

# **Analyse du cycle de vie des caisses en bois, carton ondulé et plastique pour pommes**

**Synthèse : Version finale (L045-S4)  
Préparée par ECOBILAN**

**Octobre 2000**

**ADEME**



Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

## AVANT-PROPOS DE L'ADEME :

Cette étude a été initiée et financée par l'ADEME. Dès son initiation, l'ADEME a invité les 3 organismes professionnels représentatifs concernés à participer au Comité de Pilotage de l'étude :

- le SIEL : Syndicat national des industries de l'emballage léger en bois ;
- le CSEMP : Chambre syndicale des emballages en matières plastiques.
- l'ONDEF (ex-USFO) : L'emballage ondulé de France (carton ondulé) ;

Ces 3 organismes ont répondu positivement à cette invitation (voir lettres en annexe I), s'engageant ainsi à assurer la coordination avec les industriels concernés. De fait, ils ont, tous, été présents lors des 5 réunions<sup>1</sup> d'avancement et de restitution, accompagnés ou non d'industriels, et ont bien voulu faciliter nos recherches de données.

Au final, l'une des organisations professionnelles (l'ONDEF) n'a pas souhaité cosigner les résultats de cette étude, pour des motifs exposés par elle en annexe II. Les 2 autres organisations (SIEL et CSEMP) ont, quant à elles, soutenu les résultats de ce travail (voir annexe II).

---

<sup>1</sup> Ces réunions ont eu lieu le 19 avril 1999, le 1<sup>er</sup> juillet 1999, le 1<sup>er</sup> octobre 1999, le 12 janvier 2000 et le 18 juillet 2000.

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>6</b>
1.1	Contexte de l'étude.....	6
1.2	Objectifs de l'étude .....	7
<b>2</b>	<b>Unité fonctionnelle et produits étudiés.....</b>	<b>8</b>
2.1	Unité fonctionnelle.....	8
2.2	Description des caisses étudiées.....	9
2.3	Quantités de caisses se rapportant à l'unité fonctionnelle .....	10
<b>3</b>	<b>Frontières des systèmes étudiés .....</b>	<b>11</b>
3.1	Présentation des systèmes correspondant aux scénarios de référence .....	11
3.1.1	<i>Cycle de vie des cagettes en bois.....</i>	<i>12</i>
3.1.2	<i>Cycle de vie des plateaux en carton ondulé.....</i>	<i>13</i>
3.1.3	<i>Cycle de vie des caisses pliables en plastique.....</i>	<i>14</i>
3.2	Délimitation des frontières des systèmes.....	15
3.2.1	<i>Règles de délimitation .....</i>	<i>15</i>
3.2.2	<i>Liste des étapes du cycle de vie exclues.....</i>	<i>15</i>
3.3	Procédures d'allocation pour les co-produits .....	16
3.4	Prise en compte de la valorisation énergétique et de la valorisation matière .....	16
<b>4</b>	<b>Flux et impacts environnementaux étudiés .....</b>	<b>17</b>
4.1	Flux environnementaux et indicateurs énergétiques.....	17
4.2	Indicateurs d'impacts environnementaux .....	18
<b>5</b>	<b>Exigences relatives à la qualité des données.....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Revue critique.....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Calcul de l'inventaire : recueil des données et hypothèses de calcul.....</b>	<b>19</b>
7.1	Production des matériaux constitutifs des caisses .....	19
7.2	Fabrication des caisses .....	19
7.3	Distribution des pommes sur le marché français.....	20
7.4	Réutilisation des caisses .....	22
7.4.1	<i>Réutilisation des cagettes en bois.....</i>	<i>22</i>
7.4.2	<i>Réutilisation des caisses en plastique.....</i>	<i>22</i>
<b>8</b>	<b>Fin de vie des caisses usagées .....</b>	<b>23</b>
8.1	Fin de vie des caisses rejoignant le flux des déchets ménagers.....	24
8.2	Filières de fin de vie spécifiques aux cagettes en bois .....	25
8.3	Filières de fin de vie spécifiques aux plateaux en carton ondulé.....	26
8.4	Filières de fin de vie spécifiques aux caisses en plastique .....	26
<b>9</b>	<b>Modèle de transport utilisé .....</b>	<b>28</b>
9.1	Calcul général de la consommation de gasoil liée aux transports .....	28
9.2	Méthode d'allocation utilisée pour la distribution des pommes .....	28
<b>10</b>	<b>Résultats.....</b>	<b>29</b>
10.1	Influence de la prise en compte du transport des pommes .....	29
10.2	Résultats relatifs aux cagettes en bois (GDO et autres marchés) .....	32
10.3	Résultats relatifs aux plateaux en carton ondulé (GDO et autres marchés).....	34
10.4	Résultats relatifs aux caisses en plastique (uniquement en GDO).....	37
<b>11</b>	<b>Analyses de sensibilité.....</b>	<b>40</b>
11.1	Résumé des résultats issus des analyses de sensibilité .....	40
11.2	Nombre de rotations des caisses en plastique et distance de distribution des pommes .....	41
<b>12</b>	<b>Simulations prospectives .....</b>	<b>48</b>
<b>13</b>	<b>Conclusions.....</b>	<b>50</b>
13.1	Analyse environnementale de chaque emballage étudié .....	50
13.2	Axes d'amélioration possibles .....	54
<b>14</b>	<b>Revue critique.....</b>	<b>58</b>
14.1	Rapport de la revue critique .....	58
14.2	Réponses d'Ecobilan aux remarques de la revue critique .....	65
<b>15</b>	<b>Références.....</b>	<b>66</b>
<b>16</b>	<b>Annexe I : lettres d'engagement des organismes professionnels.....</b>	<b>68</b>
<b>17</b>	<b>Annexe II : appréciations finales des organismes professionnels et éléments de réponse de l'ADEME .....</b>	<b>74</b>

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Description des 3 caisses étudiées .....	10
Tableau 2 : Quantités de caisses et quantités de matériaux neufs correspondant à l'unité fonctionnelle .....	11
Tableau 3 : Indicateurs d'impacts environnementaux analysés .....	18
Tableau 4 : Sources des données utilisées pour modéliser la production des matériaux .....	19
Tableau 5 : Sources des données utilisées pour modéliser la fabrication des caisses .....	20
Tableau 6 : Sources des données utilisées pour modéliser la distribution des pommes sur les différents marchés .....	21
Tableau 7 : Sources des données utilisées pour modéliser la réutilisation des caisses .....	22
Tableau 8 : Sources des données utilisées pour modéliser la fin de vie des caisses .....	23
Tableau 9 : Hypothèses retenues pour modéliser la fin de vie des caisses en grande distribution organisée .....	23
Tableau 10 : Hypothèses retenues pour modéliser la fin de vie des caisses sur les autres marchés .....	24
Tableau 11 : Cagette en bois – GDO : Consommations de ressources naturelles et indicateurs énergétiques .....	32
Tableau 12 : Cagettes en bois – autres marchés : consommations de ressources naturelles et indicateurs énergétiques .....	32
Tableau 13 : Cagettes en bois – GDO : émissions dans l'air .....	33
Tableau 14 : Cagettes en bois – autres marchés : émissions dans l'air .....	33
Tableau 15 : Cagettes bois – GDO : émissions dans l'eau .....	34
Tableau 16 : Cagettes en bois – autres marchés : émissions dans l'eau .....	34
Tableau 17 : Plateaux en carton – GDO : consommations de ressources naturelles et indicateurs énergétiques .....	34
Tableau 18 : Plateaux en carton – autres marchés : consommations de ressources naturelles et indicateurs énergétiques .....	35
Tableau 19 : Plateaux en carton – GDO : émissions dans l'air .....	35
Tableau 20 : Plateaux en carton – autres marchés : émissions dans l'air .....	36
Tableau 21 : Plateaux en carton – GDO : émissions dans l'eau .....	36
Tableau 22 : Plateaux carton – autres marchés : émissions dans l'eau .....	36
Tableau 23 : Caisses plastique à 10 rotations : consommations de ressources naturelles et indicateurs énergétiques .....	37
Tableau 24 : Caisses plastique à 150 rotations : consommations de ressources naturelles et indicateurs énergétiques .....	37
Tableau 25 : Caisses plastique à 20 rotations : émissions dans l'air .....	38
Tableau 26 : Caisses plastique à 150 rotations : émissions dans l'air .....	38
Tableau 27 : Caisses plastique à 10 rotations : émissions dans l'eau .....	39
Tableau 28 : Caisses plastique à 150 rotations : émissions dans l'eau .....	39
Tableau 29 : Coefficients Ai (400 km), Bi (400 km) et Ci (400 km) permettant de calculer les résultats du cycle de vie d'une caisse en plastique .....	42
Tableau 30 : Coefficients Ai (1000 km), Bi (1000 km) et Ci (1000 km) permettant de calculer les résultats du cycle de vie d'une caisse en plastique .....	42
Tableau 31 : Valeurs numériques des principaux indicateurs environnementaux des caisses en plastique en fonction du nombre de rotations par caisse (cas d'une distance de distribution de 400 km) .....	47
Tableau 32 : Synthèse des résultats issus des simulations prospectives .....	49
Tableau 33 : Récapitulatif de l'origine des principaux impacts environnementaux dans le cas de la cagette en bois – cas de la GDO .....	50
Tableau 34 : Récapitulatif de l'origine des principaux impacts environnementaux dans le cas de la cagette en bois – cas des autres marchés .....	51
Tableau 35 : Origine des principaux impacts environnementaux dans le cas du plateau en carton en GDO .....	52
Tableau 36 : Origine des principaux impacts environnementaux dans le cas du plateau en carton sur les autres marchés .....	52
Tableau 37 : Origine des principaux impacts environnementaux de la caisse en plastique à 10 rotations .....	53
Tableau 38 : Origine des principaux impacts environnementaux de la caisse en plastique à 150 rotations .....	53
Tableau 39 : Comparaison des bénéfices induits par la suppression du retour à vide des camions et la suppression de la mise en décharge dans le cas des cagettes en bois .....	55
Tableau 40 : Comparaison des bénéfices induits par la suppression du retour à vide des camions, la suppression de la mise en décharge et le « tout incinération » dans le cas des plateaux en carton .....	56
Tableau 41 : Comparaison des bénéfices induits par la réduction de la masse unitaire et l'augmentation du contenu en recyclé .....	56
Tableau 43 : Comparaison des bénéfices induits par la suppression du retour à vide des camions et la suppression de la mise en décharge .....	57
Tableau 44 : Comparaison des bénéfices induits par la réduction de la masse unitaire et l'optimisation du circuit de lavage des caisses en plastique .....	57

**LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Part de marché des points de vente des pommes en France (en valeur).....	8
Figure 2 : Système du cycle de vie des cagettes en bois de peuplier (GDO et autres marchés).....	12
Figure 3 : Système du cycle de vie des plateaux en carton ondulé (GDO et autres marchés).....	13
Figure 4 : Système du cycle de vie des caisses pliables en plastique (GDO).....	14
Figure 5 : Modélisation du circuit de lavage des caisses en plastique.....	23
Figure 6 : Modélisation de la fin de vie des caisses via les déchets ménagers.....	25
Figure 7 : Modélisation de la valorisation énergétique en chaufferie des cagettes en bois.....	26
Figure 8 : Effet de serre par étape du cycle de vie des cagettes en bois (en distinguant la contribution des emballages, des pommes et du retour à vide des camions).....	30
Figure 9 : Effet de serre par étape du cycle de vie des plateaux en carton (en distinguant la contribution des emballages, des pommes et du retour à vide des camions).....	30
Figure 10 : Effet de serre par étape du cycle de vie des caisses en plastique à 10 rotations (en distinguant la contribution des emballages, des pommes et du retour à vide des camions).....	31
Figure 11 : Effet de serre par étape du cycle de vie des caisses en plastique à 150 rotations (en distinguant la contribution des emballages, des pommes et du retour à vide des camions).....	31
Figure 12 : Série de droites correspondant à l'effet de serre à 20 ans pour une caisse en plastique en fonction de son nombre de rotations.....	45
Figure 13 : Série de droites correspondant à l'énergie non renouvelable pour une caisse en plastique en fonction de son nombre de rotations.....	46

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte de l'étude

Les emballages sont au cœur d'une société de consommation où ils remplissent des fonctions multiples - contenir, protéger, transporter, etc.. Logiquement, ils constituent un maillon important de la politique nationale en matière d'environnement. Un des emballages utilisés pour le transport et la distribution des fruits et légumes est la caisse. En France, coexistent les caisses fabriquées à partir de bois déroulé (appelées aussi cagettes), de carton ondulé (appelées aussi plateaux) ou de plastique. Outre leur composition, ces caisses diffèrent par leur masse, leurs dimensions, leur filière amont, leur logistique (notamment leur réutilisation) et leur fin de vie.

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) a souhaité réaliser les Analyses de Cycle de Vie (ACV) de trois modèles d'une caisse pour fruits et légumes - à savoir la caisse pour pommes de dimensions 600\*400 mm - fabriqués à partir de bois déroulé, de carton et de plastique. A travers cette étude, l'ADEME souhaite identifier pour chaque emballage les principaux leviers d'amélioration en termes d'impacts sur l'environnement.

La réalisation de cette étude a été confiée par l'ADEME à la société Ecobilan, spécialisée dans les études d'analyses de cycle de vie. Son suivi est assuré par un Comité de Pilotage composé de l'ADEME et des trois syndicats professionnels intéressés par ces emballages :

- le Syndicat des Industries de l'Emballage Léger en bois (SIEL) pour les cagettes en bois,
- la Chambre Syndicale des Emballages en Matière Plastique (CSEMP) pour les caisses en plastique.
- l'Union Syndicale Française du carton Ondulé (USFO) pour les plateaux en carton ondulé,

Cette étude correspond à la situation actuelle française, à la fois en termes de fabrication des emballages et de distribution des pommes auprès des consommateurs finals. Elle a été réalisée entre le mois d'avril 1999 et d'avril 2000.

Le présent rapport a été rédigé en conformité avec les exigences de transparence des normes internationales de la série ISO 14040<sup>2</sup>. Celles-ci prévoient également un cadre méthodologique dont les grandes lignes sont présentées en annexe I.

---

<sup>2</sup> Série ISO 14040. International Standard Organisation, Management environnemental – Analyse du cycle de vie :

- Principes et cadre (14040),
- Définition de l'objectif et du champ d'étude et analyse de l'inventaire (14041),
- Evaluation d'impact du cycle de vie (14042),
- Interprétation du cycle de vie (14043).

## 1.2 Objectifs de l'étude

L'objectif de cette étude ACV est de mieux connaître les points forts et les points d'amélioration de chaque produit :

- au sein d'une filière donnée, elle pourra permettre d'orienter les efforts d'amélioration vers les points les plus sensibles (par exemple : pour optimiser les gains environnementaux, vaut-il mieux porter ses efforts sur la logistique ou sur la valorisation finale des produits ?) ;
- dépassant les conflits récurrents inhérents à la concurrence inter-matériaux, elle pourra permettre, par la réalisation de scénarii appropriés, d'appréhender les champs les plus favorables d'un type de produit donné en fonction de paramètres pertinents (exemples : distances de transport, nombre de rotation, taux de valorisation effectif, taux de perte, etc.).

Les simulations prospectives permettront de préciser, pour chacun des emballages étudiés, des axes concrets d'amélioration et des solutions envisageables.

Par rapport aux objectifs de notre étude, nous avons fait appel à 2 types de données :

1. Chaque fois que possible ont été utilisées soit les bases de données publiées les plus récentes et reconnues (matières, énergies, transports, ...) soit des données collectées spécifiquement sur des sites industriels (fabrication des cagettes en bois, fabrication des découpes de carton ondulé, montage des plateaux, fabrication des caisses en plastique, modes de remplissage des camions, etc.).
2. En l'absence de données statistiques publiées ou de bases de données reconnues, l'étude s'est basée sur des dires d'experts et, en particulier, sur les avis des participants au Comité de Pilotage pour les filières qui les concernent : il s'agit alors d'estimations qui, de par leur origine identifiée et endossée par l'organisme représentatif du secteur concerné, sont, à notre sens, les plus adaptées en l'état actuel des connaissances. Ces valeurs estimées ont notamment été nécessaires en ce qui concerne les données et scénarios spécifiques au domaine de l'emballage léger (scénarios de fin de vie, nombre de rotations, composition des produits en terme de matières premières, distances de transports, ...). En conséquence, après discussion lors des différentes réunions du Comité de Pilotage, toute donnée estimée, spécifique à un type d'emballage et supportée par un organisme représentatif, a été retenue comme la donnée la plus adéquate pour cette étude.

Ces choix en terme de données nous semblent conformes à l'état de l'art actuel en terme d'études d'analyses de cycle de vie et à l'esprit des normes ISO 1404X.

## 2 Unité fonctionnelle et produits étudiés

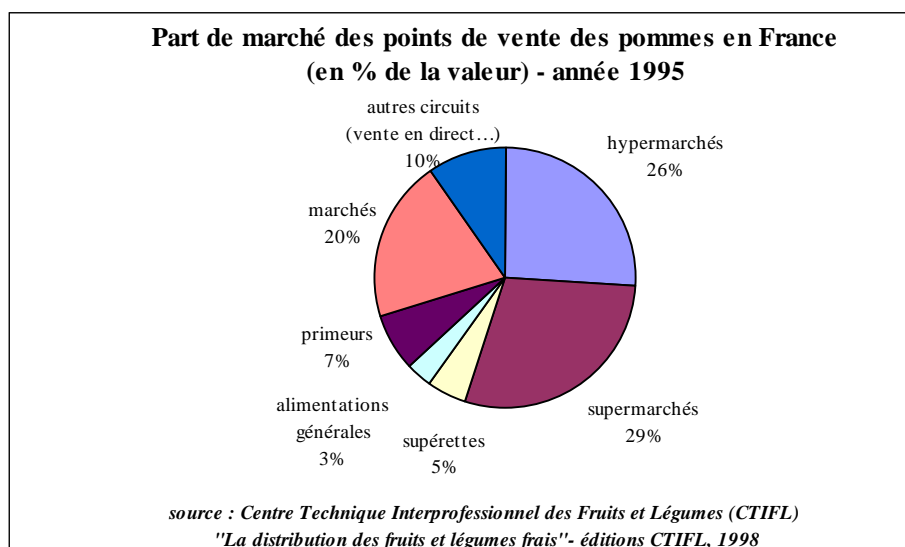
### 2.1 Unité fonctionnelle

L'unité fonctionnelle<sup>3</sup> est la suivante : « emballer et permettre le transport des pommes depuis le producteur jusqu'au distributeur final, de manière à mettre à la disposition des consommateurs français 1000 kg de pommes ».

Etant donné la diversité des circuits de distribution des pommes sur le marché français (cf. Figure 1), cette étude a distingué les 2 marchés suivants car ils correspondent à des distributeurs finaux différents :

- le marché de la grande distribution organisée (appelé dans la suite du rapport GDO) : hypermarchés/supermarchés/supérettes ; ce marché représente environ 60 % du volume des ventes en valeur ;
- le reste des circuits de distribution : marchés de rue, magasins spécialisés en fruits et légumes, supérettes non organisées, etc. ; ce marché représente environ 40 % du volume des ventes en valeur.

Ces 2 types de marchés n'ont donc jamais été fusionnés dans cette étude.



**Figure 1 : Part de marché des points de vente des pommes en France (en valeur)**

Cette ACV a donc distingué les 2 unités fonctionnelles suivantes :

- « emballer et permettre le transport des pommes depuis le producteur jusqu'à la grande distribution organisée, de manière à mettre à la disposition des consommateurs français 1000 kg de pommes ».
- « emballer et permettre le transport des pommes depuis le producteur jusqu'aux détaillants/marchés de rue, de manière à mettre à la disposition des consommateurs français 1000 kg de pommes ».

<sup>3</sup> Pour la définition du concept « d'unité fonctionnelle », se référer à l'annexe I.

## 2.2 Description des caisses étudiées

Il existe sur le marché français une grande variété de caisses destinées au transport des pommes. Ces emballages de transport, mis à part le matériau qui les constitue, se différencient principalement par leur format et par leur contenance en pommes. Le Comité de Pilotage a donc été amené à définir plus précisément les caisses étudiées. Les 3 caisses étudiées dans cette ACV sont les suivantes :

- cagette un rang en bois de peuplier<sup>4</sup>,
- plateau un rang en carton ondulé,
- caisse pliable en plastique.

Les 3 caisses étudiées dans cette ACV sont toutes des caisses de format 600\*400 mm à la base et contiennent chacune 7 kg de pommes (disposées sur une seule couche). Les caractéristiques propres à chaque caisse sont présentées dans le Tableau 1 suivant.

**Note importante :** pour la caisse pliable en plastique, 2 taux de rotations ont été considérés dans les scénarios de référence. En effet, l'utilisation de caisses pliables en plastique étant relativement récente en France et le marché n'étant pas encore stabilisé, il n'a pas été possible, dans le cadre de cette étude, de définir un nombre de rotations valable pour l'ensemble des caisses françaises. La Chambre Syndicale des Emballages en Matière Plastique a donc préconisé que l'on étudie la caisse plastique sur une large plage théorique pour le nombre de rotations, plage définie par 2 points extrêmes :

- nombre minimum de rotations : 10 : valeur minimale indiquée par les acteurs français du domaine des caisses en plastique retournables ;
- nombre maximum de rotations : 150 : limite technique annoncée pour ce type de caisses.

Ces taux de rotations sur la vie entière d'une caisse s'appliquent à l'ensemble du parc de caisses et intègrent la casse, le vol ou l'utilisation de certaines caisses pour le stockage en magasin.

**Toutefois, vu l'importance du paramètre « nombre de rotations des caisses en plastique » et les incertitudes récurrentes quant à la valeur la plus appropriée, le présent rapport présente des formules de calculs permettant d'évaluer les impacts environnementaux associés à n'importe quel taux de rotations (cf. paragraphe 11.2).**

<sup>4</sup> Le bois de peuplier représente plus de 80 % des essences utilisées dans le domaine des emballages légers en bois.

	Cagette en bois	Plateau carton	Caisse plastique
Description générale	Plateau 1 rang	Plateau 1 rang	Caisse plastique pliable (les 4 côtés sont rabattables et démontables)
Nature du matériau constitutif de la caisse	Peuplier déroulé	Carton ondulé double cannelure (type B et type C <sup>5</sup> ) imprimé : <ul style="list-style-type: none"> <li>Couvertures extérieures : Kraft vierge blanc et écru (environ 34% de la masse totale)</li> <li>Cannelures + couche interne : Testliner recyclé (environ 64 % de la masse totale)</li> </ul>	Poplypropylène (PP) vert
Masse unitaire	0,95 kg (1.902 dm <sup>3</sup> de bois)	0,650 kg	1,560 kg
Hauteur	Grands côtés : 60 mm Petits cotés : 105 mm	105 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hauteur dépliée : 115 mm</li> <li>Hauteur dépliée empilée : 107 mm (caisses emboîtées)</li> <li>Hauteur repliée : 50 mm</li> <li>Hauteur repliée empilée : 42 mm (caisses emboîtées)</li> </ul>

**Tableau 1 : Description des 3 caisses étudiées**

Sur le marché de la grande distribution organisée (GDO), les 4 types d'emballages suivants sont étudiés :

- Cagette bois 1 rang : 30 % sont réutilisées une fois,
- Plateau carton 1 rang : mono-rotation,
- Caisse pliable plastique : 10 et 150 rotations

Sur les autres circuits, seuls les 2 types d'emballages suivants sont étudiés<sup>6</sup> :

- Cagette bois 1 rang : 30 % sont réutilisées une fois,
- Plateau carton 1 rang : mono-rotation.

La distinction de 2 types de marché a donc conduit à étudier 6 scénarios de référence.

### 2.3 Quantités de caisses se rapportant à l'unité fonctionnelle

Toutes les caisses étudiées ayant la même contenance (7 kg de pommes), et le taux de pertes en pommes lors du transport étant constant (estimé à 1%<sup>7</sup>), la quantité de caisses permettant le transport de 1000 kg de pommes est donc identique pour les 3 emballages. Cette quantité de caisses est égale à environ 144<sup>8</sup> unités. Le nombre de réutilisations d'une caisse, sur sa durée de vie, dépend du type de caisse considéré. Les scénarios de référence correspondent aux cas suivants :

- Cagette bois : 30 % sont réutilisées une fois,
- Plateau carton : aucune réutilisation,
- Caisse plastique pliable à 10 utilisations,
- Caisse plastique pliable à 150 utilisations.

Ces différents cas conduisent à considérer pour l'unité fonctionnelle choisie un nombre total de caisses identique (environ 144) mais un nombre de caisses neuves différent selon la caisse (cf. Tableau 2).

<sup>5</sup> Type de cannelure correspondant à la forme de la cannelure. Il existe 4 types de cannelures (A, B, C et E) correspondant à des formes différentes.

<sup>6</sup> En effet, la caisse pliable plastique n'est pas utilisée dans ces circuits de distribution.

<sup>7</sup> Source : Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL). Selon le CTIFL, le taux de pertes en pommes est indépendant du type d'emballage, parmi la gamme utilisée aujourd'hui.

<sup>8</sup> Détail du calcul, en considérant un taux de pertes en pommes de 1% :  $(1000 \text{ kg de pommes} / 0.99) / 7 \text{ kg} = 144,3 \approx 144$  unités

	Cagette bois	Plateau carton	Caisse plastique pliable à 10 rotations	Caisse plastique pliable à 150 rotations
Nombre d'emballages correspondant à l'unité fonctionnelle	144 dont 101 <sup>9</sup> neufs	144 dont 144 neufs	144 dont 14 <sup>10</sup> neufs	144 dont 1 <sup>11</sup> neuf
Quantité de matériau neuf <sup>12</sup> contenu dans le nombre de caisses correspondant à l'unité fonctionnelle	96 <sup>13</sup> kg de bois	94 <sup>14</sup> kg de carton ondulé	22,5 <sup>15</sup> kg de polypropylène	1,5 <sup>16</sup> kg de polypropylène

**Tableau 2 : Quantités de caisses et quantités de matériaux neufs correspondant à l'unité fonctionnelle**

Toutefois, dans tous les cas, et afin de répondre à l'unité fonctionnelle, on prend en compte les impacts environnementaux associés au transport de 144 caisses remplies de pommes.

### 3 Frontières des systèmes étudiés

#### 3.1 Présentation des systèmes correspondant aux scénarios de référence

L'objectif des paragraphes suivants est de présenter, pour chaque caisse étudiée (cagette en bois / plateau en carton ondulé / caisse pliable en plastique), le système considéré pour décrire son cycle de vie. Les 3 systèmes ont été découpés selon une structure commune à tous les emballages, comprenant les sous-systèmes suivants :

1. Production du matériau constitutif de la caisse (bois de peuplier / papier pour carton ondulé / polypropylène),
2. Fabrication de la caisse à partir du matériau de base,
3. Distribution des pommes sur le marché français,
4. Réutilisation de l'emballage (si elle existe, i.e. pour les cagettes en bois et les caisses en plastique),
5. Fin de vie de l'emballage.

<sup>9</sup> Détail du calcul :  $144 * 70 \% = 100,8$  soit 101 unités (70 % des caisses sont neuves car 30 % ont déjà été utilisées une fois)

<sup>10</sup> Détail du calcul :  $144 / 10 \text{ rotations} = 14,4$  soit 14 unités

<sup>11</sup> Détail du calcul :  $144 / 150 \text{ rotations} = 0,96$  soit 1 unité

<sup>12</sup> On ne compte pas dans cette quantité le contenu en matériau des emballages réutilisés (cas du bois et du plastique).

<sup>13</sup> Détail du calcul :  $101 * 0,95 \text{ kg}$  soit 96 kg (masse unitaire de la cagette en bois = 0,95 kg)

<sup>14</sup> Détail du calcul :  $144 * 0,65 \text{ kg}$  soit 94 kg (masse unitaire du plateau en carton = 0,65 kg)

<sup>15</sup> Détail du calcul :  $14,4 * 1,56 \text{ kg}$  soit 22,5 kg (masse unitaire de la caisse plastique = 1,56 kg)

<sup>16</sup> Détail du calcul :  $1 * 1,56 \text{ kg}$  soit 1,5 kg (masse unitaire de la caisse plastique = 1,56 kg)

### 3.1.1 Cycle de vie des caquettes en bois

Le système étudié correspond au cycle de vie complet des caquettes en bois de peuplier déroulé depuis la culture des peupliers (populiculture), en passant par la fabrication des caquettes par déroulage des grumes de peuplier, jusqu'à l'élimination en fin de vie des caquettes usagées après distribution des pommes jusqu'au marché final. La Figure 2 récapitule les grandes étapes prises en compte dans le cas de la caquette en bois.

**Remarque :** le système correspondant au cycle de vie de la caquette en bois diffère selon le marché considéré - grande distribution organisée et autres marchés - au niveau des sous-systèmes « distribution des pommes » et « fin de vie ».

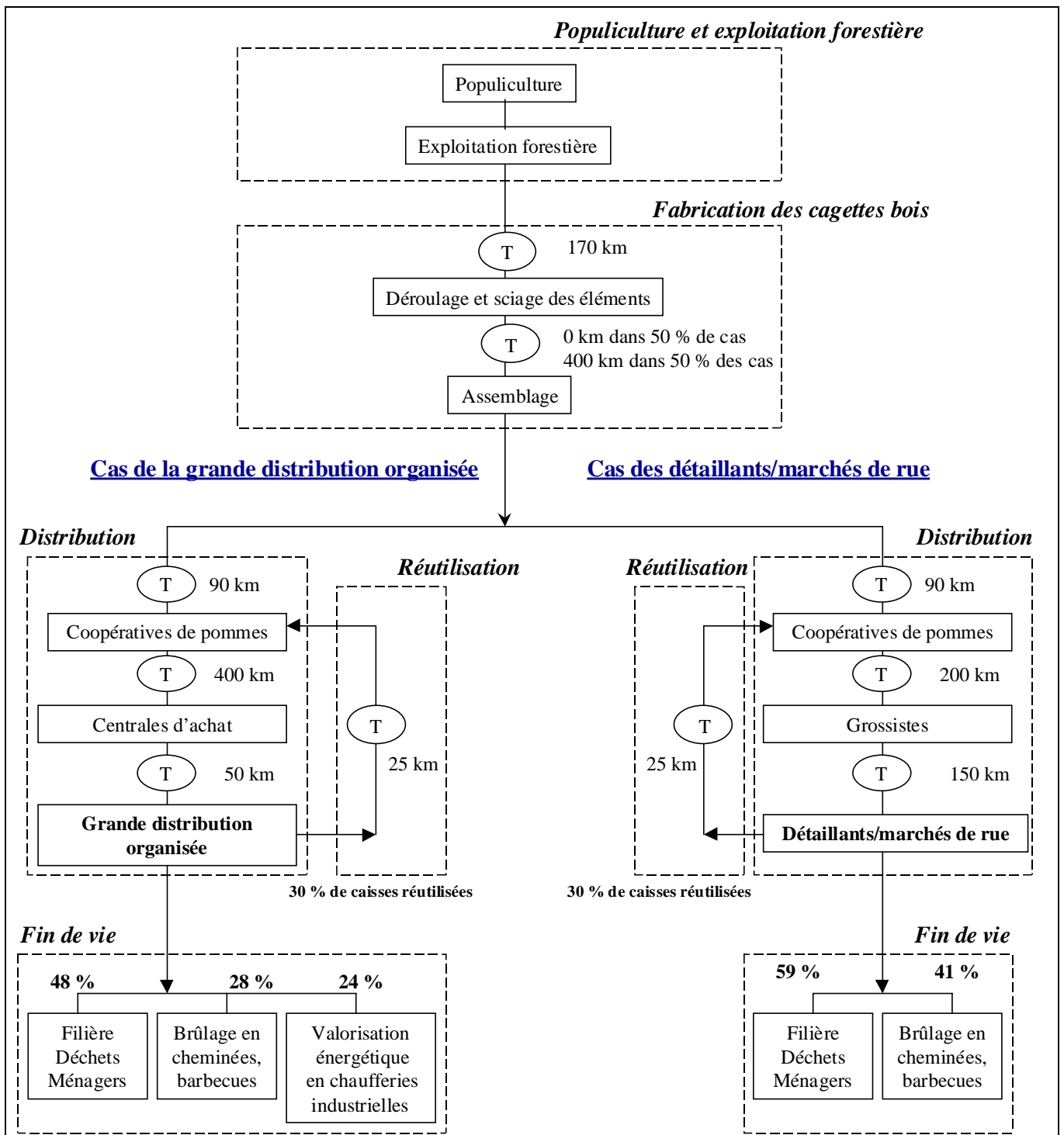


Figure 2 : Système du cycle de vie des caquettes en bois de peuplier (GDO et autres marchés)

### 3.1.2 Cycle de vie des plateaux en carton ondulé

Le système étudié correspond au cycle de vie complet des plateaux en carton ondulé depuis l'exploitation forestière, en passant par la fabrication des découpes de carton ondulé, jusqu'à l'élimination en fin de vie des plateaux après distribution des pommes jusqu'au marché final. La Figure 3 récapitule les grandes étapes prises en compte dans le cas du plateau en carton ondulé.

**Remarque :** le système correspondant au cycle de vie du plateau en carton ondulé diffère selon le marché considéré - grande distribution organisée et autres marchés - au niveau des sous-systèmes « distribution des pommes » et « fin de vie ».

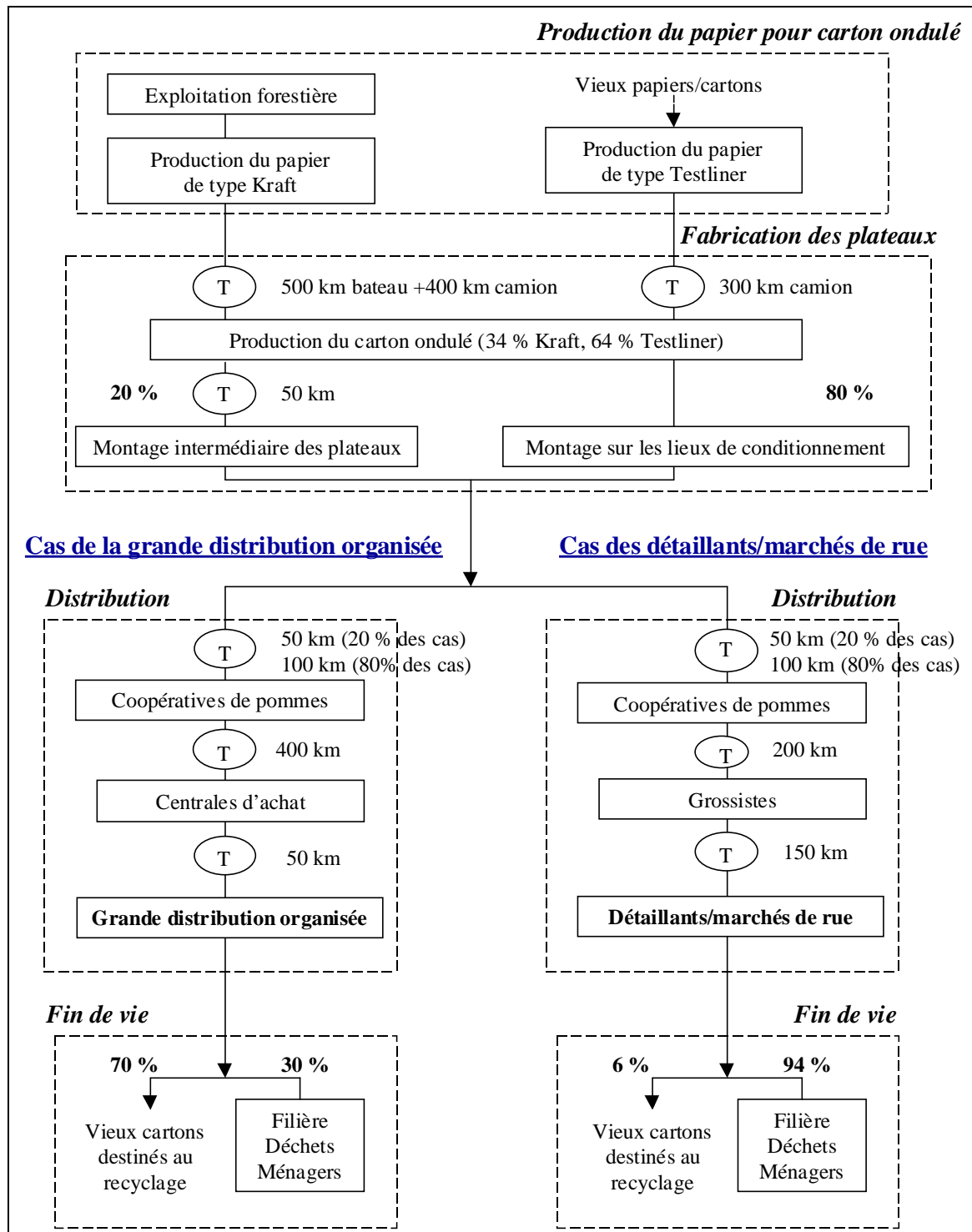


Figure 3 : Système du cycle de vie des plateaux en carton ondulé (GDO et autres marchés)

### 3.1.3 Cycle de vie des caisses pliées en plastique

Le système étudié correspond au cycle de vie complet des caisses pliées en plastique depuis l'extraction du pétrole nécessaire à la production du polypropylène, en passant par la fabrication des caisses par injection de plastique, jusqu'à l'élimination en fin de vie des caisses volées et cassées après distribution des pommes jusqu'au marché final (grande distribution). La Figure 4 récapitule les grandes étapes prises en compte dans le cas de la caisse en plastique.

**Remarque :** Pour les caisses en plastique, seul le marché de la grande distribution a été considéré car les caisses pliées ne sont pas utilisées sur les autres marchés.

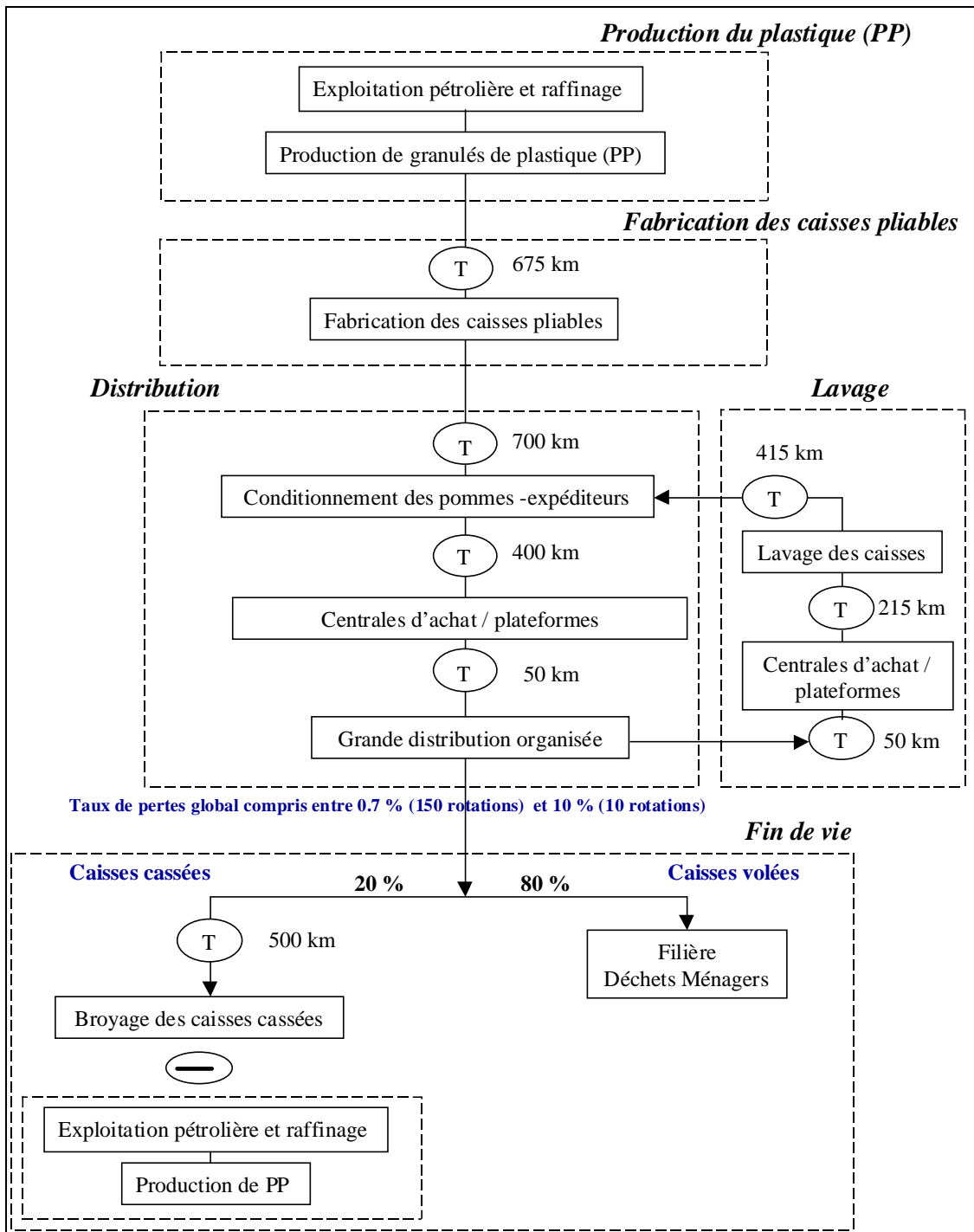


Figure 4 : Système du cycle de vie des caisses pliées en plastique (GDO)

## 3.2 Délimitation des frontières des systèmes

### 3.2.1 Règles de délimitation

Pour délimiter précisément les systèmes, c'est à dire pour décider si la production ou le devenir d'un réactif ou d'un matériau doit être pris en compte, une règle systématique a été utilisée dans ce projet :

1. Pour la production d'un consommable :
  - si les données sont disponibles chez Ecobilan, la production et le transport vers le site d'utilisation dudit consommable sont systématiquement pris en compte, même si la quantité consommée est faible ;
  - sinon, le critère d'inclusion retenu par rapport à ceux proposés dans la norme ISO 14041 est la masse. Le seuil d'inclusion a été fixé à 5 %. Cela signifie que la somme des entrants dont la production n'est pas incluse dans le système représente moins de 5 % de la masse totale des entrants du système.
2. Pour le devenir d'un déchet ou d'un coproduit :
  - si les données sont disponibles, elles sont prises en compte ;
  - sinon, la fin de vie du produit n'est pas prise en compte (cette règle ne s'applique pas à la fin de vie des caisses).

### 3.2.2 Liste des étapes du cycle de vie exclues

Selon la norme ISO 14 040, certaines catégories d'opérations peuvent être exclues des systèmes à condition que ceci soit explicite. Les paragraphes suivants précisent les étapes secondaires qui n'ont pas été prises en compte dans le cadre de ce projet.

1. Les systèmes étudiés excluent la construction des bâtiments des sites industriels (scierie, papeterie, cartonnerie, raffinerie...) de même que la fabrication des machines et des outils (moule des caisses en plastique, plaques de découpe de carton ondulé...) excepté pour les lames et des couteaux<sup>17</sup> utilisés lors de l'écorçage, du sciage et du déroulage des grumes de peuplier (système des cagettes en bois).

En effet, on considère que l'on se situe dans un fonctionnement stabilisé de chacun des systèmes, c'est à dire que les impacts sur l'environnement liés à la construction et à la déconstruction des bâtiments et des équipements sont amortis sur l'ensemble de leur durée d'utilisation. L'expérience montrant que ces impacts sur l'environnement sont négligeables devant ceux liés au fonctionnement, cette hypothèse est justifiée dans le cadre du présent projet.

2. Toutes les étapes relatives à la production et à la manipulation des pommes ainsi qu'à la fin de vie des pommes abîmées au cours du transport ont été exclues des systèmes. En effet, le taux de pertes en pommes a été considéré comme indépendant du type de caisse utilisée (égal à 1%), ce qui implique que la contribution de ces étapes dans le cycle de vie de chaque caisse est identique.
3. Pour l'étape de fabrication des trois caisses, la production des encres et des pigments alimentaires utilisées pour le marquage (réglementaire ou esthétique), ou pour teinter le matériau en masse dans le cas des caisses en plastique, n'a pas été prise en compte. En effet, il n'existe actuellement pas de données ACV fiables disponibles sur ces produits chimiques dont la formulation est en général confidentielle et non divulguée par les producteurs. Pour les trois caisses étudiées, l'encre ou le pigment nécessaire au marquage/coloration représente moins de 1 % en masse de la caisse.
4. Pour les étapes de transports (caisses vides et pleines), la production des palettes n'a pas été prise en compte. En effet, la principale consommation de palettes est liée à la distribution des pommes. Or, le remplissage des camions étant identique quelle que soit la caisse, la quantité de palettes ne change pas d'une caisse à l'autre.
5. Dans le sous-système de production des papiers pour carton ondulé, la culture des arbres n'a pas été prise en compte, faute de données. Toutefois, cette culture a été jugée beaucoup moins consommatrice d'engrais et de phytosanitaire que celle des peupliers dont la culture a été prise en compte dans le système relatif à la cagette

---

<sup>17</sup> En effet, suite à une usure accélérée (la plus marquée étant celle des lames de déroulage), il s'est avéré que la quantité des outils utilisés rapportée à la fabrication d'une cagette n'était pas négligeable. La production de l'acier secondaire constituant ces outils a donc été pris en compte dans le sous-système « fabrication des cagettes en bois ».

en bois. Ceci a donc pour effet de minorer légèrement les impacts associés au cycle de vie de la caisse en carton.

6. Dans le sous-système de fabrication des cagettes en bois, en l'absence de données sur la fabrication du fil des agrafes (tréfilage et traitement de surface), cette étape a été réduite à la production d'acier secondaire et à la production de la quantité zinc nécessaire à la galvanisation.
7. Pour les filières de fin de vie des cagettes en bois, le devenir des agrafes présentes dans les cagettes n'a pas été pris en compte en général. En effet, la quantité d'acier galvanisé récupéré en fin de vie s'élève à moins de 0.4 % du poids de ces cagettes. Enfin, la présence des agrafes a également été négligée dans la modélisation de la mise en décharge, vu le faible poids qu'elles représentent. En revanche :
  - pour les cagettes qui sont récupérées par les particuliers, les effets liés à la combustion des agrafes en cheminée ont été négligés, mais on a considéré que les agrafes étaient jetées avec les déchets ménagers lors du nettoyage de la cheminée et correspondaient à une certaine quantité de déchets.
  - pour les cagettes valorisées énergétiquement en chaufferies industrielles, on a considéré que les agrafes étaient récupérées lors du broyage mais leur recyclage en aciérie électrique n'a pas été pris en compte.

### 3.3 Procédures d'allocation pour les co-produits

Quel que soit le matériau, les sites industriels produisant les caisses fabriquent toujours plusieurs formats d'emballages. Il a été nécessaire d'allouer les consommations, les émissions et les déchets entre différents modèles de caisses. Pour les trois caisses considérées, la règle d'allocation qui a été utilisée pour répartir les impacts environnementaux entre les différents formats de caisse est soit l'unité d'emballage, soit la masse de l'emballage.

De plus, dans le cas particulier des cagettes en bois, le procédé de fabrication (déroulage et sciage des grumes de peuplier) entraîne la production de co-produits en bois dits « produits connexes » : sciures, culées, noyaux de déroulage, délignures, dosses, etc. Ces co-produits sont valorisés par les sites industriels qui, soit les revendent à d'autres sociétés, soit les utilisent pour une autre activité de l'entreprise. Les procédures d'allocation utilisées pour traiter ces co-produits sont spécifiques à chaque flux et sont décrites dans la fiche de caractérisation des données relative à la fabrication des cagettes en bois.

### 3.4 Prise en compte de la valorisation énergétique et de la valorisation matière

La modélisation des sous-systèmes de fin de vie de chaque emballage est décrite dans le paragraphe 8. En particulier sont exposés les choix méthodologiques concernant la prise en compte de la valorisation énergétique (incinération avec récupération d'énergie des caisses, combustion en chaufferies industrielles des cagettes en bois) et du recyclage matière (recyclage des plateaux en carton ondulé et des caisses cassées en plastique).

Les systèmes de la cagette en bois et de la caisse en plastique sont globalement producteurs de matières secondaires, constituées par les caisses usagées en fin de vie, et qui vont être valorisées pour leur contenu matière ou énergétique. Dans ces cas, les valorisations matière et énergétique des caisses en fin de vie sont prises en compte via la soustraction des bilans environnementaux des produits économisés.

Dans le cas du plateau carton, le système est globalement consommateur de vieux papiers/cartons, que ce soit dans le scénario « GDO » ou dans le scénario « autres marchés ». Dans le scénario « GDO », la distribution de 1000 kg de pommes avec des plateaux en carton induit une consommation d'environ 80 kg de vieux papiers/cartons et en génère 78 kg en fin de vie (recyclage des plateaux), soit une consommation nette d'environ 2 kg de vieux papiers/cartons. Dans le scénario « autres marchés », le système consomme 80 kg de vieux papiers/cartons et en génère 18 kg (le reste étant orienté vers la filière des déchets ménagers), ce qui correspond donc à une consommation nette de 62 kg. Dans ces cas, l'utilisation d'une matière secondaire (papiers/cartons) est prise en compte via un prélèvement dans un stock.

## 4 Flux et impacts environnementaux étudiés

### 4.1 Flux environnementaux et indicateurs énergétiques

L'ensemble des flux environnementaux (ex : consommation d'eau, émissions de polluants dans l'air, dans l'eau et dans le sol) a été évalué dans le cadre de ce projet. Les résultats relatifs à tous les flux environnementaux sont présentés dans les inventaires d'ACV de l'annexe V. Les flux identifiés comme importants et pour lesquels les résultats sont plus précisément analysés dans la section IV sont les suivants<sup>18</sup> :

- Ressources naturelles : consommation d'eau, de gaz naturel et de pétrole brut ;
- Emissions dans l'air : CO<sub>2</sub>, CO, méthane, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, poussières ;
- Emissions dans l'eau : nitrates, DBO<sub>5</sub> (demande biologique en oxygène), DCO (demande chimique en oxygène).

En plus de ces flux environnementaux élémentaires, cinq indicateurs énergétiques ont été calculés : la consommation d'énergie primaire<sup>19</sup>, la consommation d'énergie combustible, la consommation d'énergie matière, la consommation d'énergie renouvelable, la consommation d'énergie non renouvelable.

Ces flux environnementaux ont été sélectionnés car :

- Soit, ils correspondent aux flux les plus classiques et les plus reconnus en matière d'analyse de cycle de vie, tels les émissions de CO<sub>2</sub>, de méthane, d'oxydes de soufre et d'azote, les émissions de DCO et DBO<sub>5</sub> dans l'eau, la consommation d'eau, etc. ;
- Soit, ils sont particulièrement pertinents dans le cadre de cette étude car ils représentent des flux spécifiques de certains emballages, tels par exemple les émissions de nitrates, les émissions de poussières dans le cas des cigarettes en bois ou encore la consommation de pétrole brut dans le cas des caisses en plastique.

---

<sup>18</sup> L'indicateur déchet n'apparaît pas en tant que tel dans les indicateurs d'impacts retenus, car les impacts liés au traitement des déchets (mise en décharge ou incinération) sont directement pris en compte au niveau des émissions dans l'air et dans l'eau. Toutefois, les quantités totales de déchets produites restent accessibles dans les inventaires détaillés des scénarios de référence en annexe V du rapport complet.

<sup>19</sup> L'énergie primaire totale est divisée en énergie non renouvelable et énergie renouvelable d'une part ; et en énergie combustible et énergie matière d'autre part. L'équation suivante illustre cette définition :

$$\begin{aligned} \text{Energie primaire totale} &= \text{Energie non renouvelable} + \text{Energie renouvelable} \\ &= \text{Energie combustible} + \text{Energie matière} \end{aligned}$$

## 4.2 Indicateurs d'impacts environnementaux

A partir des flux de consommations de ressources et des flux environnementaux, les indicateurs d'impacts suivants sont calculés et analysés :

Indicateur	Milieu concerné	Méthode de calcul
Consommation des ressources naturelles non renouvelables	SOL	Méthode Ecobilan « RMD (R*Y) »
Effet de serre à 20 ans	AIR	IPCC <sup>20</sup>
Acidification atmosphérique	AIR	CML <sup>21</sup>
Création d'ozone photochimique	AIR	WMO <sup>22</sup>
Eutrophisation des eaux	EAU	CML

**Tableau 3 : Indicateurs d'impacts environnementaux analysés**

Les indicateurs retenus correspondent aux indicateurs environnementaux les plus reconnus en matière d'analyse de cycle de vie. Toutefois, l'indicateur de destruction de la couche d'ozone n'a pas été retenu car ses contributeurs principaux (CFC et HCHC) ne sont pas générés par les étapes spécifiques au cycle de vie des emballages étudiés.

## 5 Exigences relatives à la qualité des données

Cette étude vise à analyser le bilan environnemental du cycle de vie de trois caisses assurant le transport et l'emballage des pommes, dans le cas de la situation française actuelle. Conformément à la norme ISO 14040, les exigences relatives à la qualité des données couvrent notamment les critères suivants :

- Le facteur temporel : les données utilisées doivent être représentatives de la situation actuelle ; toutefois, en raison de l'incertitude sur le nombre de rotations pour les caisses en plastique, 2 valeurs extrêmes ont été choisies pour encadrer les taux actuels.
- La géographie : l'étude doit être représentative de la distribution de pommes en France. Les 35 %<sup>23</sup> des pommes produites en France et exportées ne sont pas couvertes par l'étude. Les distances de transport retenues pour décrire l'étape de distribution des pommes sont en particulier représentatives de la situation française.
- La technologie : les données doivent refléter la technologie moyenne actuelle.

## 6 Revue critique

Le Comité de Pilotage comprenant l'ADEME et des représentants des syndicats de chacune des caisses (SIEL pour les cagettes en bois, USFO pour les plateaux en carton ondulé et CSEMP pour les caisses en plastique), l'ADEME a souhaité faire effectuer une revue critique de la méthodologie ACV par un expert externe.

La revue critique de cette analyse de cycle de vie correspond selon la norme ISO 14040 à une revue d'expert externe. Cette revue critique a été confiée à Monsieur KHALIFA du Cabinet ACV Conseil.

L'expert en ACV est intervenu une première fois pour analyser le cadre méthodologique de l'étude et l'interprétation des premiers résultats puis est intervenu une seconde fois à la fin de l'étude (mai 2000) après la phase d'interprétation des analyses de sensibilité et des scénarios prospectifs. Les questions soulevées et les réponses d'Ecobilan à celles-ci sont présentées dans le paragraphe 14 de cette synthèse.

<sup>20</sup> IPCC : International Panel on Climate Change

<sup>21</sup> CML : Université de Leiden (Pays-Bas)

<sup>22</sup> WMO : World Meteorological Organization

<sup>23</sup> source : CTIFL – [10]

## 7 Calcul de l'inventaire : recueil des données et hypothèses de calcul

Ce chapitre présente les sources de données spécifiques à l'étude et les hypothèses retenues pour le calcul de l'inventaire d'analyse de cycle de vie. Seules sont exposées les données et hypothèses relatives aux étapes primaires telles que la production des matériaux des caisses, la fabrication des caisses, la distribution des pommes, le circuit de réutilisation éventuelle des caisses et la fin de vie des emballages.

### 7.1 Production des matériaux constitutifs des caisses

Les données utilisées pour la production des matériaux constitutifs des caisses n'ont pas fait l'objet de collecte spécifique. Les sources des données utilisées pour la modélisation sont présentées dans le Tableau 4.

Cagette bois	Plateau carton	Caisse plastique
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Populiculture : ACV du peuplier réalisée par Ecobilan en 1997 pour le ministère de l'Agriculture et l'ADEME [4].</li> <li>• Exploitation forestière : ACV de la palette réalisée par Ecobilan en 1996 pour le ministère de l'Agriculture et l'ADEME [2], [3].</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sylviculture : Etape non prise en compte<sup>24</sup></li> <li>• Exploitation forestière (60 % par coupe rase, 40 % par éclaircie) : ACV de la palette en bois réalisée par Ecobilan en 1996 pour le ministère de l'Agriculture et l'ADEME [2], [3]. Utilisation des données relatives au pin maritime.</li> <li>• Fabrication des papiers pour carton ondulé : données de 1997 publiées par la FEFCO, « European Database for corrugated Life Cycle studies » [7]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Production du polypropylène : Données publiées par l'APME, en 1997 (rapport n°10 : « polymer conversion », p.5) [6]</li> </ul>

**Tableau 4 : Sources des données utilisées pour modéliser la production des matériaux**

### 7.2 Fabrication des caisses

Les données relatives à la fabrication des caisses ont été directement collectées par Ecobilan sur des sites industriels, avec l'aide d'un questionnaire standard de collecte de données. Cette collecte a été réalisée :

- soit dans le cadre de cette étude, pour le montage des découpes en carton ondulé et le moulage des caisses en plastique ;
- soit dans le cadre d'études antérieures, pour la fabrication des cagettes en bois (en 1997) et des découpes en carton ondulé (en 1992).

Le Tableau 5 récapitule pour les trois emballages étudiés, les sources des données utilisées pour la modélisation de leurs systèmes respectifs.

<sup>24</sup>. Dans le sous-système de production des papiers pour carton ondulé, la culture des arbres n'a pas été prise en compte, faute de données. Toutefois, cette culture a été jugée beaucoup moins consommatrice d'engrais et de phytosanitaire que celle des peupliers dont la culture a été prise en compte dans le système relatif à la cagette en bois. Ceci a donc pour effet de minorer légèrement les impacts associés au cycle de vie de la caisse en carton.

Cagette bois	Plateau carton	Caisse plastique
<ul style="list-style-type: none"> <li>Transport des grumes de peuplier vers les sites de fabrication : Données moyennes de 2 sites de fabrication de cagettes (sociétés SIB et COMAS) [1] Distance : 170 km route</li> <li>Déroulage du peuplier et sciage des tasseaux : Données site collectées par Ecobilan et le CTBA<sup>25</sup> en 1997 auprès de 2 fabricants de plateaux pommes (sociétés SIB et COMAS) [1]</li> <li>Montage des cagettes : Idem ci dessus [4]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transport des papiers pour carton ondulé Données moyennes européennes publiées en 1997 par la FEFCO, « European Database for corrugated Life Cycle studies » [7] Distances : 300 km route pour le papier Testliner et 500 km bateau + 400 km route pour le papier Kraft</li> <li>Fabrication des découpes de carton ondulé : Données site de 1991 collectées par Ecobilan lors d'une ACV réalisée pour la FEFCO en 1992. Ces données ont été considérées par l'USFO en 1999 comme toujours pertinentes. [8]</li> <li>Montage des plateaux : Données site collectées par Ecobilan en 1999 auprès de la coopérative PERLIM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transport du polypropylène : Données collectées par Ecobilan en 1999 auprès de la société PERSTORP Distance : 675 km route</li> <li>Fabrication des caisses plastiques pliables : Données site collectées par Ecobilan en 1999 auprès de la société PERSTORP</li> </ul>

**Tableau 5 : Sources des données utilisées pour modéliser la fabrication des caisses**

#### Visites de site réalisées dans le cadre de cette étude

Dans le cadre de cette étude, Ecobilan a visité en juin 1999 l'unité de fabrication des caisses pliables en plastique de la société PERSTORP située à Nurieux (01), seul site fabriquant ce type de caisse en France.

Ecobilan a également visité une unité de conditionnement des pommes pratiquant le montage de découpes de carton ondulé en plateaux finis.

#### Visites de site réalisées dans le cadre d'études antérieures menées par Ecobilan

Les données relatives à la fabrication des cagettes en bois de peuplier déroulé (montage inclus) proviennent de 2 sites industriels (sociétés SIB et COMAS) visités par Ecobilan et le CTBA à la fin de l'année 1997 dans le cadre de l'ACV de la cagette en bois de peuplier [1]. Les données concernant la fabrication des découpes de carton ondulé à partir de papiers ont été collectées par Ecobilan en 1992 dans le cadre d'une analyse de cycle de vie réalisée pour la Fédération Européenne des Fabricants de Carton Ondulé (FEFCO) [8]. Ces données ont été jugées par l'USFO représentatives de la situation actuelle.

### 7.3 Distribution des pommes sur le marché français

Cette étude distingue 2 marchés de distribution : la grande distribution organisée (appelée dans la suite « GDO ») et les autres marchés de distribution correspondant aux détaillants, marchés de rues, magasins spécialisés en fruits et légumes (appelés dans la suite « autres marchés »).

Pour ces 2 marchés, la structure du circuit de distribution des pommes peut se décomposer selon les grandes étapes suivantes :

1. Transport des caisses neuves du site de fabrication/montage final vers les lieux de conditionnement des pommes (par simplification, assimilés aux coopératives).
2. Transport des caisses remplies de pommes des coopératives jusqu'aux centrales d'achat (GDO) ou grossistes (autres marchés).
3. Transport des caisses remplies de pommes des centrales d'achat (GDO) ou grossistes (autres marchés) vers les hypermarchés/supermarchés (GDO) ou les détaillants, les marchés de rue (autres marchés).

<sup>25</sup> Centre Technique du Bois et de l'Ameublement

La première étape est commune aux 2 marchés car elle se situe en amont des coopératives. En revanche, les deux autres étapes sont différentes selon le type de marché (les variations portent sur la distance de distribution, le taux de remplissage des camions, l'existence d'un retour à vide, etc.).

	Cagette bois	Plateau carton	Caisse plastique
Transport des emballages neufs vers les coopératives	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remplissage des camions, suremballages ... : Données collectées par Ecobilan et le CTBA en 1997 auprès de la société SIB</li> <li>Distance de transport Hypothèse retenue par le Comité de Pilotage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remplissage des camions, suremballages... : Données collectées par Ecobilan en 1999 auprès de la coopérative PERLIM</li> <li>Distances de transport : Hypothèses retenues par le Comité de Pilotage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remplissage des camions, suremballages ... : Données collectées par Ecobilan en 1999 auprès de la société PERSTORP</li> <li>Distance de transport : Hypothèse retenue par le Comité de Pilotage</li> </ul>
Transport des caisses pleines de pommes des coopératives vers les centrales (resp. les grossistes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remplissage des camions, suremballages ... : Données collectées par Ecobilan en 1999 auprès de la coopérative PERLIM</li> <li>Distances de transport : Hypothèses retenues par le Comité de Pilotage</li> </ul>	Idem ci-contre	Idem ci-contre
Transport des caisses pleines de pommes des centrales / grossistes vers la GDO (resp. les autres marchés)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remplissage des camions, suremballages ... : Données PERLIM + hypothèses retenues par le Comité de Pilotage</li> <li>Distances de transport : Hypothèses retenues par le Comité de Pilotage</li> </ul>	Idem ci-contre	Idem ci-contre

**Tableau 6 : Sources des données utilisées pour modéliser la distribution des pommes sur les différents marchés**

Pour le transport des caisses remplies de pommes, la consommation de diesel des transports a été allouée entre les caisses (contenant) et les pommes (contenu). La méthode d'imputation utilisée est exposée dans le paragraphe 9.2. Une première série de résultats (cf. § 10) permet d'évaluer la part de ces deux consommations de gasoil.

La méthode d'imputation utilisée est exposée dans le paragraphe 9.2. Une première série de résultats (cf. § 10) permet d'évaluer la part des consommations de gasoil liées au transport aller des pommes, au transport aller des emballages et au retour à vide des camions.

## 7.4 Réutilisation des caisses

Seules les cagettes bois et les caisses pliables en plastique sont réutilisées. Les sources des données utilisées pour modéliser les sous-systèmes « réutilisation des caisses » sont présentées dans le Tableau 7. La description des circuits de réutilisation pour les cagettes en bois et les caisses en plastique fait l'objet des paragraphes 7.4.1 et 0 suivants.

Cagette bois	Plateau carton	Caisse plastique
<ul style="list-style-type: none"> <li>Remplissage des camions, nature des suremballages : Données issues de l'étude « ACV de la cagette bois » réalisée par Ecobilan en 1998 pour l'ADEME et le SIEL [1]</li> <li>Distance de transport Hypothèse retenue par le Comité de Pilotage</li> </ul>	Pas de réutilisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Circuit de lavage (remplissage des camions, nature des suremballages...) : Données collectées par Ecobilan en 1999 auprès de la société CHEP</li> <li>Lavage des caisses : Données transmises par la société CHEP en 1999</li> <li>Distances de transports : Moyenne entre les données des sociétés CHEP et IFCO, transmises en 1999</li> <li>Nombre de rotations : Choix de 2 valeurs extrêmes (10 et 150)</li> </ul>

**Tableau 7 : Sources des données utilisées pour modéliser la réutilisation des caisses**

### 7.4.1 Réutilisation des cagettes en bois

Afin de modéliser le circuit de réutilisation des cagettes en bois, le Comité de Pilotage a retenu les hypothèses suivantes :

- 30 % des cagettes usagées sont systématiquement réutilisées une fois,
- la distance de transport des cagettes vers le lieu de réutilisation est de 25 km.

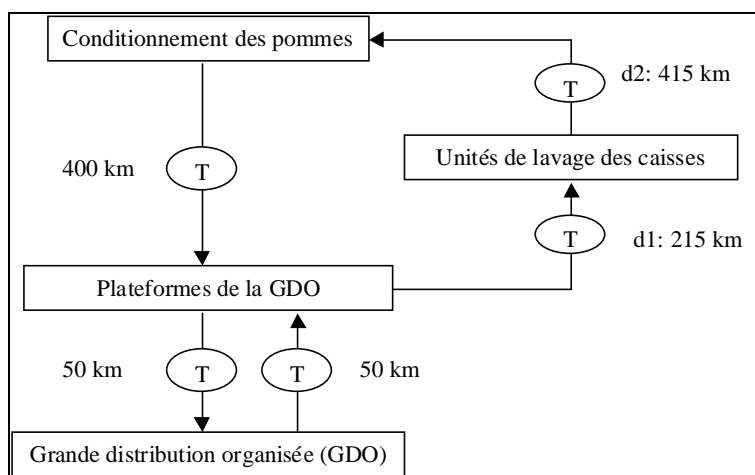
La distance de retour des cagettes (25 km) est beaucoup plus faible que la distance aller de distribution (450 km en GDO et 350 km sur les autres marchés) car les cagettes ne reviennent pas à la coopérative de départ mais à une coopérative proche du lieu de consommation.

### 7.4.2 Réutilisation des caisses en plastique

Après mise en rayon des pommes, on considère que les caisses en plastique sont systématiquement réutilisées. Dans cette étude, on a supposé que sur sa durée de vie, chaque caisse en plastique était utilisée 10 ou 150 fois, pour couvrir le spectre le plus large possible des configurations. Le circuit de réutilisation des caisses en plastique comprend les étapes suivantes :

- transport des caisses pliées, à partir des grandes surfaces, vers les plates-formes de la grande distribution organisée ;
- transport des caisses, à partir des plates-formes, vers les stations de lavage ;
- lavage des caisses en plastique ;
- transport des caisses lavées vers les coopératives de pommes.

Le schéma suivant présente le circuit de lavage réalisé par les caisses en plastique.



**Figure 5 : Modélisation du circuit de lavage des caisses en plastique**

Les données concernant l'étape de lavage sont issues d'une station de lavage appartenant à un prestataire de la société CHEP. Sur le territoire français, la société CHEP utilise actuellement 3 stations de lavage situées à Livron (26), Melun (77) et Bruyères-sur-Oise (95) (cette dernière fonctionnant depuis le 1<sup>er</sup> juillet 99). Pour plus de détails sur le procédé de lavage, on se référera à la fiche de caractérisation des données située en annexe II.

**Remarque :** les données transmises relatives aux émissions dans l'eau lors du lavage des caisses correspondent à des valeurs réglementaires que le prestataire doit respecter. En l'absence de mesures correspondant aux effluents effectivement rejetés dans le milieu naturel, une étude de sensibilité a été réalisée sur ces valeurs de rejets.

## 8 Fin de vie des caisses usagées

Le Tableau 8 présente la source de données pour modéliser la répartition des caisses usagées suivant les différentes filières de fin de vie.

Cagette bois	Plateau carton	Caisse plastique
<ul style="list-style-type: none"> <li>Répartition entre filières : Données communiquées par le SIEL (enquête) [ 20]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Répartition entre filières : Données communiquées par le SIEL (enquête) [ 20]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Répartition entre vol et la casse : Estimation de la société CHEP</li> </ul>

**Tableau 8 : Sources des données utilisées pour modéliser la fin de vie des caisses**

La fin de vie des trois caisses est différente selon le marché de distribution étudié (GDO ou autres marchés). Le Tableau 9 et le Tableau 10 récapitulent les hypothèses qui ont été retenues par le Comité de Pilotage pour modéliser la fin de vie des caisses, sur chaque type de marché considéré dans l'étude.

	Cagettes en bois	Plateaux en carton	Caisses en plastique
Répartition selon les filières	<ul style="list-style-type: none"> <li>24 % valorisées en chaufferies</li> <li>48 % filière déchets ménagers</li> <li>28 % brûlées en cheminées/barbecues</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>70 % recyclés</li> <li>30 % filière déchets ménagers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caisses volées : filières déchets ménagers</li> <li>Caisses cassées : recyclage dans un usage non alimentaire</li> </ul> <p>(Les pourcentages de vol et de casse sont directement liés au nombre de rotations par caisse cf. § 8.4)</p>

**Tableau 9 : Hypothèses retenues pour modéliser la fin de vie des caisses en grande distribution organisée**

	Cagettes en bois	Plateaux en carton	Caisses en plastique
Répartition selon les filières	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 59 % filière déchets ménagers</li> <li>• 41 % brûlées en cheminées/barbecues</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 % recyclés</li> <li>• 94 % filière déchets ménagers</li> </ul>	Non applicable

**Tableau 10 : Hypothèses retenues pour modéliser la fin de vie des caisses sur les autres marchés**

Les paragraphes suivants détaillent chaque filière de fin de vie intervenant dans la modélisation. Cette filière peut être soit commune à toutes les caisses (c'est le cas de la filière dite « déchets ménagers »), soit spécifique à une caisse donnée (c'est le cas de la valorisation en chaufferies et du brûlage en cheminées/barbecues des cagettes en bois, du recyclage des plateaux en carton ainsi que du recyclage matière des caisses cassées en plastique).

## 8.1 Fin de vie des caisses rejoignant le flux des déchets ménagers

La fin de vie des caisses usagées (bois, carton et plastique) qui sont collectées via le réseau des déchets ménagers a été modélisée par le système présenté par la Figure 6. La fin de vie des caisses via les déchets ménagers comprend :

- la collecte des caisses usagées dans les bennes de déchets ménagers ;
- la répartition des caisses selon les filières suivantes<sup>26</sup> :
  - mise en décharge (50 %),
  - incinération avec récupération d'énergie (35 %),
  - incinération sans récupération d'énergie (15 %).

La structure du système modélisant la fin de vie des caisses usagées via les déchets ménagers est identique quelle que soit la caisse considérée. De même, la modélisation de la collecte des déchets et leur répartition entre les différentes filières de fin de vie (décharge, incinération avec récupération, incinération sans récupération) sont identiques pour tous les emballages.

En revanche, les modèles de mise en décharge et d'incinération sont spécifiques à chacun des emballages, en raison de la différence de composition (bois, carton ou plastique). Les modules correspondant ont été obtenus en utilisant le logiciel d'Ecobilan WISARD<sup>TM27</sup>. Ce logiciel permet de connaître, pour un déchet donné (c'est-à-dire connaissant sa composition élémentaire), les impacts environnementaux associés à son traitement.

Pour la filière incinération avec récupération d'énergie, une partie de l'énergie contenue dans les déchets est valorisée, ce qui permet d'économiser des formes d'énergie différentes (vapeur, électricité). Le pourcentage de l'énergie contenue dans les caisses qui est valorisé ainsi que le type d'énergie économisé (ratio vapeur/électricité) correspondent à la moyenne française. L'électricité produite par un incinérateur économise de l'électricité du réseau. La vapeur produite économise de la vapeur des réseaux de chauffage urbain qui, en France, est produite à partir de 36 % de fuel lourd à 0.5 % de soufre, de 33 % de charbon et de 31 % de gaz naturel (données représentatives de la situation en 1995, [17]).

<sup>26</sup> Situation moyenne française en 1993 - Source : ADEME/AGHTM, 1995 [15]

<sup>27</sup> WISARD : Waste Integrated Systems Assessment for Recycling and Disposal, logiciel développé par Ecobilan pour Eco-Emballages.

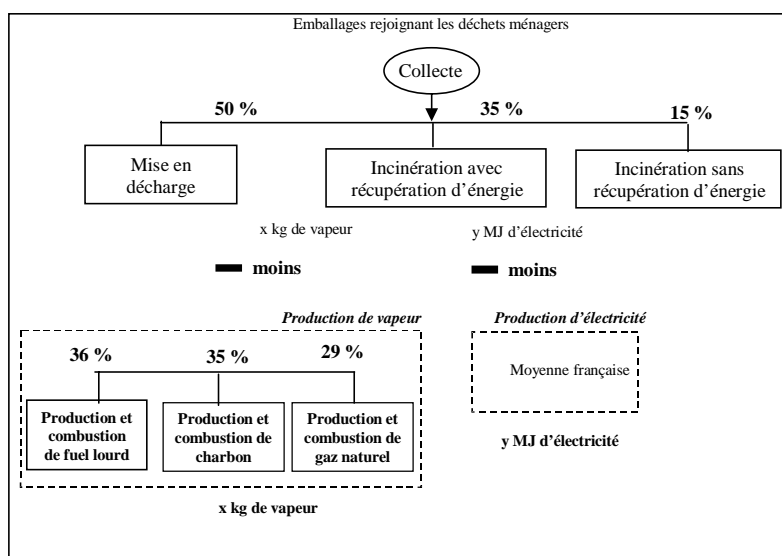


Figure 6 : Modélisation de la fin de vie des caisses via les déchets ménagers

## 8.2 Filières de fin de vie spécifiques aux cagettes en bois

### *Brûlage en cheminée/barbecues chez les particuliers*

Pour modéliser cette fin de vie, on considère qu'après une éventuelle utilisation pour diverses applications (rangement, transport des fruits et légumes du jardin...), les cagettes en bois servent d'allume-feu pour les feux de cheminées ou les barbecues. L'hypothèse retenue est qu'elles permettent d'économiser du « petit bois » que les particuliers iraient ramasser en forêt et que l'on a assimilé à du bois de peuplier. L'analyse du cycle de vie des cagettes en bois réalisée en 1998 par Ecobilan [1] a montré que les résultats finals étaient très peu sensibles à cette hypothèse (existence d'une économie de petit bois) : les variations sont en général inférieures à 2 %.

### *Valorisation énergétique en chaufferies industrielles*

Cette filière, illustrée par la Figure 7, comprend les étapes suivantes :

- le transport des balles de cagettes à partir des compacteurs des grandes surfaces jusqu'aux sites de broyage ;
- le broyage/déferailage des balles de cagettes (obtention de plaquettes de bois);
- le transport des plaquettes de bois jusqu'aux chaufferies industrielles ;
- la combustion du broyat de cagettes en chaufferie industrielle. Celle-ci permet de récupérer une quantité d'énergie y MJ, qui se substitue à y MJ d'énergie que les chaufferies devraient générer en l'absence de ce broyat. Les parts des combustibles économisés retenues se veulent représentatives de la situation actuelle : 50 % de fuel domestique et 50 % de gaz naturel.

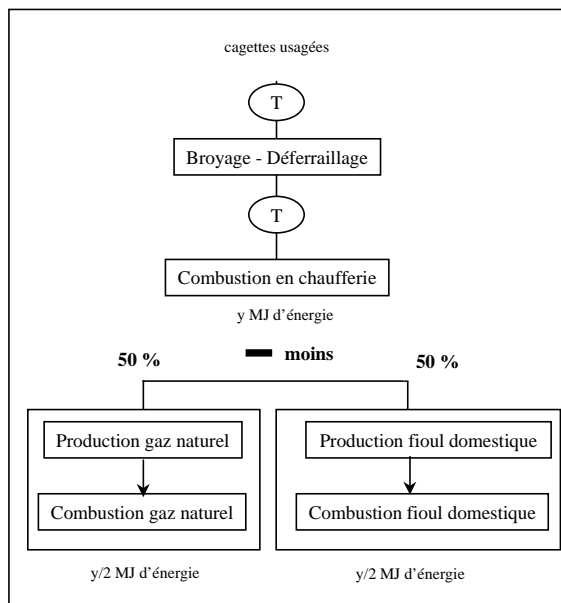


Figure 7 : Modélisation de la valorisation énergétique en chaufferie des cagettes en bois

Les données concernant cette filière proviennent d'un site de broyage de cagettes en bois, visité à la fin de l'année 1997 par Ecobilan dans le cadre de l'ACV des cagettes en bois [1].

Les données concernant la combustion du bois en chaufferie proviennent d'un modèle de combustion de l'Office Fédéral Suisse des Forêts, des Paysages et de l'Environnement (BUWAL)<sup>28</sup> adapté par Ecobilan.

### 8.3 Filières de fin de vie spécifiques aux plateaux en carton ondulé

On considère que les plateaux en carton qui sont recyclés sont réutilisés dans la production des plateaux en carton<sup>29</sup>. Il s'agit donc d'un flux interne au système.

### 8.4 Filières de fin de vie spécifiques aux caisses en plastique

#### Répartition entre le vol et la casse

Les caisses en plastique qui sortent du circuit de réutilisation sont soit cassées, soit volées. On considère que les caisses volées rejoignent, in fine, la filière des déchets ménagers tandis que les caisses cassées sont recyclées dans des usages non alimentaires. Le nombre de rotations effectuées par une caisse sur sa durée de vie est directement lié au pourcentage de caisses sortant du circuit à chaque rotation :

$$\text{nombre de rotations} = 100 / \% \text{ de caisses volées et cassées à chaque circuit}$$

Pour 100 caisses sortant du circuit, 20 caisses sont recyclées et 80 caisses sont volées. Ces différentes hypothèses conduisent, pour les 2 taux de rotations considérés dans cette étude, aux chiffres suivants :

- Caisses plastiques à 10 rotations : équivalent à 10 % des caisses sortant à chaque circuit
  - pour chaque rotation, 2 %<sup>30</sup> des caisses en circulation sont cassées et recyclées ;
  - pour chaque rotation, 8 %<sup>31</sup> des caisses en circulation sont volées et rejoindront au final la filière déchets ménagers ;

<sup>28</sup> Rapport 132, 1991

<sup>29</sup> Comme on l'a déjà souligné au paragraphe 3.4, le système du cycle de vie des plateaux en carton est globalement consommateur de vieux papiers/cartons.

<sup>30</sup> détail du calcul : 2 % = 1/10 rotations\*100\*20 %

<sup>31</sup> détail du calcul : 1 % = 1/10 rotations\*100\*80 %

- Caisses plastiques à 150 rotations : équivalent à 0.66 % sortant à chaque circuit
  - pour chaque rotation, 0.13 %<sup>32</sup> des caisses en circulation sont cassées et recyclées ;
  - pour chaque rotation, 0.53 %<sup>33</sup> des caisses en circulation sont volées et rejoindront au final la filière déchets ménagers.

Pour les caisses volées rejoignant le flux des déchets ménagers, le détail de la modélisation est présenté dans le paragraphe 8.1.

### *Filière de recyclage*

Les caisses cassées sont broyées et le polypropylène ainsi récupéré est utilisé pour fabriquer des produits en plastique à usage non alimentaire (palettes, caisses industrielles...). Afin de modéliser la filière de recyclage des caisses cassées, Ecobilan a :

- pris en compte les impacts environnementaux liés au broyage des caisses cassées,
- considéré qu'1 kg de polypropylène recyclé se substituait à 1 kg de granulés de polypropylène vierge, ce qui revient à déduire les impacts liés à la production d'1 kg de polypropylène.

Les données relatives à l'étape de broyage des caisses ont été collectées par Ecobilan en juin 1999 auprès de la société PERSTORP (site de Nurieux) qui incorpore des granulés de polypropylène recyclé dans ses produits à usage non alimentaire.

---

<sup>32</sup> détail du calcul :  $0.13 \% = 1/150 \text{ rotations} * 100 * 20 \%$

<sup>33</sup> détail du calcul :  $0.53 \% = 1/150 \text{ rotations} * 100 * 80 \%$

## 9 Modèle de transport utilisé

### 9.1 Calcul général de la consommation de gasoil liée aux transports

La consommation standard d'un camion de 24 t de charge utile est généralement estimée à 38 litres de diesel au 100 km à pleine charge.

Pour calculer la consommation réelle, on considère qu'une partie (2/3) est fixe et qu'une partie (1/3) dépend de la masse transportée par le camion.

Dans cette étude, la formule suivante a été utilisée :

Consommation réelle (en litres) =

$$\text{nombre de km parcourus} * 38/100 * [2/3 + 1/3 * \text{charge réelle} / \text{charge utile} + \text{taux de retour à vide} * 2/3]$$

### 9.2 Méthode d'allocation utilisée pour la distribution des pommes

Dans le cas du transport des caisses remplies de pommes, on a en plus la relation suivante :

Charge réelle =

$$\text{masse des caisses} + \text{masse des suremballages} + \text{masse des palettes} + \text{masse des pommes transportées.}$$

Le mode et le taux de remplissage des caisses dans un camion étant identique d'une caisse à l'autre, la quantité (masse de palettes + masse des pommes) est indépendante du type de caisse utilisée.

En revanche, le taux de retour à vide des camions varie d'une caisse à l'autre (il est plus faible pour les caisses en plastique). De même, la quantité (masse de caisses + masse de suremballages) dépend de la caisse utilisée.

Par conséquent, dans le cadre de cette étude, pour toutes les étapes de transport des caisses remplies de pommes intervenant dans le sous-système « distribution des pommes », on a alloué :

- aux pommes, la part fixe de la consommation de gasoil, à savoir la quantité suivante :

$$\text{Nombre de km parcourus} * 38/100 * [2/3 + 1/3 * (\text{masse de pommes} + \text{masse de palettes}) / \text{charge utile}]$$

- aux caisses, la part variable en fonction du type de caisse utilisée :

$$\text{Nombre de km parcourus} * 38/100 * [1/3 * (\text{masse des caisses} + \text{masse de suremballages}) / \text{charge utile} + 2/3 * \text{taux de retour à vide}]$$

## 10 Résultats

**Préambule : sauf mention contraire, tous les résultats chiffrés et les graphiques suivants se rapportent à l'unité fonctionnelle choisie (cf. chapitre 2.1), c'est-à-dire la mise à disposition du consommateur final de 1000 kg de pommes.**

### 10.1 Influence de la prise en compte du transport des pommes

L'objectif de cette première série de résultats est d'évaluer quelle est l'influence sur les résultats de l'ACV du choix méthodologique qui a été fait concernant l'allocation des impacts de l'étape de distribution des pommes entre les emballages et les pommes elles-mêmes (cf. paragraphe 9.2).

Les 3 graphes suivants (Figure 8, Figure 9 et Figure 10) présentent un exemple de résultats (effet de serre) obtenus en distinguant les 3 contributions suivantes :

- le transport des pommes,
- le transport des emballages,
- le retour à vide des camions.

Les résultats de l'ACV correspondent alors au total de ces 3 contributions (emballages + pommes + retour à vide). Seul le cas de la grande distribution organisée a été testé car les conclusions seraient identiques pour les autres marchés de distribution.

Comme on le constate sur ces 3 graphes, la contribution liée au transport des pommes est identique d'une caisse à l'autre. En effet, le taux et le mode de remplissage des camions assurant la distribution des pommes ne dépendent pas du type d'emballage utilisé. La contribution liée au retour à vide des camions est différente d'un emballage à l'autre puisque le taux de retour à vide est plus élevé dans le cas des emballages en bois et en carton que dans le cas des caisses en plastique.

Dans la suite des résultats, on a donc uniquement considéré la part variable, à savoir le transport des emballages et le retour à vide des camions (cf. paragraphe 9.2 pour plus de détails sur ces différentes contributions). L'avantage d'exclure cette contribution fixe, liée au transport des pommes, est de faciliter l'identification des points forts et des points faibles de chaque emballage étudié.

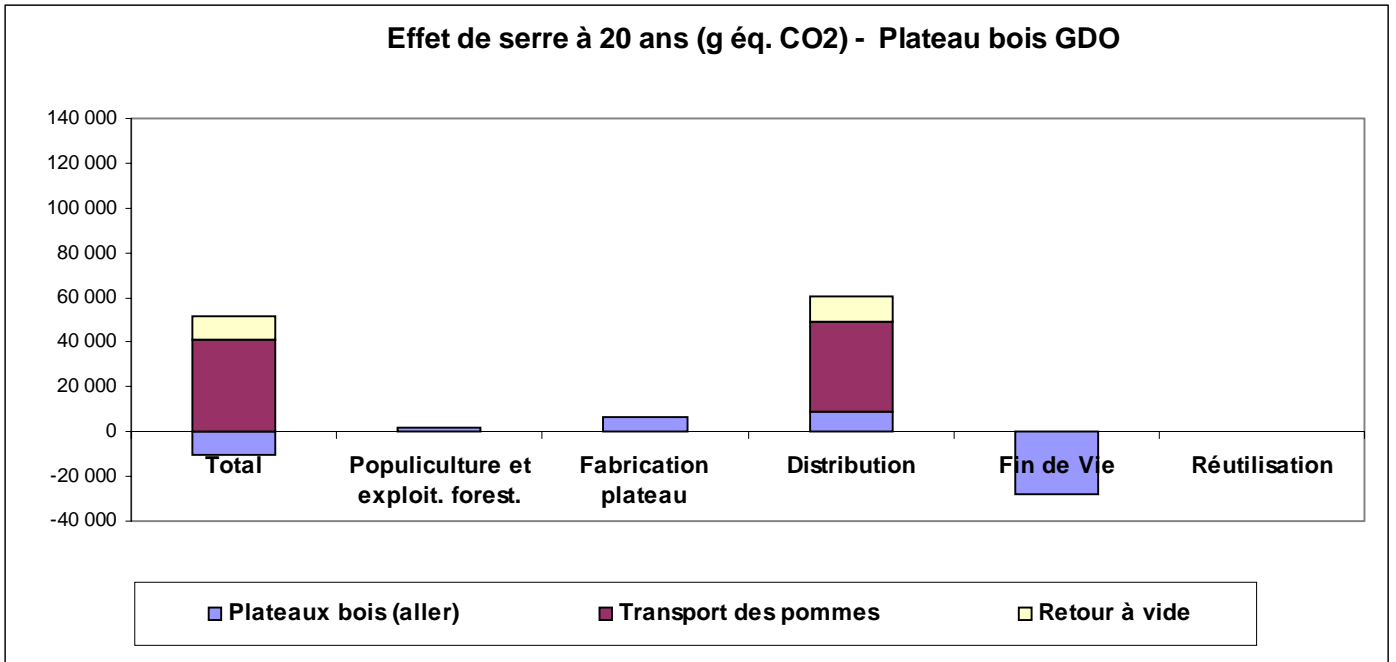


Figure 8 : Effet de serre par étape du cycle de vie des caquettes en bois (en distinguant la contribution des emballages, des pommes et du retour à vide des camions)

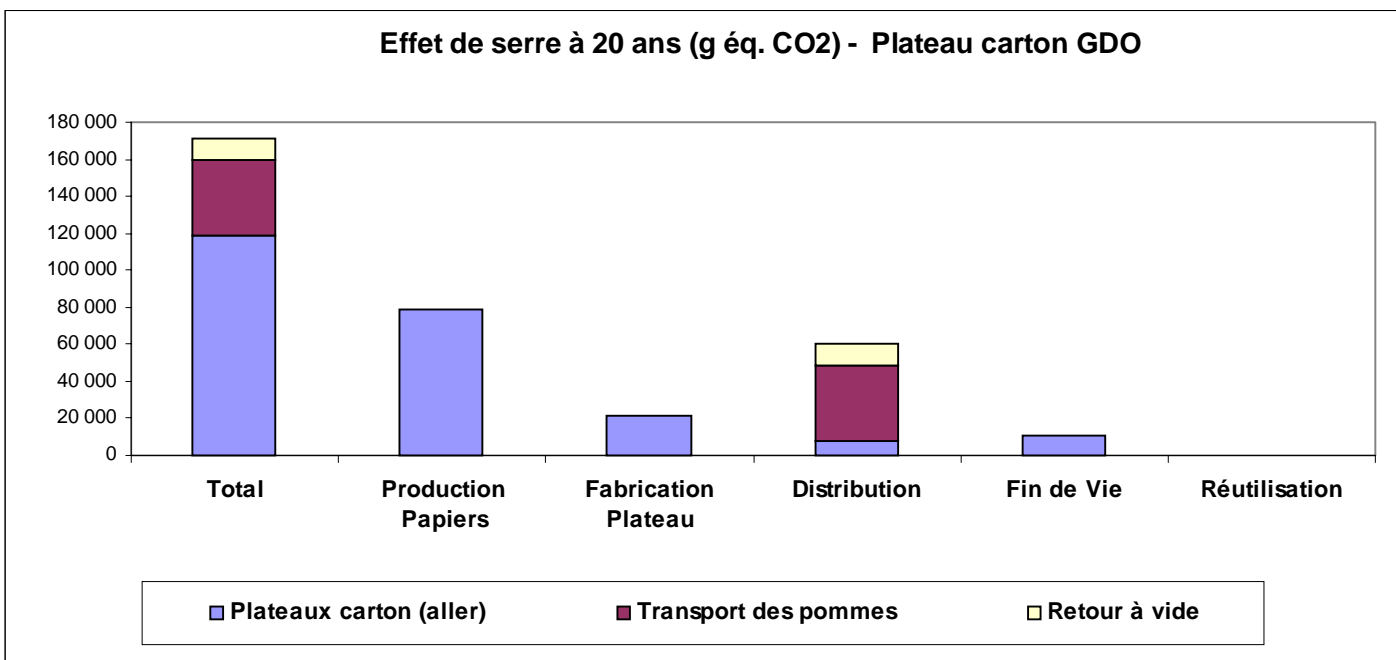


Figure 9 : Effet de serre par étape du cycle de vie des plateaux en carton (en distinguant la contribution des emballages, des pommes et du retour à vide des camions)

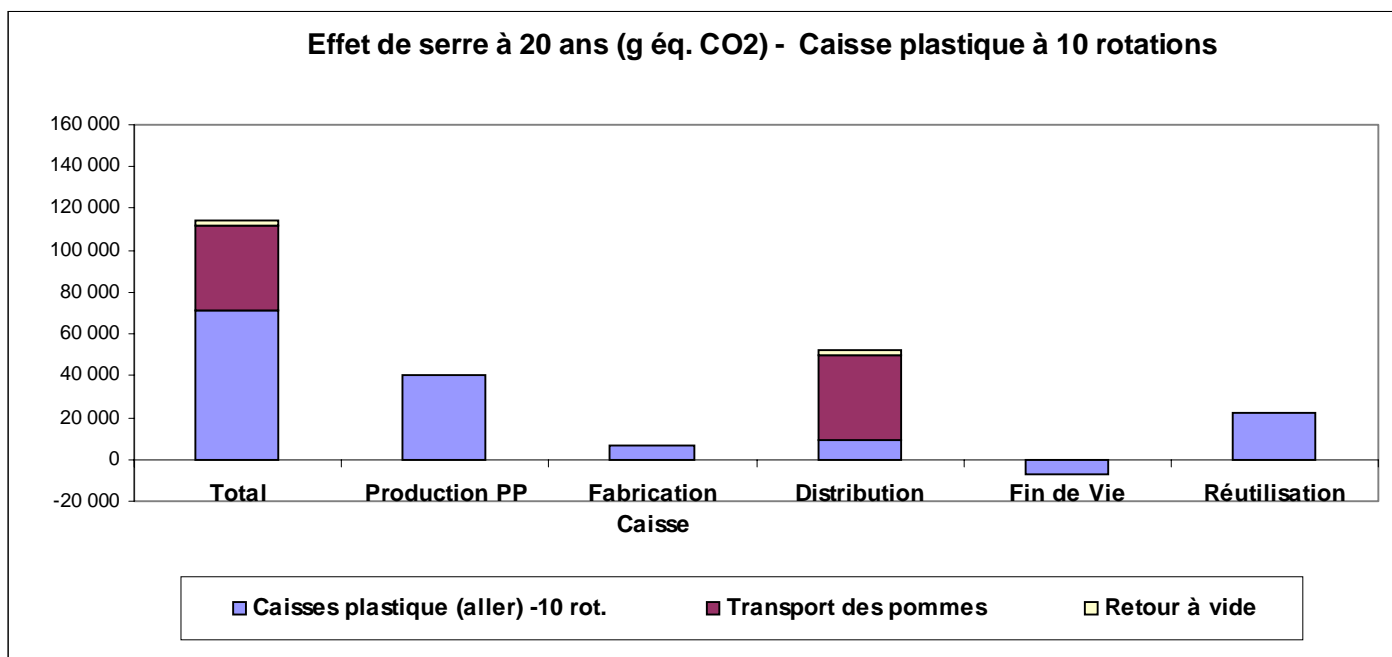


Figure 10 : Effet de serre par étape du cycle de vie des caisses en plastique à 10 rotations (en distinguant la contribution des emballages, des pommes et du retour à vide des camions)

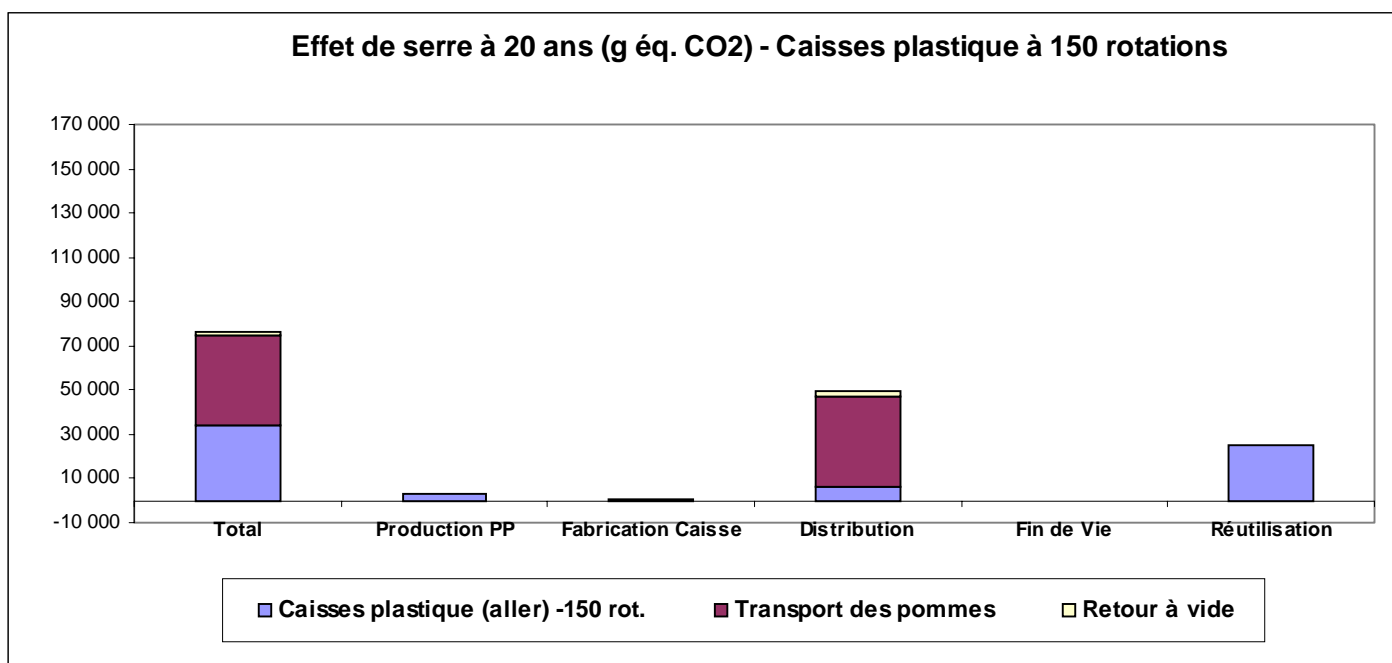


Figure 11 : Effet de serre par étape du cycle de vie des caisses en plastique à 150 rotations (en distinguant la contribution des emballages, des pommes et du retour à vide des camions)

## 10.2 Résultats relatifs aux cagettes en bois (GDO et autres marchés)

### Consommation de ressources naturelles et indicateurs énergétiques

#### GDO

BOIS (GRANDE DISTRIBUTION)	Total	Populicult. et exploit° forestière	Fabrication cagette	Distribution	Réutilisation	Fin de Vie
Energie Primaire (en MJ)	1 102	1 262	238	338	5	-741
Energie matière (en MJ)	378	1 239	64	94	1	-1 019
Energie combustible (en MJ)	724	23	174	244	4	278
Energie non renouvelable (en MJ)	-18	21	96	253	5	-393
Energie renouvelable (en MJ)	1 120	1 241	143	85	0	-348
Consommation de pétrole brut (en kg)	3	0.5	1.2	5.5	0.1	-4.5
Consommation de gaz naturel (en kg)	-3.6	0.0	0.1	0.4	0.0	-4.1
Consommation de ressources non renouvelables (en année -1)	0.4	0.0	0.8	0.5	0.0	-0.9
Eau consommée (en litre)	234	70	18	50	1	95

**Tableau 11 : Cagette en bois – GDO : Consommations de ressources naturelles et indicateurs énergétiques**

Sur l'ensemble du cycle de vie des cagettes en bois, les résultats font apparaître une économie d'énergie non renouvelable. Ceci est une conséquence directe de la valorisation énergétique des cagettes en fin de vie (incinération avec récupération d'énergie et combustion en chaufferies industrielles). La consommation de pétrole brut s'élève à environ 7,5 kg (fin de vie excluse), les  $\frac{3}{4}$  étant consommés durant la phase de distribution des pommes. La fin de vie permet une économie conséquente, puisqu'elle entraîne une réduction de près de 60 % de la consommation de pétrole.

La consommation d'eau sur l'ensemble du cycle de vie des cagettes en bois représente environ 235 litres, 30 % étant consommé au cours de la culture des peupliers, 20 % lors de l'étape de production du gasoil (étape de distribution) et 40 % pour le lavage des fumées issues de l'incinération des cagettes.

#### Autres marchés

BOIS (AUTRES MARCHES)	Total	Populicult. et exploit° forestière	Fabrication cagette	Distribution	Réutilisation	Fin de Vie	Delta (GDO)
Energie Primaire (en MJ)	1 147	1 262	238	271	5	-629	4%
Energie matière (en MJ)	476	1 239	64	94	1	-921	26%
Energie combustible (en MJ)	670	23	174	177	4	291	-7%
Energie non renouvelable (en MJ)	187	21	96	186	5	-122	1127%
Energie renouvelable (en MJ)	960	1 241	143	84	0	-508	-14%
Consommation de pétrole brut (en kg)	5	0.5	1.2	4.0	0.1	-1.1	66%
Consommation de gaz naturel (en kg)	-0.7	0.0	0.1	0.35	0.0	-1.2	81%
Consommation de ressources non renouvelables (en année -1)	1.0	0.0	0.8	0.4	0.0	-0.3	142%
Eau consommée (en litre)	268	70	18	43	1	135	14%

**Tableau 12 : Cagettes en bois – autres marchés : consommations de ressources naturelles et indicateurs énergétiques**

**Remarque :** la dernière colonne du Tableau 12 intitulée « Delta (GDO) » présente les variations entre les 2 marchés considérés. Ces pourcentages ont été calculés de la façon suivante : (Autres marchés – GDO)/GDO.

Lorsqu'on passe du scénario « GDO » au scénario « autres marchés », on constate une augmentation notable de la consommation d'énergie non renouvelable et des consommations en combustibles fossiles. Cette évolution s'explique par l'absence, sur ce type de marché, de valorisation en chaufferies industrielles, source de gains environnementaux conséquents. Toutefois, sur ces marchés, davantage de cagettes usagées rejoignent la filière des déchets ménagers (59 % au lieu de 48 %), ce qui entraîne une augmentation de la quantité de cagettes incinérées avec récupération d'énergie (21 % des cagettes en bois sont incinérées avec récupération d'énergie sur les autres marchés au lieu de 17 % en GDO). Ce phénomène permet de limiter en partie l'augmentation générale des consommations.

**Emissions dans l'air****GDO**

BOIS (GRANDE DISTRIBUTION)	Total	Popicult. et exploit° forestière	Fabrication cagette	Distribution	Réutilisation	Fin de Vie
Emissions dans l'air de CO2 (en g)	-5 467	1 469	4 434	17 606	310	-29 286
Emissions dans l'air de CO (en g)	567	17	255	37	1	257
Emissions dans l'air de NO2 (en g)	322	12	42	174	3	91
Emissions dans l'air de poussières (en g)	110	4	76	12	0	18
Emissions dans l'air de SO2 (en g)	-23	2	7	65	1	-98
Emissions dans l'air de CH4 (en g)	69	3	34	25	0	6
Acidification atmosphérique (en g éq. H+)	6	0.4	1.3	5.8	0.1	-1.2
Effet de serre à 20 ans (g éq. CO2)	1 157	1 713	6 828	19 822	347	-27 551
Formation d'oxydants photochimiques (g éq. éthylène)	43	2	13	25	1	3

**Tableau 13 : Cagettes en bois – GDO : émissions dans l'air**

Sur le marché de la grande distribution organisée, l'utilisation des cagettes en bois permet d'éviter des émissions de CO<sub>2</sub> et de SO<sub>2</sub>. En effet, la valorisation énergétique des cagettes en fin de vie (chaufferies et incinération) économise des combustibles fossiles, qui constituent une source importante de ce type d'émissions. En excluant l'étape de fin de vie, on constate que la majorité de ces émissions (75 % pour le CO<sub>2</sub>, 85 % pour le SO<sub>2</sub>) provient de l'étape de distribution.

Les poussières sont majoritairement émises lors de la fabrication des cagettes (70 % du total), cette étape contribuant également à près de 45 % des émissions de monoxyde de carbone (CO). La source de ces deux types d'émissions correspond à la combustion à l'air libre des écorces de peuplier, encore pratiquée par la moitié<sup>34</sup> des sites de fabrication de cagettes en bois.

Les résultats détaillés de l'ACV montrent que le méthane et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) sont les principaux contributeurs à l'effet de serre. Le méthane est majoritairement émis au cours du brûlage des écorces de peuplier (fabrication des cagettes à l'origine de 50 % des émissions) tandis que le N<sub>2</sub>O l'est lors de la combustion des cagettes usagées en chaufferies industrielles (60 %).

**Autres marchés**

BOIS (AUTRES MARCHES)	Total	Popicult. et exploit° forestière	Fabrication cagette	Distribution	Réutilisation	Fin de Vie	Delta (GDO)
Emissions dans l'air de CO2 (en g)	6 181	1 469	4 434	12 498	310	-12 530	213%
Emissions dans l'air de CO (en g)	283	17	255	24	1	-13	-50%
Emissions dans l'air de NO2 (en g)	241	12	42	113	3	70	-25%
Emissions dans l'air de poussières (en g)	45	4	76	9	0	-44	-59%
Emissions dans l'air de SO2 (en g)	-33	2	7	59	1	-102	-45%
Emissions dans l'air de CH4 (en g)	95	3	34	17	0	40	37%
Emissions de N2O (en g)	2	0	1	1	0	0	-73%
Acidification atmosphérique (en g éq. H+)	4	0	1.3	4.3	0.1	-1.8	-33%
Effet de serre à 20 ans (g éq. CO2)	12 847	1 713	6 828	13 997	347	-10 037	1010%
Formation d'oxydants photochimiques (g éq. éthylène)	28	2	13	17	1	-5	-36%

**Tableau 14 : Cagettes en bois – autres marchés : émissions dans l'air**

Entre le scénario « GDO » et le scénario « autres marchés », les principales différences sont les suivantes :

- une augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> et de l'effet de serre, conséquence de l'absence de valorisation en chaufferies des cagettes usagées sur ces marchés ;
- une diminution des émissions de poussières, N<sub>2</sub>O et CO car la filière incinération, dont la part est plus importante sur ces marchés là, émet moins ce type de substances que la filière « chaufferies industrielles » ;
- une diminution des émissions de NO<sub>2</sub> et de SO<sub>2</sub>, suite à une distance de distribution plus faible sur ces marchés (350 km au lieu de 450 km).

<sup>34</sup> Hypothèse issue de l'ACV des cagettes en bois précédemment réalisée [1]. Pour plus de détails sur cette hypothèse, se référer à la fiche de caractérisation des données relative à la fabrication des cagettes en bois, située en annexe II.

**Emissions dans l'eau****GDO**

BOIS (GRANDE DISTRIBUTION)	Total	Populicult. et exploit° forestière	Fabrication cagette	Distribution	Réutilisation	Fin de Vie
Eutrophisation (g éq. phosphates)	7.0	8.4	0.2	0.6	0.0	-2.1
Rejets dans l'eau de DCO (en g)	32	12	3	12	0	5
Rejets dans l'eau de DBO5 (en g)	6	0.0	1.4	1.8	0.0	2.4
Rejets dans l'eau de nitrates (en g)	61.8	85	0	1	0	-24

**Tableau 15 : Cagettes bois – GDO : émissions dans l'eau**

Les principales émissions dans l'eau qui ont lieu sur le cycle de vie des cagettes en bois proviennent de l'étape de populiculture. Les apports d'engrais effectués lors de la croissance des peupliers sont une source importante de nitrates.

Remarque : dans cette ACV, l'hypothèse de pompage des nitrates par les peupliers lors de leur croissance n'a pas été retenue car les données relatives à ce phénomène ont été jugées trop peu représentatives. Cette hypothèse avait été retenue et testée dans le cadre de l'ACV des cagettes en bois réalisée en 1998 par Ecobilan [1]. Lorsqu'on retient cette hypothèse, le bilan en nitrates et en effet d'eutrophisation sur l'ensemble du cycle de vie des cagettes en bois devient négatif.

**Autres marchés**

BOIS (AUTRES MARCHES)	Total	Populicult. et exploit° forestière	Fabrication cagette	Distribution	Réutilisation	Fin de Vie	Delta (GDO)
Eutrophisation (g éq. phosphates)	6.4	8	0	0	0	-3	-9%
Rejets dans l'eau de DCO (en g)	33	12	3	12	0	6	3%
Rejets dans l'eau de DBO5 (en g)	6	0.0	1.4	1.8	0.0	3.0	10%
Rejets dans l'eau de nitrates (en g)	51.1	85	0	1	0	-35	-17%

**Tableau 16 : Cagettes en bois – autres marchés : émissions dans l'eau**

Les variations entre le scénario « GDO » et le scénario « autres marchés » (présentées dans la colonne « Delta (GDO)<sup>35</sup> ») sont minimales. En effet les différences entre ces marchés concernent uniquement la phase de distribution et de fin de vie qui, on l'a vu, sont sources de faibles émissions dans l'eau.

**10.3 Résultats relatifs aux plateaux en carton ondulé (GDO et autres marchés)****Consommation de ressources naturelles et indicateurs énergétiques****GDO**

CARTON (GRANDE DISTRIBUTION)	Total	Production Papiers	Fabrication Plateau	Distribution	Fin de Vie
Energie Primaire (en MJ)	2 810	1 947	548	333	-18
Energie matière (en MJ)	891	769	158	96	-132
Energie combustible (en MJ)	1 919	1 178	390	237	114
Energie non renouvelable (en MJ)	1 963	1 204	530	249	-20
Energie renouvelable (en MJ)	847	743	18	85	1
Consommation de pétrole brut (en kg)	15	6	4	5	0
Consommation de gaz naturel (en kg)	22.0	17	5	0	0
Consommation de ressources non renouvelables (en année -1)	5.7	3.9	1.4	0.5	-0.1
Eau consommée (en litre)	718	515	78	48	76

**Tableau 17 : Plateaux en carton – GDO : consommations de ressources naturelles et indicateurs énergétiques**

L'ensemble du cycle de vie des plateaux en carton ondulé est consommateur d'énergie non renouvelable (+ 1963 MJ). Cette énergie correspond principalement à une consommation de pétrole brut et de gaz naturel lors de la

<sup>35</sup> Les pourcentages ont été calculés de la façon suivante : (Autres marchés – GDO)/GDO.

production des papiers Kraft et Testliner. Cette phase amont représente ainsi près de 60 % de la consommation d'énergie non renouvelable (hors fin de vie), 40 % de celle de pétrole brut et 80 % de celle de gaz naturel.

La production de papier recyclé (papier Testliner) constitue la principale source de consommation d'eau, avec près de 68 % du total.

### Autres marchés

CARTON (AUTRES MARCHES)	Total	Production Papiers	Fabrication Plateau	Distribution	Fin de Vie	delta/GDO
Energie Primaire (en MJ)	2 703	1 947	548	265	-58	-4%
Energie matière (en MJ)	610	769	158	96	-414	-32%
Energie combustible (en MJ)	2 093	1 178	390	169	356	9%
Energie non renouvelable (en MJ)	1 854	1 204	530	181	-61	-6%
Energie renouvelable (en MJ)	849	743	18	85	4	0%
Consommation de pétrole brut (en kg)	13	6	4	4	-1	-13%
Consommation de gaz naturel (en kg)	21.2	17	5	0	-1	-4%
Consommation de ressources non renouvelables (en année -1)	5.5	3.9	1.4	0.4	-0.2	-4%
Eau consommée (en litre)	874	515	78	42	239	22%

**Tableau 18 : Plateaux en carton – autres marchés : consommations de ressources naturelles et indicateurs énergétiques**

Entre la GDO et les autres marchés, on constate une légère diminution de l'ensemble des consommations, conséquence d'une distance de distribution plus faible (350 km au lieu de 450 km en GDO). En revanche pour la consommation d'eau, l'augmentation de la part de plateaux incinérés (47 % sur les autres marchés au lieu de 15 % en GDO) induit une consommation supérieure d'eau (lavage des fumées de l'incinérateur).

### Emissions dans l'air

#### GDO

CARTON (GRANDE DISTRIBUTION)	Total	Production Papiers	Fabrication Plateau	Distribution	Fin de Vie
Emissions dans l'air de CO <sub>2</sub> (en g)	101 094	69 449	18 019	17 089	-3 463
Emissions dans l'air de CO (en g)	238	169	34	35	-1
Emissions dans l'air de NO <sub>2</sub> (en g)	449	190	65	167	26
Emissions dans l'air de poussières (en g)	131	112	12	12	-5
Emissions dans l'air de SO <sub>2</sub> (en g)	311	196	70	65	-19
Emissions dans l'air de CH <sub>4</sub> (en g)	433	137	48	24	224
Emissions de N <sub>2</sub> O (en g)	4	1	1	2	0
Acidification atmosphérique (en g éq. H <sup>+</sup> )	21	11	4	6	0
Effet de serre à 20 ans (g éq. CO <sub>2</sub> )	130 127	78 697	21 359	19 226	10 845
Formation d'oxydants photochimiques (g éq. éthylène)	78	37	14	24	3

**Tableau 19 : Plateaux en carton – GDO : émissions dans l'air**

Sur l'ensemble du cycle de vie des plateaux en carton, les résultats de l'ACV font apparaître une émission d'environ 101 kg de CO<sub>2</sub> fossile, la majorité étant émis lors de la production des papiers (67 % du total hors fin de vie). Les résultats sont similaires pour l'effet de serre (60 % du total vient de la production des papiers), les émissions de SO<sub>2</sub> (60 % du total, hors fin de vie, vient de la production des papiers) et l'acidification (52 % vient de la production des papiers). La fin de vie, via la mise en décharge, est à l'origine de plus de la moitié des émissions de méthane.

*Autres marchés*

CARTON (AUTRES MARCHES)	Total	Production Papiers	Fabrication Plateau	Distribution	Fin de Vie	delta/GDO
Emissions dans l'air de CO2 (en g)	88 533	69 449	18 019	11 916	-10 852	-12%
Emissions dans l'air de CO (en g)	223	169	34	22	-2	-6%
Emissions dans l'air de NO2 (en g)	444	190	65	106	83	-1%
Emissions dans l'air de poussières (en g)	117	112	12	8	-15	-11%
Emissions dans l'air de SO2 (en g)	265	196	70	58	-59	-15%
Emissions dans l'air de CH4 (en g)	902	137	48	16	701	108%
Emissions de N2O (en g)	3	1	1	1	0	-18%
Acidification atmosphérique (en g éq. H+)	19	11	4	4	0	-7%
Effet de serre à 20 ans (g éq. CO2)	147 366	78 697	21 359	13 328	33 982	13%
Formation d'oxydants photochimiques (g éq. éthylène)	78	37	14	17	11	0%

**Tableau 20 : Plateaux en carton – autres marchés : émissions dans l'air**

Le passage du scénario « GDO » au scénario « autres marchés » entraîne :

- une diminution de 10 % à 15 % des émissions de CO<sub>2</sub> et de SO<sub>2</sub> qui s'explique par la diminution de la distance de distribution par rapport à la GDO (350 km au lieu de 450 km) ;
- une augmentation des émissions de méthane (+110 %) et de l'effet de serre (+13 %), consécutive à un taux de plateaux mis en décharge plus élevé (47 % au lieu de 15 % en GDO).

**Emissions dans l'eau***GDO*

CARTON (GRANDE DISTRIBUTION)	Total	Production Papiers	Fabrication Plateau	Distribution	Fin de Vie
Eutrophisation (g éq. phosphates)	64.9	44	20	1	0
Rejets dans l'eau de DCO (en g)	723	661	44	12	7
Rejets dans l'eau de DBO5 (en g)	254	237	13	2	2
Rejets dans l'eau de nitrates (en g)	5.1	3.9	0.2	0.9	0.0

**Tableau 21 : Plateaux en carton – GDO : émissions dans l'eau**

Comme pour les émissions dans l'air, l'étape de production des papiers pour carton ondulé constitue la source prépondérante des rejets dans l'eau : cette étape est la source d'environ 90 % des émissions de DCO et de DBO<sub>5</sub> ainsi que de 65 % de l'effet d'eutrophisation.

*Autres marchés*

CARTON (AUTRES MARCHES)	Total	Production Papiers	Fabrication Plateau	Distribution	Fin de Vie	delta/GDO
Eutrophisation (g éq. phosphates)	65.7	44	20	0	1	1%
Rejets dans l'eau de DCO (en g)	737	661	44	12	21	2%
Rejets dans l'eau de DBO5 (en g)	257	237	13	2	5	1%
Rejets dans l'eau de nitrates (en g)	4.9	3.9	0.2	0.7	0.1	-3%

**Tableau 22 : Plateaux carton – autres marchés : émissions dans l'eau**

La contribution de la phase amont de production des papiers étant identique d'un marché à l'autre, les variations sont donc quasiment inexistantes entre les 2 types de marchés étudiés.

## 10.4 Résultats relatifs aux caisses en plastique (uniquement en GDO)

### Consommation de ressources naturelles et indicateurs énergétiques

#### Caisses à 10 rotations

PLASTIQUE (10 ROTATIONS)	Total	Production Polypropylène	Fabrication Caisse	Distribution	Lavage	Fin de Vie
Energie Primaire (en MJ)	2 304	1 702	390	239	439	-467
Energie matière (en MJ)	558	1 017	1	94	21	-574
Energie combustible (en MJ)	1 747	686	390	146	418	107
Energie non renouvelable (en MJ)	2 165	1 684	363	155	426	-462
Energie renouvelable (en MJ)	139	18	27	84	13	-4
Consommation de pétrole brut (en kg)	29	28	0	3	5	-7
Consommation de gaz naturel (en kg)	8.5	9	0	0	2	-3
Consommation de ressources non renouvelables (en année -1)	3.0	2.6	0.2	0.3	0.6	-0.8
Eau consommée (en litre)	467	70	93	40	161	102

**Tableau 23 : Caisses plastique à 10 rotations : consommations de ressources naturelles et indicateurs énergétiques**

Sur l'ensemble du cycle de vie des caisses en plastique à 10 rotations, la consommation d'énergie non renouvelable s'élève à 2165 MJ. Cette consommation résulte principalement de l'étape de production de polypropylène (environ 65 % du total hors fin de vie) et du circuit de lavage (environ 15 % du total hors fin de vie).

La phase de réutilisation des caisses (au cours de laquelle les caisses sont lavées) et la fin de vie des caisses sont les principales sources de consommation en eau (respectivement 35 % et 22 % du total). Près de 465 litres d'eau sont consommés sur le cycle de vie des caisses en plastique à 10 rotations.

#### Caisses à 150 rotations

PLASTIQUE (150 ROTATIONS)	Total	Production Polypropylène	Fabrication Caisse	Distribution	Lavage	Fin de Vie	(CP 150- CP 10)/CP10
Energie Primaire (en MJ)	798	113	26	205	484	-31	-65%
Energie matière (en MJ)	144	68	0	92	23	-38	-74%
Energie combustible (en MJ)	654	46	26	113	462	7	-63%
Energie non renouvelable (en MJ)	696	112	24	121	470	-31	-68%
Energie renouvelable (en MJ)	102	1.2	1.8	84.4	14.4	-0.3	-27%
Consommation de pétrole brut (en kg)	9	2	0	2	5	0	-69%
Consommation de gaz naturel (en kg)	2.5	0.6	0.0	0.3	1.8	-0.2	-71%
Consommation de ressources non renouvelables (en année -1)	1.0	0.2	0.0	0.3	0.6	-0.1	-65%
Eau consommée (en litre)	232	5	6	36	178	7	-50%

**Tableau 24 : Caisses plastique à 150 rotations : consommations de ressources naturelles et indicateurs énergétiques**

L'augmentation du nombre de rotations des caisses (passage de 10 à 150) entraîne une diminution logique de l'ensemble des indicateurs environnementaux relatifs aux consommations : réduction de près de 70 % de l'énergie non renouvelable et des consommations de pétrole brut et de gaz naturel. De plus, la surconsommation d'eau liée à une contribution plus importante du lavage des caisses est compensée par la réduction de la contribution des étapes amont (production de PP et de fabrication des caisses) et aval (fin de vie). Ainsi, le passage de 10 à 150 rotations induit une réduction de près de 50 % de la consommation en eau.

**Emissions dans l'air****Caisses à 10 rotations**

PLASTIQUE (10 ROTATIONS)	Total	Production Polypropylène	Fabrication Caisse	Distribution	Lavage	Fin de Vie
Emissions dans l'air de CO <sub>2</sub> (en g)	73 095	40 470	5 460	10 126	19 925	-2 886
Emissions dans l'air de CO (en g)	72	16	7	18	39	-8
Emissions dans l'air de NO <sub>2</sub> (en g)	529	227	20	85	178	18
Emissions dans l'air de poussières (en g)	35	45	3	7	15	-35
Emissions dans l'air de SO <sub>2</sub> (en g)	252	250	16	56	35	-105
Emissions dans l'air de CH <sub>4</sub> (en g)	-10	0	11	14	30	-65
Emissions de N <sub>2</sub> O (en g)	3	0	0	1	2	0
Acidification atmosphérique (en g éq. H <sup>+</sup> )	20	13	1	4	5	-3
Effet de serre à 20 ans (g éq. CO <sub>2</sub> )	73 563	40 470	6 411	11 295	22 449	-7 061
Formation d'oxydants photochimiques (g éq. éthylène)	126	111	3	14	25	-27

**Tableau 25 : Caisses plastique à 20 rotations : émissions dans l'air**

Sur l'ensemble du cycle de vie des caisses en plastique à 10 rotations, la production du polypropylène constitue la principale source d'émissions de CO<sub>2</sub>, avec près de 55 % du total (hors fin de vie). Le circuit de lavage correspond à la deuxième source des émissions de CO<sub>2</sub>, avec près de 25 % du total (hors fin de vie). Les résultats sont similaires pour l'effet de serre, chacune de ces étapes contribuant respectivement à 50 % et à 28 % du total (hors fin de vie).

Sur l'ensemble du cycle de vie des caisses en plastique à 10 rotations, l'effet de serre s'élève à environ 74 kg d'équivalent CO<sub>2</sub>.

L'étape de production du polypropylène constitue également la source prépondérante d'émissions de SO<sub>2</sub> (avec environ 70 % du total hors fin de vie) et de NO<sub>2</sub> (43 % du total hors fin de vie). Le lavage constitue la deuxième source de ces dernières émissions, avec 34 % du total.

**Caisses à 150 rotations**

PLASTIQUE (150 ROTATIONS)	Total	Production Polypropylène	Fabrication Caisse	Distribution	Lavage	Fin de Vie	(CP 150- CP 10)/CP10
Emissions dans l'air de CO <sub>2</sub> (en g)	32 532	2 698	364	7 671	21 991	-192	-55%
Emissions dans l'air de CO (en g)	56	1	0	11	43	-1	-22%
Emissions dans l'air de NO <sub>2</sub> (en g)	271	15	1	57	196	1	-49%
Emissions dans l'air de poussières (en g)	22	3	0	5	16	-2	-36%
Emissions dans l'air de SO <sub>2</sub> (en g)	102	17	1	53	39	-7	-60%
Emissions dans l'air de CH <sub>4</sub> (en g)	40	0	1	10	33	-4	-506%
Emissions de N <sub>2</sub> O (en g)	3	0	0	1	2	0	-9%
Acidification atmosphérique (en g éq. H <sup>+</sup> )	9	0.9	0.1	2.9	5.5	-0.2	-53%
Effet de serre à 20 ans (g éq. CO <sub>2</sub> )	35 941	2 698	427	8 509	24 777	-471	-51%
Formation d'oxydants photochimiques (g éq. éthylène)	44	7	0	10	28	-2	-65%

**Tableau 26 : Caisses plastique à 150 rotations : émissions dans l'air**

Lorsque le nombre de rotations d'une caisse passe de 10 à 150, l'ensemble des indicateurs environnementaux correspondant aux émissions atmosphériques diminue. Ceci s'explique principalement par la diminution de la contribution, dans le système global, du sous-système amont « production de PP » qui, comme on l'a vu ci-dessus, est à l'origine de la majorité des impacts atmosphériques pur les caisses en plastique à 10 rotations. L'étape de réutilisation a une contribution plus marquée mais qui est largement compensée par le poids plus faible des sous-systèmes production du PP et fabrication des caisses.

Pour les caisses à 150 rotations, l'effet de serre s'élève à environ 36 kg d'équivalent CO<sub>2</sub>.

**Emissions dans l'eau****Caisses à 10 rotations**

PLASTIQUE (10 ROTATIONS)	Total	Production Polypropylène	Fabrication Caisse	Distribution	Lavage	Fin de Vie
Eutrophisation (g éq. phosphates)	2.5	0.7	0.1	0.4	1.0	0.4
Rejets dans l'eau de DCO (en g)	63.7	9.1	0.1	11.5	30.8	12.2
Rejets dans l'eau de DBO5 (en g)	10.3	1.4	0.0	1.8	6.0	1.2
Rejets dans l'eau de nitrates (en g)	1.7	0.5	0.1	0.6	0.7	-0.1

**Tableau 27 : Caisses plastique à 10 rotations : émissions dans l'eau****Caisses à 150 rotations**

PLASTIQUE (150 ROTATIONS)	Total	Production Polypropylène	Fabrication Caisse	Distribution	Lavage	Fin de Vie	(CP 150- CP 10)/CP10
Eutrophisation (g éq. phosphates)	1.5	0.05	0.00	0.40	1.05	0.02	-40%
Rejets dans l'eau de DCO (en g)	46.8	0.61	0.00	11.35	33.98	0.81	-27%
Rejets dans l'eau de DBO5 (en g)	8.6	0.09	0.00	1.81	6.60	0.08	-17%
Rejets dans l'eau de nitrates (en g)	1.3	0.03	0.00	0.50	0.72	-0.01	-27%

**Tableau 28 : Caisses plastique à 150 rotations : émissions dans l'eau**

Quel que soit le nombre de rotations des caisses en plastique (10 ou 150), l'étape de lavage correspond toujours à la source prédominante des rejets dans l'eau : elle représente entre 50 % (10 rotations) et 70 % (150 rotations) des émissions de DCO et entre 60 % (10 rotations) et 75 % (150 rotations) des émissions de DBO<sub>5</sub>. Plus le nombre de rotations augmente, plus la contribution de l'étape de lavage est marquée.

Sur l'ensemble du cycle de vie des caisses en plastique à 10 rotations, les rejets de DCO s'élèvent à 64 g et les rejets de DBO<sub>5</sub> à 10 g, contre respectivement 47 g et 9 g dans le cas de la caisse à 150 rotations (soit une réduction effective de 20 à 30 %). L'effet d'eutrophisation suit la même évolution, avec une réduction de 40 % lorsqu'on passe de 10 à 150 rotations. Cette diminution s'explique par une contribution plus faible des étapes amont (production du PP et des caisses) et aval (fin de vie).

## 11 Analyses de sensibilité

Les analyses de sensibilité correspondent à des simulations relatives à des paramètres dont les valeurs ont été difficiles à fixer dans les scénarios de référence et pour lesquelles il n'existe pas de source de données publiques reconnue. Elles ont pour objectif de tester l'influence de l'incertitude de ces paramètres sur les résultats de l'étude.

La liste des analyses de sensibilité réalisées dans le cadre de cette étude est la suivante :

- Distance de distribution des pommes,
- Distance de distribution des pommes et nombre de rotations des caisses en plastique,
- Taux du retour à vide des camions assurant le transport des pommes entre les coopératives et les centrales d'achat,
- Distance de retour des cagettes en bois lors de leur réutilisation,
- Distance d'approvisionnement du papier recyclé (Testliner) intervenant dans la fabrication des découpes de carton ondulé,
- Existence d'un montage intermédiaire des découpes de carton ondulé,
- Taux d'émission de méthane lors de la combustion des écorces de peuplier,
- Taux d'émission de méthane lors de la mise en décharge des cagettes en bois et des plateaux en carton,
- Rejets dans l'eau au cours du lavage des caisses en plastique.

Ces analyses de sensibilité ont été choisies par le comité de pilotage de la présente étude, sur proposition d'Ecobilan ou de membres du comité de pilotage.

### 11.1 Résumé des résultats issus des analyses de sensibilité

L'ensemble des analyses de sensibilité menées dans le cadre de cette étude permet de conclure sur les points suivants :

- Les résultats relatifs au cycle de vie des 3 emballages sont sensibles aux paramètres suivants :
  - Distance de distribution des pommes sur le marché final,
  - Taux de retour à vide des camions assurant cette distribution.
- Les résultats relatifs au cycle de vie de la cagette en bois et du plateau en carton sont sensibles :
  - Au taux d'émission de méthane lors de la mise en décharge des emballages qui suivent cette filière.
- Les résultats relatifs au cycle de vie de la cagette en bois sont sensibles :
  - A la distance de transport intervenant dans le circuit de réutilisation des cagettes en bois,
  - Au taux d'émission de méthane lors de la combustion des écorces de peuplier à l'air libre sur les sites de production des cagettes<sup>36</sup>.
- Les résultats relatifs au cycle de vie de la caisse en plastique sont très sensibles :
  - Au nombre de rotations réalisées au cours de la vie d'une caisse.
- En revanche, les résultats relatifs au cycle de vie des emballages sont peu sensibles aux autres paramètres étudiés, à savoir :
  - La distance de transport du papier recyclé utilisé dans le carton ondulé,
  - L'existence d'une étape de montage intermédiaire des découpes de carton ondulé.

Le paragraphe suivant présente l'analyse de sensibilité qui porte sur 2 paramètres clés du cycle de vie des caisses en plastique, à savoir la distance de distribution des pommes et le nombre de rotations par caisse en plastique.

---

<sup>36</sup> Dans le scénario de référence, la valeur retenue pour le taux de brûlage à l'air libre des écorces est de 50 %. Il est à noter que cette valeur est issue d'une étude de 1998 ([1]) et que ces dernières années, la situation tend vers une diminution du brûlage à l'air libre au profit d'une valorisation énergétique

## 11.2 Nombre de rotations des caisses en plastique et distance de distribution des pommes

L'objectif de ce paragraphe est de présenter une série de résultats permettant de calculer facilement les flux et impacts environnementaux associés au cycle de vie d'une caisse en plastique, en fonction de deux paramètres clés de son cycle de vie, à savoir :

- son nombre d'utilisations sur sa durée de vie,
- la distance de distribution des pommes (distance de transport entre les coopératives et les centrales d'achat).

En effet, pour une distance de distribution donnée, les résultats de l'ACV peuvent être calculés à partir d'une contribution fixe et d'une contribution variable, fonction du nombre de rotations. La formule de calcul à utiliser est la suivante :

$$\text{Flux/impact environnemental } i \text{ (n rotations, p km)} = A_i(p) + B_i(p) / n + C_i(p) * (1-1/n) \quad (1)$$

Avec :

$n$  : nombre de rotations d'une caisse sur sa vie entière ( $n > 0$ )

$p$  : distance de transport entre les coopératives et les centrales d'achat

$A_i(p)$ ,  $B_i(p)$  et  $C_i(p)$  : coefficients qui dépendent du flux/impact environnemental considéré et de la distance de transport  $p$ .

- $A_i(p)$  correspond aux impacts liés à l'étape de distribution.
- $B_i(p)$  correspond aux impacts liés aux étapes de fabrication du polypropylène et de la caisse ainsi qu'à la fin de vie de la caisse.
- $C_i(p)$  correspond aux impacts liés au circuit de lavage de la caisse.

Les tableaux suivants présentent les coefficients  $A_i$ ,  $B_i$  et  $C_i$  des flux et impacts environnementaux principaux, pour une distance de distribution de 400 km et de 1 000 km (distance coopératives-centrales). A partir de ces 2 tableaux, il est alors possible de calculer les résultats associés à n'importe quelle configuration en termes de nombre de rotations et de distance de transport.

En effet, pour un nombre de rotations donné,  $n$ , et pour un flux/impact donné, ces 2 tableaux permettent de calculer, à partir de la relation (1) ci-dessus, les valeurs de ce flux/impact associées aux distances de 400 km et de 1000 km. A partir de ces 2 valeurs numériques ainsi calculées, il est ensuite possible de déterminer les coefficients  $a$  et  $b$  de la droite suivante :

$$\text{flux/ impact } i = a * p + b \quad (2)$$

avec  $p$  : distance de transport en km

Sur les graphes du paragraphe précédent, les 2 droites correspondant à  $n = 10$  rotations et à  $n = 150$  rotations, ont été représentées.

La relation (2) permet ensuite de connaître les résultats associés à n'importe quelle distance de transport.

Flux/ Impacts i - 400 km	Ai (400 km)	Bi (400 km)	Ci (400 km)
Energie Primaire (en MJ)	202.52	16626.83	487.46
Energie matière (en MJ)	91.78	4455.59	22.90
Energie combustible (en MJ)	110.74	12178.91	464.99
Energie non renouvelable (en MJ)	118.10	16214.04	472.93
Energie renouvelable (en MJ)	84.41	412.75	14.53
Consommation de pétrole brut (en kg)	2.43	223.13	5.22
Consommation de gaz naturel (en kg)	0.28	66.16	1.77
Consommation de ressources non renouvelables (en année -1)	0.28	21.16	0.63
Eau consommée (en litre)	35.84	2699.70	179.36
Emissions dans l'air de CO2 (en g)	7495.80	456740.80	11069.40
Emissions dans l'air de CO (en g)	11.00	215.18	43.37
Emissions dans l'air de NO2 (en g)	54.81	2965.37	197.66
Emissions dans l'air de poussières (en g)	5.29	149.03	16.28
Emissions dans l'air de SO2 (en g)	52.37	1643.31	38.85
Acidification atmosphérique (en g éq. H+)	2.83	117.08	5.56
Effet de serre à 20 ans (g éq. CO2)	8309.95	428045.76	24943.36
Formation d'oxydants photochimiques (g éq. éthylène)	9.98	909.76	27.87
Eutrophisation (g éq. phosphates)	0.39	11.88	1.06
Rejets dans l'eau de DCO (en g)	11.34	215.28	34.21
Rejets dans l'eau de DBO5 (en g)	1.81	25.48	6.65
Rejets dans l'eau de nitrates (en g)	0.49	5.65	0.73

**Tableau 29 : Coefficients Ai (400 km), Bi (400 km) et Ci (400 km) permettant de calculer les résultats du cycle de vie d'une caisse en plastique**

Flux/ Impacts i - 1000 km	Ai (1000 km)	Bi (1000 km)	Ci (1000 km)
Energie Primaire (en MJ)	268.48	16626.83	667.00
Energie matière (en MJ)	91.78	4455.59	22.90
Energie combustible (en MJ)	176.70	12178.91	644.53
Energie non renouvelable (en MJ)	184.03	16214.04	652.37
Energie renouvelable (en MJ)	84.45	412.75	14.64
Consommation de pétrole brut (en kg)	3.97	223.13	9.41
Consommation de gaz naturel (en kg)	0.31	66.16	1.87
Consommation de ressources non renouvelables (en année -1)	0.37	21.16	0.88
Eau consommée (en litre)	42.24	2699.70	196.80
Emissions dans l'air de CO2 (en g)	12518.30	456740.80	35809.60
Emissions dans l'air de CO (en g)	23.96	215.18	78.66
Emissions dans l'air de NO2 (en g)	114.21	2965.37	359.35
Emissions dans l'air de poussières (en g)	8.72	149.03	25.62
Emissions dans l'air de SO2 (en g)	58.34	1643.31	55.12
Acidification atmosphérique (en g éq. H+)	4.31	117.08	9.58
Effet de serre à 100 ans (g éq. CO2)	13367.42	447062.04	38485.44
Effet de serre à 20 ans (g éq. CO2)	14037.09	428045.76	40532.13
Effet de serre à 500 ans (g éq. CO2)	12874.80	454075.13	36941.29
Formation d'oxydants photochimiques (g éq. éthylène)	17.15	909.76	47.37
Rejets dans l'eau de chlorure (en g)	159.1	1210.5077	504.024
Eutrophisation (g éq. phosphates)	0.49	11.88	1.32
Rejets dans l'eau de DCO (en g)	11.56	215.28	34.83
Rejets dans l'eau de DBO5 (en g)	1.82	25.48	6.67
Rejets dans l'eau de nitrates (en g)	0.72	5.65	1.34

**Tableau 30 : Coefficients Ai (1000 km), Bi (1000 km) et Ci (1000 km) permettant de calculer les résultats du cycle de vie d'une caisse en plastique**

**Exemples d'utilisation des 2 tableaux précédents :**

On cherche à calculer l'impact sur l'effet de serre à 20 ans du cycle de vie d'une caisse en plastique à 50 rotations et pour une distance de transport entre coopératives et centrales d'achat de 200 km.

Les deux tableaux précédents et la relation (1) permettent de calculer les 2 valeurs suivantes :

$$\text{Effet de serre (50 rotations, 400 km)} = 8\,310 + 428\,046/50 + (1-1/50) * 24\,943 = 41\,315 \text{ g équivalent CO}_2 = e1$$

$$\text{Effet de serre (50 rotations, 1000 km)} = 14\,037 + 428\,046/50 + (1-1/50) * 40\,532 = 62\,319 \text{ g équivalent CO}_2 = e2$$

Les valeurs numériques ci-dessus correspondent aux coefficients  $A_i(400 \text{ km})$ ,  $B_i(400 \text{ km})$ ,  $C_i(400 \text{ km})$  et  $A_i(1000 \text{ km})$ ,  $B_i(1000 \text{ km})$  et  $C_i(1000 \text{ km})$ .

Connaissant 2 points de la droite effet de serre =  $a * p + b$ , il est alors possible de déterminer les valeurs numériques des coefficients  $a$  et  $b$  de cette droite en résolvant le système d'équations associées :

$$\begin{cases} 400 a + b = e1 \\ 1000 a + b = e2 \end{cases}$$

dont les solutions sont :

$$\begin{cases} a = (e2 - e1)/600 = 969.8 \\ b = (1000e1 - 400e2)/600 = 27\,312 \end{cases}$$

d'où la solution finale recherchée :

$$\text{effet de serre (50 rotations, 200 km)} = 969.8 * 200 \text{ km} + 27\,312 = 221\,272 \text{ g équivalent CO}_2$$

La connaissance des coefficients  $a$  et  $b$ , permet également de tracer la droite correspondant à la valeur 50 rotations.

En généralisant, on pourra utiliser la relation (3) suivante :

$\text{Flux/impact (n rotations, p km)} = [I(\text{n rotations, 400 km}) - I(\text{n rotations, 1000 km})]/600 * p$ $+ [1000 I(\text{n rotations, 400 km}) - 400 I(\text{n rotations, 1000 km})]/600 \quad (3)$
---

avec :

$I(\text{n rotations, 400 km})$  directement calculé à partir du Tableau 29 précédent et de la relation (1).

$I(\text{n rotations, 1000 km})$  directement calculé à partir du Tableau 30 précédent et de la relation (1).

A titre d'illustration de cette méthode de calcul, une série de droites correspondant à diverses valeurs de nombre de rotations a été déterminée pour les deux flux/impacts suivants : effet de serre sur 20 ans et énergie non renouvelable. Les tableaux de chiffres, calculés à partir de la formule (3) et des tableaux 36 et 37 sont les suivants :

#### Effet de serre à 20 ans (en g éq. CO2)

distance de distribution	1 rot	2 rot	5 rot	10 rot	20 rot	50 rot	75 rot	100 rot	125 rot	150 rot
400	436356	234805	113874	73564	53408	41315	38628	37284	36478	35941
1000	442083	248326	132072	93321	73945	62319	59736	58444	57669	57153

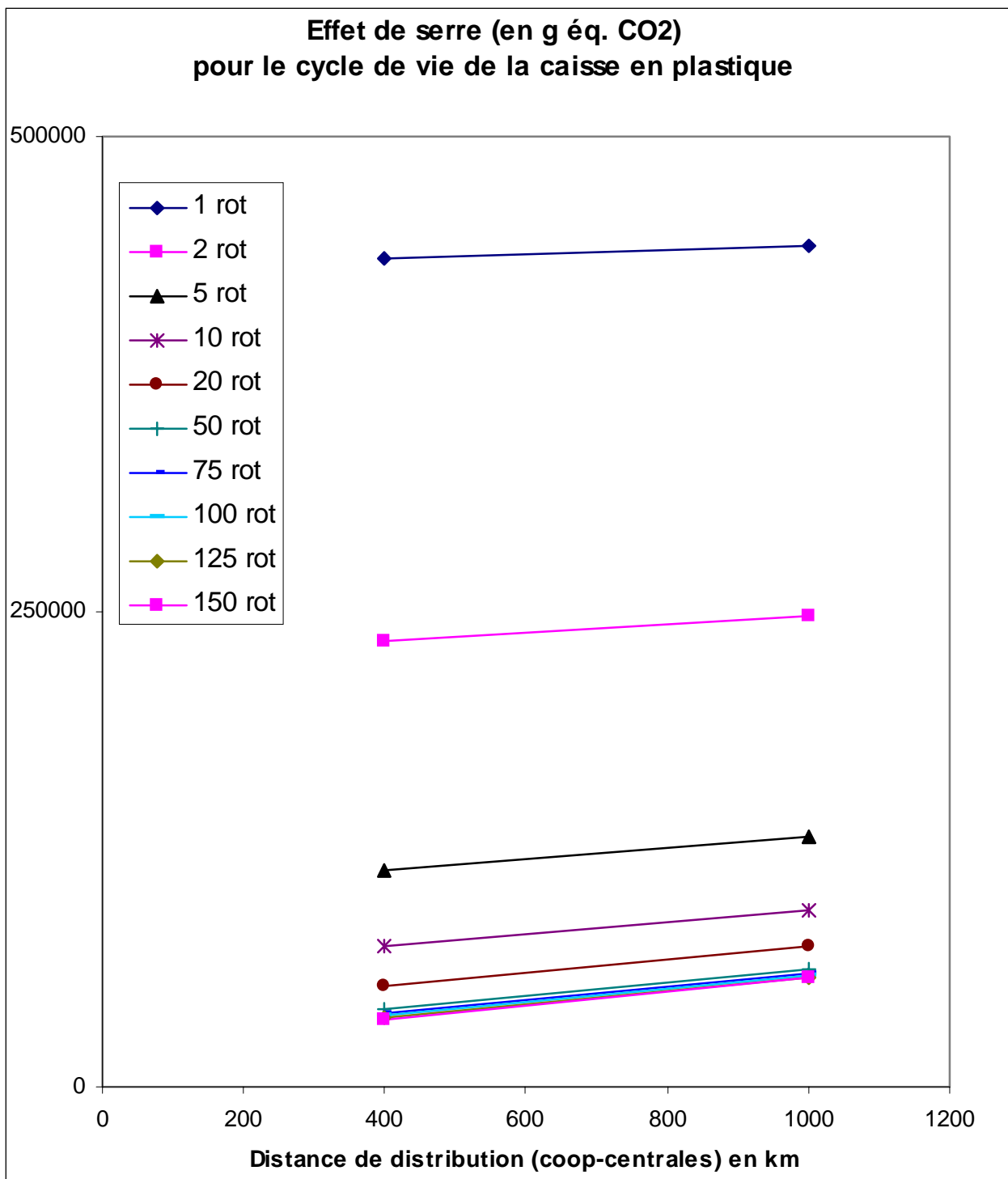
#### Energie non renouvelable (en MJ)

distance de distribution	1 rot	2 rot	5 rot	10 rot	20 rot	50 rot	75 rot	100 rot	125 rot	150 rot
400	16332	8462	3739	2165	1378	906	801	748	717	696
1000	16398	8617	3949	2393	1614	1148	1044	992	961	940

Les graphes résultants de ces calculs sont présentés en Figure 12 et en Figure 13 des pages suivantes.

De plus, le Tableau 31 de la page 47 présente les valeurs des principaux indicateurs environnementaux associés aux caisses en plastique, en fonction du nombre de rotations par caisse et pour une distance de distribution de 400 km. Ces valeurs ont été directement calculées à partir du Tableau 29 et de la relation (1).

On notera en particulier que la valeur des indicateurs environnementaux en fonction du nombre de rotations par caisse converge très rapidement. Ainsi, pour une distance de distribution de 400 km, si le passage de 1 à 2 rotations induit une diminution des impacts de l'ordre de 50 %, le passage de 10 à 20 rotations n'entraîne plus qu'une diminution des impacts de l'ordre de 5 %. Au delà de 20 rotations, la diminution des impacts devient mineure avec des réductions maximales de 4 %.



*Figure 12 : Série de droites correspondant à l'effet de serre à 20 ans pour une caisse en plastique en fonction de son nombre de rotations*

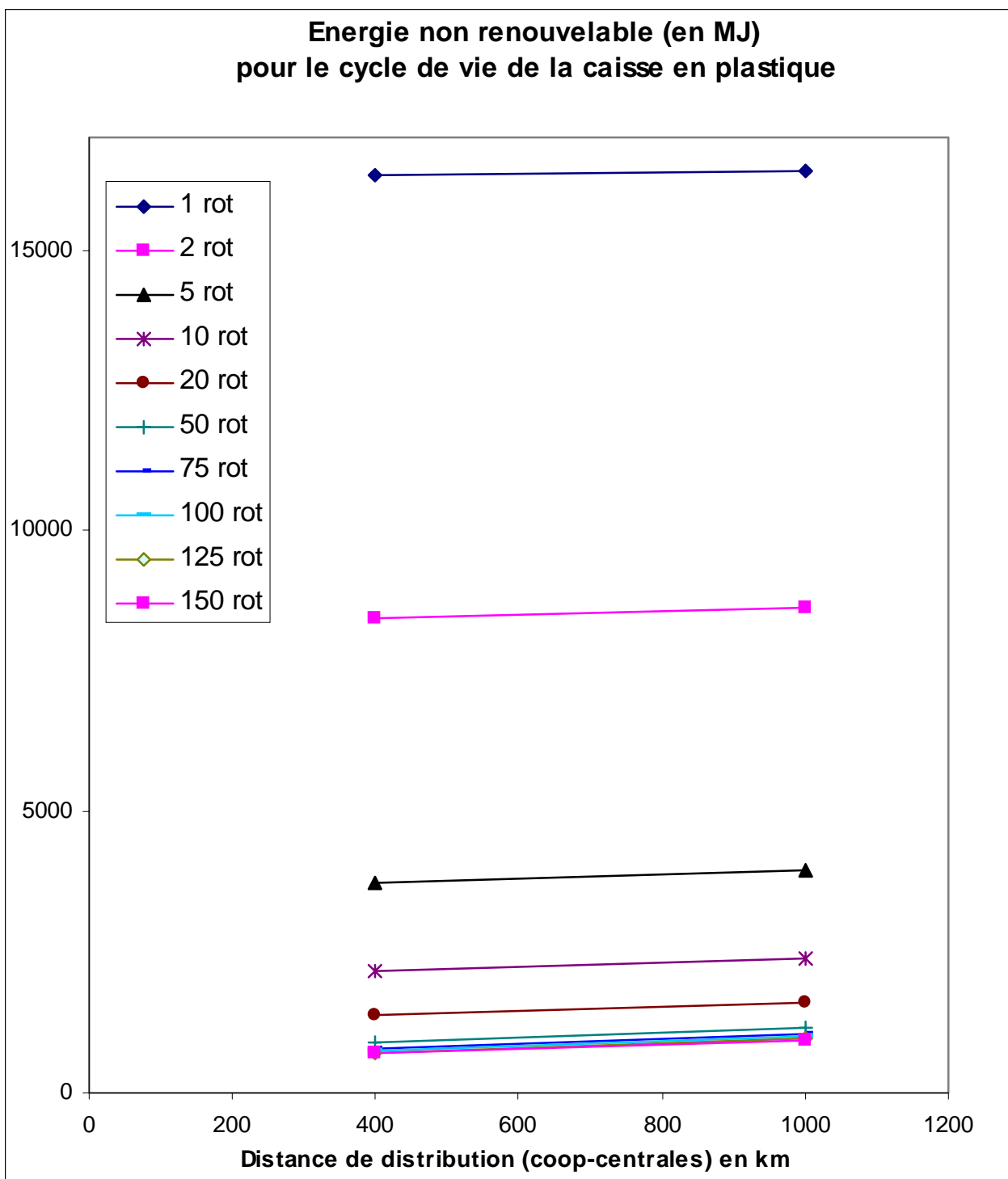


Figure 13 : Série de droites correspondant à l'énergie non renouvelable pour une caisse en plastique en fonction de son nombre de rotations

Flux/ Impacts (400 km) en fct du nbre de rotations	1	2	5	10	20	50	75	100	150	R* (1à2)	R** (10à20)	R*** (20à150)
Energie Primaire (en MJ)	16829	8760	3918	2304	1497	1013	905	851	798	-48%	-5%	-4%
Energie matière (en MJ)	4547	2331	1001	558	336	203	174	159	144	-48%	-5%	-4%
Energie combustible (en MJ)	12290	6433	2919	1747	1161	810	732	693	654	-48%	-5%	-4%
Energie non renouvelable (en MJ)	16332	8462	3739	2165	1378	906	801	748	696	-48%	-5%	-4%
Energie renouvelable (en MJ)	497	298	179	139	119	107	104	103	102	-40%	-4%	-3%
Consommation de pétrole brut (en kg)	225.6	116.6	51.2	29.4	18.5	12.0	10.6	9.8	9.1	-48%	-5%	-4%
Consommation de gaz naturel (en kg)	66.4	34.2	14.9	8.5	5.3	3.3	2.9	2.7	2.5	-48%	-5%	-4%
Consommation de ressources non renouvelables (en année -1)	21.4	11.2	5.0	3.0	1.9	1.3	1.2	1.1	1.0	-48%	-5%	-4%
Eau consommée (en litre)	2736	1475	719	467	341	266	249	240	232	-48%	-5%	-4%
Emissions dans l'air de CO2 (en g)	464237	241401	107699	63132	40849	27479	24507	23022	21536	-48%	-5%	-4%
Emissions dans l'air de CO (en g)	226	140	89	72	63	58	57	56	56	-38%	-4%	-3%
Emissions dans l'air de NO2 (en g)	3020	1636	806	529	391	308	289	280	271	-46%	-5%	-4%
Emissions dans l'air de poussières (en g)	154	88	48	35	28	24	23	23	22	-43%	-4%	-4%
Emissions dans l'air de SO2 (en g)	1696	893	412	252	171	123	113	107	102	-47%	-5%	-4%
Acidification atmosphérique (en g éq. H+)	120	64	31	20	14	11	10	10	9	-47%	-5%	-4%
Effet de serre à 100 ans (g éq. CO2)	454989	243296	116280	73941	52772	40071	37248	35837	34425	-47%	-5%	-4%
Effet de serre à 20 ans (g éq. CO2)	436356	234805	113874	73564	53408	41315	38628	37284	35941	-46%	-5%	-4%
Effet de serre à 500 ans (g éq. CO2)	461746	246098	116709	73579	52014	39075	36200	34762	33324	-47%	-5%	-4%
Formation d'oxydants photochimiques (g éq. éthylène)	920	479	214	126	82	55	50	47	44	-48%	-5%	-4%
Eutrophisation (g éq. phosphates)	12.3	6.9	3.6	2.5	2.0	1.7	1.6	1.6	1.5	-44%	-4%	-4%
Rejets dans l'eau de DCO (en g)	227	136	82	64	55	49	48	47	47	-40%	-4%	-3%
Rejets dans l'eau de DBO5 (en g)	27.3	17.9	12.2	10.3	9.4	8.8	8.7	8.6	8.6	-34%	-3%	-3%
Rejets dans l'eau de nitrates (en g)	6.1	3.7	2.2	1.7	1.5	1.3	1.3	1.3	1.3	-40%	-4%	-3%

\*réduction de l'impact lors du passage de 1 à 2 rotations (en %) = [ Impact (2 rot) -Impact(1 rot)] / Impact(1 rot)

\*\*réduction supplémentaire de l'impact lors du passage de 10 à 20 rotations (en %) = [ Impact (20 rot) -Impact(10 rot)] / Impact(10 rot)

\*\*\*réduction supplémentaire de l'impact lors du passage de 20 à 150 rotations (en %) = [ Impact (150 rot) -Impact(20 rot)] / Impact(20 rot)

**Tableau 31 : Valeurs numériques des principaux indicateurs environnementaux des caisses en plastique en fonction du nombre de rotations par caisse (cas d'une distance de distribution de 400 km)**

## 12 Simulations prospectives

Les simulations prospectives correspondent à des situations envisageables dans le futur mais ne présagent pas de la faisabilité technique des modifications étudiées. Leur objectif est d'évaluer l'intérêt environnemental de ces évolutions possibles. Elles visent à identifier, pour chaque emballage, les conséquences :

- d'une décision nationale (par exemple, la suppression de la mise en décharge pour les déchets non ultimes),
- d'un choix au niveau d'une filière donnée ou lors de la conception de l'emballage,
- d'une optimisation de certaines étapes du cycle de vie.

Les simulations qui ont été menées dans le cadre de cette étude concernent les points suivants :

- Suppression de la mise en décharge (100% des déchets ménagers sont triés) pour les 3 emballages étudiés au profit des filières de valorisation énergie (bois) ou matière (carton et plastique),
- Taux de cagettes en bois valorisées en chaufferies industrielles,
- Taux de plateaux en carton ondulé incinérés avec récupération d'énergie,
- Masse unitaire d'un plateau en carton ondulé,
- Composition du carton ondulé d'un plateau en termes de papier Kraft (fibres vierges) et de papier Testliner (fibres recyclées),
- Distance du circuit de lavage des caisses en plastique (optimisation de la logistique),
- Masse unitaire d'une caisse en plastique.

Ces simulations prospectives ont été choisies par le comité de pilotage de la présente étude, sur proposition d'Ecobilan ou de membres du comité de pilotage. L'objectif final de ces simulations est d'identifier pour chaque emballage des axes concrets d'amélioration.

Le Tableau 32 suivant récapitule les résultats des simulations réalisées dans le cadre de cette étude. Cette synthèse a été réalisée sur la base des indicateurs environnementaux suivants :

- consommations de ressources non renouvelables,
- consommation d'eau,
- effet de serre,
- effet d'acidification,
- effet d'eutrophisation.

	Cagette bois	Plateau carton	Caisse plastique
Suppression de la mise en décharge	++++ (GDO) ++++ (Autres marchés)	+ (GDO) ++ (Autres marchés)	+++ (10 rotations) 0 (150 rotations)
Réduction de la masse unitaire d'une caisse		++	+ (10 rotations)
Augmentation du taux de cagettes en bois valorisées en chaudières	++++ (sauf acidification)		
Augmentation du taux de plateaux en carton incinérés avec récup. d'énergie		++ (sauf conso eau, rejets eau)	
Optimisation du circuit de lavage des caisses en plastique			0 (10 rotations) 0 (150 rotations)
Augmentation de la part de recyclé dans la composition des plateaux en carton		0 (sauf ressources et conso eau)	

**Tableau 32 : Synthèse des résultats issus des simulations prospectives**

Légende :

- ++++ gains très importants : réductions des indicateurs environnementaux supérieures à 50 %
- +++ gains importants : réductions des indicateurs environnementaux situées entre 15 % et 50 %
- ++ gains modérés : réductions des indicateurs environnementaux situées entre 10 et 15 %
- + gains faibles : réductions des indicateurs environnementaux situées entre 5 et 10 %
- 0 gains quasi nuls : réductions des indicateurs environnementaux inférieures à 5%

**Remarque importante** : ce tableau permet de hiérarchiser, pour un emballage donné, les solutions envisageables pour réduire le bilan environnemental de cet emballage. En revanche, il ne permet pas de hiérarchiser les solutions possibles entre les différents emballages étudiés (par exemple, les gains notés +++ pour la cagettes en bois ne sont pas équivalents aux gains notés +++ relatifs aux caisses en plastique).

## 13 Conclusions

### 13.1 Analyse environnementale de chaque emballage étudié

#### \* Cas de la cagette en bois

L'étape de **distribution** représente la plus forte contribution à de nombreux impacts environnementaux, en particulier pour les consommations de ressources énergétiques et les émissions atmosphériques, que cela soit dans le cas de la grande distribution organisée et pour les autres marchés.

L'étape de **fabrication des cagettes** est la source d'émissions atmosphériques spécifiques (poussières, CO, méthane), issues du brûlage à l'air libre des écorces de peuplier.

L'étape de **culture et d'exploitation des peupliers** est la principale source des rejets dans l'eau (DCO, nitrates et effet d'eutrophisation).

L'étape de **réutilisation des cagettes** a un impact environnemental négligeable, quel que soit le paramètre environnemental considéré. Ce résultat est la conséquence directe d'une distance de transport très faible.

Enfin, la contribution de la **fin de vie** peut être significative, notamment en matière d'émissions de méthane (autres marchés), d'émissions de CO (GDO), de rejets de DBO<sub>5</sub> et de consommation d'eau. En revanche, sur de nombreux impacts environnementaux, la fin de vie des cagettes en bois est synonyme d'impacts évités. Ceux-ci sont la conséquence directe de la valorisation énergétique des cagettes usagées (incinération avec récupération d'énergie ou combustion en chaufferies industrielles). Cette étape de fin de vie permet ainsi de réduire significativement les impacts atmosphériques et les consommations de ressources énergétiques. La fin de vie des cagettes est d'autant plus bénéfique que la part de cagettes valorisées énergétiquement est élevée (cas de la GDO).

Popul. et exploit. forestière	Fabrication cagette	Distribution	Réutilisation	Fin de Vie	
rejets DCO (35%) rejets nitrates (99%*) eutrophisation (95%*)	émissions méthane (50%) émissions CO (45%) émissions particules (70%) ozone photochimique (30%) rejets DBO5 (25%)	énergie non renouvelable (70%*) pétrole brut (75%*) gaz naturel (75%*) émissions CO2 (75%*) effet de serre (70%*) effet d'acidification (75%*) ozone photochimique (55%) émissions SOx (85%*) émissions NOx (55%) rejets DBO5 (25%) rejets DCO (35%)	Néant	consommation d'eau (40%) émissions CO (45%) émissions NOx (30%) rejets DBO5 (45%)	<b>Réduction de :</b> énergie non renouvelable (-105%) consommation pétrole brut (-60%) émissions CO2 (-125%) effet de serre (-95%) émissions SOx (-130%) effet d'acidification (-15%)

Les pourcentages indiqués entre parenthèses correspondent à la contribution de l'étape en question sur l'ensemble du cycle de vie de l'emballage

\* % exprimé sur le total hors fin de vie (car sa contribution est négative)

**Tableau 33 : Récapitulatif de l'origine des principaux impacts environnementaux dans le cas de la cagette en bois – cas de la GDO**

Popul. et exploitat <sup>o</sup> forestière	Fabrication cagette	Distribution	Réutili-sation	Fin de Vie	
rejets DCO (35%) rejets nitrates (99%*) eutrophisation (95%*)	émissions méthane (35%) émissions CO (85%*) émissions particules (85%*) rejets DBO5 (20%)	énergie non renouvelable (60%*) pétrole brut (70%*) gaz naturel (75%*) émissions CO2 (65%*) effet de serre (60%*) émissions SOx (84%*) émissions NOx (45%) effet d'acidification (70%*) ozone photochimique (50%) rejets DBO5 (30%) rejets DCO (35%)	Néant	consommation eau (50%) émissions méthane (40%) émissions NOx (30%) rejets DBO5 (50%) rejets DCO (20%)	<b>Réduction de :</b> énergie non renouvelable (-40%) pétrole brut (-20%) émissions CO2 (-65%) effet de serre (-45%) émissions SOx (-150%) effet d'acidification (-30%)

Les pourcentages indiqués entre parenthèses correspondent à la contribution de l'étape en question sur l'ensemble du cycle de vie de l'emballage

\* % exprimé sur le total hors fin de vie (car sa contribution est négative)

**Tableau 34 : Récapitulatif de l'origine des principaux impacts environnementaux dans le cas de la cagette en bois – cas des autres marchés**

#### \* Cas du plateau en carton ondulé

**L'étape de production des papiers** est la source prépondérante des impacts environnementaux dans le cycle de vie des plateaux en carton ondulé, que cela soit en grande distribution organisée ou sur les autres marchés. Elle contribue majoritairement aux consommations de ressources naturelles non renouvelables, à la consommation de l'eau mais aussi à la plupart des émissions atmosphériques (excepté le méthane). L'impact de la production des papiers en matière de rejets dans l'eau est également dominant puisque cette étape génère plus de 75 % des rejets de nitrates, DBO<sub>5</sub> et DCO. Enfin, la contribution de cette étape est encore plus marquée pour les autres marchés que pour la grande distribution.

**L'étape de fabrication des plateaux en carton** est à l'origine de peu d'impacts sur l'environnement, avec une contribution maximale de 30 % (consommation de pétrole brut, eutrophisation). Ceci est valable quel que soit le type de marchés considéré.

**L'étape de distribution** a une contribution de l'ordre de 20 à 30 % pour des indicateurs spécifiques au transport tels la consommation de pétrole brut, les émissions de NOx, SOx ainsi que l'effet d'acidification et de création d'ozone photochimique. Sa contribution est moins marquée dans le cas des autres marchés, suite à une distance de transport plus faible.

La **fin de vie** a un impact significatif uniquement pour les émissions de méthane (50 % en GDO, 80 % sur les autres marchés). La contribution de cette étape est légèrement plus marquée sur les autres marchés que pour la grande distribution suite à un taux de mise en décharge plus important. Toutefois, les conséquences d'un taux d'incinération avec récupération d'énergie plus élevé sur les autres marchés (33 % au lieu de 10.5 % en GDO) sont bénéfiques et correspondent à des impacts évités pour certaines émissions atmosphériques (CO<sub>2</sub>, poussières, SOx).

Production des Papiers	Fabrication des plateaux	Distribution	Fin de Vie	
énergie non renouvelable (60%) pétrole brut (40%*) gaz naturel (80%) consommation d'eau (70%)  émissions CO2 (75%) effet de serre (60%) effet d'acidification (55%) ozone photochimique (50%) émissions CO (70%) émissions poussières (85%) émissions SOx (60%) émissions NOx (40%)  rejets DCO (90%) rejets DBO5 (95%) rejets nitrates (75%) eutrophisation (65%)	énergie non renouvelable (30%) pétrole brut (30%*)          eutrophisation (30%)	pétrole brut (35%*)    effet d'acidification (25%) ozone photochimique (30%) émissions NOx (35%) émissions N2O (45%)	émissions méthane (50%)	Réduction de : pétrole brut (-1%)

Les pourcentages indiqués entre parenthèses correspondent à la contribution de l'étape en question sur l'ensemble du cycle de vie de l'emballage

\* % exprimé sur le total hors fin de vie (car sa contribution est négative)

**Tableau 35 : Origine des principaux impacts environnementaux dans le cas du plateau en carton en GDO**

Production des Papiers	Fabrication des plateaux	Distribution	Fin de Vie	
énergie non renouvelable (65%) pétrole brut (40%*) gaz naturel (80%) consommation d'eau (60%)  émissions CO2 (80%) effet de serre (55%) effet d'acidification (60%) ozone photochimique (50%) émissions CO (75%) émissions poussières (85%) émissions SOx (75%) émissions NOx (45%)  rejets DCO (90%) rejets DBO5 (90%) rejets nitrates (80%) eutrophisation (65%)	énergie non renouvelable (30%) pétrole brut (30%*)       émissions SOx (25%)    eutrophisation (30%)	pétrole brut (30%*)    effet d'acidification (20%) ozone photochimique (20%) émissions SOx (20%) émissions NOx (25%) émissions N2O (30%)	consommation d'eau (25%)   effet de serre (25%) émissions méthane (80%)	Réduction de : pétrole brut (-0.5%)   émissions CO2 (-10%) émissions SOx (-20%) émissions poussières (-10%)

Les pourcentages indiqués entre parenthèses correspondent à la contribution de l'étape en question sur l'ensemble du cycle de vie de l'emballage

**Tableau 36 : Origine des principaux impacts environnementaux dans le cas du plateau en carton sur les autres marchés**

### \* Cas des caisses en plastique

**L'étape amont de production du polypropylène (PP)** correspond, dans le cas où les caisses sont utilisées 10 fois, à la source majoritaire des consommations de ressources énergétiques ainsi que de la plupart des émissions atmosphériques, excepté les émissions de méthane et de CO. En revanche, dans la situation où le nombre de rotations par caisse atteint 150, la contribution de cette étape devient mineure, en particulier en matière d'émissions dans l'air.

**L'étape de fabrication des caisses** a très peu d'impacts sur l'environnement, quel que soit le nombre de rotations considéré. Sa contribution est d'autant plus faible que le nombre de rotations est élevé, avec un maximum de 20 % dans le cas de 10 rotations.

**L'étape de distribution** a une contribution limitée, en général toujours inférieure à 30 %, excepté pour les émissions de SOx et de nitrates dans le cas des caisses à 150 rotations. Plus le nombre d'utilisations par caisse est

élevé, plus la contribution de la phase de distribution est marquée, en raison de la diminution des contributions des étapes amont (production de PP et des caisses) et aval (fin de vie).

**Le circuit de lavage et de réutilisation** des caisses devient la source prédominante de la plupart des impacts environnementaux (consommations de ressources naturelles, émissions atmosphériques et rejets dans l'eau) lorsque le nombre d'utilisations des caisses passe de 10 à 150. Dans le cas où les caisses sont utilisées 10 fois, la contribution de ce circuit se situe autour de 30 à 50 % des impacts totaux.

La contribution de **l'étape de fin de vie** est toujours faible, quel que soit le nombre de rotations considéré, avec une contribution maximale de 20 % (consommation d'eau et rejets de DCO pour les caisses à 10 rotations). Encore une fois, plus le nombre de rotations par caisse augmente, plus la contribution de la fin de vie est faible. De plus, dans le cas des caisses à 10 rotations, la fin de vie est synonyme d'impacts évités, résultants du recyclage matière et de la valorisation énergétique du plastique constituant les caisses. Cette valorisation permet de réduire de 10 à 20 % les consommations énergétiques, l'effet de serre ou l'acidification atmosphérique. La réduction des émissions de méthane s'élève à 120 %.

Production Polypropylène	Fabric. des caisses	Distribution	Lavage	Fin de Vie	
énergie non renouvelable (65%*) pétrole brut (75%*) gaz naturel (80%*)	consommation d'eau (20%)		consommation d'eau (35%)	consommation d'eau (20%)	<b>Réduction de :</b> énergie non renouvelable (-20%) pétrole brut (-20%) gaz naturel (-25%)  émissions méthane (-120%) effet de serre (-10%) effet d'acidification (-15%) émissions poussières (-50%) ozone photochimique (-20%)
émissions CO2 (50%*) effet de serre (50%*) effet d'acidification (55%*) ozone photochimique (75%) émissions SOx (70%*) émissions NOx (45%) émissions poussières (65%*)	émissions de méthane (20%*)	émissions CO2 (15%*) émissions méthane (25%*) émissions CO (20%*) effet d'acidification (15%*)	émissions CO2 (25%*) émissions de méthane (55%*) émissions de CO (50%*) émissions de NOx (35%) émissions poussières (20%*)	rejets DCO (20%)	
rejets nitrates (25%*) eutrophisation (30%)		rejets DBO5 (20%) rejets nitrates (35%*)	rejets DBO5 (60%) rejets DCO (50%) rejets nitrates (35%*) eutrophisation (40%)		

Les pourcentages indiqués entre parenthèses correspondent à la contribution de l'étape en question sur l'ensemble du cycle de vie de l'emballage

\* % exprimé sur le total hors fin de vie (car sa contribution est négative)

**Tableau 37 : Origine des principaux impacts environnementaux de la caisse en plastique à 10 rotations**

Production Polypropylène	Fabric. des caisses	Distribution	Lavage	Fin de Vie
énergie non renouvelable (15%*) pétrole brut (20%*) gaz naturel (25%*)		énergie non renouvelable (15%*) pétrole brut (25%*)	énergie non renouvelable (65%*) pétrole brut (55%*) gaz naturel (65%*) consommation d'eau (75%*)	<b>Réduction de :</b> émissions méthane (-10%) émissions poussières (-10%)
		émissions de CO2 (25%*) émissions de méthane (25%*) effet de serre (25%*) émissions de SOx (50%*) émissions de NOx (20%) effet d'acidification (30%*) ozone photochimique (25%*) émissions CO (20%*)	émissions CO2 (65%*) émissions méthane (75%*) effet de serre (70%*) émissions NOx (70%) effet d'acidification (60%*) ozone photochimique (60%) émissions poussières (65%*) émissions CO (75%*)	
		rejets nitrates (40%)	rejets DBO5 (75%) rejets DCO (75%) rejets nitrates (60%) effet d'eutrophisation (70%)	

Les pourcentages indiqués entre parenthèses correspondent à la contribution de l'étape en question sur l'ensemble du cycle de vie de l'emballage

\* % exprimé sur le total hors fin de vie (car sa contribution est négative)

**Tableau 38 : Origine des principaux impacts environnementaux de la caisse en plastique à 150 rotations**

## 13.2 Axes d'amélioration possibles

Il est à noter que les axes d'amélioration concernent toute la chaîne d'acteurs intervenant au cours du cycle de vie des produits. Ainsi, si les industriels sont tout particulièrement impliqués au niveau de la fabrication et de la distribution de leurs produits, les utilisateurs finaux et les collectivités locales contribuent également au bilan environnemental global, notamment en ce qui concerne une meilleure gestion des déchets.

### \* Axe d'amélioration commun à tous les emballages

Quel que soit l'emballage de transport considéré, un des axes d'amélioration possibles correspond au choix d'une logistique de transport (mode et technologie de transport) possédant moins d'impact sur l'environnement.

### \* Axes d'amélioration possibles pour les cagettes en bois

Dans le cas des cagettes en bois, une des premières sources d'amélioration possible, révélée par l'analyse de sensibilité concernant la distance de distribution des pommes et le taux de retour à vide des camions, correspond à une réduction de la fréquence de ce retour à vide. En effet, pour une distance de distribution de 400 km, et dans le cas de la grande distribution organisée, la disparition totale du retour à vide permet, par rapport à la situation où la moitié des camions reviennent à vide, une économie conséquente (réductions supérieures à 50 %) des consommations de ressources énergétiques et des émissions atmosphériques.

L'analyse de sensibilité portant sur le méthane émis lors de la combustion à l'air libre des écorces de peuplier générées lors de la fabrication des cagettes révèle qu'une meilleure gestion de ces déchets, via la disparition de leur brûlage à l'air libre, entraînerait une réduction des émissions de méthane et d'effet de serre (respectivement - 25 g de méthane et - 1.6 kg d'effet de serre lorsqu'on passe de 50 % à 5 % de brûlage). Les gains seraient également importants en matière d'émissions de poussières et de CO car cette pratique de brûlage est la principale source de ces émissions sur l'ensemble du cycle de vie des cagettes en bois. Si les gains à attendre en termes d'effet de serre et de méthane sont limités en comparaison avec des solutions portant sur d'autres étapes telles la distribution ou la fin de vie, ces voies d'amélioration ne sont pas à écarter car elles correspondent à un objectif qui semble facile à atteindre.

Un autre levier d'amélioration concerne la fin de vie des cagettes en bois usagées. Pour une répartition identique des cagettes en fin de vie, la première source d'amélioration possible correspond à une meilleure gestion des décharges, avec une augmentation du taux de captage du biogaz émis par les déchets. L'analyse de sensibilité portant sur ce paramètre révèle que le passage d'un taux de captage du biogaz de 60 % à 97.5<sup>37</sup> % induit une réduction de 95 %<sup>38</sup> de la quantité totale de méthane émis sur le cycle de vie et une réduction de 98 %<sup>39</sup> de l'effet de serre.

Il serait également très judicieux d'essayer de limiter au maximum le taux de cagettes mis en décharge en fin de vie. La simulation relative à ce scénario montre que les gains induits par cette évolution sont majeurs, en particulier pour les autres marchés, pour lesquels le taux de mise en décharge des cagettes en bois est le plus élevé. Ainsi, la disparition de la mise en décharge apparaît comme le levier d'amélioration le plus performant, comme l'illustre le tableau comparatif suivant.

---

<sup>37</sup> En effet, la situation dans laquelle on capte 95 % du biogaz et 0.15 kg de biogaz est émis par kg de bois mis en décharge est équivalente à la situation où 97.5 % du biogaz est capté et 0.30 kg de biogaz est émis par kg de bois. Dans ces 2 situations, 4 g de méthane/kg de bois est relâché dans l'atmosphère (54 % de méthane contenu dans le biogaz).

<sup>38</sup> Détail du calcul :  $(69 \text{ g} - 1490 \text{ g}) / 1490 \text{ g}$  – On s'est placé dans la situation où 0.3 kg de biogaz est produit par kg de bois.

<sup>39</sup> Détail du calcul :  $(1157 \text{ g} - 92 \text{ 100g}) / 92 \text{ 100 g}$  – On s'est placé dans la situation où 0.3 kg de biogaz est produit par kg de bois.

Suppression du retour à vide des camions (cas de la GDO)	Suppression de la mise en décharge	
	Cas de la GDO	Autres marchés
130 MJ d'énergie non renouvelable 3 kg de pétrole brut 0.1 kg de gaz naturel 12 l d'eau <u>140 g de SOx</u> <u>115 g de NOx</u> <u>3 g eq. H+ d'acidification</u> 10 kg de CO2 15 g de méthane 11 kg eq. CO2 d'effet de serre DBO5 : pas de variation 0.2 g eq. PO4 d'eutrophisation	<b>440 MJ d'énergie non renouvelable</b> <b>5 kg de pétrole brut</b> <b>4 kg de gaz naturel</b> <b>55 l d'eau</b> 55 g de SOx +20 g de NOx 1.4 g eq. H+ d'acidification <b>25 kg de CO2</b> <b>150 g de méthane</b> <b>33 kg eq. CO2 d'effet de serre</b> <b>2 g DBO5</b> <b>1 g eq. PO4 d'eutrophisation</b>	<u>550 MJ d'énergie non renouvelable</u> <u>6 kg de pétrole brut</u> <u>5kg de gaz naturel</u> <u>70 l d'eau</u> <b>70 g de SOx</b> +20 g de NOx <b>1.7 g eq. H+ d'acidification</b> <b>31 kg de CO2</b> <b>180 g de méthane</b> <b>41 kg eq. CO2 d'effet de serre</b> <u>2.5 g DBO5</u> <b>1 g eq. PO4 d'eutrophisation</b>

= moins

en gras et soulignée : la solution la plus intéressante ; en gras : la deuxième solution la plus intéressante

**Tableau 39 : Comparaison des bénéfices induits par la suppression du retour à vide des camions et la suppression de la mise en décharge dans le cas des caquettes en bois**

La comparaison des filières de fin de vie possibles pour les caquettes usagées permet de conclure que :

- **La combustion en chaufferies industrielles** avec production de vapeur apparaît comme la filière la plus intéressante en termes d'énergie non renouvelable, de consommation de pétrole brut, de gaz naturel et d'eau, d'émissions de CO<sub>2</sub>. En revanche, ses points faibles sont l'émission de monoxyde de carbone (CO), de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), de poussières et la création d'ozone photochimique.
- **L'incinération avec récupération d'énergie** apparaît comme la filière la plus performante en termes d'effet de serre, d'émission de méthane, de SOx, de poussières et de CO ainsi qu'en termes d'acidification de l'air et de création d'ozone photochimique. Elle est également très intéressante en matière d'énergie non renouvelable, de consommation de ressources naturelles non renouvelables et d'émissions de CO<sub>2</sub>. En revanche, cette filière est peu performante pour la consommation d'eau, les émissions de NOx et les rejets dans l'eau de DCO.
- **Le brûlage en cheminée ou en barbecues** présente des avantages en matière de rejets dans l'eau et de consommation d'eau, avec notamment la meilleure performance sur l'effet d'eutrophisation. Toutefois, sur les autres indicateurs environnementaux, cette fin de vie se montre moins intéressante que le traitement standard via les déchets ménagers, lui-même moins performant que les 2 filières ci-dessus.

Le bilan environnemental associé aux caquettes en bois pourrait donc être amélioré via une réduction du taux de mise en décharge au profit, soit des chaufferies industrielles, soit des incinérateurs permettant la récupération d'énergie. Une piste d'amélioration concerne également le fonctionnement des chaufferies industrielles utilisant du bois pour lesquelles il serait particulièrement judicieux de prévoir des systèmes de dépoussiérage des fumées et d'oxydation totale du CO et des COV.

#### \* Axes d'amélioration possibles pour les plateaux en carton ondulé

Comme dans le cas des caquettes en bois, une source potentielle d'amélioration du bilan environnemental des plateaux en carton ondulé réside dans la suppression du retour à vide des camions assurant la distribution des pommes. Ainsi, pour la grande distribution organisée, cette optimisation de la logistique de distribution entraînerait une réduction importante des impacts environnementaux, en particulier les impacts atmosphériques et la consommation de pétrole brut.

L'optimisation des distances de transport intervenant dans la production du carton ondulé (transport des papiers ou transport des découpes de carton ondulé) induit des bénéfices environnementaux quasi nuls, avec une réduction maximale des impacts environnementaux de 3 %.

La solution correspondant à une réduction de la masse unitaire des plateaux est très intéressante, avec une réduction des impacts environnementaux située entre 10 et 15%. Les bénéfices les plus intéressants concernent les rejets dans l'eau et la consommation d'eau. L'intérêt de l'augmentation du contenu en matière recyclée est contrasté car, si cette solution permet de réduire de l'ordre de 10 % certains impacts tels l'acidification atmosphérique ou la consommation de pétrole brut, elle entraîne des aggravations sur d'autres paramètres comme

la consommation de gaz naturel, la consommation d'eau ou les rejets de nitrates tandis que les gains en matière d'énergie non renouvelable ou d'effet de serre sont quasi inexistantes.

Les solutions touchant la fin de vie des plateaux en carton ondulé apparaissent, de manière générale, comme les solutions les plus efficaces pour améliorer leur bilan environnemental. Un des premiers leviers réside en l'amélioration du taux de captage du biogaz généré par les plateaux en carton mis en décharge. Le passage d'un taux de captage du biogaz de 60 % à 90<sup>40</sup> % induit une réduction de 63 %<sup>41</sup> de la quantité de méthane émis et une réduction de 27%<sup>42</sup> de l'effet de serre. La suppression de la mise en décharge des plateaux est également une piste intéressante pour réduire les impacts environnementaux des plateaux, en particulier pour les autres marchés où les gains sont même supérieurs à ceux concernant la disparition de la mise en décharge des caquettes en bois. La filière d'incinération avec récupération d'énergie apparaît néanmoins comme la solution la plus performante, puisqu'elle correspond aux gains les plus importants comparés à toutes les autres solutions envisagées (cf. tableaux suivants).

<i>Suppression du retour à vide des camions</i> <i>(cas de la GDO)</i>	<i>Suppression de la mise en décharge</i>	
	<i>Cas de la GDO</i>	<i>Autres marchés</i>
130 MJ d'énergie non renouvelable <b>3 kg de pétrole brut</b> 0.1 kg de gaz naturel 12 l d'eau <b>140 g de SOx</b> <b>115 g de NOx</b> <b>3 g eq. H+ d'acidification</b> 10 kg de CO2 15 g de méthane 11 kg eq. CO2 d'effet de serre DBO5 : pas de variation 0.2 g eq. PO4 d'eutrophisation	80 MJ d'énergie non renouvelable 1 kg de pétrole brut 0.2 kg de gaz naturel 20 l d'eau 15 g de SOx 5 g de NOx 0.7 g eq. H+ d'acidification 3 kg de CO2 260 g de méthane 19 kg eq. CO2 d'effet de serre 1.2 g DBO5 0.3 g eq. PO4 d'eutrophisation	<b>240 MJ d'énergie non renouvelable</b> 1.7 kg de pétrole brut 0.8 kg de gaz naturel <b>60 l d'eau</b> 55 g de SOx 25 g de NOx 2.2 g eq. H+ d'acidification 8 kg de CO2 <b>815 g de méthane</b> <b>60 kg eq. CO2 d'effet de serre</b> 4 g DBO5 <b>0.9 g eq. PO4 d'eutrophisation</b>

= moins

en gras et soulignée : la solution la plus intéressante des 2 tableaux ; en gras : la deuxième solution la plus intéressante des 2 tableaux

**Tableau 40 : Comparaison des bénéfices induits par la suppression du retour à vide des camions, la suppression de la mise en décharge et le « tout incinération » dans le cas des plateaux en carton**

<i>Tout incinération avec récupération d'énergie</i> <i>cas de la GDO</i>	<i>Réduction de la masse unitaire de 15 %</i> <i>Cas de la GDO</i>	<i>Augmentation de la part de recyclé de 64 à 78 %</i> <i>cas de la GDO</i>
<b>610 MJ d'énergie non renouvelable</b> <b>5 kg de pétrole brut</b> <b>4 kg de gaz naturel</b> +300 l d'eau <b>225 g de SOx</b> +100 g de NOx <b>5 g eq. H+ d'acidification</b> <b>37 kg de CO2</b> <b>465 g de méthane</b> <b>67 kg eq. CO2 d'effet de serre</b> +0.6 g DBO5 +0.5 g eq. PO4 d'eutrophisation	230 MJ d'énergie non renouvelable 1 kg de pétrole brut <b>3 kg de gaz naturel</b> <b>100 l d'eau</b> 30 g de SOx <b>40 g de NOx</b> 2 g eq. H+ d'acidification <b>12 kg de CO2</b> 60 g de méthane 16 kg eq. CO2 d'effet de serre <b>40 g de DBO5</b> <b>7 g eq. PO4 d'eutrophisation</b>	+10 MJ d'énergie non renouvelable 1 kg de pétrole brut +3 kg de gaz naturel +80 l d'eau 35 g de SOx 15 g de NOx 2 g eq. H+ d'acidification +0.6 kg de CO2 15 g de méthane 0.3 kg eq. CO2 d'effet de serre <b>95 g de DBO5</b> 0.3 g eq. PO4 d'eutrophisation

= moins

en gras et soulignée : la solution la plus intéressante des 2 tableaux ; en gras : la deuxième solution la plus intéressante des 2 tableaux

**Tableau 41 : Comparaison des bénéfices induits par la réduction de la masse unitaire et l'augmentation du contenu en recyclé**

<sup>40</sup> En effet, la situation dans laquelle on capte 95 % du biogaz et 0.65 kg de biogaz est émis par kg de carton mis en décharge est équivalente à la situation où 90 % du biogaz est capté et 0.325 kg de biogaz est émis par kg de carton. Dans ces 2 situations, 17.5 g de méthane/kg de carton est relâché dans l'atmosphère (54 % de méthane contenu dans le biogaz).

<sup>41</sup> Détail du calcul : (433 g – 1178 g) / 1178 g – On s'est placé dans la situation où 0.32 kg de biogaz est produit par kg de carton.

<sup>42</sup> Détail du calcul : (130127 g – 177832) / 177832 g – On s'est placé dans la situation où 0.32 kg de biogaz est produit par kg de carton.

### \* Axes d'amélioration possibles pour les caisses en plastique

A la différence des autres emballages, les bénéfices associés à la suppression du retour à vide des camions assurant la distribution des pommes sont faibles. Ceci s'explique par le fait que pour les caisses en plastique le taux de retour à vide est déjà faible (10 % au lieu de 50 % pour les autres emballages).

L'optimisation du circuit de lavage des caisses en plastique induit des bénéfices environnementaux quasi nuls, avec une réduction maximale des impacts environnementaux de 4 %.

La réduction de la masse unitaire des caisses en plastique dans le cas où les caisses sont utilisées 10 fois est également une solution intéressante, avec une réduction des impacts environnementaux de l'ordre de 10 %. Les bénéfices les plus intéressants concernent les rejets dans l'eau et la consommation d'eau. Toutefois, plus le nombre d'utilisations par caisse est élevé, plus les gains à attendre de cette solution sont limités.

Enfin, tout comme pour les autres emballages, la solution correspondant à la suppression de la mise en décharge apparaît, dans le cas des caisses en plastique à 10 rotations, comme la plus efficace pour améliorer leur bilan environnemental. Néanmoins, tout comme pour l'allègement des caisses, plus le nombre d'utilisations par caisse sera élevé, plus l'intérêt de cette solution sera faible.

En fait, le premier levier d'amélioration concernant les caisses en plastique retournable correspond à l'augmentation de leur nombre d'utilisations, comme l'a illustré l'analyse de sensibilité relative à ce paramètre. De plus, la valeur des indicateurs environnementaux en fonction du nombre de rotations par caisse converge très rapidement. Ainsi, si le passage de 1 à 2 rotations induit une diminution des indicateurs environnementaux de l'ordre de 50 %, le passage de 10 à 20 rotations n'entraîne plus qu'une diminution des impacts de l'ordre de 5 %. Au delà de 20 rotations, la diminution des impacts devient mineure avec des réductions maximales de 4 %.

<i>Suppression du retour à vide des camions (résultats identiques quel que soit le nbre rotations)</i>	<i>Suppression de la mise en décharge</i>	
	<i>10 rotations</i>	<i>150 rotations</i>
25 MJ d'énergie non renouvelable 0.6 kg de pétrole brut 0 kg de gaz naturel 2.5 l d'eau 2 g de SOx 25 g de NOx 0.6 g eq. H+ d'acidification 2 kg de CO2 3 g de méthane 2.2 kg eq. CO2 d'effet de serre DBO5 : pas de variation eutrophisation : pas de variation	<b>730 MJ d'énergie non renouvelable</b> <b>11 kg de pétrole brut</b> <b>4 kg de gaz naturel</b> <b>40 l d'eau</b> <b>135 g de SOx</b> <b>95 g de NOx</b> <b>0.6 g eq. H+ d'acidification</b> <b>21 kg de CO2</b> <b>30 g de méthane</b> <b>23 kg eq. CO2 d'effet de serre</b> <b>1.2 g DBO5</b> <b>0.3 g eq. PO4 d'eutrophisation</b>	50 MJ d'énergie non renouvelable 0.8 kg de pétrole brut 0.3 kg de gaz naturel 3 l d'eau 10 g de SOx 5 g de NOx 0.4 g eq. H+ d'acidification 1.4 kg de CO2 2 g de méthane 1.5 kg eq. CO2 d'effet de serre 0.1 g DBO5 eutrophisation : pas de variation

= moins

en gras et soulignée : la solution la plus intéressante des 2 tableaux ; en gras : la deuxième solution la plus intéressante des 2 tableaux

**Tableau 42 : Comparaison des bénéfices induits par la suppression du retour à vide des camions et la suppression de la mise en décharge**

<i>Réduction de la masse unitaire de 17 % - 10 rotations</i>	<i>Optimisation du circuit de lavage -10 rotations</i>
<b>215 MJ d'énergie non renouvelable</b> <b>4 kg de pétrole brut</b> <b>1 kg de gaz naturel</b> <b>100 l d'eau</b> <b>30 g de SOx</b> <b>40 g de NOx</b> <b>2 g eq. H+ d'acidification</b> <b>12 kg de CO2</b> <b>60 g de méthane</b> <b>16 kg eq. CO2 d'effet de serre</b> <b>40 g de DBO5</b> <b>7 g eq. PO4 d'eutrophisation</b>	15 MJ d'énergie non renouvelable 0.3 kg de pétrole brut 0 kg de gaz naturel 1.5 l d'eau 1 g de SOx 15 g de NOx 0.3 g eq. H+ d'acidification 1 kg de CO2 2 g de méthane 1.2 kg eq. CO2 d'effet de serre DBO5 : pas de variation eutrophisation : pas de variation

= moins

en gras et soulignée : la solution la plus intéressante des 2 tableaux ; en gras : la deuxième solution la plus intéressante des 2 tableaux

**Tableau 43 : Comparaison des bénéfices induits par la réduction de la masse unitaire et l'optimisation du circuit de lavage des caisses en plastique**

## **14 Revue critique**

### **14.1 Rapport de la revue critique**

Les remarques présentées dans les pages suivantes sont issues de la revue critique, réalisée par M. Khalifa à partir de la version provisoire du rapport final de mai 2000.



## REVUE CRITIQUE

de

L'Analyse du Cycle de Vie des caisses en bois, carton ondulé et  
plastique pour pommes

réalisée par la

société Ecobilan pour l'ADEME

--

Juillet 2000

### **Auteur :**

Khalil Khalifa, Dr.

Consultant ACV indépendant

Maître de Conférences Associés à l'ENSAM

Responsable de l'Encyclopédie Environnement des Techniques de l'Ingénieur

---

ACV-CONSEIL® - 12 Passage Pierre de Cléry 77 183 Croissy-Beaubourg - France

Tél.: 01 60 37 58 89 - Fax : 01 70 00 58 90 - Portable: 06 63 16 58 89

*Siège social : INTERVENANCE S.A. - 12 rue de l'église 75015 Paris*

## **1. INTRODUCTION GENERALE**

L'ADEME a souhaité la réalisation d'une revue critique de l'étude d'Analyse de Cycle de Vie de trois modèles de caisses utilisés pour emballer et transporter les pommes. Cette étude a été réalisée par la société Ecobilan SA.

La revue critique a été confiée à ACV-Conseil/Intervention SA. Elle a pour objectif de s'assurer que l'ACV a été conforme aux exigences des ISO 14 040 et suivantes.

Le suivi de l'étude a été assuré par un comité de pilotage constitué de spécialistes en Analyse du Cycle de Vie (ADEME), et d'experts techniques représentant les trois syndicats professionnels concernés par le champ de l'étude (CSEMP, SIEL, USFO).

Compte tenu du contexte spécifique de l'étude, la revue critique a porté sur les éléments suivants :

- ◆ acceptabilité des méthodes et des hypothèses utilisées
- ◆ adéquation de ces méthodes et hypothèses utilisées avec les objectifs de l'étude
- ◆ adéquation des données utilisées avec les objectifs de l'étude
- ◆ choix des paramètres sensibles pour effectuer les analyses de sensibilité afin de s'assurer de la robustesse des résultats
- ◆ compatibilité des conclusions de l'étude avec les hypothèses utilisées

La revue critique s'est déroulée en deux étapes :

- ◆ un examen du rapport intermédiaire a eu lieu en novembre 1999
- ◆ et un examen du rapport final a eu lieu en Juin 2000

A l'occasion de chacune de ces phases une réunion avec la société Ecobilan a été organisée.

## **2. CONSIDERATIONS GENERALES**

Le but d'une revue critique est de s'assurer que la méthodologie et les données utilisées sont en adéquation avec les objectifs de l'étude.

La présente revue critique a porté essentiellement sur la méthodologie et la vérification des données secondaires. Cette vérification des données secondaires, qui sont essentiellement bibliographiques, a consisté à s'assurer :

- ◆ du bon choix des sources,
- ◆ et qu'elles ont été correctement insérées dans le logiciel Team.

Compte tenu du contexte spécifique de l'étude (présence d'experts ACV et techniques dans le comité de pilotage), l'examen des données primaires (données sites) s'est basé sur l'exploitation des renseignements fournis dans les rapports de l'étude (rapport intermédiaire et rapport final), et des précisions fournies par la société Ecobilan lors des deux réunions de travail.

Le tableau suivant présente les certaines étapes clés de la méthodologie des ACV, et les points qui ont été soigneusement vérifiés lors de cette revue critique.

Etapas de l'ACV	Points importants à vérifier
<i>Les objectifs généraux</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ « L'usage prévu des résultats doit être clairement exposé »</li> <li>◆ Les limitations géographiques ou temporelles pour l'usage des résultats de l'étude doivent être précisées</li> <li>◆ Les objectifs en matière de qualité des données doivent être conformes aux objectifs de l'étude</li> </ul>
<i>L'unité fonctionnelle</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Le choix de l'unité fonctionnelle doit être conforme aux objectifs de l'étude et justifié</li> </ul>
<i>La délimitation du système et le choix des indicateurs des impacts</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ La description des procédés concernés par l'étude dans chacune des filières doit être faite rigoureusement afin de s'assurer de leur comparabilité</li> <li>◆ Les données manquantes pour certains procédés ou certains flux non élémentaires doivent être mentionnées</li> <li>◆ Le choix des indicateurs d'impact doit être justifié</li> </ul>
<i>La collecte des données</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Le choix des flux environnementaux à collecter doit être cohérent avec celui des impacts considérés</li> <li>◆ Les efforts mis en œuvre pour la sélection des meilleures bases de données disponibles doivent être justifiés</li> <li>◆ L'adéquation des données collectées avec les objectifs de l'étude doit être justifiée</li> </ul>
<i>Le traitement des données</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Le choix des méthodes d'affectation utilisées doit être justifiée</li> <li>◆ Les analyses de sensibilité aux différentes hypothèses et données dont la qualité n'est pas prouvée doivent être effectuées</li> </ul>
<i>La présentation et l'interprétation des résultats de l'étude</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Présentation des résultats d'inventaire des différentes étapes de l'ACV de manière à apprécier leurs contributions spécifiques</li> <li>◆ Les conclusions doivent être fidèles aux résultats de l'étude</li> </ul>

### 3. Examen de l'étude

Section	Chapitre	Sujet	Rapport final version
I	1	Présentation de l'étude	♦ <b>La définition des objectifs a été présentée correctement</b>
II	2	<b>Représentativité des systèmes</b>	♦ Deux types de marché sont considérés pour chacun des 3 systèmes. Ce choix résulte d'une concertation entre le prestataire et le comité de pilotage.
II	2	<b>Unité fonctionnelle</b>	♦ Les méthodes de calculs de l'unité fonctionnelle sont bien détaillées, et adaptés à chacun des marchés considérés. <b>Avis</b> : Hypothèses et calculs corrects et en adéquation avec les objectifs de l'étude
II	3	<b>Description du système</b>	♦ Cinq sous-systèmes sont considérés. La description de ces cinq sous systèmes est très claire, et ce pour les 3 familles de caisses considérées dans le paragraphe 3.1. <b>Avis</b> : La présentation est correcte et transparente. De plus, elle est conforme aux exigences d'une évaluation comparative.
II	3	<b>Délimitation du système</b>	♦ Les étapes du cycle de vie considérées ou omises sont clairement justifiées. L'annexe III présente la liste des consommables dont la production a été exclue <page 128> (faute de disponibilité de données ou de pertinence environnementale).
II	4	<b>Flux et impacts étudiés</b>	♦ Les flux considérés correspondent à 4 catégories d'impacts écologiques. <b>Avis</b> : L'exclusion des autres catégories d'impacts, dont la santé humaine, est très délicate.
II	5	<b>Qualité des données</b>	♦ Les données doivent être représentatives pour le marché en France. Cette condition a bien été respectée tout le long du rapport.
II	6	<b>Revue critique</b>	♦ La revue critique a porté sur les aspects méthodologiques, et la vérification des données secondaires. L'existence de nombreuses études sur les principales matières considérées (plastiques, cartons, bois), et la présence d'un comité de pilotage pour le suivi de l'étude permet de s'affranchir de la vérification des données site.
III	7	<b>Données relatives aux matériaux</b>	♦ Les matières principales (bois, cartons, plastiques) ont fait l'objet de nombreuses études ACV dans les années 90. Elle sont mentionnées dans la tableau 4 (en page 22). <b>Avis</b> : l'existence de ces travaux autorise à penser que les données ACV relatives aux matières principales sont assez bien maîtrisées.
III	8	<b>Données relatives à la fabrication des caisses</b>	♦ Un complément relatif aux données mentionnées dans le tableau 4 <production des matières principales> a été fait pour les caquettes en bois et en plastiques afin de s'assurer de leur représentativité en France. ♦ Les données FEFCO sont moyennées sur l'Europe>. Les analyses de sensibilités faites dans la section IV permettent de s'assurer de l'influence des paramètres sensibles. <b>Avis</b> : la démarche exposée dans ce chapitre est en adéquation avec les objectifs de l'étude. Les sources utilisées concernent bien la situation en France.

Section	Chapitre	Sujet	Rapport final version
III	9	<b>Données relatives à la distribution des pommes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Dans le rapport, il est précisé que les distances ont été fixées en concertation avec les professionnels présents dans le comité de pilotage.</li> <li>◆ Les dimensions des palettes ont été exposées de manière suffisante pour justifier le calcul du nombre de palettes par camion.</li> <li>◆ Les suremballages ont également été considérés et décrits de manière détaillée.</li> </ul> <p><b>Avis</b> : Les distances utilisées peuvent être considérées comme représentatives de la situation en France. La méthode utilisée pour le calcul du nombre de palettes et des suremballages par camion est correcte.</p>
III	10	<b>Données relatives à la réutilisation des caisses</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Elles concernent les caisses en bois et en plastique. Les distances ont été fixées avec le comité de pilotage pour les caisses en bois ou fournies par deux prestataires spécialisés (CHEP, IFCO) dans le cas des caisses en plastique. Les données relatives aux rejets du lavage des caisses en plastique correspondent aux exigences réglementaires.</li> </ul> <p><b>Avis</b> : Les valeurs utilisées pour les distances sont également représentatives &lt;car fixées en concertation avec des professionnels&gt;. L'analyse de sensibilité faite au paragraphe 15.9 permet d'étudier l'influence d'une variation des données relatives aux émissions de l'étape de lavage des caisses en plastique.</p>
III	11	<b>Données relatives à la fin de vie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Le devenir des caquettes en fin de vie est exposé dans les tableaux 14 et 15 pour les 6 scénarios.</li> <li>◆ Les données relatives aux caquettes en bois sont plus détaillées dans le rapport (notamment dans le tableau 16). L'annexe IV page 132 détaille également le calcul la part de chacune des filières présentées dans les tableaux 14 et 15.</li> </ul> <p><b>Avis</b> : La démarche exposée est correcte.</p>
III	12	<b>Modèles de transport et d'électricité</b>	<b>Avis</b> : Les modèles exposés sont corrects.
IV	13	<b>Influence du transport</b>	<b>Avis</b> : Ce chapitre aurait été plus intéressant après l'exposé des résultats des 6 scénarios <chapitre suivant>. De plus, les hypothèses et les conclusions ne sont pas claires.
IV	14	<b>Résultats des 6 scénarios</b>	<b>Avis</b> : La présentation des résultats est assez claire pour les 6 scénarios. Par conséquent, l'annexe V n'apporte pas plus d'informations <voir commentaires suivants sur cette partie>
IV	15	<b>Analyse de sensibilité</b>	<p>9 paramètres ont été étudiés pour évaluer la robustesse des conclusions de l'étude. Deux paramètres concernent les émissions de méthane lors de la combustion des écorces, et de la mise en décharge des caquettes en bois, et des plateaux en cartons.</p> <p><b>Avis</b> : Le choix du méthane comme gaz à effet de serre le plus pertinent ne nous semble pas judicieux. En effet, on considère un modèle de décharge moyen avec un taux de captage de 95% pour le biogaz. Le méthane récupéré est soit torché (transformé en CO<sub>2</sub> à plus de 98%) ou valorisé. Donc, les émissions de méthane sont assez faibles dans ces conditions par rapport au CO<sub>2</sub>. De même, le méthane n'est pas le polluant le plus intéressant lors de la combustion à ciel ouvert des écorces.</p>

Section	Chapitre	Sujet	Rapport final version
IV	16	<b>Simulations prospectives</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Les hypothèses testées sont intéressantes pour orienter des choix politiques ou industriels. Les éléments des conclusions et les recommandations d'amélioration s'appuient en partie sur ce chapitre.</li> </ul>
IV	17	<b>Conclusions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Les conclusions sont fidèles aux résultats obtenus dans l'étude.</li> </ul>
Annexes : Sujet			Rapport final version
<b>Annexe II : Données primaires</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Modules créés et validés par Ecobilan &lt;données site&gt;.</li> </ul>
<b>Annexe III : Données secondaires</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ La majeure partie des sources mentionnées sont assez connues dans le milieu des ACV, et bien appréciées. Certains de ces données ont une influence négligeable sur les résultats de l'étude. L'annexe V devrait être consacrée à la hiérarchisation des modules appelés.</li> <li>◆ Nous avons comparé certaines des données insérées dans le logiciel Team avec celles des sources bibliographiques mentionnées (notamment APME, et BUWAL 232). Aucune erreur n'a été relevée.</li> </ul>
<b>Annexe IV : Modélisation de la fin de vie</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Le développement est très méthodologique. Il aurait été plus intéressant d'appliquer les modèles exposés pour justifier les résultats présentés dans le chapitre 14.</li> </ul>
<b>Annexe V : Inventaire d'ACV</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Le chapitre 4 &lt;p. 20&gt; décrit un nombre réduit de flux d'inventaire considérés comme pertinents dans le contexte de l'étude.</li> <li>◆ La contribution des 6 scénarios étudiés aux différents flux d'inventaire et impacts a été présenté dans les tableaux 30 à 35 (pages 44 à 46).</li> </ul> <p>L'annexe V ne présente pas d'intérêt. Il aurait été plus intéressant de présenter la contribution des modules décrits dans les annexes II et III à chacune des étapes du cycle de vie des caquettes afin de donner une appréciation globale sur la qualité des résultats.</p>
<b>CONCLUSION GENERALE</b>			
<p>La présente revue critique a été réalisée par nos soins en toute indépendance.</p> <p>L'examen du rapport final, nous permet de conclure que l'étude ACV des caisses a été mise en œuvre correctement, et ce conformément aux exigences des normes ISO 14040.</p> <p>Les tendances et positionnements proposés pour les différentes catégories de caisses sont corrects, et la méthodologie utilisée est conforme à l'état de l'art actuel de la méthodologie des ACV.</p>			

## 14.2 Réponses d'Ecobilan aux remarques de la revue critique

Les réponses ci-dessous font directement références aux remarques de M. Khalil Khalifa présentées dans le paragraphe précédent qui appellent une réponse. Elles reprennent la section et le chapitre du rapport concernés, ainsi que l'intitulé du sujet.

### **Remarque IV – 13 – Influence du transport**

Ecobilan a reformulé la dernière partie de ce chapitre mais ne l'a pas déplacé. En effet, Ecobilan considère que ce chapitre, à l'endroit où il est, permet de mieux comprendre la suite des résultats, en soulignant que la part fixe du transport liée aux pommes, était exclue dans les résultats de l'ACV présentés dans la suite du rapport.

### **Remarque IV – 15 – Analyse de sensibilité**

#### Emissions de méthane lors de la mise en décharge des cagettes en bois et des plateaux en carton

Ecobilan a choisi d'étudier le paramètre taux d'émission de méthane lors de la mise en décharge des cagettes en bois et des plateaux en carton, car sur l'ensemble du cycle de vie de ces 2 emballages, le méthane est un contributeur très important à l'effet de serre à 20 ans : pour les autres marchés, la contribution du méthane à l'effet de serre représente ainsi respectivement 47 % (cagettes en bois) et 40 % (plateaux en carton), malgré l'hypothèse d'un taux de captage du biogaz de 95 %. Sur cette dernière hypothèse, Ecobilan souligne que dans l'analyse de sensibilité portant sur la mise en décharge, un taux de 60 % a été étudié.

#### Taux d'émission de méthane lors de la combustion des écorces de peuplier à l'air libre

Ce paramètre a été jugé pertinent par Ecobilan pour faire l'objet d'une étude de sensibilité car les émissions de méthane de cette étape contribuent à une part importante du total du cycle de vie, avec respectivement 49 % (GDO) et 36 % (autres marchés) du total de méthane. De plus, le degré d'incertitude de ce paramètre a été jugé plus important que celui portant sur les émissions de poussières, qui elles aussi proviennent majoritairement de cette combustion à l'air libre.

### **Remarque Annexe V : Inventaire d'ACV**

Dans le rapport final, les inventaires d'ACV ont été présentés de manière à distinguer la contribution individuelle des 5 sous-systèmes composant le cycle de vie complet d'un emballage. Cette présentation correspond à un compromis entre une présentation des résultats totaux et une présentation où la contribution de chaque sous-étape serait détaillée. Ecobilan estime que cette dernière solution, où il aurait plusieurs dizaines de colonnes, serait difficilement lisible. Afin de faciliter la lecture de cette annexe par des non-spécialistes de l'ACV, Ecobilan a rajouté un guide de lecture au début de cette annexe.

## 15 Références

### Général

1. ECOBILAN - «Analyse de cycle de vie de la cagette en bois» : étude réalisée pour l'ADEME et le Syndicat des Industries de l'Emballage Léger en bois, octobre 1998
2. ECOBILAN - «Analyse de cycle de vie de la palette bois Europe 800\*1200» : étude réalisée pour l'ADEME et le Ministère de l'Agriculture, mai 1996
3. ECOBILAN - «Analyse de cycle de vie de la palette bois Europe 800\*1200, Synthèse» : étude réalisée pour l'ADEME et le Ministère de l'Agriculture, 1997
4. ECOBILAN - «Analyse de cycle de vie du peuplier de la pépinière à l'âge d'exploitabilité» : étude réalisée par Ecobilan pour le Ministère de l'Agriculture (DERF/SDIB) et l'ADEME, en collaboration avec l'AFOCEL et le CEMAGREF, décembre 1997
5. CEMAGREF, Division ressources génétique et Plants Forestiers, Alain Valadon et François Diot, «Impact biologique de peuplements naturels et artificiels de peupliers sur le milieu : une approche bibliographique», décembre 1196
6. APME (Association of Plastics Manufacturer in Europe) – « Eco-profiles of the European plastics industry – report 10 : Polymer conversion », Mai 1997
7. FEFCO, Groupement Ondulé & Kraft Institute – « European Database for Corrugated Board Life Cycle Studies », 1997
8. Ecobilan –« Case Study: Life cycle inventories of CB and PP packagings for the transport of fruit and vegetable », étude réalisée pour FEFCO, mars 1993
9. Electricité de France - «Résultats Techniques d'Exploitation, 1996» paru en 1997

### Distribution des fruits et légumes

10. CTIFL - « La Distribution des fruits et légumes frais : circuits et opérateurs de la filière française», octobre 1998
11. Le Mémento des fruits et légumes - Fiches fruits, édition CTIFL, 1997
12. PANORAMA de la distribution et des points de ventes : les chiffres clés de la distribution, les entreprises de la distribution , édition 1998.

***Fin de vie***

13. ADEME - Direction de l'agriculture et des bioénergies - Pierre Ballaire et Philippe Simon - «Impacts positifs du bois énergie en terme d'effluents gazeux », Mars 1996
14. ADEME/CTBA/EDF – « La valorisation des produits connexes du bois » - Energie environnement, 1992
15. ADEME/AGHTM – « ITOM 6 : Sixième inventaire des installations de traitement, de transit ou de mise en décharge de déchets ménagers et assimilés en France », 1995
16. SIEL : « Etude emballages légers en bois et carton en grande distribution », septembre 1994
17. Syndicat National du Chauffage Urbain et de la Climatisation Urbaine (SNCU) – « Enquête sur le chauffage urbain représentative de la situation française de 1995 », 1999
18. PEYRET Louis, «Energies renouvelables et locales pour les réseaux de chaleur», Environnement et Technique/ Info-déchets, n° 167, juin 1997
19. Delmas, C. Jambert, «Emissions de gaz à effet de serre des parcelles agricoles et des brûlis», Les dossiers de l'environnement de l'INRA», n°10, p. 79; 1994
20. SIEL – MM. Bouillaud, Briand – «Evaluation des destinations des emballages légers en bois et en carton ondulé après usage.», Mai 1998

## **16 Annexe I : lettres d'engagement des organismes professionnels**

Madame Nadia BOEGLIN

Cellule éco-critères et éco-produits

ADEME

27, rue Louis Vicat

75537 Paris Cedex 15

Paris le 11 oct. 99

Madame,

L'ADEME a initié et finance une ACV (Analyse de Cycle de Vie) concernant la cagette en bois, la caisse plastique et le plateau carton utilisés pour la distribution sur le marché national des fruits et légumes (caisse 60 x 40). La réalisation de cette étude a été confiée à la Société Ecobilan SA.

L'objectif de cette étude ACV est de mieux connaître les points forts et les points d'amélioration de chaque produit :

- au sein d'une filière donnée, elle pourra permettre d'orienter les efforts d'amélioration vers les points les plus sensibles (par exemple : pour optimiser les gains environnementaux, vaut-il mieux porter ses efforts sur la logistique ou sur la valorisation finale des produits ?)
- dépassant les conflits récurrents inhérents à la concurrence inter-matériaux, elle pourra permettre, par la réalisation de scénarii appropriés, d'appréhender les champs les plus favorables d'un type de produit donné en fonction de paramètres pertinents (exemples : distance de transport, nombre de rotation, taux de valorisation effectif, taux de perte, ...etc.).

Sur la demande de l'Agence, notre syndicat s'est associé au suivi et au pilotage de cette étude, en assurant en particulier la coordination avec les industriels concernés.

Réalisée dans les règles en vigueur (conformité à la série de normes internationales ISO 1404X) et sous la responsabilité de l'ADEME, cette étude donnera lieu à une synthèse publique. L'ambition est que cette synthèse soit co-signée par les 3 syndicats concernés et l'ADEME. Si, toutefois, l'un des 3 syndicats ne souhaitait pas au final être associé à cette communication, son retrait serait clairement indiqué dans l'introduction de cette synthèse.

Concernant les communications écrites ou orales qui pourraient être faites par notre syndicat en se référant aux résultats de cette étude, nous nous engageons à indiquer que la synthèse regroupant l'ensemble des résultats de l'étude est disponible sur simple demande. Cette assertion commune prendra la forme suivante : « Résultats issus d'une analyse de cycle de vie commanditée par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) en 1999, dont le rapport de synthèse complet (XX pages) est disponible sur simple demande auprès de notre syndicat ou consultable sur le site internet de l'ADEME : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr) ».

Par ailleurs, nous nous engageons à nous informer mutuellement (CSEMP, SIEL, USFO, ADEME) de toute communication publique relative à la présente étude, et ce dans des délais permettant à chacun une éventuelle réaction avant le déroulement effectif de la manifestation.

Pierre BOUILLAUD

Délégué Général

P.O



Paris, le 5 octobre 1999

**Madame Nadia BOEGLIN**  
LCA & Green Goods Team  
ADEME  
27, rue Louis Vicat  
75737 PARIS Cédex 15

Madame,

L'ADEME a initié et finance une ACV (Analyse de Cycle de Vie) concernant la cagette en bois, la caisse plastique et le plateau carton utilisés pour la distribution sur le marché national des fruits et légumes (caisse 60 x 40). La réalisation de cette étude a été confiée à la Société Ecobilan SA.

L'objectif de cette étude ACV est de mieux connaître les points forts et les points d'amélioration de chaque produit :

- au sein d'une filière donnée, elle pourra permettre d'orienter les efforts d'amélioration vers les points les plus sensibles (par exemple : pour optimiser les gains environnementaux, vaut-il mieux porter ses efforts sur la logistique ou sur la valorisation finale des produits ?) ;
- dépassant les conflits récurrents inhérents à la concurrence inter-matériaux, elle pourra permettre, par la réalisation de scénarii appropriés, d'appréhender les champs les plus favorables d'un type de produit donné en fonction de paramètres pertinents (exemples : distance de transport, nombre de rotations, taux de valorisation effectif, taux de perte, ...etc.).

Sur la demande de l'Agence, notre syndicat s'est associé au suivi et au pilotage de cette étude, en assurant en particulier la coordination avec les industriels concernés.

Réalisée dans les règles en vigueur (conformité à la série de normes internationales ISO 1404X) et sous la responsabilité de l'ADEME, cette étude donnera lieu à une synthèse publique. L'ambition est que cette synthèse soit co-signée par les 3 syndicats concernés et l'ADEME. Si, toutefois, l'un des 3 syndicats ne souhaitait pas au final être associé à cette communication, son retrait serait clairement indiqué dans l'introduction de cette synthèse.

Concernant les communications écrites ou orales qui pourraient être faites par notre syndicat en se référant aux résultats de cette étude, nous nous engageons à indiquer que la synthèse regroupant l'ensemble des résultats de l'étude est disponible sur simple demande. Cette assertion commune prendra la forme suivante : « Résultats issus d'une analyse de cycle de vie commanditée par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) en 1999, dont le rapport de synthèse complet (XX pages) est disponible sur simple demande auprès de notre syndicat ou consultable sur le site internet de l'ADEME : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr) ».



Par ailleurs, nous nous engageons à nous informer mutuellement (CSEMP, SIEL, USFO, ADEME) de toute communication publique relative à la présente étude, et ce dans des délais permettant à chacun une éventuelle réaction avant le déroulement effectif de la manifestation.



Françoise GERARDI  
Délégué Général



union syndicale française  
du carton ondulé

**Nadia BOEGLIN**  
Cellule éco-critères & éco-produits  
**ADEME**  
27, rue Louis Vicat  
75737 PARIS Cedex 15

PARIS, 1er décembre 1999

Madame,

L'ADEME a initié et finance une ACV (Analyse de Cycle de Vie) concernant la cagette en bois, la caisse plastique et le plateau carton utilisés pour la distribution sur le marché national des fruits et légumes (caisse 60 x 40). La réalisation de cette étude a été confiée à la Société Ecobilan SA.

L'objectif de cette étude ACV est de mieux connaître les points forts et les points d'amélioration de chaque produit :

- au sein d'une filière donnée, elle pourra permettre d'orienter les efforts d'amélioration vers les points les plus sensibles (par exemple : pour optimiser les gains environnementaux, vaut-il mieux porter ses efforts sur la logistique ou sur la valorisation finale des produits ?) ;
- dépassant les conflits récurrents inhérents à la concurrence inter-matériaux, elle pourra permettre, par la réalisation de scénarios appropriés, d'appréhender les champs les plus favorables d'un type de produit donné en fonction de paramètres pertinents (exemples : distance de transport, nombre de rotations, taux de valorisation effectif, taux de perte... etc.).

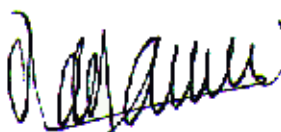
Sur la demande de l'Agence, notre Syndicat s'est associé au suivi et au pilotage de cette étude, en assurant en particulier la coordination avec les industriels concernés.

Réalisée dans les règles en vigueur (conformité à la série de normes internationales ISO 1404X) et sous la responsabilité de l'ADEME, cette étude donnera lieu à une synthèse publique. L'ambition est que cette synthèse soit cosignée par les 3 Syndicats concernés et l'ADEME. Si, toutefois l'un des 3 Syndicats ne souhaitait pas au final être associé à cette communication, son retrait serait clairement indiqué dans l'introduction de cette synthèse.

Concernant les communications écrites ou orales qui pourraient être faites par notre syndicat en se référant aux résultats de cette étude, nous nous engageons à indiquer que la synthèse regroupant l'ensemble des résultats de l'étude est disponible sur simple demande. Cette assertion commune prendra la forme suivante : « Résultats issus d'une analyse de cycle de vie commanditée par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) en 1999, dont le rapport de synthèse complet (XX pages) est disponible sur simple demande auprès de l'USFO ou consultable sur le site Internet de l'ADEME : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr) ».

Par ailleurs, nous nous engageons à nous informer mutuellement (CSEMP, SIEL, USFO, ADEME) de toute communication publique relative à la présente étude, et ce dans des délais permettant à chacun une éventuelle réaction avant le déroulement effectif de la manifestation.

Nous vous prions d'agréer, Madame, nos cordiales salutations.

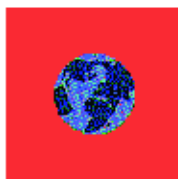
  
**Olivier de LAGAUSIE**  
Délégué Général

**USFO**

## **17 Annexe II : appréciations finales des organismes professionnels et éléments de réponse de l'ADEME**

Cette section comprend :

- L'accord final du SIEL sur l'étude
- L'accord final du CSEMP sur l'étude
- Les commentaires finals de l'ONDEF sur l'étude
- Les éléments de réponse de l'ADEME à ces commentaires



Paris, 24 août 2000

CENTRE DE  
PARIS-VANVES  
27, rue Louis Vicat  
75737 Paris Cedex 15  
Téléphone : 01 47 65 20 00  
Télécopie : 01 46 45 52 36

Messieurs MOURLAN, BRIAND et BOUILLAUD  
SIEL  
33 rue de Naples  
75008 PARIS

Chers Messieurs,

C'est avec plaisir que nous vous adressons le rapport et la synthèse finals de l'étude « ACV des caisses en bois, carton ondulé et plastique pour pommes » à laquelle vous avez bien voulu participer.

Il s'agit là de la dernière étape de cette étude. Aussi, nous vous prions de bien vouloir nous retourner, avant le 15 septembre 2000, une copie de cette lettre, complétée et signée et, le cas échéant, de nous faire parvenir sur papier libre les éventuels commentaires finals qui vous conduisent à rejeter ces rapports. Dans ce second cas, nous vous remercions de rédiger ces commentaires de manière succincte, précise, et compréhensible pour un lecteur n'ayant pas participé à l'étude. Au cas où vous auriez plusieurs commentaires à effectuer, ceux-ci devraient être numérotés. Comme convenu, ces éventuels commentaires seront repris en annexe des documents finals, suivis, le cas échéant, de la réponse commune d'Ecobilan et de l'ADEME.

En vous remerciant encore une fois pour votre coopération, nous vous prions de bien vouloir agréer, chers Messieurs, l'expression de nos bien sincères salutations.

Nadia Boeglin

Cellule éco-critères &amp; éco-produits

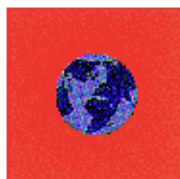
PJ : 1 exemplaire du rapport et de la synthèse finals

Pour le SIEL,

- nous approuvons les versions finales des rapports (versions datées Août 2000, réf. L045-R6 et L045-S4)  
 nous n'approuvons pas les versions finales de ces rapports et vous joignons nos commentaires.

date : 08/09/00 nom et signature :

A. BOUILLAUD / B. MOURLAN



Paris, 24 août 2000

CENTRE DE  
 PARIS-VANVES  
 27, rue Louis Vicat  
 75737 Paris Cedex 15  
 Téléphone : 01 47 65 20 00  
 Télécopie : 01 46 45 52 36

Madame Françoise GERARDI  
 CESMP  
 5 rue de Chazelles  
 75017 PARIS

Chère Madame,

C'est avec plaisir que nous vous adressons le rapport et la synthèse finals de l'étude « ACV des caisses en bois, carton ondulé et plastique pour pommes » à laquelle vous avez bien voulu participer.

Il s'agit là de la dernière étape de cette étude. Aussi, nous vous prions de bien vouloir nous retourner, avant le 15 septembre 2000, une copie de cette lettre, complétée et signée et, le cas échéant, de nous faire parvenir sur papier libre les éventuels commentaires finals qui vous conduisent à rejeter ces rapports. Dans ce second cas, nous vous remercions de rédiger ces commentaires de manière succincte, précise, et compréhensible pour un lecteur n'ayant pas participé à l'étude. Au cas où vous auriez plusieurs commentaires à effectuer, ceux-ci devraient être numérotés. Comme convenu, ces éventuels commentaires seront repris en annexe des documents finals, suivis, le cas échéant, de la réponse commune d'Ecobilan et de l'ADEME.

En vous remerciant encore une fois pour votre coopération, nous vous prions de bien vouloir agréer, chère Madame, l'expression de nos bien sincères salutations.

Nadia Boeglin

Cellule éco-critères &amp; éco-produits

PJ : 1 exemplaire du rapport et de la synthèse finals

Pour le CESMP,

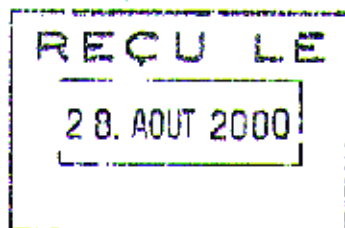
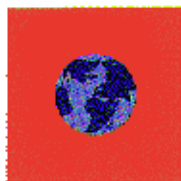
- nous approuvons les versions finales des rapports (versions datées Août 2000, réf. L045-R6 et L045-S4)  
 nous n'approuvons pas les versions finales de ces rapports et vous joignons nos commentaires.

date :

27/09/2000

nom et signature :

 Françoise GERARDI



Paris, 24 août 2000

CENTRE DE  
PARIS-VANVES

27, rue Louis Vica.

75737 Paris Cedex 15

Téléphone : 01 47 65 20 00

Télécopie : 01 46 45 52 36

Monsieur de LAGAUSIE

ONDEF

6 square de l'opéra Louis Jouvet

75009 Paris

Cher Monsieur,

C'est avec plaisir que nous vous adressons le rapport et la synthèse finals de l'étude « ACV des caisses en bois, carton ondulé et plastique pour pommes » à laquelle vous avez bien voulu participer.

Il s'agit là de la dernière étape de cette étude. Aussi, nous vous prions de bien vouloir nous retourner, avant le 15 septembre 2000, une copie de cette lettre, complétée et signée et, le cas échéant, de nous faire parvenir sur papier libre les éventuels commentaires finals qui vous conduisent à rejeter ces rapports. Dans ce second cas, nous vous remercions de rédiger ces commentaires de manière succincte, précise, et compréhensible pour un lecteur n'ayant pas participé à l'étude. Au cas où vous auriez plusieurs commentaires à effectuer, ceux-ci devraient être numérotés. Comme convenu, ces éventuels commentaires seront repris en annexe des documents finals, suivis, le cas échéant, de la réponse commune d'Ecobilan et de l'ADEME.

En vous remerciant encore une fois pour votre coopération, nous vous prions de bien vouloir agréer, cher Monsieur, l'expression de nos bien sincères salutations.

Nadia Boeglin

Cellule éco-critères &amp; éco-produits

PJ : 1 exemplaire du rapport et de la synthèse finals

Pour l'ONDEF (ex-USFO),

- nous approuvons les versions finales des rapports (versions datées Août 2000, réf. L045-R6 et L045-S4)
- nous n'approuvons pas les versions finales de ces rapports et vous joignons nos commentaires.

date :

28 septembre 2000

nom et signature :

Suite à l'analyse de cycle de vie, l'ONDEF, Organisation Professionnelle des fabricants français de carton ondulé, qui a accompagné cette étude depuis le début, en accord avec l'ADEME et les Organisations Professionnelles représentant les autres matériaux, se voit obligée de ne pas signer le rapport final, pour une raison principale, sur laquelle elle insiste depuis plus d'un an sans que cela ait apporté de modifications appropriées, bien que le problème ait été reconnu par tous les acteurs. A cela se greffent des problèmes que nous listons en fin de document, à nos yeux restés sans réponse.

### **I REMARQUE PRINCIPALE**

L'étude, que ce soit dans sa version développée - L 045 R6 - ou dans sa synthèse - L 045 S4, fait apparaître de façon récurrente une imprécision fondamentale :

- soit par graphiques, tableaux ou argumentation rédactionnelle interposés :
- Dans le Rapport Développé *en pages 13, 15, 37, 38, 39, 40, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 64, 66, 67, 68, 73, 75, 76, 80, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 92 et 93.*
- Dans le Rapport de Synthèse *en pages 22, 27, 30, 31, 37 (tableaux 24,26,28), 45, 46.*

entre d'une part, les impacts environnementaux moyens réels de certains matériaux et d'autre part, les impacts environnementaux hypothétiques extrapolés de la limite technique de vie (150 rotations) des emballages en plastique de réemploi.

Le cas du bac plastique de réemploi s'apparente dans cette étude donc à une analyse de sensibilité, puisque les chiffres choisis (nombre de rotations des bacs de réemploi dans le marché de la pomme) pour le plastique n'ont fait l'objet d'aucune étude objective de la société ECOBILAN, laquelle a placé des bômes de nature différente : 10 rotations est une hypothèse de « moyenne basse » de rotations réelles et, en regard, 150 est la limite de vie technique des emballages de réemploi.

Rappelons la définition des analyses de sensibilité donnée par l'ADEME elle-même en p 49/188 du rapport final L045-R6 : « les analyses de sensibilité correspondent à des simulations relatives à des paramètres dont les valeurs ont été difficiles à fixer dans les scénarios de référence et pour lesquelles il n'existe pas de sources de données publiques reconnues. Elles ont pour objectif de tester l'influence de l'incertitude de ces paramètres sur les résultats de l'étude »

Les données de l'étude, acceptables dans le cadre d'une analyse de sensibilité, n'offrent pas une représentation de la réalité et nous semblent donc faussées.

L'ONDEF a donc demandé de façon réitérée que les improbables « 150 rotations » soient remplacées par une étude réelle (si possible) de l'encadrement sur ce marché, et de la modification en conséquence de tous les graphiques et tableaux de chiffres, en proposant la solution suivante :

Obtenir l'encadrement réaliste du nombre maximal de rotations dans le marché spécifique de la pomme, nécessite de tenir compte des réalités du terrain :

- saisonnalité ou non des récoltes de pommes immobilisant aujourd'hui des bacs (de dimension non modulable) au regard des méthodes de conservation du fruit.
- solidité des bacs au regard des manipulations, du poids du chargement et des conditions de transport, de la fragilité des charnières et des coups reçus pour les refermer aux différentes étapes de la boucle. Le taux de casse ne peut être linéaire car l'affaiblissement des charnières à chaque utilisation est une donnée connue.
- vols des bacs sur des circuits longs avec acteurs nombreux sur des sites très ouverts (au regard des chiffres connus dans le monde des palettes par exemple - voir les études SNCF).

Même si nous pensons que l'étude apportera des réponses très différentes des chiffres proposés, nous ne présageons pas du résultat, mais nous contestons ces choix et les projections graphiques auxquelles ils ont donné lieu, au nom de l'équité et de l'objectivité de l'étude.

Cet encadrement haut est peut être impossible à trouver, au vu de l'apparition récente du bac plastique sur la pomme en France. Si tel est le cas, il fallait en tirer les conséquences : étude dans les pays voisins (Allemagne et Grande Bretagne) où ces chiffres sont connus ? abandon de l'étude ? ou limitation de l'ACV à ses analyses de sensibilité ou simulations prospectives ? Nous ne pouvons répondre. En tout cas, cette imprécision et la solution choisie, introduisent une profonde ambiguïté dans l'étude, confondant à nos yeux hypothèses d'analyse de sensibilité et hypothèses d'ACV.

Les réponses à nos remarques ont pour l'heure été les suivantes :

- a) *«Remarque trop tardive»* : Dès novembre 1999, nous avons marqué notre désapprobation par un courrier, soit 9 mois avant la réception du rapport final. Ce courrier a d'ailleurs fait évoluer (Courriers CSEMP du 10 février 2000) les hypothèses d'encadrement des bords 20/150 rotations aux bords 10/150 rotations, augmentant encore l'écart et donc l'imprécision, montrant bien le côté totalement imprécis des estimations actuelles. La moyenne maximale n'a cependant pas évolué.
- b) *« L'ADEME a opté pour une analyse de sensibilité de 1 à 150 rotations pour tenir compte des remarques de l'ONDEF en section 15-2 du rapport final avec des schémas p 58/188 ; p 59/188, et dans le rapport de synthèse en pages 45/67 et 46/67 »* L'ONDEF soutient que ces schémas, placés en analyses de sensibilité, entretiennent la confusion que suscite la lecture générale du dossier ne résolvant pas le problème de l'estimation réaliste et surtout surajoutant une analyse de sensibilité - bien à sa place - à une autre analyse de sensibilité, l'étude elle-même !
- c) *« L'ADEME fait une note importante en page 13 du rapport développé et en p 9 de la synthèse »*, nous affirmons que cette note, exacte au demeurant, ne fait pas disparaître la confusion que suscite la lecture générale du dossier, car la lecture d'une note préalable ne sera pas gardée en mémoire tout au long des nombreux schémas et multiples tableaux de chiffres, qui peuvent par exemple être utilisés hors contexte, devant des publics non avertis (de la note p 13...).

Nous estimons que si nous avions mieux compris l'esprit dans lequel cette étude a évolué, nous aurions beaucoup insisté sur des points d'analyses de sensibilité et plus encore de simulations prospectives qui sont aujourd'hui des perspectives de l'industrie, de l'emballage en carton ondulé concernant les perspectives d'amélioration des impacts environnementaux des papeteries par exemple.

Voilà en tout cas exposé notre principal motif de profond désaccord avec l'étude ADEME. Vous aurez compris que nous ne remettons pas en question le sérieux du travail, mais le réalisme, et donc la validité d'hypothèses fondamentales et ses conséquences. On ne lit pas une analyse de sensibilité ou une simulation prospective, comme le corps de l'étude ACV.

Les graphiques présentés sont donc trompeurs pour le lecteur et peuvent même induire des interprétations ou conclusions sans rapport avec la réalité.

#### **AUTRES POINTS QUI RESTENT POUR NOUS SANS REPOSE A DES QUESTIONS APPARUES EN COURS D'ETUDE :**

**I**

La pomme est un fruit que les moyens de conservation ont permis de désaisonnaliser en France, l'étude aurait dû aussi exister pour un fruit à forte saisonnalité, cas le plus fréquent de la filière fruits et légumes, impactant différemment sur les modes de valorisation. D'autre part, le faible nombre de hauteurs de bacs plastiques induit dans la filière fruits et légumes une grande différence de nombre de camions sur les routes au vu de l'inadéquation de la taille du contenant - bac plastique - à la taille du fruit contenu. Cette étude Pommes n'est donc pas représentative du marché des Fruits et Légumes.

**II**

L'hypothèse « autres marchés » ne présente pas de bacs plastiques. L'absence de caisses plastiques aurait dû être expliquée ; en effet, si l'utilisation du plastique de réemploi et lavable est impossible, les raisons peuvent en être connues. Et l'impact environnemental s'étudie au regard de la faisabilité des solutions. (Par exemple, prendre le train plutôt que sa voiture pour partir en famille en vacances se défend en terme environnemental, mais il faut considérer les taxis qu'il faudra prendre sur place.. Si le taxi n'existe pas... ce n'est plus une comparaison, mais une simulation prospective, et l'étude perd de son intérêt).

Si l'unité fonctionnelle est « le transport de pommes vers tout type de distribution », le plastique semble donc exclu. Or, il y a pourtant des bacs plastiques non repliables sur les « autres marchés ».

**III**

Les puits de carbone que représente la culture du bois dans la phase amont de la production de carton ondulé ne nous semble pas prise en considération en impact environnemental positif. Voir rapport FEFCO « User's guide LCI » + incidence recyclage 4 fois.

**IV**

Les cagettes en bois en France seraient pour 10% en pin, 90 % en peuplier. L'étude évoque uniquement le peuplier. (Réunion ADEME, juillet 2000).

Les taux d'utilisation des cagettes en France pour les feux de cheminées nous paraissent bien excessifs.

La distance de camions de 50 km entre les plates-formes de broyage et les chaufferies nécessiterait une carte. De façon plus générale, une carte des papeteries, centres de lavage, et plates-formes de broyage et chaufferies en France aurait donné une vue intéressante du sujet.

**VI**

La réutilisation des plateaux en bois sur les autres marchés et dans la GDO pose problème au regard des exigences des clients et de la réglementation (Tout comme les bacs plastiques non lavés qui constituent une réalité du marché, voir l'Interfilère Fruits et Légumes, INTERFEL). L'ACV peut-elle s'abstraire de ces réalités ? Pouvait-elle éviter pour le moins une analyse de sensibilité de réutilisation nulle des caquettes en bois ?

**VII**

Sur la notion de « retour à vide ». La réalité montre que les camions qui remportent les caisses ne sont pas les mêmes que ceux qui livrent, et ceux qui livrent ne retournent pas sur la plate-forme de départ, au regard des efforts de productivité du monde des transports. Question soulevée en réunion ADEME juillet 2000 et restée sans réponse.

La GDO est équipée en compacteurs ou presses à balles : Ainsi, le retour des balles d'emballages carton ondulé usagés ou FCR (Fibres cellulosiques de récupération) vers les papeteries génère jusqu'à 8 fois moins de camions sur les routes que l'équivalent en bacs plastiques repliés vers les centres de lavage (différence de volume due à la différence du nombre d'emballages au m<sup>3</sup>).

**VIII**

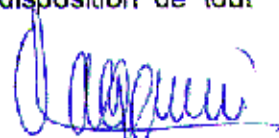
P 133 et 134 du rapport développé : Tableaux à valider et à présenter avec toutes les légendes. Tels quels, ces tableaux ne peuvent avoir été validés par l'équipe de pilotage pour la raison simple qu'ils sont illisibles en l'état.

**IX**

P 140 du rapport développé : Il s'agit de rejets et non d'émissions.

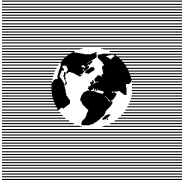
&lt;&gt;&lt;

Devant l'importance de ce sujet, l'Emballage Ondulé de France a désormais créé une Commission de travail : « Analyse de Cycle de Vie » qui sera à la disposition de tout organisme intéressé par ses travaux.



Olivier de LAGAUSIE  
Délégué Général

28.9.2000

**A D E M E**

Paris, 13 octobre 2000

## **Eléments de réponse de l'ADEME aux commentaires de l'ONDEF :**

### **Remarque générale sur la représentativité et responsabilité des données retenues :**

Par rapport aux objectifs de notre étude, nous avons fait appel à 2 types de données :

- 1) Chaque fois que possible ont été utilisées soit les bases de données publiées les plus récentes et reconnues (matières, énergies, transports, ...), soit des données collectées spécifiquement sur des sites industriels (fabrication des caquettes en bois, fabrication des découpes de carton ondulé, montage des plateaux, fabrication des caisses en plastique, modes de remplissage des camions, etc.).
- 2) En l'absence de données statistiques publiées ou de bases de données reconnues, l'étude s'est basée sur des dires d'experts et, en particulier, sur les avis des participants au Comité de Pilotage pour les filières qui les concernent : il s'agit alors d'estimations qui, de par leur origine identifiée et endossée par l'organisme représentatif du secteur concerné, sont, à notre sens, les plus adaptées en l'état actuel des connaissances. Ces valeurs estimées ont notamment été nécessaires en ce qui concerne les données et scénarios spécifiques au domaine de l'emballage léger (scénarios de fin de vie, nombre de rotations, composition des produits en terme de matières premières, distances de transports, ...). En conséquence, après discussion lors des différentes réunions du Comité de Pilotage, toute donnée estimée, spécifique à un type d'emballage et supportée par l'organisme représentatif concerné, a été retenue comme la donnée la plus adéquate pour cette étude.

Ces choix en terme de données nous semblent conformes à l'état de l'art en terme d'études d'analyses de cycle de vie et à l'esprit des normes ISO 1404X.

### **Réponses spécifiques aux différents points évoqués par l'ONDEF :**

- **point I :** voir « Remarque générale sur la représentativité et responsabilité des données retenues ». Concernant les nombres de rotation des caisses plastiques, le large intervalle retenu ainsi que la mise à disposition des formules permettant d'évaluer les impacts environnementaux associés à n'importe quel taux de rotations et la note importante citée (page 9 de la synthèse et 13 du rapport complet), nous semblent le compromis le plus judicieux en l'état actuel des connaissances. Il ne s'agit pas là d'une étude de sensibilité, mais de la prise en compte du caractère récent et donc fortement évolutif des situations.
- **point II :** le champ de l'étude ne concerne que les emballages destinés aux pommes : la représentativité des résultats par rapport à d'autres fruits et légumes n'a pas été étudiée.
- **point III :** l'étude distingue les 2 marchés (GDO et autres marchés), car ils diffèrent significativement tant en terme de distributeurs finals que de types d'emballages concernés ; la

caisse plastique pliable n'étant pas présente hors GDO. Cette distinction, définie en Comité de Pilotage, conduit à étudier, en parallèle et sans jamais les fusionner, les 2 types de marché.

- **point IV** : le CO<sub>2</sub> prélevé par les arbres pour leur croissance n'a pas été pris en compte dans la quantification de la contribution des systèmes à l'effet de serre, que ce soit pour les cagettes en bois ou les plateaux en carton ondulé puisque le carbone constituant ces matériaux et provenant de ce CO<sub>2</sub> est réémis lors de la fin de vie du produit sous forme de CO<sub>2</sub> ou de CH<sub>4</sub>. Le CO<sub>2</sub> émis en fin de vie par les cagettes en bois et les plateaux en carton ondulé est comptabilisé dans la catégorie CO<sub>2</sub> biomasse qui a une contribution nulle à l'effet de serre. Au contraire, le CO<sub>2</sub> dit fossile, émis par exemple lors de la combustion de combustibles fossiles (charbon, pétrole...) ou lors de l'incinération de plastique, contribue à l'effet de serre. Le recyclage des caisses en carton en fin de vie ne change pas cette comptabilité du CO<sub>2</sub> biomasse : comptabiliser le stockage du CO<sub>2</sub> dans le cycle de vie des caisses impliquerait de comptabiliser comme une contribution positive à l'effet de serre, le CO<sub>2</sub> émis lors de la fin de vie de produits issus de papier/carton recyclé. Globalement, seule la dérivation méthanique du bois et du carton (prélèvement de CO<sub>2</sub> réémis sous forme de CH<sub>4</sub>) constitue une contribution à l'effet de serre en raison du coefficient plus élevé pour le CH<sub>4</sub> que pour le CO<sub>2</sub>. Les produits issus du bois (bois et carton) contribuent cependant effectivement à une diminution des émissions de CO<sub>2</sub> lorsque leur valorisation énergétique permet d'économiser des combustibles fossiles, ceci étant pris en compte dans les calculs.
- **point V** : voir « Remarque générale sur la représentativité et responsabilité des données retenues ». Concernant le point spécifique des essences de bois prises en compte, le pourcentage de 90 % pour le peuplier nous semble tout à fait représentatif. De plus, la sylviculture du pin a, à dire d'experts, moins d'impacts sur l'environnement que celle du peuplier. L'hypothèse retenue (100 % peuplier) consiste donc à majorer légèrement les impacts de la cagette en bois.
- **point VI** : voir « Remarque générale sur la représentativité et responsabilité des données retenues ». Le SIEL a constaté que 30 % des cagettes en bois sont réutilisées : l'ACV se base sur cette estimation.
- **point VII** : la variabilité des transports et en particulier le paramètre « retour à vide » fait l'objet d'une étude de sensibilité, présentée en page 61 du rapport complet. En ce qui concerne le transport des plateaux en carton usagés (recyclage, incinération et mise en décharge), il est quantifié par rapport à la masse, ce qui équivaut à un transport d'emballages compactés.
- **point VIII** : probablement p. 153 et suivantes (?) : les tableaux d'inventaire reproduits sont présentés dans un souci de transparence, la note explicative qui les précède a pour ambition de les rendre accessibles pour toute personne familière aux ACV.
- **point IX** : probable erreur de page (p. 140 ?) ; toutefois les termes « émissions » et « rejets » sont utilisés en tant que synonymes.