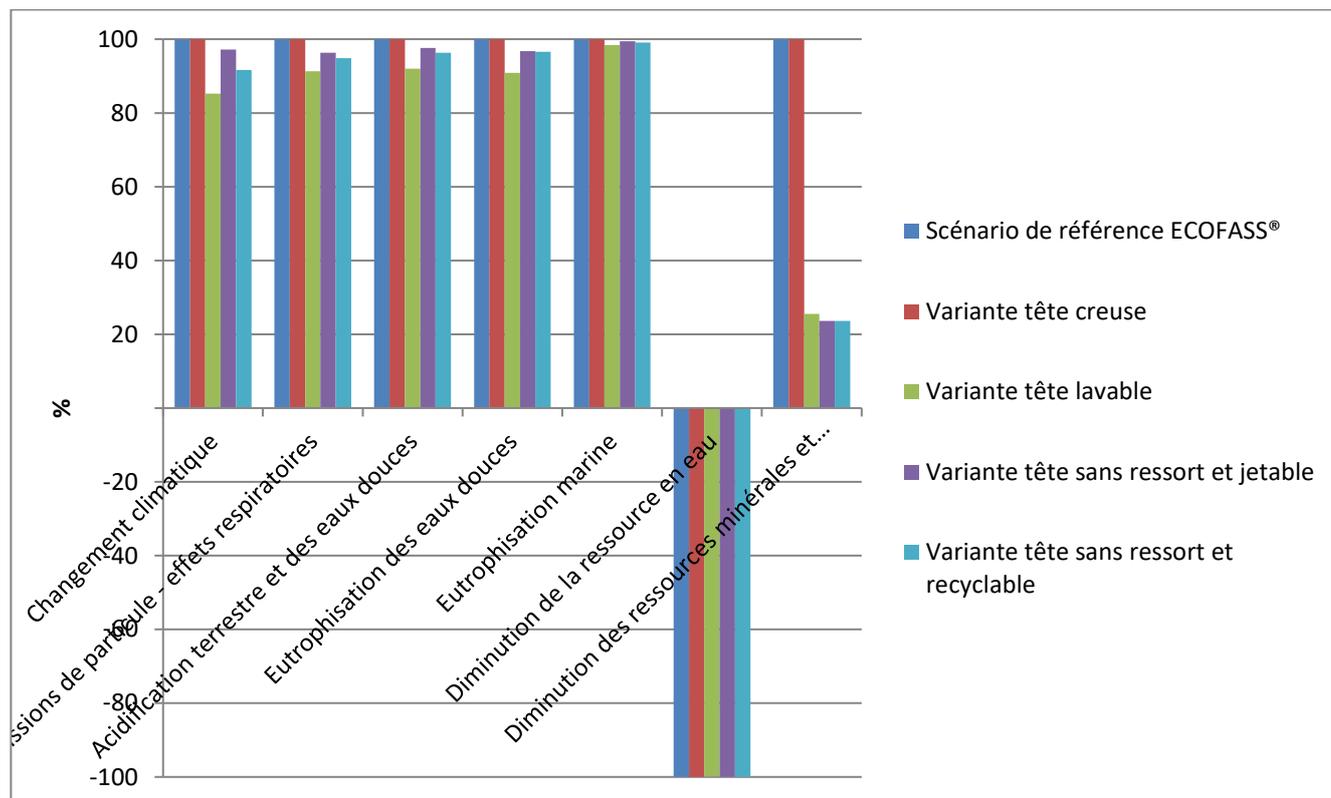


Figure 22 : Comparaison des impacts du scénario de référence ECOFASS® avec les différentes variantes concernant la tête

Cf [Annexe 4.7](#) pour les résultats chiffrés.

Pour rappel, d'après le §4.1.1.1, la tête contribue à 12-21 % des impacts totaux de l'étape de Fabrication, excepté pour l'indicateur Diminution des ressources fossiles pour lequel la tête est responsable de 92,5 % des impacts.

L'absence pressentie de différence d'impact significative entre la tête plate et la tête creuse se confirme à la lecture du graphique.

La variante « tête lavable » semble quant à elle une piste d'écoconception très intéressante, conduisant à des réductions d'impact de 8 à 15 % pour les indicateurs Changement climatique, Emissions de particules et Acidification, et une forte réduction de 75% sur l'indicateur Diminution des ressources minérales et fossiles. La réutilisation de la tête évite la fabrication et la transformation de quantités importantes de POM.

La variante « tête jetable sans ressort » présente des écarts peu significatifs avec le scénario de référence, excepté pour l'indicateur Diminution des ressources minérales et fossile, pour lequel on constate également une réduction d'impact de 77%. Cette solution semble donc intéressante à mettre en œuvre, à condition de remplacer le ressort métallique par un ressort plastique et de vérifier que l'impact du ressort plastique soit faible et n'annule pas cette réduction.

Enfin, la recyclabilité de la tête plate sans ressort semble intéressante surtout pour l'indicateur Changement climatique (-5% d'émissions de gaz à effet de serre par rapport à la variante tête sans ressort jetable).

#### 4.1.2.3 Ecoconception du fût

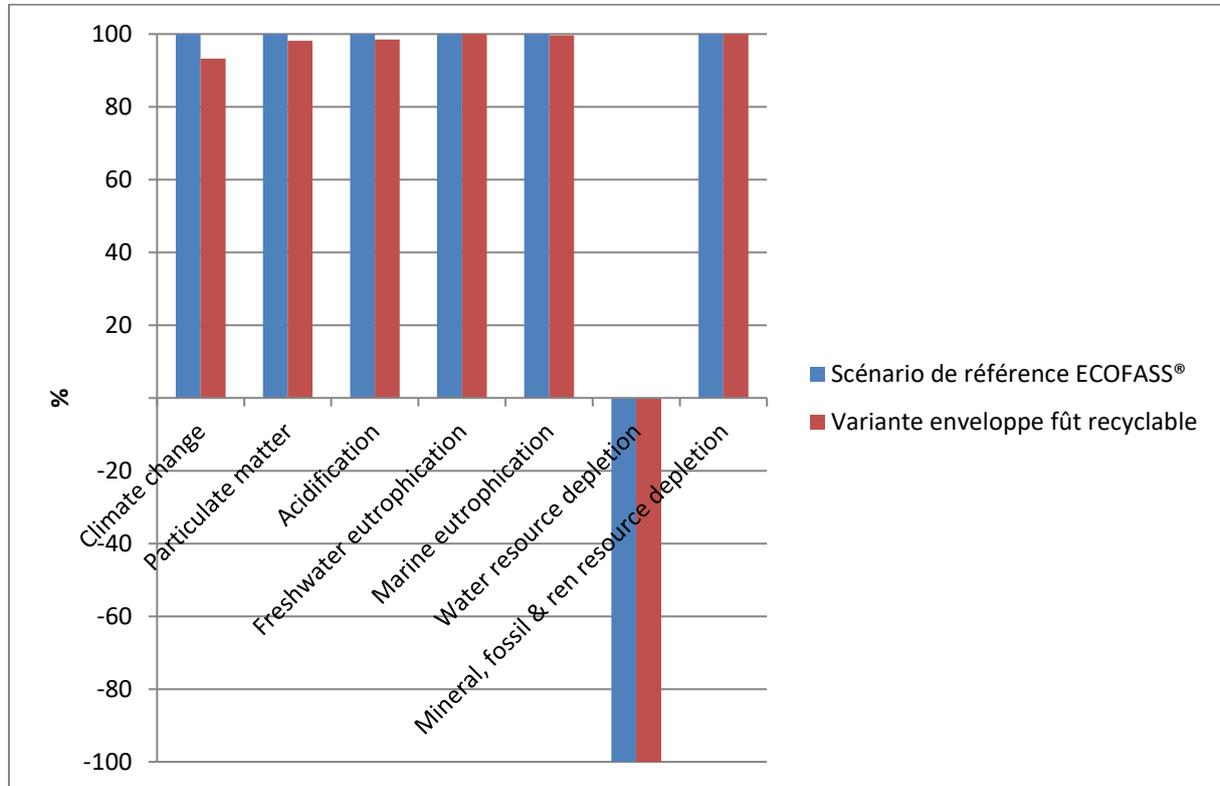


Figure 23 : Comparaison des impacts du scénario de référence ECOFASS® avec la variante « enveloppe du fût recyclable »

Cf [Annexe 4.8](#) pour les résultats chiffrés.

Le recyclage de l'enveloppe du fût présente un écart significatif de 6% avec le scénario de référence pour l'indicateur Changement climatique. Bien que cela représente une masse recyclée conséquente, son recyclage est amorti sur 30 cycles, ce qui atténue le bénéfice du recyclage.

## 4.2 Comparaison du cycle de vie des solutions « Fût ECOFASS® » et « Bouteille verre »

### 4.2.1 Comparaison des deux solutions pour le service du vin rouge ou blanc (livraison Genève-Genève)

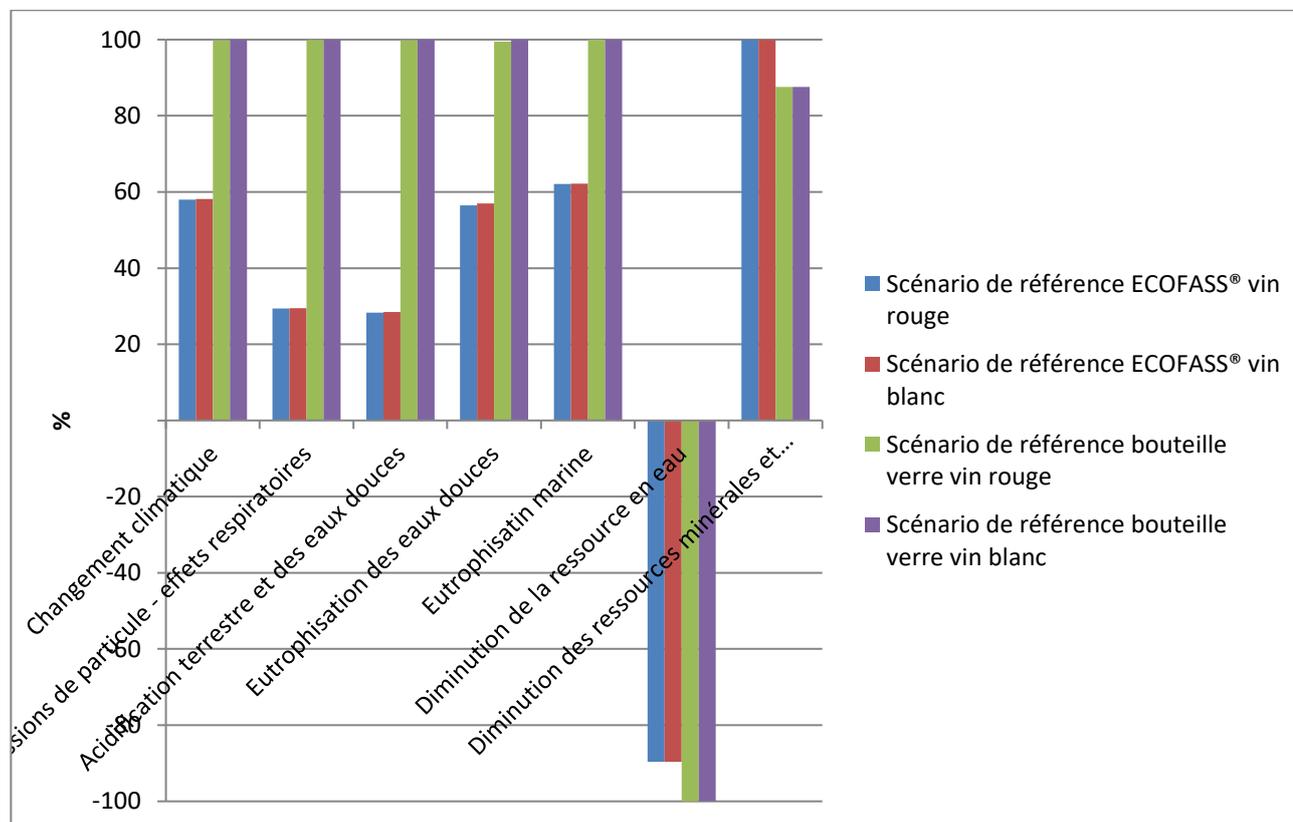


Figure 24 : Comparaison des impacts entre le scénario de référence ECOFASS® et le scénario de référence bouteille verre, pour deux types de réfrigération au service (vin rouge ou vin blanc)

Cf [Annexe 4.9](#) pour les résultats chiffrés.

Les scénarios de référence de la solution ECOFASS® et de la bouteille en verre ont été comparés pour un vin blanc et un vin rouge, pour une même distance de livraison (à Genève), afin de voir l'effet des différents systèmes de refroidissement sur l'écart entre les deux solutions.

Dans cette configuration, les bénéfices de la solution de fût par rapport à la solution bouteille verre pour un **vin rouge** sont très significatifs : on note en particulier une diminution de 42% pour l'indicateur Changement climatique, et de plus de 72% pour les indicateurs Emissions de particules et Acidification. Cependant, l'indicateur Diminution des ressources minérales et fossiles est favorable pour la solution bouteille en verre, du fait des bénéfices associés au recyclage du verre.

La même tendance peut être observée entre les deux solutions pour le **vin blanc**, étant donné que les impacts ne sont pas significativement différents entre vin blanc et vin rouge pour chaque solution d'emballage.

#### 4.2.2 Comparaison des deux solutions pour deux options logistiques, livraison Genève-Genève ou Genève-Zurich (vin rouge)

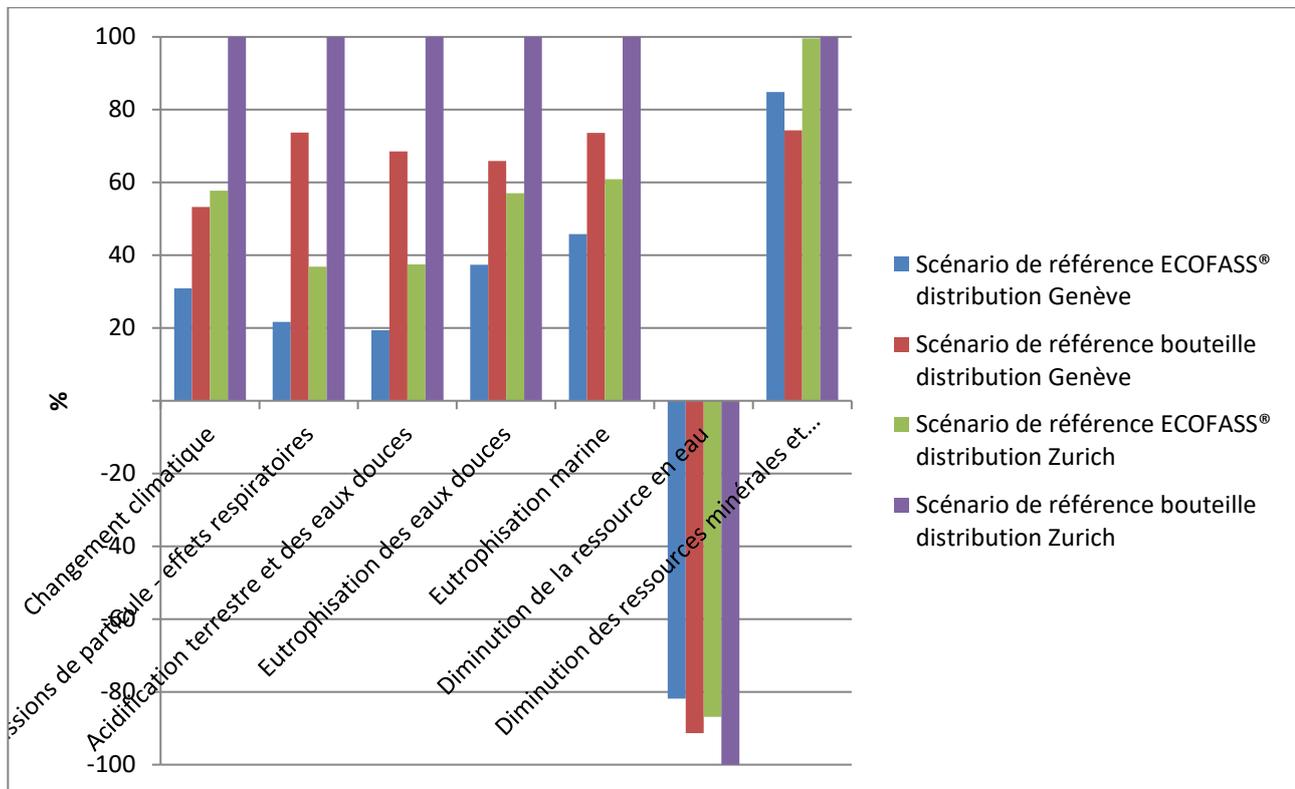


Figure 25 : Comparaison des impacts entre le scénario de référence ECOFASS® et le scénario de référence bouteille verre, pour deux options de logistique (livraison Genève ou Zurich)

Cf [Annexe 4.10](#) pour les résultats chiffrés.

Cette comparaison est déjà une forme d'analyse de sensibilité portant sur la distance de livraison entre le conditionneur et le CHR. Les mêmes tendances sont observées entre les scénarios « livraison à Genève » et les scénarios « livraison à Zurich », sauf pour l'indicateur Diminution des ressources fossiles, pour lequel on voit que les impacts des deux solutions d'emballage ne sont pas significativement différents pour une livraison à Zurich.

#### 4.2.3 Comparaison des deux solutions pour le Périmètre 2 (livraison Genève vin rouge)

Les résultats des paragraphes précédents ont été obtenus pour le Périmètre 1, c'est-à-dire sans prendre en compte les impacts des 30l de vin servi. Il a paru intéressant de replacer la comparaison fût/bouteille dans le Périmètre 2 prenant en compte ce vin servi (Figure 26). La réduction d'impact pour l'indicateur Changement climatique n'est plus que de 17 % pour le fût ECOFASS®, tandis que la réduction d'impact des deux indicateurs Eutrophisation n'est pas aussi importante que les autres comme constaté pour le Périmètre 1.

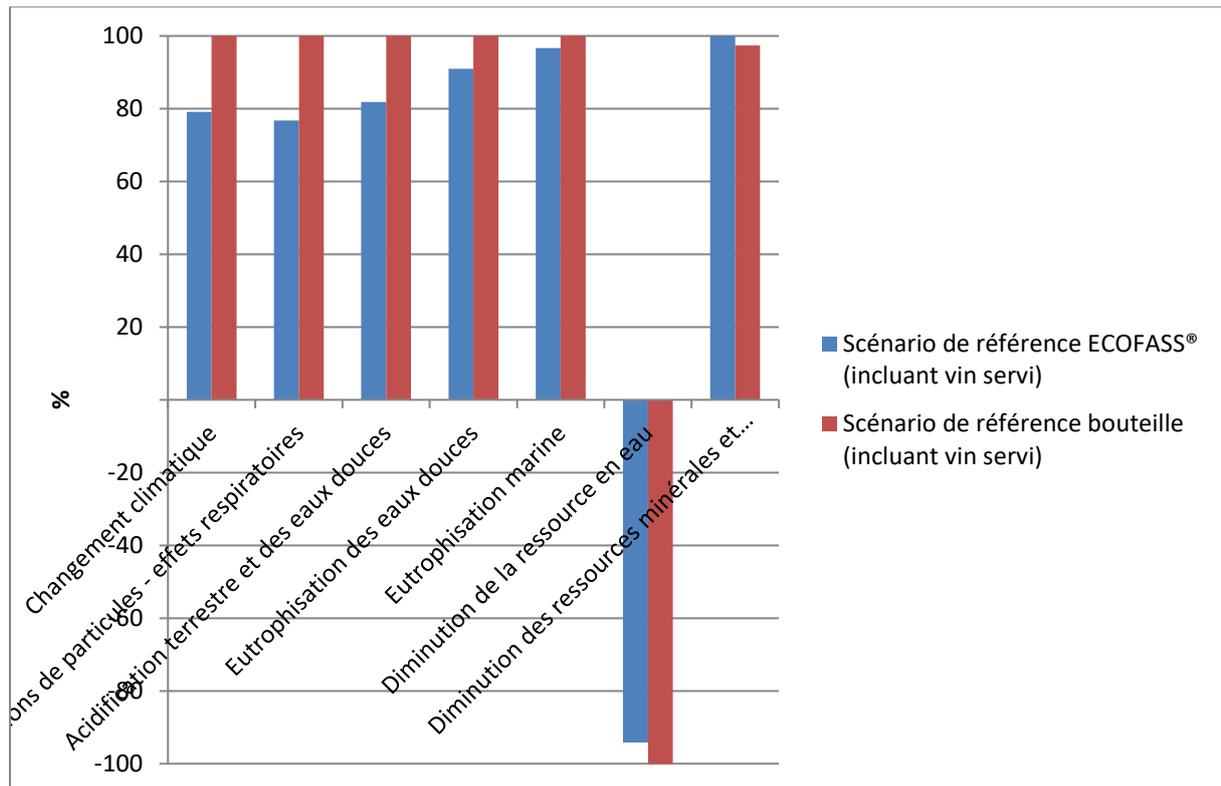


Figure 26 : Comparaison des impacts entre le scénario de référence ECOFASS® et le scénario de référence bouteille verre (scénario vin rouge et livré à Genève), incluant les impacts du vin servi

Cf [Annexe 4.11](#) pour les résultats chiffrés.

## 5 Discussion des résultats

Des analyses de sensibilité sur des paramètres clés ont été réalisées afin de mettre en perspective les résultats. Les paramètres étudiés sont : le nombre de cycle de réutilisations, le taux de recyclage du verre ( $R_2$ ) et le taux de pertes de vin pour la solution de fût ECOFASS®.

### 5.1 Analyse de sensibilité sur le nombre de cycles

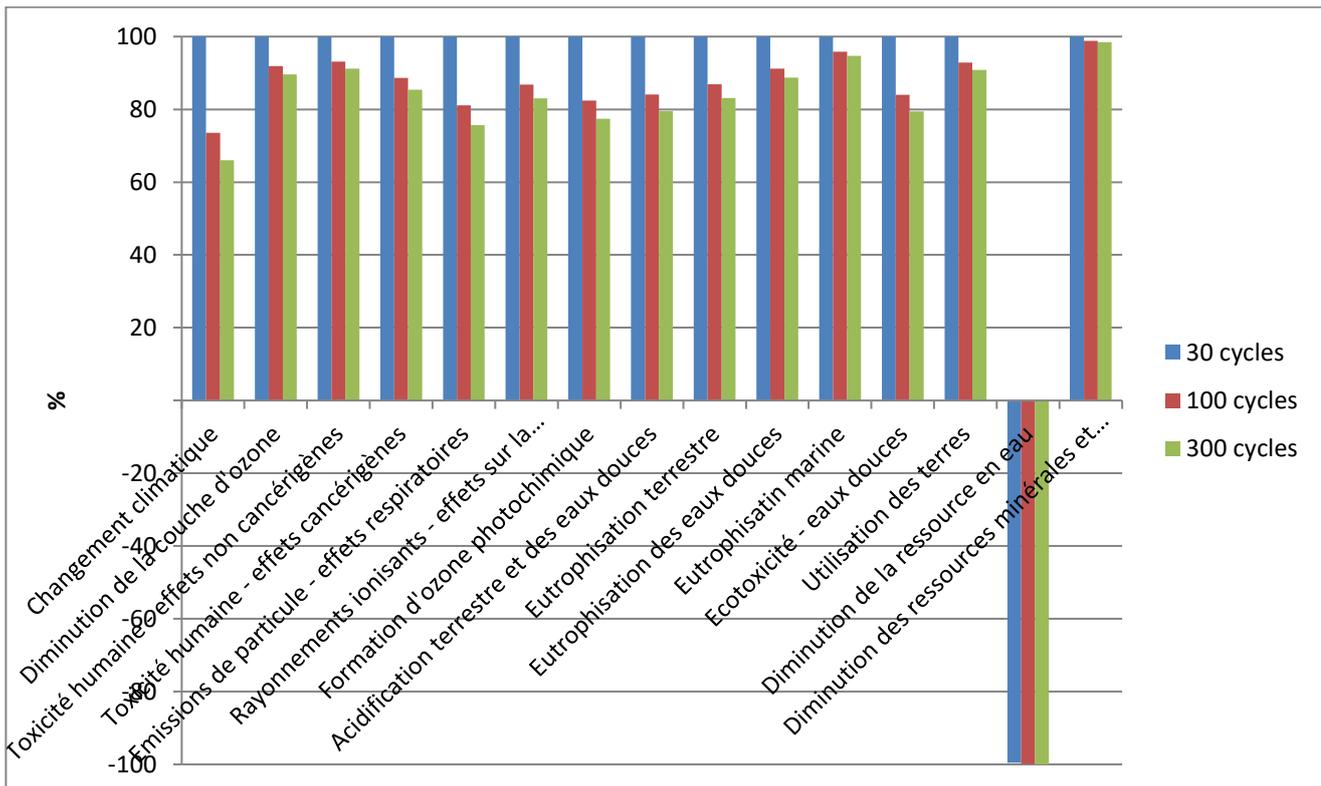


Figure 27 : Analyse de sensibilité des impacts de cycle de vie total du scénario de référence ECOFASS® au nombre de réutilisations du fût

Cf [Annexe 4.12](#) pour les résultats chiffrés.

Les impacts liés à la Fabrication de la solution de fût ECOFASS® sont significatifs (entre 35 et 83% pour 11 des 15 indicateurs). Cependant il faut rappeler ici que le nombre de réutilisations du fût sur sa durée de vie a été minimisé (cf §2.2.3.3), c'est pourquoi une analyse de sensibilité a été réalisée sur 3 valeurs (30, 100 et 300 cycles) pour le cycle de vie complet, afin d'estimer les marges de progrès selon le nombre de réutilisations du fût. Les résultats sont présentés en Figure 27. On note une diminution significative des impacts pour la majorité des indicateurs, notamment pour Changement climatique. Il y a cependant peu de différence significative pour Diminution des ressources minérales et fossiles (les résultats de cet indicateur étant principalement dus à la fabrication de la tête). Cette diminution atteint un plafond lorsqu'on augmente le nombre de cycle, car des étapes du cycle de vie ne dépendent pas de ce paramètre (étape de conditionnement et distribution).

## 5.2 Analyse de sensibilité sur le R<sub>2</sub> du verre

Le choix du R<sub>2</sub> du verre, fixé à 99%, s'est fait en extrapolant des statistiques de recyclage de déchets ménagers suisse. Il s'agit donc d'une hypothèse, qui est peut-être approximative. L'analyse de sensibilité a donc fait varier ce R<sub>2</sub> entre les valeurs 80 %, 90 % et 99%. On voit sur la Figure 8 que les résultats sont assez sensibles à ce paramètre, notamment l'indicateur Changement climatique qui présente un écart de 10% entre les scénarios « R<sub>2</sub> = 99% » et « R<sub>2</sub> = 80% ».

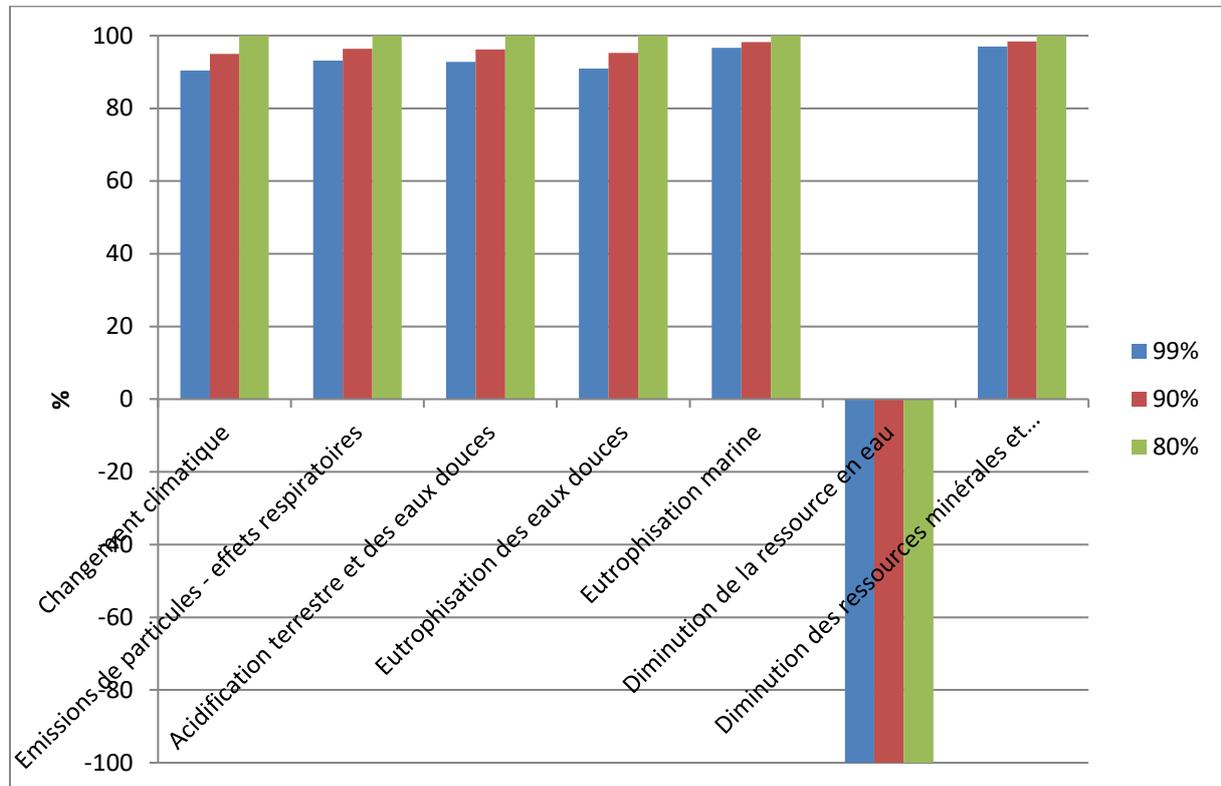


Figure 28 : Analyse de sensibilité sur le paramètre de recyclage R<sub>2</sub> du verre (scénario de référence bouteille)

Cf [Annexe 4.13](#) pour les résultats chiffrés.

Pour mesurer comment ce R<sub>2</sub> peut faire varier les résultats de comparaison, le R<sub>2</sub> du verre a été modifié pour descendre à 80%. Les résultats sont présentés en Figure 29. On constate une légère baisse des impacts du fût relativement à la bouteille verre : le fût présente dans ce cas une baisse de 47% pour l'indicateur Changement climatique par rapport au verre, au lieu de 38% pour un R<sub>2</sub> de 99% (cf 4.2.1).

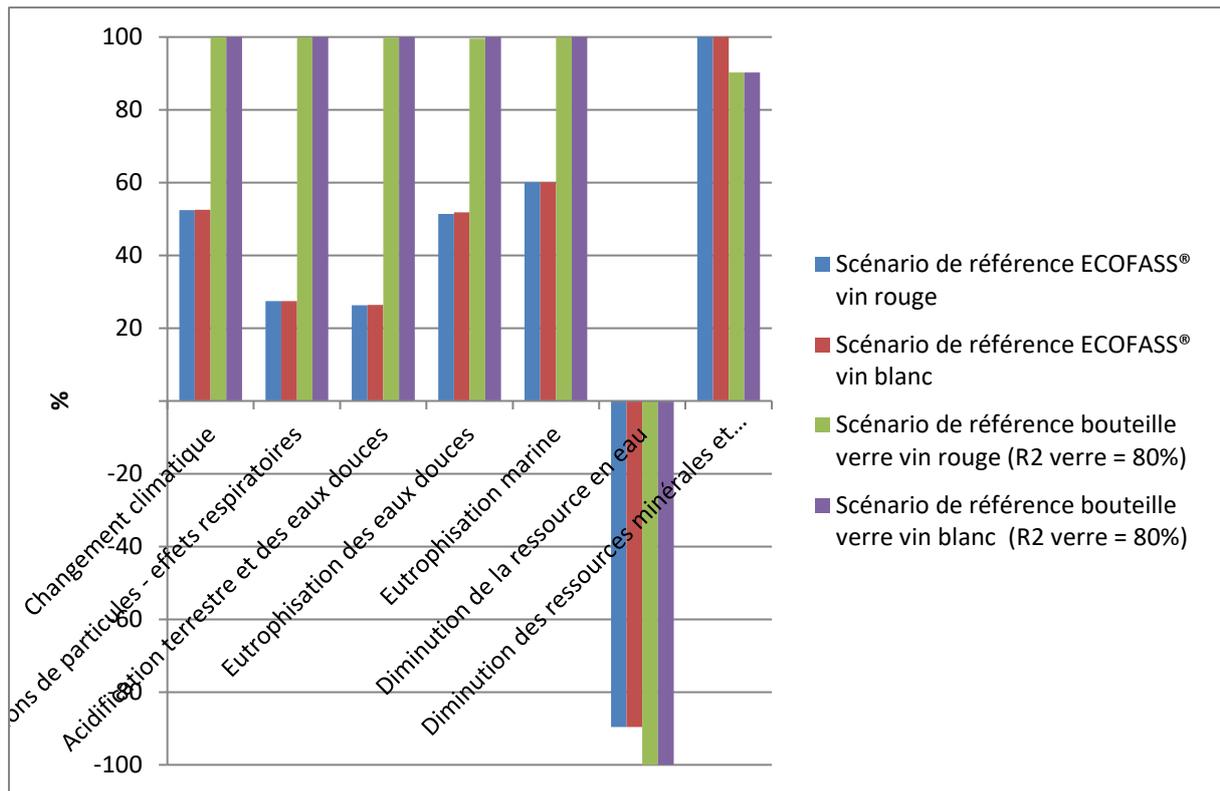


Figure 29 : Comparaison des scénarios ECOFASS® - bouteille verre pour un R2 du verre de 80%

Cf [Annexe 4.14](#) pour les résultats chiffrés.

### 5.3 Analyse de sensibilité sur le taux de pertes en vin de la solution ECOFASS®

Le taux de pertes en vin dans le système de fût ECOFASS® a été estimé à dire d'expert. Considérant la part significative des impacts du vin perdu dans les impacts totaux pour seulement 2% de pertes, il a été jugé utile de faire une analyse de sensibilité sur ce taux de pertes (Figure 30). Celle-ci a donc fait varier le taux de pertes entre 2 %, 4 % et 6 %. On note des écarts d'impacts très significatifs, notamment pour les deux indicateurs Eutrophisation.

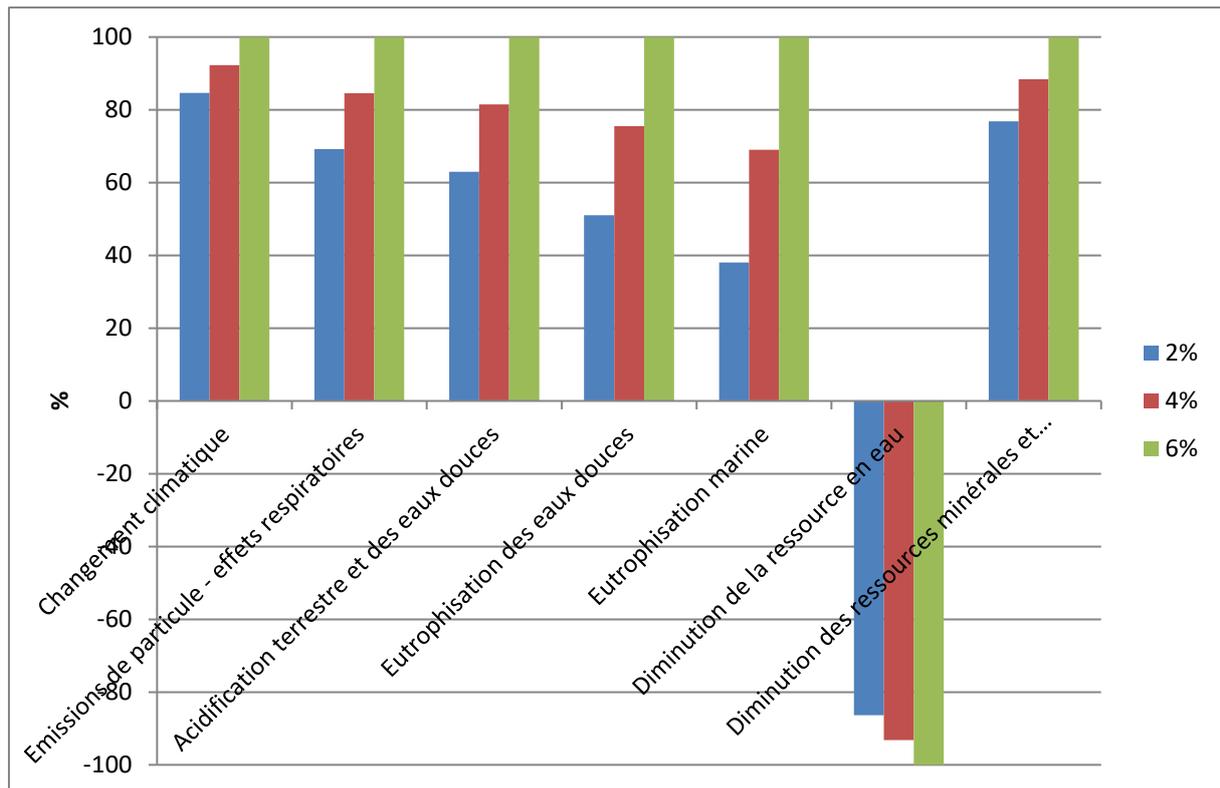


Figure 30 : Analyse de sensibilité sur le taux de pertes (scénario de référence ECOFASS®)

Cf [Annexe 4.15](#) pour les résultats chiffrés.

De la même manière qu'au 5.2, la comparaison ECOFASS®-bouteille verre a été réévaluée avec un taux de pertes de 6% (Figure 31). On observe que les impacts du fût augmentent pour tous les indicateurs, voire même dépassent ceux de la bouteille en verre pour les deux indicateurs Eutrophisation des eaux douces et Eutrophisation marine. Il paraît donc très important de mesurer dans différents contextes de CHR les pertes réelles de vin dues à la solution ECOFASS, afin de rendre les résultats de la comparaison obtenus au 4.2.1 robustes.

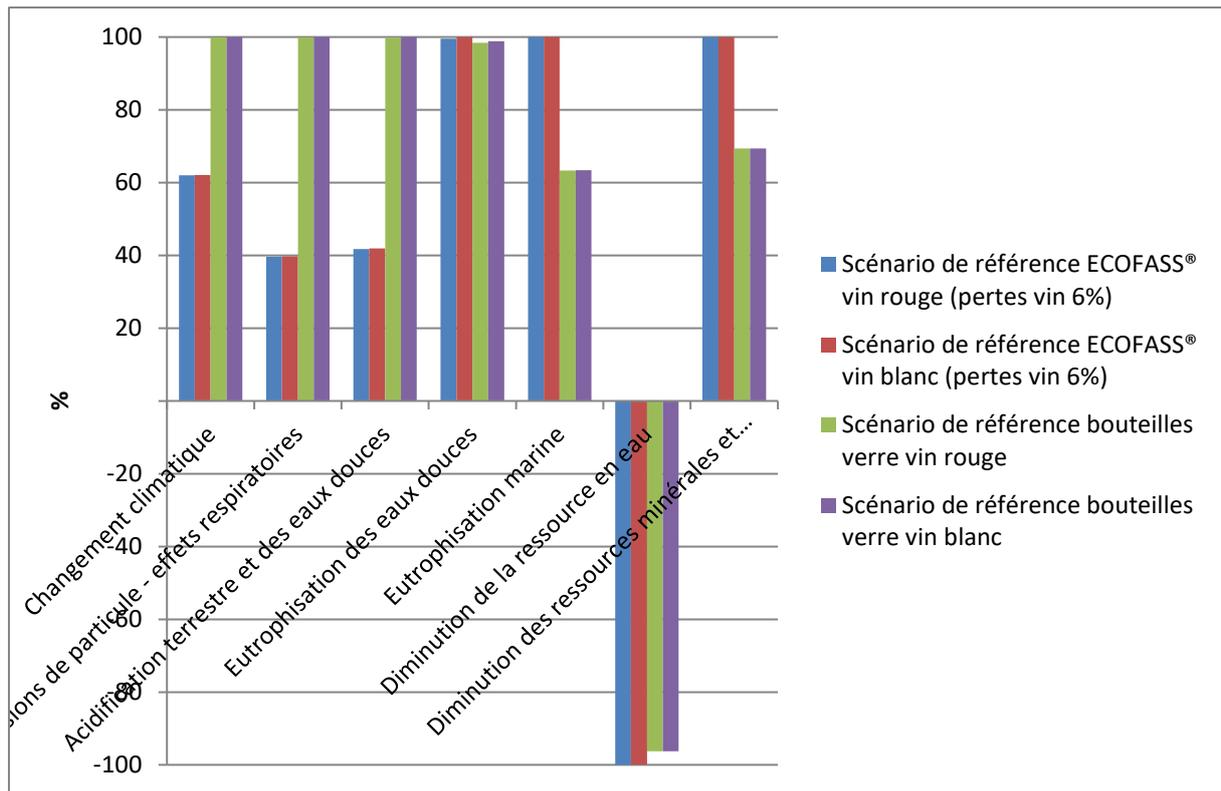


Figure 31 : Comparaison des scénarios ECOFASS® - bouteille verre pour un taux de pertes de vin dans le système ECOFASS® de 6%

Cf Annexe 4.16 pour les résultats chiffrés.

## 6 Conclusion

Les résultats de l'étude sur la solution de fût ECOFASS® appliquée au vin conduisent aux conclusions principales suivantes :

- Concernant l'objectif d'écoconception :
  - o La poche plastique EVOH déjà existante présente des performances environnementales très intéressantes, si son utilisation pour le vin est validée.
  - o La tête creuse déjà existante présente un profil environnemental non significativement différent de celui de la tête plate.
  - o Le passage à une tête lavable semble être une option implémentable à moyen terme et très intéressante sur le plan environnemental.
  - o Le retrait du ressort de la tête plate actuelle est une autre option exploratoire intéressante, qui diminuerait drastiquement la valeur de l'impact « Diminution des ressources minérales et fossiles ».
  - o Ce retrait de ressort était aussi vu comme un préalable à l'atteinte de la recyclabilité de la tête. Le recyclage de la tête est intéressant pour réduire l'indicateur Changement climatique.

Concernant l'objectif de comparaison à la bouteille en verre :

- Les résultats sont très favorables à la solution ECOFASS®, qui présente des meilleurs résultats d'impacts sur tous les indicateurs étudiés, sauf pour l'indicateur Diminution des ressources minérales et fossiles. Ceci s'observe pour une hypothèse de nombre de cycles de réutilisation assez faible, et quelle que soit la distance étudiée (livraison à Genève ou Zurich).
- Les résultats de la comparaison sont sensibles au R2 du verre, mais même avec l'hypothèse la plus en faveur de la bouteille en verre (R2=99%) les résultats vont en faveur du fût.
- Il faut cependant conforter ces résultats en mesurant précisément le taux de perte de vin du système ECOFASS®, car les résultats y sont très sensibles.

## 7 Références

AFNOR, 2012. *Analyse du cycle de vie - La série des normes ISO 14040*. Editions AFNOR.

Bach et al, 2019. Wine-on-tap : a study on the conservation of wines in keg Ecofass®. In : Proceedings of the 42nd World congress of vine and wine, Geneva, 15-19/07/2019.

Bayart J.-B., Vargas M., Salvi M., Rossi V., Lansche J., Mouron P., 2016. *Référentiel méthodologique permettant la production de données d'ICV pour la transformation agro-alimentaire*, Projet ACYVIA, Edition ADEME

Besnier A., Farrant L., Penavayre S., Bosque F., Labau M.-P., Lempereur V., Pernet C., Berner J.-L., Jolibert F., 2016. *Méthodologie d'analyse de cycle de vie environnementale de filières de transformation agro-alimentaire, Application aux filières Vins AOP de Beaujolais et Bourgogne et IGP Foie gras du Sud-ouest*, Projet ACYDU.

CEEV, 2018. *Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) for still and sparkling wine*.

Deloitte Développement Durable, 2018. *Analyse du cycle de vie de dispositifs de réemploi ou réutilisation (BtoC) d'emballages ménagers en verre*. 291 pages

JRC, European Commission. 2011. ILCD Handbook.

Pougnat S., Bach B., Chatelet B., 2018. *Kegged wine : current perceptions and experiences within the Swiss wine industry*. In : Proceedings of the Wine and Hospitality Management Workshop, Lausanne, 14-15/05/2018.

RDC Environnement, 2017. *Evaluation environnementale du recyclage en France selon la méthodologie de l'analyse de cycle de vie*.

The Brewers of Europe, 2018. *Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) for beer*.

## Annexes

### Annexe 1 : Liste des données d'arrière-plan EcoInvent 3.5 utilisées dans la modélisation

Type de donnée d'arrière-plan	Identifiant	Donnée d'arrière-plan EcoInvent 3.5	Utilisé pour :
<b>Matériaux</b>	1	Polyethylene, high density, granulate {GLO}  market for   Cut-off, S	PEHD, PE
	2	Nylon 6 {GLO}  market for   Cut-off, S	PA
	3	Glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulded {GLO}  market for   Cut-off, S	PA 30% FV
	4	Polypropylene, granulate {GLO}  market for   Cut-off, S	PP, TPE (Santoprène)
	5	Steel, chromium steel 18/8 {GLO}  market for   Cut-off, S	Inox (pièces épaisses)
	6	Steel, chromium steel 18/8, hot rolled {GLO}  market for   Cut-off, S	Inox (fil ressort)
	7	Steel,unalloyed {GLO}  market for   Cut-off, S	Acier
	8	Polyethylene, linear low density, granulate {GLO}  market for   Cut-off, S	PEBD
	9	Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA}  market for   Cut-off, S	feuille d'aluminium
	10	Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous {GLO}  market for   Cut-off, S	PET
	11	Formaldehyde {RER}  market for formaldehyde   Cut-off, S	POM
<b>Mise en forme</b>	12	Extrusion, co-extrusion {FR}  of plastic sheets   Cut-off, S	Extrusion fût
	13	Blow moulding {RER}  blow moulding   Cut-off, S	Soufflage
	14	Injection moulding {RER}  processing   Cut-off, S	Injection plastique
	15	Chromium steel removed by turning, average, conventional {RER}  chromium steel turning, average, conventional   Cut-off, S	Décolletage
	16	Wire drawing, steel {RER}  processing   Cut-off, S	Tréfilage
	17	Zinc coat, pieces {RER}  zinc coating, pieces   Cut-off, S	Galvanisation
	18	Extrusion, plastic film {RER}  extrusion, plastic film   Cut-off, S	Extrusion poche
<b>Eau, énergie</b>	19	Electricity, low voltage {FR}  market for   Cut-off, S	Assemblage pièces
	20	Electricity, low voltage {CH}  market for   Cut-off, S	Conditionnement, service du vin
	21	Tap water {CH}  market for   Cut-off, S	Conditionnement
<b>Transports</b>	22	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO3 {GLO}  market for   Alloc Rec, S	Transport pièces
	23	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RER}  market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3   Cut-off, S	Transport pièces, transport des déchets jusqu'au centre de traitement
	24	Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro3 {RER}  market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO3   Cut-off, S	Transport pièces, transport bouteille verre jusqu'au conditionneur
	25	Transport, freight, light commercial vehicle {CH}  market for transport, freight, light commercial vehicle   Cut-off, S	Transport des emballages remplis
<b>Fin de vie</b>	26	Wastewater, average {CH}  market for wastewater, average   Cut-off, S	Conditionnement

## Annexe 2 : Liste des proxys construits à partir des données d'arrière-plan EcoInvent

### 3.5

Type de proxy	Identifiant proxy	UF	Nom du proxy	Flux entrant technosphère	Quantité	Unité	Donnée d'arrière-plan EcoInvent 3.5	Commentaires
Matériau poche plastique	27	1 kg	EVOH	EVA	1950,0	g	Ethylene vinyl acetate copolymer {RER}  market for ethylene vinyl acetate copolymer   Cut-off, S	
				Eau ultra-pure	409,0	g	Water, ultrapure {GLO}  market for   Cut-off, S	
Emballages primaires et secondaires solution bouteille verre	28	1 kg	Packaging bouteille verre 82,5% recyclé	Ev	835	g	Packaging glass, green {DE}   Production   Cut-off, U → modifié pour 0% de calcin et adaptation énergies à la Suisse	(1-0,2*825)
				Er	165	g	Packaging glass, green {DE}   Production   Cut-off, U → modifié pour 100% de calcin et adaptation énergies à la Suisse	0,2 * 825
	29	1 kg	Packaging carton	Packaging carton	1000,0	g	Corrugated board box {RER}  market for corrugated board box   Cut-off, S	
	30	1 kg	Bouchon liège	Liège brut	773	g	Cork, raw {GLO}  market for   Cut-off, S	
				Toluene diisocyanate	222	g	Toluene diisocyanate {GLO}  market for   Cut-off, S	
				Silicone	5	g	Silicone product {GLO}  market for   Cut-off, S	
	31	1 kg	Capsule aluminium	Aluminium "lingot"	1000	g	Aluminium, primary, ingot {RoW}  market for   Cut-off, S	
	32	1 kg	Etiquette papier	Papier	900	g	Paper, woodfree, coated {RER}  market for   Cut-off, S	
				Encre	100	g	Printing colour, rotogravure, 55% toluene, at plant/RER S	
	33	1 kg	Adhésif PP/PVC	Adhésif PP	500	g	Polypropylene, granulate {GLO}  market for   Cut-off, S	
Extrusion				500	g	Extrusion, plastic film {GLO}  market for   Cut-off, S		
Adhésif PVC				500	g	Polyvinylchloride, suspension polymerised {GLO}  market for   Cut-off, S		
Fin de vie	34	1 kg	Incinération déchets plastiques	Impacts du processus d'incinération déchets plastiques	1	kg	Disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration/CH S	Récupération de 3,48 MJ d'électricité et de 7,03 MJ de chaleur par kg déjà intégré dans l'inventaire
								35

							dans l'étude FEDEREC 2017 (filière inexistante)
			Plastique vierge substitué	0,75 *(1/2)	kg	Polyethylene, low density, granulate {GLO}  market for   Cut-off, S	Qs/Qp = 0,75
36	1 kg	Recyclage PEHD	Impacts du processus de recyclage plastique	1/2	kg	Inventaire de la production de granulés PEHD (FEDEREC, 2017)	
			Plastique vierge substitué	0,75 *(1/2)	kg	Polyethylene, high density, granulate {GLO}  market for   Cut-off, S	Qs/Qp = 0,75
37	1 kg	Incinération papier-carton	Impacts du processus d'incinération papier-carton	1	kg	Waste paperboard {CH}  treatment of, municipal incineration   Cut-off, S	
			Récupération électricité	-1,99	MJ	Electricity, medium voltage {CH}  market for   Cut-off, S	
			Récupération chaleur	-3,98	MJ	Heat, central or small-scale, natural gas {CH}  market for heat, central or small-scale, natural gas   Cut-off, S	
38	1 kg	Recyclage carton	Impacts du processus de recyclage carton	1/2	kg	Cardboard recycling, corrugated, impacts/ RER S	
			Carton vierge substitué	0,85 *(1/2)	kg	Corrugated board box {RER}  market for corrugated board box   Cut-off, S	Qs/Qp = 0,85
39	1 kg	Incinération verre	Impacts du processus d'incinération du verre	1	kg	Waste glass {CH}  treatment of, municipal incineration   Cut-off, S	
40	1 kg	Recyclage verre	Impacts du processus de recyclage verre	0,8	kg	Glass cullet, sorted {GLO}  market for   Cut-off, S	1-0,2 = 0,8 ; Qs <sub>out</sub> /Qp = 1 ; Hypothèse R <sub>2</sub> = 1
			Verre vierge substitué (Produits évités)	0,8	kg	Packaging glass, green {GLO}  market for   Cut-off, S	
41	1 kg	Incinération aluminium	Impacts du processus de l'aluminium	1	kg	Scrap aluminium {CH}  treatment of, municipal incineration   Cut-off, S	
42	1 kg	Incinération ordures ménagères	Impacts du processus d'incinération ordures ménagères	1	kg	Municipal solid waste {CH}  treatment of, incineration   Cut-off, S	
			Récupération électricité	-1,39	MJ	Electricity, medium voltage {CH}  market for   Cut-off, S	

			Récupération chaleur	-2,85	MJ	Heat, central or small-scale, natural gas {CH}  market for heat, central or small-scale, natural gas   Cut-off, S	
43	1 m <sup>3</sup>	Effluents vinicoles	Traitement eaux usées	1	m <sup>3</sup>	Wastewater, average {CH}  market for wastewater, average   Cut-off, S	
			(émissions dans l'eau) DCO	15,1	kg	DCO (Demande Chimique en Oxygène)	Valeur de DCO reprise du projet ACYDU
44	1 m <sup>3</sup>	Traitement eaux usées		1	m <sup>3</sup>	Wastewater, average {CH}  market for wastewater, average   Cut-off, S	
<b>Fabrication du vin</b>	45	1 l	Fabrication vin rouge	1	L	Red Wine; from grape, in an individual cellar, packaged; French production, at plant; 1 L of red wine (PDi) (modifié)	Inventaire ACYVIA modifié (Bottling supprimé)

**Annexe 3 : Fiches techniques des films multicouche des poches**

	<b>TECHNICAL DATA SHEET</b> <i>FICHE TECHNIQUE</i> <b>XX 60 (PET-ALU-OPA-PE)</b>	Date : 31/01/2014
		Folio : 1 sur 1

	<b>Units Unités</b>	<b>Values Valeurs</b>	<b>Methods Méthodes</b>
<b>WEIGHT POIDS</b> <b>THICKNESS EPAISSEUR</b>	g/m <sup>2</sup> µm (microns)	114 (± 10%) 100 (± 10%)	GIFLEX n°1 DIN 53370
<b>PERMEABILITY PERMEABILITE</b> <b>to water vapour à la vapeur d'eau</b> (38°C, 90 % HR) <b>oxygen à l'oxygène</b> (23°C / 0 % HR)	g/m <sup>2</sup> . 24 h cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> . 24 h	< 0,1 < 0,1	ASTM E398 ASTM D3985
<b>FRICITION COEFFICIENT</b> <b>COEFFICIENT DE FROTTEMENT</b> PE – PE PET - PET		0,40 0,30	ASTM D1894 ASTM D1894
<b>BOND STRENGTH</b> <b>ADHESION ENTRE COUCHES</b> PET / ALU ALU / OPA OPA / PE	N/15 mm N/15 mm N/15 mm	3 3 4	Giflex n°4 Giflex n°4 Giflex n°4
<b>SEAL STRENGTH FORCE DE SCELLAGE</b>	N/15 mm	50	Giflex n°3

<b>Quality Department Accepted :</b> <i>Approbation Service Qualité :</i> 	<b>Manufacturing Department Accepted :</b> <i>Approbation Service Production :</i> 	<b>Customer accepted :</b> <i>Approbation client :</i>
---	---	---

	<b>TECHNICAL DATA SHEET</b> <i>FICHE TECHNIQUE</i> PA 30 EVOH 10 PE 80 Bleu	Date : 15/10/2013
		Folio : 1 sur 1

	Units Unités	Values Valeurs	Methods Méthodes
WEIGHT <i>POIDS</i>	g/m <sup>2</sup>	120,6 (± 10%)	UNI
THICKNESS <i>EPAISSEUR</i>	μ (microns)	120 (± 10%)	UNI
PERMEABILITY <i>PERMEABILITE</i> to water vapour <i>à la vapeur d'eau</i> (38°C, 90 % HR)	g/m <sup>2</sup> . 24 h	< 5	NF EN ISO 15106-1
oxygen <i>à l'oxygène</i> (23°C / 50 % HR)	cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> . 24 h	< 0.24	ASTM D 3985
Carbon dioxide <i>au dioxyde de carbone</i> (23°C / 50 % HR)	cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> . 24 h	< 0.72	INDICATIF
TENSILE STRENGTH <i>RESISTANCE A LA RUPTURE</i>	MPa (MD/CD)	36 / 36	NF EN ISO 527-1
ELONGATION AT BREAK <i>ALLONGEMENT A LA RUPTURE</i>	% (MD/CD)	400 / 440	NF EN ISO 527-1
SEALING TEST PARAMETERS <i>PLAGE DE SCELLAGE</i>	°C	135-145	UNI
FORMING TEMPERATURE <i>TEMPERATURE DE FORMAGE</i>	°C	100-105	UNI

Quality Department Accepted : <i>Approbation Service Qualité :</i> 	Manufacturing Department Accepted : <i>Approbation Service Production :</i> 	Customer accepted : <i>Approbation client :</i>
--	--	--

## Annexe 4 : Résultats chiffrés de la caractérisation des impacts

### Annexe 4.1 : Analyse de la contribution de chaque étape du cycle de vie aux impacts totaux pour le scénario de référence ECOFASS® (Périmètre 1)

Scénario de référence solution ECOFASS® (Périmètre 1)							
Catégorie d'impact	Unité	Total	Fabrication solution ECOFASS®	Fabrication du vin perdu	Conditionnement	Distribution	Fin de vie
Changement climatique	kg CO2 eq	5,35E+00	2,58E+00	1,59E-02	2,75E-01	6,96E-01	1,78E+00
Diminution de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	4,12E-07	1,29E-07	8,68E-08	4,99E-08	1,23E-07	2,35E-08
Toxicité humaine - effets non cancérigènes	CTUh	3,56E-06	6,56E-07	6,29E-07	1,16E-07	2,77E-07	1,88E-06
Toxicité humaine - effets cancérigènes	CTUh	5,06E-07	2,73E-07	4,79E-08	1,63E-08	3,87E-08	1,30E-07
Emissions de particule - effets respiratoires	kg PM2.5 eq	2,30E-03	1,45E-03	2,65E-04	9,65E-05	2,40E-04	2,47E-04
Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine	kBq U235 eq	8,12E-01	3,41E-01	2,79E-01	4,76E-02	7,07E-02	7,31E-02
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC eq	1,78E-02	8,57E-03	2,50E-03	1,44E-03	3,72E-03	1,61E-03
Acidification terrestre et des eaux douces	molc H+ eq	2,67E-02	1,37E-02	4,51E-03	1,53E-03	3,72E-03	3,29E-03
Eutrophisation terrestre	molc N eq	7,45E-02	2,77E-02	1,86E-02	5,19E-03	1,25E-02	1,04E-02
Eutrophisation des eaux douces	kg P eq	1,71E-03	6,92E-04	1,53E-04	6,14E-05	1,34E-04	6,70E-04
Eutrophisation marine	kg N eq	2,23E-02	2,48E-03	5,79E-03	4,73E-04	1,10E-03	1,24E-02
Ecotoxicité - eaux douces	CTUe	1,16E+02	2,46E+01	2,46E+01	3,30E+00	8,07E+00	5,49E+01
Utilisation des terres	kg C deficit	6,91E+00	1,83E+00	1,15E+00	8,46E-01	2,19E+00	9,04E-01
Diminution de la ressource en eau	m3 water eq	-3,98E-01	-3,69E-01	-3,63E-03	-1,36E-03	-3,63E-03	-2,00E-02
Diminution des ressources minérales et fossiles	kg Sb eq	1,56E-03	1,30E-03	1,96E-04	1,61E-05	4,06E-05	1,13E-05

**Annexe 4.2 : Analyse de la contribution de chaque étape du cycle de vie aux impacts totaux pour le scénario de référence ECOFASS® (Périmètre 2)**

Scénario de référence solution ECOFASS® (Périmètre 2)								
Catégorie d'impact	Unité	Total	Fabrication solution ECOFASS®	Fabrication du vin perdu	Fabrication du vin servi	Conditionnement	Distribution	Fin de vie
Changement climatique	kg CO2 eq	7,92E+00	2,58E+00	1,59E-02	7,96E-01	2,75E-01	2,47E+00	1,78E+00
Diminution de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	5,07E-06	1,29E-07	8,68E-08	4,34E-06	4,99E-08	4,36E-07	2,35E-08
Toxicité humaine - effets non cancérogènes	CTUh	3,57E-05	6,56E-07	6,29E-07	3,15E-05	1,16E-07	9,82E-07	1,88E-06
Toxicité humaine - effets cancérogènes	CTUh	3,00E-06	2,73E-07	4,79E-08	2,39E-06	1,63E-08	1,37E-07	1,30E-07
Emissions de particule - effets respiratoires	kg PM2.5 eq	1,62E-02	1,45E-03	2,65E-04	1,33E-02	9,65E-05	8,51E-04	2,47E-04
Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine	kBq U235 eq	1,50E+01	3,41E-01	2,79E-01	1,40E+01	4,76E-02	2,51E-01	7,31E-02
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC eq	1,52E-01	8,57E-03	2,50E-03	1,25E-01	1,44E-03	1,32E-02	1,61E-03
Acidification terrestre et des eaux douces	molc H+ eq	2,62E-01	1,37E-02	4,51E-03	2,26E-01	1,53E-03	1,32E-02	3,29E-03
Eutrophisation terrestre	molc N eq	1,04E+00	2,77E-02	1,86E-02	9,31E-01	5,19E-03	4,45E-02	1,04E-02
Eutrophisation des eaux douces	kg P eq	9,70E-03	6,92E-04	1,53E-04	7,65E-03	6,14E-05	4,76E-04	6,70E-04
Eutrophisation marine	kg N eq	3,15E-01	2,48E-03	5,79E-03	2,90E-01	4,73E-04	3,91E-03	1,24E-02
Ecotoxicité - eaux douces	CTUe	1,37E+03	2,46E+01	2,46E+01	1,23E+03	3,30E+00	2,86E+01	5,49E+01
Utilisation des terres	kg C deficit	7,00E+01	1,83E+00	1,15E+00	5,76E+01	8,46E-01	7,76E+00	9,04E-01
Diminution de la ressource en eau	m3 water eq	-5,88E-01	-3,69E-01	-3,63E-03	-1,81E-01	-1,36E-03	-1,29E-02	-2,00E-02
Diminution des ressources minérales et fossiles	kg Sb eq	1,15E-02	1,30E-03	1,96E-04	9,82E-03	1,61E-05	1,44E-04	1,13E-05

**Annexe 4.3 : Analyse de la contribution de chaque pièce et flux de la solution complète ECOFASS®  
aux impacts totaux de sa fabrication pour une Unité Fonctionnelle**

Catégorie d'impact	Unité	Total	Fût	Tête plate	Poche alu	Electricité	Poids lourd 19t	Poids lourd 3,5t
<b>Changement climatique</b>	kg CO2 eq	2,58E+00	1,25E+00	3,07E-01	1,00E+00	1,94E-03	2,07E-02	9,31E-04
<b>Diminution de la couche d'ozone</b>	kg CFC-11 eq	1,26E-07	3,99E-08	3,83E-08	4,33E-08	7,38E-10	3,86E-09	1,63E-10
<b>Toxicité humaine - effets non cancérogènes</b>	CTUh	6,53E-07	1,08E-07	3,23E-07	2,16E-07	1,27E-09	4,87E-09	2,51E-10
<b>Toxicité humaine - effets cancérogènes</b>	CTUh	2,73E-07	6,11E-08	4,60E-08	1,65E-07	2,33E-10	6,37E-10	4,26E-11
<b>Emissions de particule - effets respiratoires</b>	kg PM2.5 eq	1,45E-03	5,92E-04	1,73E-04	6,69E-04	9,71E-07	1,28E-05	5,04E-07
<b>Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine</b>	kBq U235 eq	3,34E-01	1,46E-01	5,55E-02	1,26E-01	5,67E-03	1,56E-03	6,81E-05
<b>Formation d'ozone photochimique</b>	kg NMVOC eq	8,54E-03	4,07E-03	1,09E-03	3,21E-03	3,04E-06	1,64E-04	6,49E-06
<b>Acidification terrestre et des eaux douces</b>	molc H+ eq	1,36E-02	5,70E-03	1,79E-03	5,98E-03	2,53E-05	1,44E-04	6,01E-06
<b>Eutrophisation terrestre</b>	molc N eq	2,77E-02	1,25E-02	3,78E-03	1,07E-02	9,68E-05	6,08E-04	2,40E-05
<b>Eutrophisation des eaux douces</b>	kg P eq	6,88E-04	1,97E-04	1,51E-04	3,36E-04	2,13E-06	1,70E-06	1,05E-07
<b>Eutrophisation marine</b>	kg N eq	2,47E-03	1,15E-03	3,00E-04	9,59E-04	2,23E-06	5,53E-05	2,18E-06
<b>Ecotoxicité - eaux douces</b>	CTUe	2,44E+01	4,69E+00	3,58E+00	1,60E+01	4,91E-02	1,17E-01	6,43E-03
<b>Utilisation des terres</b>	kg C deficit	1,81E+00	5,69E-01	4,01E-01	7,59E-01	1,24E-03	7,74E-02	2,93E-03
<b>Diminution de la ressource en eau</b>	m3 water eq	-3,69E-01	2,02E-03	-2,05E-04	-3,71E-01	9,46E-06	-4,77E-05	-4,12E-06
<b>Diminution des ressources minérales et fossiles</b>	kg Sb eq	1,30E-03	2,40E-05	1,20E-03	7,12E-05	1,22E-07	1,58E-06	1,30E-07

**Annexe 4.4 : Analyse de la contribution de chaque pièce et flux du fût aux impacts totaux de sa fabrication (scénario de référence)**

Catégorie d'impact	Unité	Total	01_enveloppe fut_30l	02_poignee	03_embase	04_bague	05_ecrou plastique	06_capsule diamètre 76	07_capot valve	08_vis inox	09_ecrou inox	10_rondelle inox	36_valve securite	Electricité	Poids lourd 33t	Poids lourd 19t	Fourgon 3,5t
Changement climatique	kg CO2 eq	3,66E+01	1,05E+01	1,05E+01	9,73E+00	4,29E+00	8,21E-01	1,90E-02	1,11E-02	3,67E-01	1,88E-01	1,79E-01	5,52E-02	2,66E-02	1,30E-03	1,05E+01	1,05E+01
Diminution de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	1,17E-06	6,84E-07	1,70E-07	1,58E-07	6,95E-08	1,57E-08	1,04E-09	6,00E-10	1,94E-08	9,94E-09	9,47E-09	6,29E-09	2,98E-08	2,43E-10	6,84E-07	1,70E-07
Toxicité humaine - effets non cancérogènes	CTUh	3,17E-06	1,56E-06	4,10E-07	3,81E-07	1,68E-07	4,31E-08	2,05E-09	1,17E-09	2,82E-07	1,44E-07	1,37E-07	2,27E-08	2,22E-08	3,06E-10	1,56E-06	4,10E-07
Toxicité humaine - effets cancérogènes	CTUh	1,80E-06	5,51E-07	2,98E-07	2,77E-07	1,22E-07	3,17E-08	8,71E-10	4,64E-10	2,47E-07	1,27E-07	1,21E-07	1,84E-08	2,90E-09	4,00E-11	5,51E-07	2,98E-07
Emissions de particule - effets respiratoires	kg PM2.5 eq	1,74E-02	5,68E-03	4,27E-03	3,98E-03	1,75E-03	4,88E-04	8,48E-06	4,67E-06	5,81E-04	2,98E-04	2,83E-04	4,68E-05	1,93E-05	8,03E-07	5,68E-03	4,27E-03
Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine	kBq U235 eq	4,29E+00	3,09E+00	3,99E-01	3,71E-01	1,64E-01	2,74E-02	2,51E-03	1,45E-03	2,40E-02	1,23E-02	1,17E-02	1,14E-02	1,80E-01	9,83E-05	3,09E+00	3,99E-01
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC eq	1,20E-01	4,13E-02	3,14E-02	2,92E-02	1,29E-02	2,04E-03	7,11E-05	3,84E-05	1,30E-03	6,64E-04	6,33E-04	1,94E-04	1,26E-04	1,03E-05	4,13E-02	3,14E-02
Acidification terrestre et des eaux douces	molc H+ eq	1,68E-01	5,63E-02	4,37E-02	4,07E-02	1,79E-02	3,71E-03	9,33E-05	5,27E-05	2,29E-03	1,18E-03	1,12E-03	3,18E-04	1,94E-04	9,02E-06	5,63E-02	4,37E-02
Eutrophisation terrestre	molc N eq	3,66E-01	1,17E-01	9,91E-02	9,22E-02	4,06E-02	6,41E-03	1,88E-04	1,09E-04	4,63E-03	2,37E-03	2,26E-03	6,57E-04	5,24E-04	3,82E-05	1,17E-01	9,91E-02
Eutrophisation des eaux douces	kg P eq	5,80E-03	3,16E-03	9,44E-04	8,78E-04	3,87E-04	8,22E-05	4,76E-06	2,89E-06	1,52E-04	7,77E-05	7,40E-05	2,30E-05	1,25E-05	1,07E-07	3,16E-03	9,44E-04
Eutrophisation marine	kg N eq	3,40E-02	9,44E-03	9,55E-03	8,88E-03	3,91E-03	1,14E-03	1,50E-05	8,85E-06	4,51E-04	2,31E-04	2,20E-04	5,44E-05	5,36E-05	3,48E-06	9,44E-03	9,55E-03
Ecotoxicité - eaux douces	CTUe	1,38E+02	5,98E+01	2,20E+01	2,04E+01	9,00E+00	2,39E+00	8,11E-02	4,49E-02	1,05E+01	5,37E+00	5,11E+00	8,03E-01	2,61E+00	7,35E-03	5,98E+01	2,20E+01
Utilisation des terres	kg C deficit	1,67E+01	9,70E+00	2,01E+00	1,87E+00	8,25E-01	2,41E-01	1,24E-02	7,14E-03	9,58E-01	4,91E-01	4,68E-01	8,14E-02	6,80E-02	4,86E-03	9,70E+00	2,01E+00
Diminution de la ressource en eau	m3 water eq	5,95E-02	2,41E-02	1,55E-02	1,44E-02	6,35E-03	2,77E-03	3,94E-05	2,47E-05	-1,86E-03	-9,52E-04	-9,07E-04	-8,01E-05	1,27E-04	-	3,00E-06	2,41E-02
Diminution des ressources minérales et fossiles	kg Sb eq	7,06E-04	1,75E-04	1,70E-04	1,58E-04	6,97E-05	4,69E-06	2,15E-07	1,24E-07	6,02E-05	3,08E-05	2,94E-05	4,35E-06	3,29E-06	9,92E-08	1,75E-04	1,70E-04

**Annexe 4.5 : Analyse de la contribution de chaque pièce et flux de la tête plate aux impacts totaux de sa fabrication (scénario de référence)**

Catégorie d'impact	Unité	Total	16_corps sup_TP	17_corps inf_TP	18_axe TJ_TP	19_joint sup_TP	20_support joint_TP	29_joint ecrou	21_ressort TP	30_joint torique TP_TC	Electricité	Poids lourd 19t
Changement climatique	kg CO2 eq	3,01E-01	8,17E-02	3,82E-02	1,21E-02	2,73E-02	2,34E-02	3,36E-02	8,16E-02	6,01E-04	6,75E-04	1,90E-03
Diminution de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	3,76E-08	1,62E-08	7,57E-09	2,39E-09	1,48E-09	1,27E-09	1,82E-09	5,40E-09	3,24E-11	1,07E-09	3,56E-10
Toxicité humaine - effets non cancérogènes	CTUh	3,17E-07	2,66E-08	1,24E-08	3,93E-09	2,87E-09	2,46E-09	3,53E-09	2,63E-07	6,31E-11	7,63E-10	4,48E-10
Toxicité humaine - effets cancérogènes	CTUh	4,51E-08	5,05E-09	2,36E-09	7,46E-10	1,14E-09	9,79E-10	1,41E-09	3,33E-08	2,51E-11	1,01E-10	5,86E-11
Emissions de particule - effets respiratoires	kg PM2.5 eq	1,69E-04	3,20E-05	1,50E-05	4,73E-06	1,15E-05	9,84E-06	1,41E-05	8,04E-05	2,52E-07	5,03E-07	1,18E-06
Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine	kBq U235 eq	5,45E-02	2,01E-02	9,38E-03	2,96E-03	3,56E-03	3,06E-03	4,39E-03	3,97E-03	7,83E-05	6,84E-03	1,44E-04
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC eq	1,07E-03	2,50E-04	1,17E-04	3,69E-05	9,45E-05	8,10E-05	1,16E-04	3,51E-04	2,08E-06	1,98E-06	1,51E-05
Acidification terrestre et des eaux douces	molc H+ eq	1,76E-03	4,63E-04	2,16E-04	6,83E-05	1,30E-04	1,11E-04	1,59E-04	5,90E-04	2,85E-06	4,98E-06	1,32E-05
Eutrophisation terrestre	molc N eq	3,71E-03	1,01E-03	4,71E-04	1,49E-04	2,69E-04	2,31E-04	3,31E-04	1,18E-03	5,92E-06	9,80E-06	5,59E-05
Eutrophisation des eaux douces	kg P eq	1,48E-04	4,42E-05	2,07E-05	6,53E-06	7,10E-06	6,09E-06	8,74E-06	5,37E-05	1,56E-07	4,49E-07	1,56E-07
Eutrophisation marine	kg N eq	2,94E-04	7,55E-05	3,53E-05	1,12E-05	2,18E-05	1,87E-05	2,68E-05	9,82E-05	4,78E-07	1,12E-06	5,09E-06
Ecotoxicité - eaux douces	CTUe	3,51E+00	7,53E-01	3,52E-01	1,11E-01	1,10E-01	9,46E-02	1,36E-01	1,84E+00	2,42E-03	9,74E-02	1,08E-02
Utilisation des terres	kg C deficit	3,93E-01	1,50E-01	7,00E-02	2,21E-02	1,75E-02	1,50E-02	2,16E-02	8,86E-02	3,86E-04	9,40E-04	7,12E-03
Diminution de la ressource en eau	m3 water eq	-2,01E-04	-1,66E-04	-7,78E-05	-2,46E-05	6,08E-05	5,21E-05	7,48E-05	-1,22E-04	1,34E-06	5,29E-06	-4,39E-06
Diminution des ressources minérales et fossiles	kg Sb eq	1,18E-03	3,97E-06	1,86E-06	5,86E-07	3,04E-07	2,61E-07	3,74E-07	1,17E-03	6,68E-09	1,10E-07	1,45E-07

**Annexe 4.6 : Comparaison des impacts du scénario de référence ECOFASS® avec les différentes variantes concernant la poche**

Catégorie d'impact	Unité	Scénario référence ECOFASS®	Variante "poche EVOH non recyclable"	Variante "poche EVOH recyclable"
<b>Changement climatique</b>	kg CO2 eq	5,35E+00	5,49E+00	4,67E+00
<b>Diminution de la couche d'ozone</b>	kg CFC-11 eq	4,12E-07	3,85E-07	3,83E-07
<b>Toxicité humaine - effets non cancérogènes</b>	CTUh	3,56E-06	3,42E-06	3,39E-06
<b>Toxicité humaine - effets cancérogènes</b>	CTUh	5,06E-07	3,79E-07	3,55E-07
<b>Emissions de particule - effets respiratoires</b>	kg PM2.5 eq	2,30E-03	2,04E-03	1,86E-03
<b>Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine</b>	kBq U235 eq	8,12E-01	7,47E-01	7,53E-01
<b>Formation d'ozone photochimique</b>	kg NMVOC eq	1,78E-02	1,72E-02	1,56E-02
<b>Acidification terrestre et des eaux douces</b>	molc H+ eq	2,67E-02	2,44E-02	2,24E-02
<b>Eutrophisation terrestre</b>	molc N eq	7,45E-02	7,16E-02	6,71E-02
<b>Eutrophisation des eaux douces</b>	kg P eq	1,71E-03	1,52E-03	1,49E-03
<b>Eutrophisation marine</b>	kg N eq	2,23E-02	2,20E-02	2,16E-02
<b>Ecotoxicité - eaux douces</b>	CTUe	1,16E+02	1,06E+02	1,01E+02
<b>Utilisation des terres</b>	kg C deficit	6,91E+00	6,51E+00	6,45E+00
<b>Diminution de la ressource en eau</b>	m3 water eq	-3,98E-01	-2,49E-02	-2,52E-02
<b>Diminution des ressources minérales et fossiles</b>	kg Sb eq	1,56E-03	1,50E-03	1,50E-03

**Annexe 4.7 : Comparaison des impacts du scénario de référence ECOFASS® avec les différentes variantes concernant la tête**

Catégorie d'impact	Unité	Scénario référence ECOFASS®	Variante "tête creuse"	Variante "tête lavable"	Variante "tête plate jetable sans ressort"	Variante "tête recyclable sans ressort"
Changement climatique	kg CO2 eq	5,35E+00	5,36E+00	4,57E+00	5,64E+00	4,91E+00
Diminution de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	4,12E-07	4,12E-07	3,64E-07	4,33E-07	4,05E-07
Toxicité humaine - effets non cancérogènes	CTUh	3,56E-06	3,56E-06	3,11E-06	3,46E-06	3,27E-06
Toxicité humaine - effets cancérogènes	CTUh	5,06E-07	5,07E-07	4,50E-07	6,36E-07	4,62E-07
Emissions de particule - effets respiratoires	kg PM2.5 eq	2,30E-03	2,30E-03	2,10E-03	2,54E-03	2,18E-03
Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine	kBq U235 eq	8,12E-01	8,12E-01	7,44E-01	8,65E-01	8,12E-01
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC eq	1,78E-02	1,78E-02	1,64E-02	1,86E-02	1,71E-02
Acidification terrestre et des eaux douces	molc H+ eq	2,67E-02	2,67E-02	2,46E-02	2,94E-02	2,57E-02
Eutrophisation terrestre	molc N eq	7,45E-02	7,45E-02	6,93E-02	7,77E-02	7,23E-02
Eutrophisation des eaux douces	kg P eq	1,71E-03	1,71E-03	1,55E-03	1,87E-03	1,65E-03
Eutrophisation marine	kg N eq	2,23E-02	2,23E-02	2,19E-02	2,26E-02	2,21E-02
Ecotoxicité - eaux douces	CTUe	1,16E+02	1,16E+02	9,88E+01	1,29E+02	1,10E+02
Utilisation des terres	kg C deficit	6,91E+00	6,92E+00	6,36E+00	7,17E+00	6,78E+00
Diminution de la ressource en eau	m3 water eq	-3,98E-01	-3,98E-01	-3,97E-01	-8,41E-01	-3,97E-01
Diminution des ressources minérales et fossiles	kg Sb eq	1,56E-03	1,56E-03	3,99E-04	4,44E-04	3,69E-04

**Annexe 4.8 : Comparaison des impacts du scénario de référence ECOFASS® avec la variante « enveloppe du fût recyclable »**

Catégorie d'impact	Unité	Scénario référence ECOFASS®	Variante "enveloppe du fût recyclable"
<b>Changement climatique</b>	kg CO2 eq	5,35E+00	4,99E+00
<b>Diminution de la couche d'ozone</b>	kg CFC-11 eq	4,12E-07	4,13E-07
<b>Toxicité humaine - effets non cancérogènes</b>	CTUh	3,56E-06	3,55E-06
<b>Toxicité humaine - effets cancérogènes</b>	CTUh	5,06E-07	4,96E-07
<b>Emissions de particule - effets respiratoires</b>	kg PM2.5 eq	2,30E-03	2,26E-03
<b>Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine</b>	kBq U235 eq	8,12E-01	8,22E-01
<b>Formation d'ozone photochimique</b>	kg NMVOC eq	1,78E-02	1,74E-02
<b>Acidification terrestre et des eaux douces</b>	molc H+ eq	2,67E-02	2,63E-02
<b>Eutrophisation terrestre</b>	molc N eq	7,45E-02	7,36E-02
<b>Eutrophisation des eaux douces</b>	kg P eq	1,71E-03	1,71E-03
<b>Eutrophisation marine</b>	kg N eq	2,23E-02	2,22E-02
<b>Ecotoxicité - eaux douces</b>	CTUe	1,16E+02	1,12E+02
<b>Utilisation des terres</b>	kg C deficit	6,91E+00	6,90E+00
<b>Diminution de la ressource en eau</b>	m3 water eq	-3,98E-01	-3,98E-01
<b>Diminution des ressources minérales et fossiles</b>	kg Sb eq	1,56E-03	1,56E-03

**Annexe 4.9 : Comparaison des impacts du scénario de référence ECOFASS® et le scénario de référence bouteille verre, pour deux types de réfrigération au service (vin rouge ou vin blanc)**

Catégorie d'impact	Unité	Scénario référence ECOFASS® (vin rouge)	Scénario référence ECOFASS® (vin blanc)	Scénario référence bouteille verre (vin rouge)	Scénario référence bouteille verre (vin blanc)
<b>Changement climatique</b>	kg CO2 eq	5,35E+00	5,36E+00	9,21E+00	9,23E+00
<b>Diminution de la couche d'ozone</b>	kg CFC-11 eq	4,12E-07	4,17E-07	1,79E-06	1,80E-06
<b>Toxicité humaine - effets non cancérogènes</b>	CTUh	3,56E-06	3,57E-06	5,62E-06	5,63E-06
<b>Toxicité humaine - effets cancérogènes</b>	CTUh	5,06E-07	5,08E-07	8,31E-07	8,33E-07
<b>Emissions de particule - effets respiratoires</b>	kg PM2.5 eq	2,30E-03	2,31E-03	7,81E-03	7,81E-03
<b>Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine</b>	kBq U235 eq	8,12E-01	8,48E-01	2,70E+00	2,74E+00
<b>Formation d'ozone photochimique</b>	kg NMVOC eq	1,78E-02	1,79E-02	5,66E-02	5,66E-02
<b>Acidification terrestre et des eaux douces</b>	molc H+ eq	2,67E-02	2,69E-02	9,42E-02	9,44E-02
<b>Eutrophisation terrestre</b>	molc N eq	7,45E-02	7,51E-02	2,59E-01	2,59E-01
<b>Eutrophisation des eaux douces</b>	kg P eq	1,71E-03	1,72E-03	3,01E-03	3,03E-03
<b>Eutrophisation marine</b>	kg N eq	2,23E-02	2,23E-02	3,59E-02	3,59E-02
<b>Ecotoxicité - eaux douces</b>	CTUe	1,16E+02	1,16E+02	1,90E+02	1,91E+02
<b>Utilisation des terres</b>	kg C deficit	6,91E+00	6,92E+00	4,02E+01	4,03E+01
<b>Diminution de la ressource en eau</b>	m3 water eq	-3,98E-01	-3,97E-01	-4,43E-01	-4,43E-01
<b>Diminution des ressources minérales et fossiles</b>	kg Sb eq	1,56E-03	1,56E-03	1,37E-03	1,37E-03

**Annexe 4.10 : Comparaison des impacts du scénario de référence ECOFASS® et le scénario de référence bouteille verre, pour deux options de logistique (livraison Genève ou Zurich)**

Catégorie d'impact	Unité	Scénario référence ECOFASS®	Scénario de référence bouteille verre	Scénario logistique ECOFASS® livraison Zurich	Scénario logistique bouteille verre livraison Zurich
Changement climatique	kg CO2 eq	5,35E+00	9,21E+00	1,00E+01	1,73E+01
Diminution de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	4,12E-07	1,79E-06	1,23E-06	3,22E-06
Toxicité humaine - effets non cancérogènes	CTUh	3,56E-06	5,62E-06	5,41E-06	8,84E-06
Toxicité humaine - effets cancérogènes	CTUh	5,06E-07	8,31E-07	7,65E-07	1,28E-06
Emissions de particule - effets respiratoires	kg PM2.5 eq	2,30E-03	7,81E-03	3,90E-03	1,06E-02
Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine	kBq U235 eq	8,12E-01	2,70E+00	1,28E+00	3,53E+00
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC eq	1,78E-02	5,66E-02	4,27E-02	9,99E-02
Acidification terrestre et des eaux douces	molc H+ eq	2,67E-02	9,42E-02	5,16E-02	1,37E-01
Eutrophisation terrestre	molc N eq	7,45E-02	2,59E-01	1,58E-01	4,05E-01
Eutrophisation des eaux douces	kg P eq	1,71E-03	3,01E-03	2,61E-03	4,57E-03
Eutrophisation marine	kg N eq	2,23E-02	3,59E-02	2,96E-02	4,87E-02
Ecotoxicité - eaux douces	CTUe	1,16E+02	1,90E+02	1,69E+02	2,84E+02
Utilisation des terres	kg C deficit	6,91E+00	4,02E+01	2,15E+01	6,57E+01
Diminution de la ressource en eau	m3 water eq	-3,98E-01	-4,43E-01	-4,22E-01	-4,86E-01
Diminution des ressources minérales et fossiles	kg Sb eq	1,56E-03	1,37E-03	1,83E-03	1,84E-03

**Annexe 4.11 : Comparaison des impacts du scénario de référence ECOFASS® et le scénario de référence bouteille verre (scénario vin rouge et livré à Genève)**

Catégorie d'impact	Unité	Scénario référence ECOFASS® (Périmètre 2)	Scénario référence bouteille verre (Périmètre 2)
Changement climatique	kg CO2 eq	7,92E+00	1,00E+01
Diminution de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	5,07E-06	6,13E-06
Toxicité humaine - effets non cancérigènes	CTUh	3,57E-05	3,71E-05
Toxicité humaine - effets cancérigènes	CTUh	3,00E-06	3,23E-06
Emissions de particule - effets respiratoires	kg PM2.5 eq	1,62E-02	2,11E-02
Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine	kBq U235 eq	1,50E+01	1,67E+01
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC eq	1,52E-01	1,81E-01
Acidification terrestre et des eaux douces	molc H+ eq	2,62E-01	3,20E-01
Eutrophisation terrestre	molc N eq	1,04E+00	1,19E+00
Eutrophisation des eaux douces	kg P eq	9,70E-03	1,07E-02
Eutrophisation marine	kg N eq	3,15E-01	3,26E-01
Ecotoxicité - eaux douces	CTUe	1,37E+03	1,42E+03
Utilisation des terres	kg C deficit	7,00E+01	9,78E+01
Diminution de la ressource en eau	m3 water eq	-5,88E-01	-6,25E-01
Diminution des ressources minérales et fossiles	kg Sb eq	1,15E-02	1,12E-02

**Annexe 4.12 : Analyse de sensibilité des impacts du cycle de vie total du scénario de référence ECOFASS® au nombre de réutilisations du fût**

Catégorie d'impact	Unité	30 cycles	100 cycles	300 cycles
<b>Changement climatique</b>	kg CO2 eq	5,35E+00	3,94E+00	3,53E+00
<b>Diminution de la couche d'ozone</b>	kg CFC-11 eq	4,12E-07	3,79E-07	3,69E-07
<b>Toxicité humaine - effets non cancérogènes</b>	CTUh	3,56E-06	3,32E-06	3,25E-06
<b>Toxicité humaine - effets cancérogènes</b>	CTUh	5,06E-07	4,49E-07	4,32E-07
<b>Emissions de particule - effets respiratoires</b>	kg PM2.5 eq	2,30E-03	1,86E-03	1,74E-03
<b>Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine</b>	kBq U235 eq	8,12E-01	7,04E-01	6,74E-01
<b>Formation d'ozone photochimique</b>	kg NMVOC eq	1,78E-02	1,47E-02	1,38E-02
<b>Acidification terrestre et des eaux douces</b>	molc H+ eq	2,67E-02	2,25E-02	2,13E-02
<b>Eutrophisation terrestre</b>	molc N eq	7,45E-02	6,47E-02	6,19E-02
<b>Eutrophisation des eaux douces</b>	kg P eq	1,71E-03	1,56E-03	1,52E-03
<b>Eutrophisation marine</b>	kg N eq	2,23E-02	2,14E-02	2,11E-02
<b>Ecotoxicité - eaux douces</b>	CTUe	1,16E+02	9,70E+01	9,17E+01
<b>Utilisation des terres</b>	kg C deficit	6,91E+00	6,42E+00	6,28E+00
<b>Diminution de la ressource en eau</b>	m3 water eq	-3,98E-01	-3,99E-01	-3,99E-01
<b>Diminution des ressources minérales et fossiles</b>	kg Sb eq	1,56E-03	1,54E-03	1,54E-03

**Annexe 4.13 : Analyse de sensibilité sur le paramètre de recyclage R2 du verre (scénario de référence bouteille)**

Impact category	Unit	Scénario de référence bouteille verre		
		R2 verre = 99 %	R2 verre = 90 %	R2 verre = 80 %
Climate change	kg CO2 eq	9,21E+00	9,67E+00	1,02E+01
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	1,79E-06	1,83E-06	1,88E-06
Human toxicity, non-cancer effects	CTUh	5,62E-06	5,76E-06	5,91E-06
Human toxicity, cancer effects	CTUh	8,31E-07	8,87E-07	9,50E-07
Particulate matter	kg PM2.5 eq	7,81E-03	8,08E-03	8,39E-03
Ionizing radiation HH	kBq U235 eq	2,70E+00	2,83E+00	2,97E+00
Ionizing radiation E (interim)	CTUe	8,01E-06	8,40E-06	8,84E-06
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	5,66E-02	5,83E-02	6,02E-02
Acidification	molc H+ eq	9,42E-02	9,77E-02	1,02E-01
Terrestrial eutrophication	molc N eq	2,59E-01	2,70E-01	2,82E-01
Freshwater eutrophication	kg P eq	3,01E-03	3,15E-03	3,31E-03
Marine eutrophication	kg N eq	3,59E-02	3,64E-02	3,71E-02
Freshwater ecotoxicity	CTUe	1,90E+02	1,94E+02	1,99E+02
Land use	kg C deficit	4,02E+01	4,10E+01	4,19E+01
Water resource depletion	m3 water eq	-4,43E-01	-4,43E-01	-4,43E-01
Mineral, fossil & ren resource depletion	kg Sb eq	1,37E-03	1,39E-03	1,41E-03

**Annexe 4.14 : Comparaison des scénarios ECOFASS® - bouteille verre pour un R2 du verre de 80%**

Catégorie d'impact	Unité	Scénario de référence ECOFASS®	Scénario vin blanc ECOFASS®	Scénario de référence bouteille verre (R2 verre = 80%)	Scénario vin blanc bouteille verre (R2 verre = 80%)
Changement climatique	kg CO2 eq	5,35E+00	5,36E+00	1,02E+01	1,02E+01
Diminution de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	4,12E-07	4,17E-07	1,88E-06	1,89E-06
Toxicité humaine - effets non cancérigènes	CTUh	3,56E-06	3,57E-06	5,91E-06	5,92E-06
Toxicité humaine - effets cancérigènes	CTUh	5,06E-07	5,08E-07	9,50E-07	9,51E-07
Emissions de particule - effets respiratoires	kg PM2.5 eq	2,30E-03	2,31E-03	8,39E-03	8,39E-03
Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine	kBq U235 eq	8,12E-01	8,48E-01	2,97E+00	3,01E+00
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC eq	1,78E-02	1,79E-02	6,02E-02	6,02E-02
Acidification terrestre et des eaux douces	molc H+ eq	2,67E-02	2,69E-02	1,02E-01	1,02E-01
Eutrophisation terrestre	molc N eq	7,45E-02	7,51E-02	2,82E-01	2,83E-01
Eutrophisation des eaux douces	kg P eq	1,71E-03	1,72E-03	3,31E-03	3,33E-03
Eutrophisation marine	kg N eq	2,23E-02	2,23E-02	3,71E-02	3,71E-02
Ecotoxicité - eaux douces	CTUe	1,16E+02	1,16E+02	1,99E+02	1,99E+02
Utilisation des terres	kg C deficit	6,91E+00	6,92E+00	4,19E+01	4,19E+01
Diminution de la ressource en eau	m3 water eq	-3,98E-01	-3,97E-01	-4,43E-01	-4,43E-01
Diminution des ressources minérales et fossiles	kg Sb eq	1,56E-03	1,56E-03	1,41E-03	1,41E-03

**Annexe 4.15 : Analyse de sensibilité sur le taux de pertes en vin (scénario de référence ECOFASS®)**

Catégorie d'impact	Unité	Pertes vin = 2 %	Pertes vin = 4 %	Pertes vin = 6 %
Changement climatique	kg CO2 eq	5,35E+00	5,84E+00	6,32E+00
Diminution de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	4,12E-07	5,28E-07	6,44E-07
Toxicité humaine - effets non cancérogènes	CTUh	3,56E-06	5,55E-06	7,54E-06
Toxicité humaine - effets cancérogènes	CTUh	5,06E-07	6,56E-07	8,05E-07
Emissions de particule - effets respiratoires	kg PM2.5 eq	2,30E-03	2,81E-03	3,33E-03
Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine	kBq U235 eq	8,12E-01	1,16E+00	1,51E+00
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC eq	1,78E-02	2,19E-02	2,59E-02
Acidification terrestre et des eaux douces	molc H+ eq	2,67E-02	3,46E-02	4,24E-02
Eutrophisation terrestre	molc N eq	7,45E-02	1,03E-01	1,31E-01
Eutrophisation des eaux douces	kg P eq	1,71E-03	2,53E-03	3,35E-03
Eutrophisation marine	kg N eq	2,23E-02	4,04E-02	5,85E-02
Ecotoxicité - eaux douces	CTUe	1,16E+02	1,48E+02	1,80E+02
Utilisation des terres	kg C deficit	6,91E+00	9,07E+00	1,12E+01
Diminution de la ressource en eau	m3 water eq	-3,98E-01	-4,29E-01	-4,60E-01
Diminution des ressources minérales et fossiles	kg Sb eq	1,56E-03	1,80E-03	2,03E-03

**Annexe 4.16 : Comparaison des scénarios ECOFASS® - bouteille verre pour un taux de pertes en vin dans lesystème ECOFASS® de 6%**

Catégorie d'impact	Unité	Scénario de référence ECOFASS® vin rouge (pertes vin 6%)	Scénario de référence ECOFASS® vin blanc (pertes vin 6%)	Scénario de référence bouteilles verre vin rouge	Scénario de référence bouteilles verre vin blanc
Changement climatique	kg CO2 eq	6,32E+00	6,34E+00	1,02E+01	1,02E+01
Diminution de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq	6,44E-07	6,49E-07	1,88E-06	1,89E-06
Toxicité humaine - effets non cancérogènes	CTUh	7,54E-06	7,55E-06	5,91E-06	5,92E-06
Toxicité humaine - effets cancérogènes	CTUh	8,05E-07	8,06E-07	9,50E-07	9,51E-07
Emissions de particule - effets respiratoires	kg PM2.5 eq	3,33E-03	3,33E-03	8,39E-03	8,39E-03
Rayonnements ionisants - effets sur la santé humaine	kBq U235 eq	1,51E+00	1,55E+00	2,97E+00	3,01E+00
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC eq	2,59E-02	2,59E-02	6,02E-02	6,02E-02
Acidification terrestre et des eaux douces	molc H+ eq	4,24E-02	4,26E-02	1,02E-01	1,02E-01
Eutrophisation terrestre	molc N eq	1,31E-01	1,32E-01	2,82E-01	2,83E-01
Eutrophisation des eaux douces	kg P eq	3,35E-03	3,37E-03	3,31E-03	3,33E-03
Eutrophisation marine	kg N eq	5,85E-02	5,85E-02	3,71E-02	3,71E-02
Ecotoxicité - eaux douces	CTUe	1,80E+02	1,80E+02	1,99E+02	1,99E+02
Utilisation des terres	kg C deficit	1,12E+01	1,12E+01	4,19E+01	4,19E+01
Diminution de la ressource en eau	m3 water eq	-4,60E-01	-4,60E-01	-4,43E-01	-4,43E-01
Diminution des ressources minérales et fossiles	kg Sb eq	2,03E-03	2,03E-03	1,41E-03	1,41E-03

## **Annexe 5 : Rapport de revue critique**

# Rapport de revue critique



## Revue critique de l'ACV du projet Interreg ECOFASS VIN

*01 octobre 2020*  
*Version finale*

### Réalisation :

**Antoine BESNIER**

Chef de projet Environnement et Eco-industries  
ITERG  
e-mail : [a.besnier@iterg.com](mailto:a.besnier@iterg.com)

**Laura FARRANT**

Cheffe de projet Environnement  
CTCPA  
e-mail : [lfarrant@ctcpa.org](mailto:lfarrant@ctcpa.org)

**David ALLAIN**

Chef de projet Emballages  
CTCPA  
e-mail : [dallain@ctcpa.org](mailto:dallain@ctcpa.org)

## VALIDATION DE REVUE CRITIQUE

**Nom de l'étude :** ECOFASS VIN - Analyse de Cycle de Vie du fût ECOFASS distribué par Bibarium : pistes d'écoconception et comparaison avec un conditionnement bouteille verre

**Support de la Revue Critique :** version finale du 02/09/2020, rédaction Emilie ADOIR (IFV)

**Comité de Revue Critique :**

Antoine BESNIER (ITERG, Président de revue critique), Laura FARRANT (CTCPA) et David ALLAIN (CTCPA)

**Date de rédaction :** 2 octobre 2020

La revue critique s'est déroulée de juin à octobre 2020.

Elle a porté sur :

- une première version de rapport, transmise en juin 2020
- une version finalisée du rapport, envoyée en septembre 2020

La revue critique n'a ainsi pas porté sur les fichiers de calculs et la modélisation réalisée avec le logiciel SimaPro.

Le processus de revue critique a permis au comité de revue critique de constater que l'étude ACV satisfait aux exigences de méthodologie, de données, d'interprétation, et de communication. Notamment :

- les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont cohérentes avec les normes ISO 14040 : 2006 et ISO 14044 : 2006 ;
- les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont valables d'un point de vue scientifique et technique ;
- les données utilisées sont appropriées et raisonnables par rapport aux objectifs de l'étude ;
- le rapport d'étude est transparent et cohérent ;
- les interprétations reflètent les limites identifiées et les objectifs de l'étude.

Les principaux éléments sur ces différents points sont précisés ci-après.

Les experts souhaitent souligner que tous les commentaires apportés par la revue critique ont été étudiés et les modifications apportées ont été dans l'ensemble satisfaisantes au regard des objectifs de l'étude. D'importants efforts ont été fournis pour s'assurer de la transparence de l'étude.

La revue critique ainsi que les réponses apportées par les auteurs apparaissent en annexe du rapport.

Il est rappelé que le processus de revue critique n'implique en aucune manière que les experts endossent les résultats de l'ACV, ni qu'ils valident les potentielles futures utilisations des résultats.

Pour le comité de revue critique, le 2 octobre 2020 :

Antoine BESNIER

## Réponses aux questions posées par la revue critique d'après la norme ISO 14044 : 2006

### **Question : Les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont cohérentes avec les normes ISO 14040 : 2006 et ISO 14044 : 2006 ?**

Les définitions du cadre et des objectifs de l'étude, ainsi que les hypothèses retenues pour la conduite de l'étude sont globalement bien étayées et justifiées. Les experts notent la prise en compte des commentaires de revue critique sur les efforts demandés pour l'amélioration de la compréhension du cycle de vie des produits considérés, des frontières du système et des différents périmètres considérés. Le rapport suit les lignes directrices définies par les normes ISO 14040 : 2006 et ISO 14044 : 2006 pour conduire une étude ACV.

**Avis général :** Les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont cohérentes avec les normes ISO 14040 : 2006 et ISO 14044 : 2006.

### **Question : Les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont valables d'un point de vue scientifique et technique ?**

Cette ACV s'appuie sur plusieurs référentiels sectoriels et guides méthodologiques récents pour justifier les choix méthodologiques et les indicateurs environnementaux retenus. Ainsi, les méthodologies retenues sont récentes, robustes et reconnues pour l'évaluation environnementale. La sélection d'un nombre réduit de 7 indicateurs environnementaux pour l'analyse des résultats est pertinente. Seul le choix de l'indicateur retenu pour la catégorie d'impact « Ressource en eau » (Swiss Ecoscarcity) apparaît discutable. Il aurait vraisemblablement été préférable d'utiliser l'indicateur de la méthode AWARE sur le stress hydrique, retenue par un certain nombre de référentiels tels que le Product Environmental Footprint (PEF) européen pour évaluer les enjeux de cette problématique.

**Avis général :** les experts sollicités font la revue critique attestent que les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont valables d'un point de vue scientifique et technique.

### **Question : Les données utilisées sont appropriées et raisonnables par rapport aux objectifs de l'étude ?**

L'étude est très transparente sur l'ensemble des inventaires utilisés, sur les sources de données et sur la documentation de celles-ci pour la modélisation des différentes étapes du cycle de vie des produits considérés. Dans la mesure où l'étude se concentre sur l'évaluation environnementale d'une solution de conditionnement, l'attention donnée à la modélisation de l'étape de fin de vie des produits considérés, et les précisions apportées en réponse aux commentaires des experts de la Revue Critique, sont appréciées. Aussi, suite à un commentaire majeur de la Revue Critique concernant les hypothèses sur les pertes de vin liées à l'utilisation de la solution ECOFASS, la modélisation a été revue et une analyse de sensibilité a été mise en œuvre. Toutefois, il serait utile d'approfondir davantage les modélisations des aspects logistiques (notamment en modifiant les ICV utilisés pour pouvoir intégrer les taux de chargement réels et mieux considérer la logistique retour). Le tableau sur l'évaluation de la qualité des données est appréciable (p.13) mais l'étude mériterait une évaluation plus approfondie de la qualité des données et des incertitudes.

**Avis général :** Les données constituant les inventaires de cycle de vie des systèmes à l'étude sont transparentes et adaptées aux objectifs de l'étude.

**Question : Les interprétations reflètent les limitations identifiées et les objectifs de l'étude ?**

La partie « évaluation environnementale » précise les contributions des éléments pris en compte sur les différents périmètres d'analyse et dresse les résultats des études comparatives et des études de sensibilité. De manière générale, la majorité des interprétations mériterait d'être plus approfondies. Par exemple, l'absence de commentaire sur la contribution négative globale pour l'indicateur eau interpelle.

D'autre part, il aurait été intéressant de synthétiser les principales conclusions de l'ensemble des paramètres étudiés (nombre de cycles d'utilisation du fût, taux de perte de vin, options logistiques, type de tête, types de poche, matériau utilisé pour les 4 pièces principales du fût, etc.) dans une grille d'analyse afin que le lecteur puisse évaluer les principaux leviers d'éco-conception et comparer leurs enjeux relatifs. À ce titre, les conclusions globales de l'étude apportées sur les objectifs d'éco-conception se focalisent en majorité sur la conception de la tête, alors que la tête est un faible contributeur aux impacts associés à la fabrication de la solution ECOFASS d'après l'analyse du scénario de référence (figure 18). Il aurait été intéressant de reprendre les principaux résultats du profil environnemental de la solution ECOFASS (ex : souligner l'impact de l'aluminium dans le bilan de la poche) avant de rentrer dans les options éco-conception et comparaison avec la solution bouteille en verre. Par ailleurs, l'absence de comparaison des résultats avec d'autres ACV pour le conditionnement du vin, notamment pour valider l'importance relative du produit par rapport à l'emballage est regrettable.

**Avis général :** Les résultats des scénarios étudiés sont bien décrits mais les interprétations mériteraient d'être davantage étoffées, afin d'expliquer les origines des impacts environnementaux. La présentation des résultats pour permettre lecteur de prioriser les actions d'éco-conception est perfectible.

**Question : Le rapport d'étude est transparent et cohérent ?**

**Avis général :** Dans sa globalité, le rapport d'étude est très transparent et très complet notamment concernant le périmètre de l'étude et les données d'inventaires. En termes de cohérence, la partie sur les résultats de l'évaluation manque un peu de consistance et de structuration et les interprétations pourraient être approfondies et synthétisées pour permettre de prioriser les axes d'éco-conception étudiés. Il n'en demeure pas moins que le rapport final atteste qu'un travail rigoureux de qualité a été fourni dans le cadre de cette étude.

**Type de commentaire**  
ge : générale  
te : technique  
ed : éditoriale

**Evaluation du commentaire**  
I : Majeur  
II : Intermédiaire  
III : Mineur

**Reviewer (Initiales) / Structure**  
Antoine BESNIER (AB) / ITERG  
Laura FARRANT (LF) / CTCPA  
David ALLAIN (DA) / CTCPA

N°	Page	Ref. figure/s	Type ge/te/ed	Niveau I / II / III	Auteur	Commentaires	Propositions de modifications	Réponse du commanditaire et modification(s) apportée(s)
1	6	chap 1	te	III	DA/LF	réduction des sulfites avec la solution de fût ECOFASS : il semble que cette réduction soit aussi possible pour le vin en bouteille grâce aux nouveaux bouchons		paragraphe mentionnant les technologies de bouchons à faible perméabilité ajouté au 2.3.3, dans la partie "2.3 Unité fonctionnelle"
2	6	2.1	te	I	AB	Est-ce que cette étude souhaite appliquer le cadre normatif défini par les normes ISO 14 040 et 14 044 ?	Si tel est le cas, il est nécessaire de se référer à ces 2 normes pour préciser les éléments à renseigner dans les parties intitulées « objectif de l'ACV » « domaine d'application de l'ACV »	Parties Objectifs et Champs de l'étude renseignés
3	51	5	ed	II	AB	Il manque un certain nombre de références bibliographiques, par exemple la norme ISO 14 044		biblio révisée
4	6	chap 1	te	III	DA/LF	solution de fût ECOFASS seule alternative à la bouteille en verre pour les vins effervescents (résistance à la pression) : quid de la solution BIB (qui peut avoir aussi les variantes poches alu et EVOH a priori) ? Pas compatible ?		complément ajouté dans la phrase citée précisant que le BIB n'est pas résistant aux vins effervescents (pression)
5	7	chap 1	ed	I	DA/LF	Manque David Allain dans la composition du comité de revue critique	Rajouter David Allain, CTCPA, expert emballages	OK, rajouté
6	7	chap 1	ge	III	AB	La série normative sur l'ACV et la série des normes ISO 14 040		OK, corrigé
7	8	chap 2	ge	I	DA/LF	Point d'attention signalé sur le scénario EVOH recyclable : scénario envisageable même à moyen/long terme uniquement dans le cadre d'un monomatériau avec une part très faible d'EVOH (max 5% en % massique) selon les critères CITEO		éléments ajoutés dans le paragraphe introductif de l'ICV de la variante.
8	8	chap 2	te	I	DA/LF	On se serait attendu à ce qu'une comparaison avec un Bag In Box, solution déjà largement utilisée pour le vin, soit prise en compte		d'après le sondage EHL, seulement 2% des CHR utilisent le BIB. Précisions apportées dans le paragraphe 2.1 Objectifs pour rappeler que Bibarium ne distribue que les CHR.
9	8	chap 2	ge	II	DA/LF	La comparaison réalisée avec la solution bouteille de verre pose la question de l'équivalence du service rendu avec la solution fût et si des effets de comportements d'usages peuvent intervenir dans la comparaison		cf réponse au commentaire 13
10	8	2.1	te	II	AB	Comment s'explique le fait qu'il n'y ait aucune comparaison avec le cubi (ou bag in-box), dans la mesure où il s'agit également d'un type de conditionnement dans une poche souple à plus gros volume qu'une bouteille de verre ?		d'après le sondage EHL, seulement 2% des CHR utilisent le BIB. Précisions apportées dans le paragraphe 2.1 Objectifs pour rappeler que Bibarium ne distribue que les CHR.
11	8	2.1	te	II	AB	Est-ce que la poche EVOH est du monocoque ou du multicouche ?	Même si cela est précisé ultérieurement, il peut être utile d'apporter cette information ici	ok, distinction apportée entre poche EVOH multicouche jetable et poche EVOH monocoque recyclable
12	9	2.2	ge	II	AB	Le paragraphe « périmètre » n'est pas très clair dans sa formulation, par exemple pour « fabrication », on parle de la « fabrication » du matériau d'emballage (on aurait pu s'attendre à la fabrication du vin), alors que pour « conditionnement », on parle du conditionnement du vin	Ajouter une figure pour permettre une meilleure compréhension des fûts matière, et pour préciser ce qui est dans le périmètre et ce qui est à l'extérieur du périmètre, pour chacune des étapes du cycle de vie, et ce pour les fûts ECOFASS et pour la bouteille en verre si possible il faudrait que cette/ces figures permettent d'afficher les principales hypothèses, par exemple les distances de transport entre le remplissage du fût et le CHR, et le nombre de cycles d'utilisation du fût	Schémas ajoutés

13	10	2.2	te	I	DA/LF	La question de la gestion des pertes de vin au cours des étapes considérées pour les 2 systèmes nécessiterait un éclairage plus approfondi pour identifier les hypothèses les plus pertinentes, l'approche adoptée est peut être trop simplificatrice	ok, pertes de vin dans pour la solution fût qui ont été ajoutées, afin d'être plus complet : 1% (3 dl = 3 verres) de perte à cause du vin restant dans les tuyaux de la tireuse + 0,3% (1 dl = 1 verre) pour des questions organisationnelles (changement du fût en fin de journée). J'ai par contre eu la confirmation objective par oenologue de l'Ecole de Changins que le "plus qu'une seule goutte" est une réalité.
14	10	2.3	te	III	AB	La définition de l'unité fonctionnelle n'est pas correcte	Se référer à la définition de l'unité fonctionnelle de la norme ISO 14 040
15	10	2.3	ed	III	DA/LF	<i>sous-unités fonctionnelles</i> : pas très clair, privilégier peut-être "unités fonctionnelles intermédiaires"	proposition "unités fonctionnelles intermédiaires" retenue et ajoutée.
16	10	2.3	te	III	AB	utiliser la notion de «flux de référence» pour le nombre de bouteilles et le nombre de fût associés à l'unité fonctionnelle	paragraphe explicitement nommé "flux de référence" ajouté
17	10	2.3	te	III	AB	L'utilisation de la terminologie "sous unité fonctionnelle" est hasardeuse, ce sont à d'autres unités fonctionnelles, qui permettent de répondre à un périmètre fonctionnel plus restreint, celui du remplissage uniquement	proposition "unités fonctionnelles intermédiaires" retenue et ajoutée.
18	10, 11	2.3	te	II	AB	Pourquoi a-t-il été fait le choix de retenir l'hypothèse 1 plutôt que l'hypothèse 2 ? Biobarium ne disposent pas des informations sur le nombre de remplissages des fûts ?	Aucun fût n'a jamais été hors d'usage pour l'instant, donc il a été difficile de trancher entre les deux hypothèses. Précision rajoutée dans le paragraphe Unité fonctionnelle pour préciser cela.
19	12	2.4	te	III	AB	Expliquer pourquoi l'étude se base sur la valeur du PEFCR Bière pour considérer la consommation électrique due au refroidissement du vin blanc	2 explications ajoutées dans le paragraphe "Méthode d'inventaire" : 1/PEF Bière utilisé pour donnée de conso électrique pour la réfrigération de la bouteille, pour avoir la même source de donnée que celle pour la réfrigération du système tireuse. 2/ Pas de différence entre le système de tireuse pour vin et pour bière.
20	13	2.5	te	III	AB	la définition de la caractérisation est erronée	Le fonctionnement avec une tireuse doit permettre un refroidissement au moment où le vin est tiré, le vin blanc en bouteille doit quant à lui avoir besoin d'être réfrigéré (donc maintenant nous entendons un certain temps) avant d'être servi  La caractérisation permet de convertir l'inventaire (c'est-à-dire l'ensemble des échanges entre la technosphère et l'environnement) en impacts potentiels sur l'environnement selon plusieurs indicateurs environnementaux, correspondant chacun à des catégories d'impacts différentes
21	13	2.5	te	III	AB	la norme ISO précise que la normalisation est une étape optionnelle en ACV La définition de la normalisation est erronée La normalisation permet par exemple de ramener une valeur à une valeur/individu, mais ne permet pas de comparer la contribution relative de plusieurs catégories d'impacts	ok, proposition de reformulation retenue  ok, idée de normalisation abandonnée, cf discussions pendant la réunion de revue critique. Pondération en single score ne sera pas réalisée dans cette étude.

22	13	2.5	te	III	AB	<p>Présenter les résultats sur une quinzaine de catégories d'impact pour le scénario de référence peut être cohérent</p> <p>En revanche plus pertinent de déterminer un nombre restreint d'indicateurs pour en faire une analyse détaillée des scores d'impact et des contributions sur chacun de ces indicateurs</p>	<p>Pour le choix des catégories d'impact à prioriser, il serait utile de faire une analyse biblio de celles privilégiées lors de l'analyse de solutions de conditionnement</p> <p>Il faut prendre en compte la robustesse des indicateurs correspondants dans le choix des catégories d'impact retenues</p> <p>Si possible, il serait bien de justifier le choix des indicateurs retenue</p> <p>Proposition qui mérite d'être affinée : changement climatique car catégorie d'impact incontournable, eau/water footprint , car pour certains emballages, on considère des étapes de lavage, diminution des ressources minérales et fossiles car dans les 2 cas utilisation de ressources minérales et fossiles mais avec des problématiques différentes</p>	<p>J'ai repris cette proposition de 3 indicateurs, en élargissant aux autres indicateurs étudiés dans l'étude (Deloitte DD, 2018)</p>
23	15	3.1.1	te	III	AB	de quelle étape de stockage parle-t-on ?	Phrase complétée : "stockage du vin conditionné avant distribution et avant service"	
24	16	3.1.4	te	II	AB	l'obligation de traitement ne signifie pas que la matière est recyclable et recyclée	Il est nécessaire d'être beaucoup plus clair sur les valeurs appliquées pour le facteur R2 en fonction de la nature du matériau, notamment pour les différents plastiques qui doivent avoir des valeurs de R2 différentes en fonction de leurs natures --> compiler les différentes valeurs dans un tableau	Paragraphe sur R2 repris + tableau compilant les données ajoutées
25	16	3.1.4	te	I	AB	pourquoi ce n'est pas la formule du PEF Guidance version 6.3 et les paramètres du PEF Wine qui sont appliquées ? La formule du PEF Wine (2018) est en cohérence avec la formule du PEF Guidance version 6.3 (2018), il y a eu une évolution de la formule entre PEF de 2013 et le PEF Guidance version 6.3 (2018)		J'ai corrigé en appliquant un paramètre A différent pour verre (0,2), carton (0,2) et plastique (0,5).
26	18	3.2	te	II	DA/LF	La différence en terme de perméabilité est très faible entre l'EVOH et l'aluminium et n'est pas un critère discriminant, en particulier pour les durées de vie considérées ici (4 mois)		référence à la publication du partenaire de Changins ajoutée dans le texte, qui confirme ce que j'ai écrit, au moins pour le vin blanc. J'ai nuancé pour le vin rouge.
27	18	3.2	te	II	DA/LF	Concernant le sujet phtalates, la problématique est associée aux adhésifs utilisés pour fabriquer les poches, les deux types de poches peuvent donc être exposés au même titre à ce risque tandis que la rédaction actuelle suggère que le risque n'existe que pour la poche EVOH	revoir la rédaction	Ok, vu avec partenaire scientifique oeno, les tests dans le projet ECOFASS étaient très exploratoires, j'ai supprimé cette allusion aux risques de transfert de phtalates.
28	18	3.2	te	II	DA/LF	"Les deux types de poche possèdent des propriétés différentes en terme de conservation de la qualité du vin" : cette affirmation semble excessive, les performances des 2 types de poche sont très proches sur la base des caractéristiques fournies	modérer l'affirmation	cf réponse au commentaire 26

29	18	3.2	te	II	DA/LF	La présentation des 2 types de poches est en faveur de la solution aluminium, présentée comme plus performante et moins "à risque" mais peu de données étaient ces affirmations. Plus de mesure est souhaitée, il serait par exemple possible d'évoquer les enjeux associés à la consommation de ressources pour la fabrication de l'aluminium.	veiller à présenter les 2 types de poche de manière plus équilibrée	Cf réponse au commentaires 26. La présentation des deux types de poches a juste pour but ici de justifier pourquoi on retient la poche alu dans le scénario de référence (parce que c'est ce qui est le plus utilisé actuellement). L'allusion au risque phalate a été supprimée car pas confirmé au niveau scientifique. L'évocation des enjeux ressources minières est faite dans la partie analyse des résultats pour les tests d'écoconception.
30	18	3.2	te	III	DA/LF	Poussée à l'azote ou à l'air : a priori les 2 technos sont compatibles avec les deux différents types de poche		référence à la publication du partenaire de Changins ajoutée dans le texte, qui confirme ce que j'ai écrit, au moins pour le vin blanc.
31	19	3.2.1	te	II	DA/LF	<i>Les données d'arrière-plan Ecolnvent utilisées pour les matières premières étant des données « market » incluant déjà du transport « moyen » pour une provenance donnée : pourquoi utiliser ces données market plutôt que de reconstruire un modèle adapté aux distances de transport collectées ?</i>		Car je ne suis pas sûre que l'on ait vraiment les origines exactes des matériaux bruts (risque que le fabricant ait entendu revendeurs ?). J'ai préféré maximiser les impacts du fût, étant donné l'objectif de communication d'une affirmation comparative.
32	19	3.2.1	te	III	AB	ajouter un schéma pour apporter une meilleure compréhension sur la composition des différentes couches des multicouches		ok, ajouté
33	20	Figure 8 Figure 9	ed	III	AB	les quantités renseignées sur les 2 figures sont illisibles		ok, modifié
34	22	Tableau 4	te	II	AB	Il est nécessaire d'apporter la précision suivante dans la rédaction : Santoprene TPV is a dynamically vulcanized alloy consisting mostly of fully cured EPDM rubber particles encapsulated in a polypropylene (PP) matrix (source : Wikipédia)		j'avais déjà mis une description en note de bas de page, mais je l'ai complétée avec la référence de Wikipédia.
35	22	Tableau 4	te	II	AB	le monomère du POM est le formaldéhyde, il me semble plus pertinent de partir de cette molécule pour considérer la modélisation du POM		ok, ajouté
36	25	Figure 10 Figure 11	ed	III	AB	les textes sur les figures sont beaucoup trop petits pour une bonne lisibilité		ok, modifié
37	26	3.2.2	te	I	DA/LF	étape conditionnement : pas d'autre consommation d'énergie que pompe ? Pas d'autre poste négligé ?		apparemment non, d'après Bibarium (électricité pour éclairage des locaux pas prise en compte)
38	26	3.2.2	ed	III	DA/LF	<i>COD (Chemical Oxygen Demand)</i>	remplacer par DCO en français	ok
39	26	3.2.2	te	II	DA/LF	Quelles données sont utilisées pour la charge en DCO ?		Données utilisées provenant du projet ACYDU --> référence ajoutée
40	26	3.2.2	te	II	AB	il est étonnant que le transport entre le conditionneur et l'établissement CHR soit réalisé en véhicule léger commerciale Avec ce type de véhicule, il est impossible de charger et décharger les fûts et les bouteilles avec un transpalette En France, les distributeurs utilisent davantage des petits camions ces types de transport	Confirmer cette information	Débat qu'il y a eu au sein du consortium. On a considéré que les deux modes de transport pouvaient être utilisés pour les deux types de conditionnement, donc choix fait de comparer les deux contenants avec un même type de transport. De plus, il s'agit de livraison en CHR, donc en centre-ville, petits camions moins adaptés, et petits volumes livrés. Justifications ajoutées dans les parties Distribution de chaque emballage.
41	26	3.2.3	te	II	DA/LF	pas d'étape de stockage intermédiaire ?		Possible qu'il y ait un petit temps de stockage pour les bouteilles en verre chez le conditionneur, mais consommations d'énergie liées au fonctionnement des locaux non prises en compte. Pour le fût, on considère une livraison directement au CHR.
42	26	Tableau 7	te	III	AB	L'unité fonctionnelle n'est pas correct	Unité fonctionnelle corrigée : conditionner 30l de vin dans un fût ECOFASS de 30l	ok, modifié

43	26	3.2.3	te	II	AB	pour la distribution, une livraison en véhicule commercial léger et un aller-retour direct me semble peu probable	Unité fonctionnelle n'est pas correct	L'unité fonctionnelle corrigée : distribuer 30l de vin dans un fût ECOFASS de 30l	trajet retour du fût plein entre le vigneron et Bibarium ajouté. A défaut de modèle logistique, le choix avait été fait avec les partenaires de prendre un modèle maximisant les trajets (le aller-retour direct), et de prendre le même pour les deux solutions d'emballage comparées.
44	26	Tableau 8	te	III	AB				ok, modifié
45	27	3.2.3	te	I	DA/LF	<i>"la solution de fût ECOFASS permet de réduire largement le volume occupé par le vin emballé d'environ 50% d'après Bibarium. Cependant, il n'est pas possible de prendre en compte ce gain de volume dans le transport qui pourrait être significatif dans la réalité, car les données d'arrière-plan EcoInvent sont disponibles pour une unité en kg.km"</i> Il serait peut être intéressant de creuser davantage cette problématique transport qui est un point important de différenciation entre les deux solutions, peut-être au travers d'analyses de sensibilité ? serait-il possible d'envisager de raisonner en terme de nombre de véhicules mobilisés par exemple ? <i>"Quelle que soit la température de service, il faut également un compresseur d'air ou d'azote fonctionnant à l'électricité pour pousser le liquide jusqu'au bec de tireuse. Cette consommation d'électricité n'a pu être intégrée à l'inventaire par manque de donnée, soit primaire, soit dans les référentiels sectoriels type PEFCR. Cette étape n'est donc intégrée à l'inventaire que pour le cas d'un vin blanc." : pas très clair à quoi le "cette étape" fait référence, perturbe la compréhension</i>		il aurait effectivement été souhaitable de le faire, mais priorisation à contraindre à ne pas approfondir cet aspect.	
46	27	3.2.4	ed	III	DA/LF			revoir la rédaction, par exemple : L'étape de service se limite à la prise en compte de la réfrigération pour le vin blanc.	Ok, paragraphe modifié
47	27	3.2.4	ed	III	DA/LF	<i>si on pourrait</i>		si on pouvait	phrase modifiée pour réajuster le sens
48	27	3.2.4	te	II	AB	Si le système de fût et ECOFASS utilise exactement les mêmes lignes de tireuse que les tireuses à bière, ce n'est pas un compresseur d'air ou d'azote qui permet de pousser le liquide jusqu'au bec de tireuse, mais du CO2 en bouteille			on n'a jamais parlé de compresseur de CO2 pour le vin (à part vins effervescents ?).
49	27	3.2.5	te	II	AB	Qu'est-ce qui permet de dire que les ensembles « tête + poche » sont incinérés à 100 % ? S'il n'y a pas de recyclage, il peut y avoir de l'enfouissement également En ce qui concerne le fût, n'est-il pas possible de séparer les différents éléments, afin d'envisager le recyclage du PEHD ? Aussi, un axe d'éco-conception peut être l'amélioration d'une séparation des différents éléments en fin de vie			En Suisse, il n'y a quasiment pas d'enfouissement, donc j'avais pris 100% d'incinération. Le R2 a été nuancé en prenant 99% de recyclage et 1% d'incinération. Variante exploratoire "recyclage de l'enveloppe du fût" qui a été ajoutée à l'étude.
50	28	Tableau 10	te	II	DA/LF	Incinération ordures ménagères pour l'aluminium : vérifier dans les hypothèses qu'il n'y a pas de récupération d'énergie prise en compte sur ce type de matériau (méta)			Récupération d'énergie qui a été supprimée.
51	30	3.3.2	te	I	DA/LF	Dans l'étude la variante exploratoire "Poche EVOH recyclable" induit uniquement une modification sur l'étape de fin de vie tandis que les caractéristiques multicouches de la poche ne permettent pas d'envisager cette recyclabilité. Il faudrait une poche PE/EVOH/PE par exemple. Un scénario "poche EVOH recyclable" demanderait donc à prendre une composition différente.			Composition de la poche recyclable modifiée en modélisant un monocouche PE/EVOH/PE.

52	30	Tableau 11 Tableau 12 Annexe 2	te	II	AB	La poche EVOH est un multicouche PELD, PA, EVOH (Tableau 11), la variante exploratoire « poche EVOH recyclable » considère l'inventaire « recyclage plastique » (tableau 12) Cet inventaire « recyclage plastique » est adapté pour le recyclage du PEHD uniquement	Si le multicouche EVOH recyclable, dans un premier temps, il sera nécessaire de séparer les différentes couches Ensuite, il faudra traiter les différents plastiques de manière spécifique, et donc appliquer une formule de fin de vie pour chacun de ces plastiques	Monocouche PELD/EVOH/PELD considéré, donc question de la séparation des couches et leur traitement différentiel caduque. Phrase ajoutée pour souligner le fait qu'on utilise le proxy "recyclage de PEHD" en première approche, à défaut de mieux.
53	33	3.3.4	te	III	DA/LF	Variante exploratoire : tête plate lavable : point de vigilance sur les aspects contamination microbiologique	D'après les partenaires il y aurait moins de risque de contamination que pour la bière, mais j'ai ajouté une phrase pour émettre un point de vigilance	
54	35	3.3.5	te	III	DA/LF	Variante exploratoire : tête plate recyclable (sans ressort) : impacts sur propriétés mécaniques et durabilité du produit ?		Il y a des problèmes de compréhension entre les partenaires sur cette variante à évaluer. Il aurait fallu remplacer le ressort métallique par un ressort plastique en PET pour assurer les fonctions mécaniques du ressort, indispensables à minima pour les vins effervescents. Cependant, prototype qui n'a encore pas été conçu, donc pas de données disponibles pour la masse de PET. On peut supposer qu'elle est assez faible. De plus, les résultats de cette variante permettent de borner le scénario pour voir la réduction d'impact maximale si le ressort plastique avait une masse très négligeable par rapport au ressort métallique.
55	35	3.4	te	II	DA/LF	Pour la bouteille verre, un taux de <b>perte de 1%</b> pendant l'étape de distribution et <b>de 5%</b> pendant l'étape de service/consommation est appliqué versus 0% pour la solution ECOFASS : à valider - semble optimiste pour la solution fût		Fût qui semble incassable, pas de poignée cassée pendant 10 ans, cf information donnée au § 3.2.1
56	35	3.4	te	II	AB	pour avoir une comparaison cohérente, il paraît nécessaire de considérer les taux de pertes/défauts associés au système ECOFASS, qui même si proches de zéro ne doivent pas être nuls		Fût qui semble incassable, pas de poignée cassée pendant 10 ans, cf information donnée au § 3.2.1
57	35	3.4.3	te	II	AB	il est peu probable que le transport du vin entre le négociant embouteilleur et le CHR soit réalisé en véhicule commercial léger		cf réponse commentaire 40
58	37	3.4.4	te	II	AB	une absence de données n'est pas un critère de coupure		ok, remplacé par "flux non pris en compte car donnée non trouvée"
59	38	chap 4	te	I	DA/LF	La partie présentation des résultats est à revoir en profondeur en sélectionnant les indicateurs pertinents, en utilisant d'autres types de graphiques permettant d'aller plus loin dans l'interprétation (postes contributeurs aux étapes, points forts, points faibles des différentes solutions, paramètres clés...)		Je pense ne pas avoir été beaucoup plus loin dans l'analyse, par manque de temps. Si ce n'est que j'ai fait une analyse de sensibilité sur deux autres paramètres.
60	38	chap 4	ed	I	DA/LF	présentation des résultats : associer graphiques et interprétation sinon difficile à suivre		Cela avait été fait dans un souci de mise en page, mais succession graphiques/commentaire qui a été revue.
61	38	4	te	I	AB	La plupart des analyses sont davantage des constats que des analyses, dans le sens où celles-ci sont trop superficielles et ne vont pas suffisamment dans le détail pour expliquer les résultats L'objectif de cette partie est de présenter les scores d'impact, mais aussi que le lecteur puisse comprendre comment telle ou telle contribution s'explique, sur quel élément il est important de se focaliser, etc.		par exemple, l'analyse peut préciser que le score d'impact sur le changement climatique de l'aluminium s'explique par la très importante consommation d'électricité lors de l'électrolyse mise en œuvre pour la production de l'aluminium cf réponse au commentaire 59
62	38	Tableau 21	te	II	AB	Les commentaires du tableau 21 ne sont pas cohérents avec le graphique la figure 7 (taux de recyclage des différents matériaux en Suisse)	Pour appliquer la formule de fin de vie du PEF plus pertinent d'appliquer les valeurs des paramètres présentés dans le tableau 16 du paragraphe 6.1.1 du PEFCR Vin	la figure 7 présente le R2 pour des déchets ménagers en Suisse. Etant donné que nous considérons des déchets industriels gérés par une seule personne, j'ai fait d'autres hypothèses.

63	38	Tableau 21	te	II	AB	quel est le taux d'incorporation de verre recyclé ? Comment l'incorporation de verre recyclé est considérée dans les inventaires ?	Dans la rédaction, il est nécessaire d'apporter plus d'éléments sur le sujet	Inventaires production et recyclage du verre qui ont été totalement revus en se basant sur l'étude Deloitte de 2018. Contenu recyclé utilisé = 82,5 %.
64	39	4.1.1	te	III	AB	préciser qu'il s'agit d'impacts environnementaux potentiels		Ok, rajouté
65	39	4.1.1	ed	I	AB	Pourquoi les graphiques sont insérés les uns après les autres et ne sont pas présentés avant les interprétations correspondantes ? Cela ne facilite pas la lisibilité des interprétations		cf réponse au commentaire 60
66	39	4.1.1	te	II	AB	«L'étude du remplacement du PA par du PEHD serait intéressante du point de vue des impacts liés à la fabrication, mais aussi favoriserait la recyclabilité du fût» : Pourquoi l'étude s'est focalisée sur les différents types de tête ? Plutôt que par une substitution des matériaux du fût pour permettre sa recyclabilité ?		C'est l'orientation qui avait été prise au début + pas le temps en fin d'étude de l'ajouter, mais variante exploratoire ajoutée dans le rapport.
67	39	4.1.1	te	III	AB	D'après la composition donnée dans le tableau 5, la couche d'aluminium ne représente pas la majorité de la matière de la poche multicouche aluminium (l'aluminium ne représente que 44 %), afin d'aider à la compréhension, il serait bien de préciser ici la composition du multicouche de la poche aluminium		J'ai rajouté le % massique du film multicouche alu par rapport à la masse totale de la poche (film + presse + embase). Il n'y a pas dans ce paragraphe d'analyse de contribution des différentes couches du film, donc je n'ai pas rappelé la composition du film.
68	39	4.1.1	te	III	AB	ils seraient bien de représenter dans quels matériaux sont faits les corps inférieurs et supérieurs		ok, rajouté
69	40 etc.	Figure 12 etc.	ed	II	AB	les contributions sont forcément en pourcentages, il n'est donc pas nécessaire d'afficher des pourcentages entre 100 % et 150 %, cela permettra d'avoir une meilleure visibilité Il faut enlever dans la légende l'CV_toutes_étapes car cet élément n'apparaît pas dans les valeurs du graphique, idem pour la figure 13 et la figure 14		ok, modifié
70	40	4.1.1	ed	II	AB	Il serait préférable de donner le nom français de chacune des catégories d'impact		ok, modifié
71	41	Figure 13	te	III	AB	la figure 13 comprend la fabrication d'un fût et de 30 ensembles (poche alu + tête plate) ? Ou la fabrication d'un fût et de seulement un ensemble (poche alu + tête plate) ? La légende de la figure 13 laisse penser que l'on considère uniquement un ensemble (poche alu + tête plate) ; si tel est le cas, la contribution de l'ensemble (poche alu + tête plate) semble élevée par rapport à la contribution du fût		l figure 13 comprend la fabrication de la solution complète pour une unité fonctionnelle, donc pour 1 ensemble "tête + poche" et 1/30 fût.
72	41	Figure 12	te	II	AB	Il est nécessaire d'apporter davantage éléments d'explication sur les scores d'impact des étapes de fin de vie Par exemple, comment s'explique le score positif de l'étape de fin de vie sur la plupart des indicateurs ? Notamment sur l'indicateur changement climatique ?		cf réponse au commentaire 59
73	42	Figure 15 Figure 16	ed	III	AB	certaines des couleurs de la légende sont trop proches pour pouvoir être identifiées correctement		je ne vois plus de risque de confusion...
74	42	Tableau 4 Figure 15	te	II	AB	d'après l'inventaire Tableau 4, la poignée faite 507 g de PA, l'embase du fût fait 472 g de PA, et la bague fait 416 g de PA On devrait retrouver ces proportions sur la figure 15, or ce n'est pas le cas		c'est normal, car dans l'assemblage il y a bien 2 poignées et 2 embases mais une seule bague. Ce qui prêtait à confusion était les intitulés au singulier en légende, c'est corrigé.
75	42	Figure 16	ed	III	AB	la légende n'est pas complète et ne contient pas le corps supérieur		ok, modifié

76	43, 44	4.1.2 Figure 17	te	II	AB	le commentaire sur la poche EVOH recyclable induit que la figure 17 est erronée comme son interprétation		Les proxy de fin de vie du plastique ont été revus, en s'appuyant sur l'étude de RDC Environnement (2017). Le proxy incinération utilisé dans l'étude de RDC a été repris, en remplacement du proxy utilisé dans ACYDU, qui utilisait pourtant les mêmes facteurs: Xelec et Xheat que ceux énoncés dans les métadonnées de l'inventaire Disposal plastics d'Ecoinvent 2.2 (qui apparemment intègre déjà la récupération d'électricité et d'énergie). Les écarts d'impacts sont pourtant très importants entre ces deux inventaires, et l'inventaire d'ACYDU était très en faveur de l'incinération, ce qui impliquait que les variantes d'écoconception de recyclage plastique ressortaient comme plus impactantes que le scénario de référence.
77	43	4.1.2	ed	III	AB	en introduction de l'analyse sur l'éco-conception de la tête, il me semble nécessaire de rappeler la contribution de la tête dans le scénario de référence sur les principaux indicateurs étudiés	ok, ajouté	
78	44	Figure 18	te	III	AB	comment s'explique le score d'impact sur l'indicateur mineral, fossil, renewable resource depletion ? Aussi, comme la variante « tête lavable » engendre un lavage, il semble nécessaire de faire une analyse sur l'indicateur eau	Impact for de la réutilisation de la tête, et de la suppression du ressort. Je n'ai pas pu vraiment creuser ces questions...	
79	45	4.2.1	te	II	AB	lister les indicateurs sur lesquels la solution ECOFASS est meilleure que la bouteille en verre et vice versa n'apporte pas grand-chose sans une analyse plus détaillée afin de fournir des explications à ces résultats Aussi, ces indicateurs n'ont pas tous la même robustesse, et il me semble également important de prioriser les résultats en fonction des catégories d'impact qui importent le plus dans la comparaison de solutions d'emballage	cf réponse au commentaire 22	
80	48	5	te	I	AB	le langage utilisé dans cette partie a besoin d'être vulgarisé Quel est l'intérêt de cette partie? lors de la construction de l'inventaire, lorsque plusieurs données sont disponibles, il est nécessaire de faire une analyse de celles-ci pour retenir la donnée la plus robuste et la plus pertinente pour l'étude	Si les ICV du PEF ne peuvent pas être utilisés, il est nécessaire de vérifier que les ICV d'ecoinvent 3.5 permettent d'appliquer la formule de fin de vie du PEF de manière homogène avec ce qui est appliqué pour les fûts ECOFASS, en fonction, il faut voir comment ces les inventaires peuvent être adaptés	
81	48	chap 5	te	II	DA/LF	<i>Faire référence à des études ACV packaging dans lesquelles on pourrait trouver des résultats à comparer</i> : en effet cela enrichirait cette partie et consoliderait les résultats	Pas pu le faire finalement...	
82	48	chap 5	te	II	DA/LF	la problématique identifiée sur le choix du proxy recyclage de verre suggère d'approfondir ce point dans le cadre d'une analyse de sensibilité	cf réponse au commentaire 80	
83	48	chap 5	te	II	DA/LF	Manque des analyses de sensibilité sur paramètres clés dans cette partie discussion	Analyses de sensibilité faites sur nombre de cycles de réutilisation, sur R2 verre et taux de pertes en vin	
84	49	Tableau 23	ed	II	AB	pourquoi a-t-il été fait le choix de présenter les résultats sous forme d'un tableau, ce qui est moins parlant qu'une figure ?	cf réponse au commentaire 80	
85	50	chap 6	te	II	DA/LF	conclusion à reprendre après analyse plus poussée des résultats	conclusion reprise mais pas forcément beaucoup plus étoffée...	
86	54	Annexe 2, proxy 36	te	III	AB	erreur dans la construction de l'ICV du recyclage du carton	ok, corrigé	
87		Table des matières	ed	II	AB	La numérotation de la table des matières est erronée Aussi, il faudrait que la page numéro 1 du rapport, correspondent à la première page du rapport Il en est de même pour la numérotation des autres tables		