

# Etude sur l'opportunité du tri et du recyclage des emballages ménagers plastiques autres que bouteilles et flacons

Note de synthèse préparée pour  
**Eco-Emballages et ADEME**

Par  
PricewaterhouseCoopers Advisory  
Ecobilan  
Cadet International

# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>2</b>
<b>SECTION I - INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>3</b>
1 Contexte de l'étude .....	3
2 Objectifs de l'étude .....	3
3 Comité de pilotage de l'étude .....	4
4 Périmètre de l'étude et principaux postulats .....	4
<b>SECTION II – VALORISATION DES DECHETS D'EMBALLAGES PLASTIQUES MENAGERS</b> .....	<b>7</b>
5 Présentation du gisement de déchets d'emballages plastiques ménagers .....	7
6 Une partie des emballages plastiques autres que bouteilles et flacons déjà collectée sélectivement .....	8
7 Les modes de valorisations envisageables .....	9
<b>SECTION III – FAISABILITE DE L'EXTENSION TOTALE DES CONSIGNES DE TRI DES EMBALLAGES PLASTIQUES</b> .....	<b>10</b>
8 <b>Elaboration du scénario de référence</b> .....	<b>10</b>
8.1 <i>Le choix des emballages régénérés</i> .....	10
8.2 <i>La détermination des principaux paramètres de modélisation</i> .....	10
9 <b>Présentation des résultats et enseignements de l'étude</b> .....	<b>12</b>
9.1 <i>Scénario étudié</i> .....	12
9.2 <i>Sur le plan technique</i> .....	13
9.3 <i>Sur le plan économique</i> .....	14
9.4 <i>Sur le plan social</i> .....	16
9.5 <i>Sur le plan environnemental</i> .....	16
<b>SECTION IV – FACTEURS DE RISQUES</b> .....	<b>20</b>
10 <b>Taux de diversion</b> .....	<b>20</b>
11 <b>A l'étape de tri</b> .....	<b>22</b>
11.1 <i>Automatisation du parc de centres de tri actuel</i> .....	22
11.2 <i>Ouverture partielle des consignes de tri n'incluant pas les emballages plastiques souples</i> .....	23
11.3 <i>Contrainte organisationnelle</i> .....	24
12 <b>A l'étape de valorisation</b> .....	<b>24</b>
12.1 <i>Absence de régénération du PS</i> .....	24
12.2 <i>Incertitudes liées à l'existence de débouchés et au prix de vente des MPS</i> .....	24
12.3 <i>Mise en place d'une filière de valorisation énergétique de type CSR</i> .....	25
<b>SECTION V - CONCLUSIONS</b> .....	<b>28</b>
<b>I. ANNEXE I– TYPOLOGIE CENTRES DE TRI UTILISEE DANS LE CADRE DE CETTE ETUDE</b> .....	<b>30</b>

# SECTION I - INTRODUCTION GENERALE

## 1 Contexte de l'étude

Le choix de restreindre la collecte sélective des emballages plastiques ménagers aux seules bouteilles et flacons a été fait par Eco-Emballages à l'origine du système en 1993. Depuis 15 ans, très régulièrement et en particulier à l'occasion des ré-agrèments, les différentes parties prenantes s'interrogent sur le bien fondé de faire évoluer cette consigne de tri.

En 2001, Eco-Emballages a publié une étude<sup>1</sup> environnementale et économique complète qui montrait que l'éco-efficacité du recyclage diminuait significativement en cas d'élargissement des consignes de tri. Une étude<sup>2</sup> réalisée en 2003 pour la Commission Européenne allait dans le même sens, ce qui a amené la Commission à fixer pour les emballages plastiques un objectif de recyclage pour 2008 de 22,5<sup>3</sup>%, nettement inférieur à celui des autres matériaux (excepté le bois) et atteignables avec un recyclage des seuls flacons et bouteilles.

A l'été 2007, la Commission Consultative d'agrément a demandé la réalisation d'une nouvelle étude sur l'opportunité d'étendre les consignes de tri. L'ADEME a fait procéder à un recensement<sup>4</sup> des publications existantes et à une analyse de leur contenu. Ce travail a seulement identifié les deux études déjà citées et une étude anglaise de 2008 ; il ressortait de cette bibliographie que les conclusions de ces travaux n'étaient pas directement transposables à la situation française actuelle.

Une nouvelle étude spécifique a donc été lancée, cofinancée par Eco-Emballages et l'ADEME. Le volet technico-économique et environnemental de ces travaux a été confié, après mise en concurrence, à PricewaterhouseCoopers-Ecobilan et Cadet International.

## 2 Objectifs de l'étude

L'étude comporte deux volets principaux :

- Une analyse technique et économique, visant à confirmer la faisabilité technique d'une extension des consignes de tri à l'ensemble des emballages plastiques et à en chiffrer les coûts.
- Une analyse environnementale complète, conforme aux principes de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) des Produits définis dans l'ISO 14 040 visant à évaluer l'intérêt environnemental d'une extension des consignes de tri.

Ces deux volets ont par ailleurs été complétés par une identification et une analyse des principaux facteurs de risques qui pourraient être associés à cette mise en place d'un nouveau schéma de collecte sélective fondé sur une ouverture totale des consignes de tri aux emballages plastiques.

---

<sup>1</sup> PricewaterhouseCoopers-Ecobilan [2000] Analyses environnementales et économiques du recyclage des déchets ménagers d'emballages plastique en France, PricewaterhouseCoopers-Ecobilan. Cette étude mettait en avant une dégradation des indicateurs d'éco-efficacité dans la mesure où les objectifs de recyclage augmentaient et nécessitaient la mise en œuvre d'autres filières. A noter que, à la différence du travail réalisé en 2000, la présente étude prend en compte les évolutions technologiques, notamment dans le cas du recyclage des films ménagers, et n'a pas considéré une filière de recyclage en mélange pour faire des piquets de vigne mais a pris en compte la possibilité aujourd'hui de développer des filières de régénération par résine plastique. Ce dernier point influence fortement les résultats économiques et environnementaux sur ce type de filière.

<sup>2</sup> RDC-Environment & Pira International [2003] Evaluation of costs and benefits for the achievement of reuse and recycling targets for the different packaging materials in the frame of the packaging and packaging waste directive 94/62/EC

<sup>3</sup> La transposition française de la Directive fixe un objectif spécifique de 21,5 % pour les emballages plastiques **ménagers**

<sup>4</sup> RDC Environnement & Pira [2008] Bilan des connaissances économiques et environnementales sur la consigne des emballages boissons et le recyclage des emballages plastiques

### 3 Comité de pilotage de l'étude

Un comité de pilotage de l'étude a été constitué. Il s'est réuni plusieurs fois au cours de l'étude (7 réunions). Son rôle a consisté à valider au fur et à mesure du déroulement les hypothèses, les principales données et les choix méthodologiques réalisés par le prestataire.

Le comité de pilotage a réuni les participants suivants :

- ADEME, M. Sylvain Pasquier,
- AMORCE, M. Loic Lejay et M. Adrien Bastides,
- CNIID, Mme Hélène Bourges,
- CNR, M. Jonathan Decottignies,
- ANIA Danone, M. Philippe Diercxsens,
- Eco-Emballages, M. Carlos de los Llanos, Mme Valérie Herrenschildt et M. Eric Fromont
- ELIPSO, Mme Françoise Gérardi,
- FNE, Mme Penelope Vincent-Sweet et Mme Delphine Tombal,
- Sita, M. Eric Etienne,
- Syctom de Paris, M. Olivier Castagno,
- Valorplast, M. Géraud Delorme et M. Tristan Brunin,
- Véolia Environnement, M. François Monié.

### 4 Périmètre de l'étude et principaux postulats

#### Une extension totale des consignes de tri

Les travaux d'évaluation ont été conduits en considérant comme scénario de référence une extension des consignes de tri qui s'applique à :

- l'ensemble des déchets d'emballages plastiques ménagers ;
- l'ensemble de la population française.

Le fait d'avoir choisi de considérer l'ensemble des déchets d'emballages plastiques ménagers, plutôt qu'une partie seulement de ces emballages a priori perçus comme intéressants, permettait d'éviter de fonder le raisonnement sur des idées préconçues. A l'inverse, ce choix permettait de prévenir la tentation d'une généralisation abusive de résultats qui auraient été construits sur un scénario d'ouverture partiel. Une extension partielle a été étudiée en variante sur la base des résultats obtenus dans le scénario de référence.

#### Une approche générique de la problématique

Les spécificités locales, qui pourraient conduire à moduler les performances effectives de la collecte sélective des emballages plastiques, n'ont pas été considérées dans le cadre de ces travaux.

#### Une évaluation en phase mature

L'étude a été réalisée en construisant des scénarios correspondant à un régime mature de l'extension des consignes de tri : les taux de diversion des déchets d'emballages plastiques, l'efficacité de captage en centre de tri et le rendement de recyclage chez les régénérateurs correspondent à des valeurs de plein régime ; ces valeurs ont été déterminées en concertation avec le comité de pilotage de l'étude. La phase transitoire de montée en puissance de la collecte, du tri et du recyclage des déchets d'emballage plastiques qui n'appartiennent pas aujourd'hui au flux collecté sélectivement n'a pas été étudiée en tant que telle.

#### Une analyse étape par étape

En vue de réaliser l'analyse technico-économique et environnementale, les étapes suivantes de la filière ont été étudiées spécifiquement :

- Dotation, collecte et transfert,
- Tri et éventuel surtri,
- Transport,
- Régénération,
- Valorisation énergétique.

Pour chacune de ces étapes de la filière, certains postulats de travail ont été pris après discussion et validation avec le comité de pilotage.

### **Des centres de tri organisés selon le schéma actuel**

L'évaluation d'un scénario d'extension des consignes de tri à maturité implique qu'un délai de plusieurs années s'est écoulé entre la mise en place de cette extension et cette phase de maturité. Ce délai devrait conduire à une évolution de l'organisation des centres de tri. Toutefois, une analyse prospective des facteurs d'évolution des centres de tri s'avérait à elle seule trop complexe pour être intégrée à ces travaux. Il a donc été décidé avec le comité de pilotage de l'étude de s'affranchir autant que faire se peut de cette évolution.

Les travaux ont ainsi été conduits en considérant tout d'abord que le tri serait réalisé dans un parc de centres de tri identique au parc actuel et en supposant que chaque centre de tri fonctionnerait à iso-capacité par rapport à la capacité actuelle. L'évaluation repose en première instance sur une adaptation des centres de tri existants afin de traiter le nouveaux flux de déchets d'emballages plastiques ménagers. Une analyse de sensibilité a ensuite été réalisée en supposant que le parc de centres de tri pourrait être modernisé : les centres de tri les moins automatisés ont été remplacés par des centres de tri les plus automatisés.

Par ailleurs, afin de prendre en compte au mieux les spécificités de chaque type de centre de tri, une typologie détaillée a été élaborée en établissant six catégories de centres de tri depuis le centre le moins automatisé (type 1) au centre le plus automatisé (type 4 avec deux trieurs optiques). Cette typologie est présentée en Annexe I, elle reprend la typologie existante élaborée par Eco-Emballages (types 1 à 4), en l'affinant pour les types 3 et 4. Une fois cette typologie définie, les données de fonctionnement des centres de tri en terme de nombre de postes, d'horaires moyens et de taux d'utilisation notamment ont été collectées.

### **Une adaptation des centres de tri reposant sur la création d'une unique alvéole supplémentaire**

Par ailleurs, avec le même souci de prendre en compte au mieux les réalités organisationnelles et d'espace dans les centres de tri aujourd'hui, il a été pris comme postulat que les contraintes foncières des sites actuels entraîneraient une conservation des alvéoles de stockage intermédiaires des produits quasiment identiques à leur configuration actuelle. Ainsi, une alvéole serait dédiée aux films plastiques (pré-tri), les trois alvéoles PET clair / foncé et PEHD étant conservées. Le flux de nouveaux plastiques est dirigé vers l'alvéole de PEHD qui devient ainsi une alvéole de mélange. Ce mélange est ensuite surtrié dans un centre spécifique.

### **La prise en compte des coûts évités par la diminution des OM résiduelles**

Une partie des déchets d'emballages ménagers plastiques qui sont aujourd'hui envoyés en incinération ou centre de stockage seront, suite à l'extension des consignes, envoyés vers des filières de régénération entraînant de fait une diminution de la quantité d'ordures ménagères résiduelles. Dans le cadre de l'extension des consignes, il est donc nécessaire de prendre en compte un coût de traitement évité (ie diminution du coût de traitement actuel des OMR).

### **Une analyse du surcoût de l'extension éventuelle des consignes en coûts complets**

Tous les surcoûts calculés dans l'étude le sont par différence entre deux scénarios (situation actuelle vs ouverture totale des consignes de tri). Ils sont évalués en coûts complets (coûts fixes, amortissements inclus, et coûts variables).

Cette approche répond bien à la question de départ (coût de l'extension des consignes de tri), mais le calcul est différent de l'approche en coûts analytiques par matériaux. Dans une approche en coût analytique, il

conviendrait d'établir le coût spécifique de collecte, tri et recyclage des plastiques dans la situation avec extension (ce sujet ne fait pas partie du périmètre de l'étude mais devra être pris en compte dans le calcul des prochains barèmes Point Vert).

## **SECTION II – VALORISATION DES DECHETS D'EMBALLAGES PLASTIQUES MENAGERS**

---

### **5 Présentation du gisement de déchets d'emballages plastiques ménagers**

Une cartographie du gisement de déchets d'emballages plastiques ménagers a été réalisée afin de caractériser ce gisement tant en termes quantitatifs que qualitatifs. Cette caractérisation du gisement constituait un préalable indispensable pour analyser le mode de traitement le plus adapté et dimensionner au mieux les installations nécessaires dans le cadre d'une extension des consignes de tri.

L'analyse quantitative menée au cours de cette étude vient notamment approfondir et compléter les données présentées dans l'étude ESTEM, Eco-Emballages et ADEME, Le gisement des emballages ménagers en France, publiée en 2006.

Afin de dimensionner correctement les installations de collecte et de tri des matériaux, le gisement a été évalué via une approche déchets (et non via une approche produit mis sur le marché comme c'est le cas pour l'étude ESTEM), c'est-à-dire en considérant un gisement humide qui intègre dans son estimation des tonnages en jeu les taux d'humidité et de souillure variables selon le type d'emballage (13% pour les bouteilles et flacons et 18% pour les emballages rigides et souples). Le gisement de déchets d'emballages ménagers plastiques s'établit ainsi à 1.209.000 tonnes.

Les déchets d'emballages plastiques ménagers ont tout d'abord été répartis en trois grandes familles:

- bouteilles et flacons,
- emballages souples qui correspondent aux catégories sacs, sachets, films,
- emballages rigides autres que bouteilles et flacons, qui englobent les pots, boîtes et barquettes en particulier mais également les étuis, blisters, calages et autres.

Chacune des familles a ensuite été détaillée par type de résine. A noter que dans le cas des emballages souples, une distinction a été réalisée en termes de taille (formats > A4 ou < A4) dans la mesure où celle-ci a une importance dans le cadre de l'analyse de faisabilité de leur régénération.

Tableau 1 Gisement de déchets d'emballages plastiques ménagers

Catégorie d'emballages	Résine plastique	Tonnage	En %
Bouteilles et flacons	PET	333 000	28
	Pehd	150 000	12
	PP	11 0000	1
Rigides autre que bouteilles et flacons	PP	126 000	10
	PS	46 000	4
	PET	42 000	3
	PE	19 000	2
	PVC	34 000	3
	PSE	35 000	3
	Complexes	39 000	3
Souples	< A4	124 000	10
	> A4 Pebd	198 000	16
	> A4 PP	12 000	1
	> A4 Complexes et PVC	16 000	1
	> A4 sacs PP et PE tissés	24 000	2
<b>TOTAL</b>		<b>1 209 000</b>	<b>100</b>

Le gisement de déchets d'emballages plastiques ménagers est hétérogène, caractérisé par la diversité des résines plastiques présentes, par la multiplicité des tailles et des types d'emballages. Il est donc difficile d'établir avec fiabilité ce gisement par type d'emballages et de déterminer les résines plastiques qui y sont associées.

Le niveau d'incertitude de l'évaluation du gisement d'emballages souples est plus élevé en raison de l'absence de données fiables et de tendances claires concernant les sacs de caisse et les emballages plastiques issus du commerce de détail (tels que sacs, barquettes, blisters en particulier). Toutefois, dans le cadre des hypothèses et des choix méthodologiques retenus, les incertitudes constatées sur l'évaluation du gisement ne sont pas de nature à remettre en cause les ordres de grandeur et conclusions des analyses économiques et environnementales de la présente étude.

Il est également difficile d'apprécier les tendances sur l'évolution future de ce gisement. Les professionnels du secteur par l'intermédiaire d'Elipso envisagent une relative stabilité à moyen terme des volumes et des caractéristiques des emballages plastiques selon leurs usages. La part de marché des emballages fabriqués à partir de bioplastiques est encore faible et ne devrait pas entraîner à moyen terme de modification significative de la cartographie des gisements établie ; les bioplastiques n'ont donc pas été intégrés dans le cadre de ces travaux.

## 6 Une partie des emballages plastiques autres que bouteilles et flacons déjà collectée sélectivement

Différents essais de caractérisation des refus de tri des emballages ainsi que les résultats de la récente campagne de caractérisation des déchets municipaux (MODECOM) ont conduit à montrer que, du fait des erreurs de tri des habitants, une partie des emballages plastiques autres que bouteilles et flacons est déjà collectée de manière sélective. Ce constat est également confirmé par l'étude comportementale sur le tri des plastiques réalisée par TNS SOFRES pour le compte d'Eco Emballages et de l'ADEME en complément de la présente analyse. Ceci implique donc que les surcoûts liés à l'extension des consignes de tri ne peuvent être imputés à l'ensemble du nouveau gisement de déchets d'emballages plastiques ménagers puisqu'une partie significative de ce gisement est déjà présente dans le scénario actuel (plus de 100 kt).



## 7 Les modes de valorisations envisageables

Il existe différents types de valorisation des déchets d'emballages plastiques ménagers. Chacun de ces modes présente des résultats distincts en termes de coûts/bénéfices économiques et environnementaux.

Deux grands modes de valorisation sont envisageables :

- Régénération matière,
- Valorisation énergétique.

**Concernant la valorisation matière**, il importe tout d'abord de rappeler que les professionnels de la régénération des plastiques s'intéressent davantage au type de résine qui constitue l'emballage qu'à la forme lui-même de l'emballage (boîte ou bouteille).

La régénération matière peut être effectuée de deux façons, via la régénération par type de résine plastique ou bien via une régénération de plastiques en mélange. La principale différence entre la filière de régénération de plastiques séparés par type de résine et la filière de régénération des plastiques en mélange réside dans le type d'application possible pour la matière recyclée (communément appelée Matière Première Secondaire ou MPS).

Jusqu'à présent, les filières de régénération des plastiques en mélange développées en Europe ont des applications à faible valeur ajoutée, ce qui implique une subvention importante de cette filière dans les pays l'ayant mise en place. Certaines expériences pilotes sont toutefois menées aujourd'hui dans la filière de régénération de plastiques ; ces essais permettraient d'obtenir une MPS plus homogène avec des applications possibles notamment dans le domaine de la logistique (palettes plastiques).

De manière plus générale, l'augmentation du gisement de déchets d'emballages ménagers plastiques recyclables représente une opportunité pour les professionnels de la régénération lorsque les tonnages en jeu sont suffisants et que les débouchés des MPS apparaissent comme pérennes avec une rentabilité suffisante. L'investissement dans de nouvelles lignes de régénération suppose a minima un tonnage garanti d'environ 10.000 t/an. En ce qui concerne la rentabilité de l'opération de régénération, il convient de souligner que dans la mesure où la MPS vient se substituer à une matière plastique vierge dont la valeur est fluctuante et fortement corrélée à l'évolution de la demande et aux prix du pétrole, celle-ci est difficile à garantir dans le temps.

**La valorisation énergétique** permet quant à elle d'utiliser le contenu énergétique des déchets d'emballages plastiques ménagers. Deux modes principaux de valorisation énergétique peuvent être envisagés à travers : l'incinération avec récupération d'énergie et la filière CSR (Combustible Solide de Récupération). Cette dernière filière reste encore aujourd'hui exploratoire en France. La préparation des déchets d'emballages plastiques ménagers en tant que combustibles permettrait de récupérer une part de cette énergie, sous forme de chaleur et/ou d'électricité, et de réduire le recours aux énergies fossiles.

La fabrication de CSR est aujourd'hui freinée par des contraintes technico-économiques et juridiques. Cette valorisation requiert une préparation spécifique du déchet afin d'obtenir un PCI stable et élevé, une teneur en chlore réduite et une granulométrie fine. Le nombre de préparateur en France est encore très faible à ce jour. Le statut déchet qui est encore attaché au CSR contribue également à freiner le développement de cette filière. Enfin, la préparation de CSR ne constitue pas aujourd'hui une activité directement rémunératrice dans la mesure où les utilisateurs, au titre desquels les cimenteries, unités de production de chaux et industries papetière, facturent la prise en charge des CSR.

Plus largement, le développement de la filière CSR ne peut pas s'envisager uniquement dans le cadre des emballages plastiques ménagers. En effet, des gisements potentiellement plus importants et plus facilement mobilisables existent dans les Déchets Industriels Banals et c'est probablement dans ce secteur que la filière CSR devrait émerger en premier si elle devait se développer.

## **SECTION III – FAISABILITE DE L'EXTENSION TOTALE DES CONSIGNES DE TRI DES EMBALLAGES PLASTIQUES**

---

### **8 Elaboration du scénario de référence**

#### **8.1 Le choix des emballages régénérés**

En vue d'élaborer un scénario de référence, une analyse de l'intérêt de la régénération des différentes résines contenues dans les emballages plastiques a été élaborée. Les principaux critères d'analyse ont été les suivants :

- volume critique pour le développement d'une filière ;
- qualité du gisement ;
- existence de débouchés ;
- valeur ajoutée des applications associées ;
- difficultés techniques du processus de régénération ;
- retours d'expériences d'autres pays européens.

Cette analyse nous conduit à formuler les constats suivants :

- les résines les plus attractives en termes de régénération sont les emballages rigides PP et PE et les emballages souples > A4 Pebd et,
- certains types d'emballages, et en particulier les emballages plastiques souples < A4, les emballages plastiques en PVC, PSE et complexes présentent un volume critique insuffisant et une faible valeur ajoutée des applications potentielles pour les matières régénérées,
- parmi les emballages et résines sélectionnées dans le cadre du scénario considéré, l'intérêt reste plus ou moins grand selon les résines. En particulier, les emballages rigides PS ne semblent pouvoir être utilisés que dans des applications à moindre valeur ajoutée à l'issue du processus de régénération,
- au-delà de l'attractivité de la régénération de telle ou telle résine, il semble indispensable de prolonger les tests en cours par un certain nombre de tests à une échelle plus importante pour analyser les difficultés techniques éventuelles de la régénération de ces résines, en particulier pour le PS et PET barquette.

#### **8.2 La détermination des principaux paramètres de modélisation**

Un certain nombre de paramètres ont été utilisés pour modéliser le scénario étudié dans le cadre de cette étude.

Un des paramètres les plus impactants dans la modélisation est le paramètre de rendement global sur l'ensemble de la filière. Celui-ci résulte de la combinaison de :

- l'efficacité du geste de tri chez l'habitant (taux de diversion) ;
- l'efficacité de captage en centre de tri (rendement en centre de tri) ;
- le rendement à l'étape de régénération.

Le **taux de diversion** est le ratio entre la quantité de déchets d'emballages mis par l'habitant dans le bac de collecte sélective et la quantité de déchets d'emballages présents dans les déchets collectés<sup>5</sup>.

Dans le cadre de la filière actuelle (collecte sélective des bouteilles et flacons), ce taux est de 48%. Le futur taux de diversion pour les **bouteilles et flacons a été fixé à 53 %** afin de tenir compte de l'effet d'entraînement positif lié à l'extension de la consigne de tri. Notons que la tendance « naturelle » d'augmentation progressive du captage des bouteilles et flacons n'a pas été considérée. Pour **les autres déchets d'emballages plastiques** ménagers, ne faisant pas encore l'objet de la collecte sélective, le taux de diversion a été fixé à **40 %**, inférieur au taux actuel pour les bouteilles et flacons. Il est clairement apparu au cours de l'étude que le taux de diversion était un paramètre clé, des analyses de sensibilité des résultats en fonction du niveau des taux de diversion considérés ont donc été incluses et sont présentées en section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Le **rendement en centre de tri** qualifie le ratio entre la quantité de matière sortante et la quantité de matière entrante. La différence entre les quantités entrantes et sortantes est orientée vers les refus ; ce rendement provient principalement de l'efficacité du tri en tant que tel ; une part peut également être liée à la souillure des matériaux. Dans le cadre de la filière actuelle (collecte sélective des bouteilles et flacons), ce taux est établi à **90%**. Dans le cadre de l'extension de la consigne de tri, un rendement identique a été pris en compte pour les **bouteilles et flacons**. Néanmoins, il s'avère que le rendement pour les autres déchets d'emballages plastiques ménagers ne faisant pas encore l'objet de la collecte sélective, devrait être inférieur en raison de la disparité du gisement. Le rendement en centre de tri considéré est de **85% pour l'ensemble des autres emballages plastiques** rigides. Le taux de captage pour recyclage des emballages souples est de 57%<sup>6</sup>.

Quant au **rendement à l'étape de régénération**, il représente le ratio entre la quantité de matière sortante régénérée et la quantité de matière entrée chez le régénérateur. Dans le cas des **bouteilles et flacons**, ce rendement s'établit aujourd'hui entre **75 et 80%**. Pour les **autres types d'emballages**, dans le cadre d'une extension de consigne de tri, ce taux a été fixé entre **65 à 80% selon les résines** (source entretiens régénérateurs).

Outre la notion de rendement le long de la filière, d'autres paramètres de modélisation clés sont à prendre en compte aux différentes étapes de la filière.

**A l'étape de dotation et de collecte**, le paramètre le plus influant sur les résultats est le volume de déchets à collecter ; ce volume a été estimé via une estimation du tonnage collecté et une estimation de la densité des déchets d'emballages collectés lorsque ceux-ci intègrent l'ensemble des emballages plastiques.

**A l'étape de tri**, plusieurs paramètres déterminants sont susceptibles d'influencer fortement les résultats obtenus :

- Le poids unitaire moyen des emballages qui doivent être séparés ainsi que le nombre de gestes de tri par trieur et par heure qui influencent fortement les coûts de main d'œuvre lorsque cette séparation est faite de manière manuelle ;
- L'estimation des nouveaux investissements à réaliser dans les centres de tri pour permettre un tri du nouveau flux entrant ; cet investissement a été différencié selon les catégories de centre de tri. A noter que l'amortissement actuel a été conservé et que les nouveaux équipements liés à l'extension de la consigne de tri (extension de cabine de pré-tri y compris postes de tri équipés, goulottes, climatisation ventilation et traitement d'air, jeu de tapis de renvoi des différents nouveaux matériaux vers les alvéoles nécessaires, adaptations diverses) ont été ajoutés à cet amortissement existant sur la base d'une durée d'amortissement de 7 ans et un taux d'intérêts de 4.5%.
- L'estimation des coûts de maintenance supplémentaires qui devraient être associés au tri du nouveau flux entrant ; ce coût de maintenance a été évalué à partir du temps de maintenance complémentaire à consacrer aux installations de façon différenciée selon le type de centre,
- L'appréciation du taux de dégradation du débit de tri des emballages actuel du fait d'une complexification du nouveau flux entrant et notamment de la présence des plastiques souples ; deux scénarios ont été étudiés, le scénario de référence sans dégradation du débit et un scénario avec une dégradation du débit de tri allant de 10 à 5 % selon le type de centre de tri.

<sup>5</sup> Il a été retenu comme hypothèse que l'ensemble des emballages ménagers mis en marché se retrouve dans les déchets collectés

<sup>6</sup> Ce chiffre repose sur les hypothèses techniques suivantes : taux de captage pour recyclage des emballages souples <A4 est considéré comme nul alors que le taux de captage pour recyclage des emballages souples > A4 est estimé à 85%

Le tri ne pouvant intégralement être réalisé dans le cadre du réseau de centre de tri actuel, du fait de la limitation posée sur le nombre d'alvéoles supplémentaires, il a été nécessaire de considérer la construction d'un réseau de centres de surtri. Les coûts d'amortissement et d'exploitation de ces centres de tri constituent également des paramètres déterminants pour les résultats de cette étape.

**A l'étape de transport**, les paramètres de modélisation sont la distance moyenne parcourue et le coût moyen en €/t.km.

**Lors de la régénération**, outre le rendement, il existe un paramètre de modélisation difficile à estimer : le prix de vente de la MPS. Ce dernier est un paramètre sensible, les prix moyens pris en compte dans le cadre de cette étude ont été établis sur la base d'un % du prix de la matière plastique vierge (obtenus après entretiens) en prenant en compte les tendances constatées entre 2004 et 2009.

Le tableau de synthèse ci-dessous reprend les principaux paramètres de modélisation à considérer à la lecture des résultats :

Tableau 2 Liste des principaux paramètres de modélisation par étape

Etape	Paramètres de modélisation
Ensemble de la filière	Taux de diversion
Collecte	Densité du gisement collecté
	Typologie des collectes et des milieux
Tri	Typologie des centres de tri
	Poids unitaire moyen des emballages
	Nombre de gestes par trieur et par heure
	Investissements complémentaires
	Coûts de maintenance supplémentaire
	Taux de dégradation du débit de tri
	Amortissement et coût d'exploitation des centres de surtri
Transport	Distance moyenne parcourue
	Coût moyen en €/t.km
Régénération	Rendement
	Prix de vente MPS

## 9 Présentation des résultats et enseignements de l'étude

### 9.1 Scénario étudié

Dans le cadre d'une extension totale de la consigne de tri, l'étude considère un scénario de référence dans lequel toutes les catégories d'emballages plastiques sont collectées mais où seuls les emballages suivants font l'objet d'une régénération :

- bouteilles & flacons PET,
- pots & barquettes PET,
- barquettes & flacons Pehd en mélange,
- pots et barquettes PP,
- pots et barquettes PS,
- emballages souples Pebd.

L'option de régénération des plastiques en mélange n'a pas été retenue par le comité de pilotage étant donné la faible soutenabilité économique de cette filière constatée dans d'autres pays et du caractère encore exploratoire des nouveaux procédés qui apparaissent aujourd'hui.

Les emballages non séparés en centre de tri en vue d'une valorisation matière rejoignent les refus de ces centres et sont donc par la suite traités de manière traditionnelle dans les filières d'enfouissement ou d'incinération.

Ce scénario de référence ne considère pas la valorisation énergétique en CSR ; celle-ci est ensuite intégrée dans le cadre d'une variante du scénario de référence.

Dans ce scénario de référence, le gisement de nouveaux plastiques lié à l'extension totale de la consigne en centre de tri conduit à :

- 185 kt supplémentaire collectées sélectivement (répartis en 17% de gisements supplémentaires de bouteilles et flacons et 83% d'emballages souples et rigides),
- 169 kt supplémentaires triées (sortie centres de tri) ;
- 122 kt supplémentaires de MPS (Matières premières Secondaires) produites à l'issue de l'étape de régénération des emballages plastiques.

Le taux de recyclage des emballages plastiques actuellement de 21% passerait ainsi, sur la base du scénario étudié, à 37% dans le cadre d'une extension totale de la consigne de tri.

## 9.2 Sur le plan technique

**L'extension des consignes de tri ne devrait pas entraîner de modifications techniques et organisationnelles insurmontables sur la précollecte des déchets**, que ce soit la collecte des OM résiduelles ou la collecte sélective. Les étapes de dotation et de collecte dédiées à la collecte sélective devraient croître en grande partie proportionnellement au nouveau volume collecté. A l'inverse, la dotation et la collecte des OM résiduelles ne devraient pas être impactées par l'extension des consignes de tri, l'effet étant trop limité pour se traduire par une diminution des moyens effectifs dédiés aux OM résiduelles.

**Les problématiques d'adaptation de la collecte sélective aux nouvelles consignes diffèrent entre le milieu urbain et le milieu rural.** En milieu rural, la durée du circuit de collecte constitue le critère limitant la quantité collectée et non pas le remplissage des bennes : il existe donc une réserve de volume directement disponible en vue d'une extension des consignes de tri. En milieu urbain ou en cas de collectes bi-compartimentées, le nouveau flux collecté nécessite des adaptations avec les nécessaires modifications de circuits voire augmentation de fréquences lorsqu'il n'est pas possible de mettre en place des bacs plus volumineux.

**L'extension des consignes de tri entraînerait la nécessité de mise en place d'une fonction de sur-tri des déchets d'emballages plastiques si l'on raisonne à partir du parc de centres de tri actuel.** En effet, les centres de tri ne peuvent pas trier autant de nouveaux flux puisqu'une seule alvéole supplémentaire est aujourd'hui disponible (cf chapitre 4). Cette fonctionnalité de surtri peut être envisagée dans des nouveaux centres spécifiques mais également dans certains centres de tri existant de type 4 ou bien encore directement chez le régénérateur. Pour l'étude, il a été pris en compte une fonctionnalité de sur-tri dont le dimensionnement optimisé pourrait s'effectuer dans des centres traitant aux alentours de 7 t/h d'emballages plastiques, soit 23.000 t/an environ.

Le surtri des emballages souples en vue de les séparer selon les différentes résines a été considéré faisable par les régénérateurs. A l'heure actuelle, il n'existe pas de technique automatisée de tri des emballages souples ce qui suppose la mise en œuvre d'une séparation manuelle. Celle-ci paraît faisable dans la mesure où le PEBD reste la résine majoritaire au sein des emballages souples mais deviendrait plus délicate s'il y avait une évolution significative du gisement de souples.

**La gestion du flux d'emballages souples en centre de tri conduit à une augmentation des risques de dysfonctionnements et requiert une vigilance particulière. Il semble ainsi impératif d'essayer de capter tous les emballages plastiques souples en centre de tri.** Cette gestion appelle la mise en place d'une organisation de trieurs permettant :

- de collecter en début de ligne de tri le maximum d'emballages souples en vue de leur recyclage,
- de capter en d'autres points du centre de tri tous les autres emballages souples ayant échappé à ce premier tri afin d'éviter les dysfonctionnements sur les chaînes de tri ainsi que la contamination des autres flux.

Ces deux catégories d'action nécessitent à elles seules la quasi-totalité des moyens supplémentaires et en particulier du volume de travail manuel mesuré en ETP<sup>7</sup> (Equivalent Temps Plein) supplémentaires associés à une extension des consignes de tri. Il n'existe en effet pas aujourd'hui de technologie adaptée au tri des emballages souples.

Dans le cadre d'une extension des consignes, **la diversité des centres de tri est ainsi une donnée déterminante pour l'évaluation de la faisabilité technico-économique** puisque le nombre d'ETP additionnels est très variable d'un type de centre de tri à l'autre; les centres les moins automatisés nécessitant d'un plus grand nombre d'ETP supplémentaires à tonnage équivalent. Le nombre important d'ETP additionnels nécessaires dans le cadre de l'extension des consignes de tri a un impact significatif en terme organisationnel pour certains centres de tri ce qui devrait donc amener ces derniers à une réflexion plus globale concernant la modernisation de leur outil.

A noter que le calcul du nombre d'ETP réalisé au cours de cette étude tient notamment compte de la typologie définie en hypothèse, des rendements en centre de tri (quantité de produit sortant sur quantité de produit entrant), d'une optimisation de l'utilisation des alvéoles en fonction de l'équipement des centres de tri (prise en compte des possibilités de tri par résine des équipements de tri optique infrarouge), des erreurs de tri mécanique entraînant un double geste de tri (premier geste pour renvoyer le produit sur la bonne chaîne de tri et deuxième geste pour l'envoyer dans la bonne alvéole de stockage), et des éventuels flux triés en négatifs (c'est-à-dire en bout de ligne, sans intervention manuelle).

Enfin, à l'étape de régénération, même si des tests complémentaires sont à réaliser, aucun obstacle technique majeur n'a été identifié étant donné que la plupart des résines considérées issues de déchets ménagers dans le scénario étudié sont déjà régénérées dans d'autres pays européens, c'est le cas par exemple pour le PP ou PS. Néanmoins, comme cela est présenté dans le chapitre 12, des investissements complémentaires de régénération seront nécessaires pour traiter ces nouveaux plastiques.

### 9.3 Sur le plan économique

Les résultats présentés ci-dessous correspondent à l'estimation des surcoûts (en €/t) liés aux nouveaux plastiques apparaissant en sortie de centre de tri dans le cadre du scénario étudié (ie 169 kt) et à destination de la régénération.

L'ensemble des postes de coûts lié à l'extension sont pris en compte et sont rapportés aux nouveaux plastiques recyclés. Ils sont présentés valorisés dans le tableau ci-dessous en €/t.

Les surcoûts liés à l'étape de tri sont spécifiés par type de centre. Ces surcoûts sont donnés selon une fourchette dont la valeur basse correspond à une évaluation du surcoût sans dégradation du débit des centres de tri du fait de l'acceptation de ce nouveau gisement et dont la valeur haute correspond à une évaluation du surcoût avec une dégradation du débit différenciée selon le type de centre de tri, 10% par exemple pour les types 1. Cette dégradation de débit est liée à une perturbation du fonctionnement des centres de tri du fait de l'entrée du nouveau gisement et notamment des emballages souples.

---

<sup>7</sup> L'équivalent temps plein ou ETP est la mesure d'une charge de travail ou plus souvent d'une capacité de travail ou de production. Par exemple, une charge de 3 ETP pendant une semaine correspond à un travail réclamant 3 personnes affectées à plein temps pendant la semaine.

Tableau 3: Surcoûts (€/t) des nouveaux déchets d'emballages plastiques ménagers dans le cadre d'une extension totale de la consigne de tri

Tonnage nouveaux plastiques recyclés:  
169 kt

TOTAL NATIONAL Scénario étudié	
Dotation	36 €/t
Collecte	107 €/t
Transfert	19 €/t
Tri (en centre de tri, 1er tri)	[ 428 €/t- 679 €/t ]
<b>SOUS TOTAL</b>	<b>[ 590 €/t- 841 €/t ]</b>
Surtri (2nd tri par matière)	133 €/t
Traitement évité	-100 €/t
<b>TOTAL SURCOÛTS (coûts complets)</b>	<b>[ 623 €/t- 874 €/t ]</b>
Achat des balles par régénérateurs	128 €/t
Transport	40 €/t
<b>Recettes</b>	<b>88 €/t</b>
<b>TOTAL SURCOÛTS NETS</b>	<b>[ 535€/t- 786 €/t ]</b>

CT Type 1	[ 700 €/t- 1180 €/t ]
CT Type 2	[ 460 €/t- 770 €/t ]
CT Type 3	[ 420 €/t- 580 €/t ]
CT Type 3 (auto)	[ 310 €/t- 460 €/t ]
CT Type 4 (2 flux négatifs)	[ 253 €/t- 380 €/t ]
CT Type 4 (4 flux négatifs)	[ 210 €/t- 300 €/t ]

*Note :* La ligne Recettes présentée dans ce tableau renvoie à une estimation du prix de reprise des nouveaux matériaux sur la base du prix estimé d'achats des balles et de la prise en compte du coût de transport de ces matériaux. A noter que dans ce poste transports, une distance moyenne de 500 Km au coût de 0,08 €/t/km a été considérée, la distance prise en compte intègre l'ensemble des transports nécessaires depuis la sortie du centre de tri jusqu'au régénérateur (y compris le passage par un centre spécifique de surtri si nécessaire).

Les surcoûts sur la filière mis en évidence dans le cadre de cette étude s'établissent entre 623 et 874 €/t (et les surcoûts nets entre 535 et 786 €/t). A titre de comparaison, les coûts actuels de collecte et tri des emballages légers quand ils ne sont pas collectés en mélange avec les journaux s'établissent entre 600 et 800 €/t en coûts complets.

Le principal poste de surcoût sur la filière est l'étape de tri qui représente environ 70% des surcoûts totaux (hors recettes). Si on y ajoute les surcoûts considérés pour le surtri, ce sont près de 90% des surcoûts totaux (hors recettes) qui sont associés à la fonction de tri. Sur cette même étape, les différences de coûts à la tonne triée entre les types de centres de tri est notable avec un rapport de 1 à 4 environ pour le coût de tri à la tonne entre un centre de type 1 et un centre de type 4 (avec 4 flux traités en négatif). Plus le centre de tri est manuel plus le coût est important; à l'inverse, plus le nombre de flux triés en négatif (sans intervention manuelle) est important, moins le coût est élevé. La modernisation des centres de tri pourrait ainsi avoir une forte influence sur les résultats économiques associés à l'extension des consignes de tri ; une simulation des résultats avec le remplacement des centres de tri de types 1 par des centres de types 4 est présentée ultérieurement dans le chapitre 11.1.

L'étape de transport (hors collecte) représente un coût peu significatif au regard des autres étapes de la filière, notamment le tri. A noter qu'au niveau environnemental, cette étape pèse peu également, comme le montrent les résultats environnementaux présentés en chapitre 9.5.

Enfin, la régénération permet de dégager des revenus complémentaires issus de l'augmentation du volume de bouteilles et flacons à régénérer et des revenus issus des nouveaux plastiques. Ces revenus issus de la vente des MPS devraient couvrir les coûts de régénération et permettre de dégager un prix positif d'achat des matériaux triés, de l'ordre de 90-100 €/T. Cependant, ce prix de reprise a été évalué sur la base des tendances des dernières années du prix d'achat des balles sur le marché européen. Ce prix reste une estimation moyenne et la crise économique récente a montré que l'équilibre économique du recyclage restait fragile. Par exemple, le prix d'achat des balles de bouteilles et flacons a été divisé par trois en quelques mois.

Ainsi, même en considérant le niveau d'incertitude lié aux hypothèses considérées, il est clair que le prix de reprise des matériaux triés ne pourra pas couvrir le coût de la collecte sélective et du tri. La filière n'est donc pas en mesure de s'autofinancer à partir de la seule valeur des matériaux recyclés obtenus.

## 9.4 Sur le plan social

Le nombre de créations d'emplois associé à l'extension de la consigne de tri a été analysé sur les étapes de tri et de surtri uniquement. Il s'agit en effet généralement des étapes les plus impactées en terme d'emplois sur ce type de filière.

L'évaluation des emplois créés en centres de tri se fait sur la base du nombre d'ETP supplémentaires estimés<sup>8</sup> (cf paragraphe 9.2). Cette évaluation prend en compte la structure actuelle des centres de tri en France, qui pourrait néanmoins évoluer à terme.

Ainsi, le scénario étudié dans le cadre d'une extension des consignes de tri permettrait de créer environ 1.030 emplois à l'étape de tri et environ 130 emplois à l'étape de surtri sur l'ensemble du territoire.

## 9.5 Sur le plan environnemental

Une Analyse de cycle de vie (ACV) a été réalisée afin de quantifier les bénéfices environnementaux liés à l'ouverture des consignes de tri. L'ACV est une méthodologie normée<sup>9</sup> qui permet de quantifier les impacts environnementaux d'un produit ou d'un service (ici : le recyclage des emballages plastiques) tout au long du cycle de vie.

L'ACV réalisée permet ici de comparer le scénario actuel des emballages plastiques et le scénario avec extension des consignes de tri aux emballages plastiques ménagers autres que bouteilles et flacons. Les différents postes étudiés dans cette ACV sont :

- **Régénération** : différence entre les impacts liés à la régénération des plastiques et les impacts évités liés à la production de plastique vierge,
- **Centre de tri** : impacts liés aux étapes de tri et de surtri,
- **Transport** : impacts liés au transport à toutes les étapes (collecte, transfert),
- **Centre de stockage** : impacts liés à la mise en centre de stockage des déchets,
- **Incinération** : impacts liés à l'incinération des déchets.

Les impacts de ces différents postes sont représentés dans les graphiques ci-dessous sous forme d'histogramme. Le poste « Total » représente la somme des impacts de ces cinq postes.

Les indicateurs environnementaux suivants ont été pris en compte dans l'ACV :

- **Consommation d'énergie primaire totale** : cet indicateur mesure la quantité d'énergie prélevée dans le milieu naturel, qu'elle soit utilisée comme combustible ou stockée dans les matériaux (ex. plastiques),
- **Emissions de gaz à effet de serre** : cet indicateur comprend les émissions de CO<sub>2</sub> mais également les autres gaz à effet de serre (méthane, protoxyde d'azote...),
- **Consommation de pétrole** : cet indicateur mesure l'intégralité des ressources en pétrole extraites,
- **Acidification de l'air** : cet indicateur mesure l'augmentation de la quantité de substances acides dans la basse atmosphère, à l'origine des "pluies acides" et notamment du dépérissement de certaines forêts,
- **Consommation d'eau** : cet indicateur mesure l'intégralité des ressources en eau prélevée dans le milieu.

Ces indicateurs ont été retenus car, sur l'expérience d'étude similaire, ils correspondent aux impacts les plus pertinents sur les questions relatives à la gestion des déchets ménagers.

---

<sup>8</sup> Le nombre d'emploi créé a été considéré comme équivalent au nombre d'ETP supplémentaires, le fait qu'une partie de ces ETP supplémentaires pourrait être pris en charge via des heures supplémentaires et/ou le recours à l'intérim n'a donc pas été considéré dans le cadre de cette estimation.

<sup>9</sup> Normes ISO 14 040 / 14 044

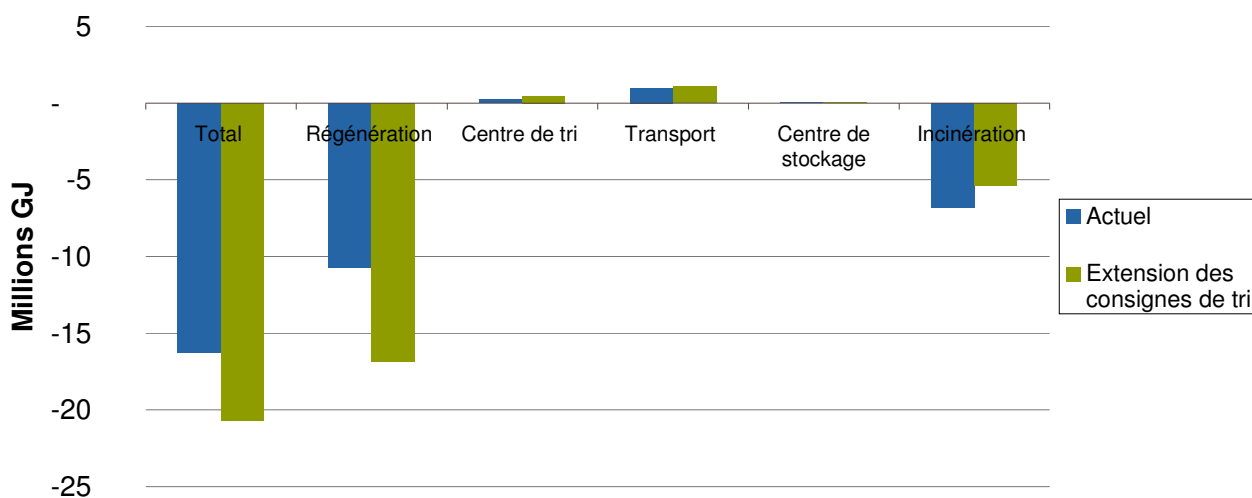


Note : sur chacun des indicateurs environnementaux, les calculs prennent en compte les impacts liés à chaque étape étudiée du recyclage mais également les impacts que le recyclage permet d'éviter<sup>10</sup>.

Afin de permettre une meilleure compréhension des ordres de grandeurs les gains environnementaux sont également exprimés en équivalent habitant (éq. hab) : pour chaque indicateur les impacts liés à l'extension de la consigne de tri sont comparés aux impacts<sup>11</sup> environnementaux d'un français.

Au regard des différents indicateurs analysés et en particulier de la consommation d'énergie primaire totale et les émissions de gaz à effet de serre, on note le bilan environnemental positif d'une extension de consigne de tri qui confirme l'intérêt de la régénération. Il ressort également que le transport pèse peu sur les résultats environnementaux.

Figure 1: Consommation d'énergie primaire totale



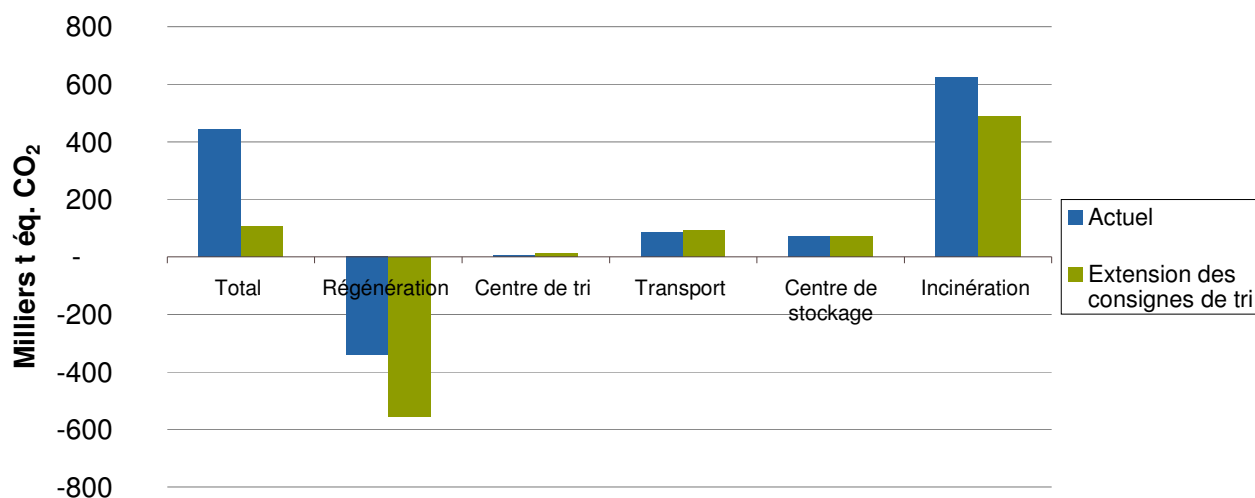
Pour les deux scénarios, les étapes de régénération et d'incinération permettent un bénéfice environnemental sur l'énergie. En effet, la régénération permet d'éviter la production de plastique vierge, fort consommateur d'énergie primaire totale. Les dispositifs de récupération d'énergie sur les incinérateurs permettent de récupérer l'énergie matière des plastiques sous la forme d'électricité et de chaleur. Ces deux postes sont largement prépondérants par rapport au tri, au transport et au centre de stockage.

L'extension des consignes de tri aux autres plastiques que bouteilles et flacons permettrait un bénéfice de plus de 4,5 millions de GJ, soit la consommation d'énergie annuelle d'environ 25 000 français.

<sup>10</sup> Par exemple : la régénération de plastique consomme de l'énergie, émet du CO<sub>2</sub>. Ces impacts sont comptabilisés dans le bilan environnemental. Mais la régénération permet également d'éviter la production de plastique vierge. Les impacts environnementaux liés à la production de plastique vierge sont alors retranchés du bilan environnemental. On parle alors d'impact évité.

<sup>11</sup> Les impacts environnementaux d'un français sont calculés en prenant les impacts totaux en France (industriels et domestiques) divisés par le nombre d'habitant

Figure 2: Emissions de gaz à effet de serre



Le profil des émissions de gaz à effet de serre est sensiblement différent du profil énergétique. De même que pour l'énergie, l'étape de régénération permet d'éviter la production de plastique vierge qui émet des quantités importantes de gaz à effet de serre<sup>12</sup>. Par contre, la combustion des plastiques en incinérateur émet une quantité significative de gaz à effet de serre, l'incinération se substituant en France à une production d'électricité principalement basée sur l'énergie nucléaire (très peu intensive en CO<sub>2</sub>) et à une production de chaleur principalement basée sur la combustion de gaz naturel (moins intensive en CO<sub>2</sub> que la combustion de plastique). Ces deux postes sont largement prépondérants par rapport au tri, au transport et au centre de stockage.

L'élargissement de la consigne de tri serait à l'origine d'un bénéfice estimé à environ de 350 000 t éq. CO<sub>2</sub> soit les émissions annuelles de 40 000 français. Pour mémoire, en 2007, l'ensemble du secteur du traitement des déchets représente 1,7 % des émissions de gaz à effet de serre en France (hors impacts évités).

Tableau 4: Synthèse des impacts environnementaux

	Impact de l'extension de la consigne de tri	
Consommation d'énergie primaire totale	- 4,5 millions GJ	- 25 000 éq. hab
Emissions de gaz à effet de serre	- 350 000 t éq. CO <sub>2</sub>	- 40 000 éq. hab
Consommation de pétrole	- 95 000 t de pétrole	- 60 000 éq. hab
Acidification de l'air	- 40 t éq H <sup>+</sup>	- 20 000 éq. hab
Consommation d'eau	+ 150 000 m <sup>3</sup>	+ 200 éq. hab

Il est à noter que la consommation de pétrole (non représentée ici) a un profil d'émission par poste similaire à la consommation d'énergie primaire totale. Le profil de l'acidification de l'air (non représenté ici) est similaire aux émissions de gaz à effet de serre. Les consommations d'eau ne sont pas significatives, la

<sup>12</sup> Notons cependant que la part de l'étape régénération au total des émissions de gaz est plus faible que celle pour la consommation d'énergie car une partie de l'énergie consommée pour la régénération est consommée sous forme matière et n'émet pas de gaz à effet de serre.

consommation d'eau supplémentaire liée à l'extension de la consigne de tri étant équivalente à la consommation de 200 habitants.

Comme expliqué ci-dessus, l'extension de la consigne de tri octroie des bénéfices environnementaux sur de nombreux indicateurs (consommation d'énergie primaire totale, émissions de gaz à effet de serre, consommation de pétrole, acidification de l'air). Même si le recyclage apporte des bénéfices autres que la réduction des gaz à effet de serre, seuls ces derniers font aujourd'hui l'objet d'instruments économiques (fiscalité carbone, protocole de Kyoto). Pour cette raison, le calcul d'éco-efficacité se focalise ici sur les émissions de gaz à effet de serre.

En prenant en compte l'ensemble des coûts liés à l'extension de la consigne de tri sur la collecte, le tri, le transport, la régénération et les bénéfices liés à la ventes des MPS, on peut calculer un ratio d'éco-efficacité sur le CO<sub>2</sub> en divisant ces montants par les émissions de gaz à effet de serre évitées grâce à l'ouverture de la consigne de tri. Le ratio d'éco-efficacité calculé est le suivant :

[ 215 - 340 €/t éq. CO <sub>2</sub> ]
---------------------------------------

A titre de comparaison, sur le marché du carbone européen, la tonne de CO<sub>2</sub> varie depuis 2007 entre 0 et 30 € / t CO<sub>2</sub>. Notons cependant que, comme précisé dans le Tableau 4, l'extension de la consigne de tri apporterait d'autres bénéfices environnementaux, au-delà du bénéfice constaté sur le changement climatique.

***En conclusion, l'analyse des résultats d'un scénario avec extension totale des consignes de tri fait apparaître l'extension des consignes comme une orientation positive au regard des différents enseignements tirés sur les plans techniques et environnementaux.***

***En effet, au niveau environnemental, il se dégage un bilan positif d'une extension de consigne de tri qui confirme l'intérêt de la régénération.***

***Néanmoins, sur le plan technique, même si les process ne sont pas modifiés, des aménagements des centres de tri actuels sont à prendre en compte ainsi que la nécessité de réaliser un surtri des matières en vue de leur régénération. Les obstacles techniques semblent maîtrisables mais impliquent des modifications en terme organisationnel dans les centres de tri liés à la nécessaire augmentation du personnel notamment. En effet, il est nécessaire d'intégrer un nombre de postes de travail supplémentaires significatif dans les centres de tri afin de prévenir les risques de dysfonctionnements qui pourraient être entraînés par la présence d'emballages souples.***

***Sur le plan économique, le surcoût net s'établit entre 535 €/t et 786 €/t. On note que la part du tri dans les surcoûts est très significative avec une forte disparité mise en évidence entre types de centres de tri. Le niveau d'automatisation des centres de tri pèse ainsi fortement sur les surcoûts établis. Les étapes de collecte et dans une moindre mesure de transports (depuis la sortie des centres de tri) sont plus faiblement impactées. Le niveau des surcoûts au regard de l'évaluation du résultat qui serait dégagé par la régénération met par ailleurs en exergue qu'à court et moyen terme le prix de reprise des matériaux triés ne pourra pas couvrir le coût de la collecte sélective et du tri.***

***Au regard des enseignements relatifs au scénario étudié, dans le cadre d'une extension totale des consignes de tri, il apparaît qu'un certain nombre de facteurs de risques doivent être maîtrisés.***

## SECTION IV – FACTEURS DE RISQUES

Il s'agit dans cette section d'analyser les facteurs de risques qui doivent être maîtrisés dans le cadre de la mise en place d'une extension des consignes de tri.

L'analyse des différents facteurs de risques sera menée dans cette partie au regard notamment du surcoût complet total constaté au niveau national. Les résultats présentés ci-dessous correspondent à l'estimation des surcoûts (en €) liés aux nouveaux plastiques apparaissant en sortie de centre de tri dans le cadre du scénario de référence (ie 169 kt). De la même façon que dans le chapitre 9.3, les surcoûts calculés le sont par différence entre deux scénarios (situation actuelle vs ouverture totale des consignes de tri) et sont évalués en coûts complets. Ces surcoûts considèrent l'ensemble de la filière depuis la collecte jusqu'à la valorisation des déchets d'emballages plastiques. Les surcoûts liés à l'étape de tri sont spécifiés par type de centre.

**Tableau 5: Surcoûts (en €) des nouveaux déchets d'emballages plastiques ménagers dans le cadre d'une extension totale de la consigne de tri (scénario de référence)**

Tonnage nouveaux plastiques recyclés:  
169 kt

TOTAL NATIONAL Scénario étudié	
Dotation	6 M €
Collecte	18 M €
Transfert	3 M €
Tri (en centre de tri, 1er tri)	[ 72 M € - 115 M € ]
<b>SOUS TOTAL</b>	<b>[ 100 M € - 142 M € ]</b>
Surtri (2nd tri par matière)	23 M €
Traitement évité	-17 M €
<b>TOTAL SURCOÛTS (coûts complets)</b>	<b>[ 105 M € - 148 M € ]</b>

Achat des balles par régénérateurs	22 M €
Transport	7 M €
Recettes	15 M €
<b>TOTAL SURCOÛTS NETS</b>	<b>[ 90 M € - 133 M € ]</b>

CT Type 1	[ 26 M € - 40 M € ]
CT Type 2	[ 17 M € - 29 M € ]
CT Type 3	[ 9 M € - 12 M € ]
CT Type 3 (auto)	[ 11 M € - 16 M € ]
CT Type 4 (2 flux négatifs)	[ 7 M € - 11 M € ]
CT Type 4 (4 flux négatifs)	[ 2 M € - 3 M € ]

Les surcoûts sur la filière mis en évidence dans le cadre de cette étude s'établissent entre 105 et 148 M€ (et les surcoûts nets entre 90 et 133 M€). Le principal poste de surcoût sur la filière est l'étape de tri qui représente environ 65% des surcoûts totaux (hors recettes). Si on y ajoute les surcoûts considérés pour le surtri, ce sont près de 90% des surcoûts totaux (hors recettes) qui sont associés à la fonction de tri. Sur cette même étape, les différences de coûts à la tonne triée entre les types de centres de tri est notable avec un rapport de 1 à 4 environ pour le coût de tri à la tonne entre un centre de type 1 et un centre de type 4 (avec 4 flux traités en négatif). Plus le centre de tri est manuel plus le coût est important. L'influence de la modernisation des centres de tri sur les résultats économiques associés à l'extension des consignes de tri sera étudiée dans cette section.

La régénération permet de dégager des revenus complémentaires issus de la vente des MPS qui devraient couvrir les coûts de régénération et permettre de dégager un prix positif d'achat des matériaux triés, de l'ordre de 15 M€. Toutefois, il est clair que le prix de reprise des matériaux triés ne pourra pas couvrir le coût de la collecte sélective et du tri.

### 10 Taux de diversion

Comme mentionné précédemment (cf chapitre 8.2), l'un des principaux paramètres de modélisation concerne le taux de diversion considéré par catégorie d'emballages. Ce taux impacte en effet fortement le dimensionnement des étapes de collecte, tri et régénération. Pour cette raison, une analyse de sensibilité

spécifique a été menée pour faire évoluer les taux de diversion, les couples de taux de diversion suivants ont été analysés :

Tableau 6 Analyse de sensibilité des taux de diversion

Scenarios	Taux de diversion Bouteilles et Flacons (BF)	Taux de diversion autres rigides et emballages souples
Référence	53%	40%
Variante n°1	58%	50%
Variante n°2	63%	60%
Variante n°3	58%	40%
Variante n°4	63%	50%

Sur le plan technique, on note que l'augmentation du taux de diversion des bouteilles et flacons serait gérable techniquement dans le parc de centre de tri actuel. A l'inverse, lorsque l'on augmente les taux de diversion sur les autres emballages rigides et les emballages souples au-delà de 40%, l'augmentation du nombre de postes de trieurs peut se heurter à des contraintes fortes comme la difficulté à trouver l'espace physique nécessaire sur la chaîne de tri. C'est le cas pour les centres de tri de type 1 (faiblement mécanisés, où l'augmentation du nombre de postes de travail serait la plus importante) mais ces nouveaux flux seraient également difficiles à trier dans des centres plus automatisés (types 3 et 4) du fait de la nécessité d'augmenter significativement le nombre de postes de travail à l'étape de pré-tri en particulier (or l'espace réservé au pré-tri est souvent limité). Cette analyse de sensibilité nous amène donc à conclure que le taux de diversion de 40% pour les autres emballages rigides et les emballages souples considéré dans le scénario de référence est cohérent avec l'hypothèse initiale de raisonner sur la structure de centres de tri actuelle. Au-delà de ce seuil, en revanche, l'aptitude des centres de tri actuels à traiter un flux comportant beaucoup d'emballages plastiques souples en particulier est beaucoup moins acquise (même avec les aménagements qui ont été chiffrés) et elle devra faire l'objet d'une évaluation au cas par cas.

Sur le plan économique, le tableau ci-dessous présente les surcoûts sur la filière dans le cas des quatre variantes étudiées en comparaison avec le scénario de référence.

Tableau 7: Surcoûts (en €) des nouveaux déchets d'emballages plastiques ménagers dans le cadre d'une extension totale de la consigne de tri (scénario de référence comparé aux variantes établies en modifiant les taux de diversion)

	Tonnage nouveaux plastiques recyclés: 169 kt	Tonnage nouveaux plastiques recyclés: 227kt (+34%)	Tonnage nouveaux plastiques recyclés: 286 kt (+69%)	Tonnage nouveaux plastiques recyclés: 190 kt (+12%)	Tonnage nouveaux plastiques recyclés: 249 kt (+47%)
	TOTAL NATIONAL Scénario étudié	TOTAL NATIONAL Variante n°1	TOTAL NATIONAL Variante n°2	TOTAL NATIONAL Variante n°3	TOTAL NATIONAL Variante n°4
Dotation	6 M €	7 M €	8 M €	6 M €	7 M €
Collecte	18 M €	27 M €	36 M €	20 M €	28 M €
Transfert	3 M €	5 M €	7 M €	4 M €	5 M €
Tri (en centre de tri, 1er tri)	[ 72 M € - 115 M € ]	[ 110 M € - 156 M € ]	[ 145 M € - 194 M € ]	[ 80 M € - 123 M € ]	[ 116 M € - 162 M € ]
SOUS TOTAL	[ 100 M € - 142 M € ]	[ 149 M € - 195 M € ]	[ 196 M € - 244 M € ]	[ 110 M € - 153 M € ]	[ 157 M € - 203 M € ]
Surtri (2nd tri par matière)	23 M €	26 M €	29 M €	23 M €	26 M €
Traitement évité	-17 M €	-23 M €	-29 M €	-19 M €	-25 M €
TOTAL SURCOÛTS (coûts complets)	[ 105M € - 148 M € ]	[ 152 M € - 198 M € ]	[ 196 M € - 244 M € ]	[ 113 M € - 156 M € ]	[ 158 M € - 204 M € ]
Achat des balles par régénérateurs	22 M €	30 M €	40 M €	26 M €	30 M €
Transport	7 M €	9 M €	11 M €	8 M €	10 M €
Recettes	15 M €	21 M €	27 M €	18 M €	24 M €
TOTAL SURCOÛTS NETS (en M €)	[ 90 M € - 133 M € ]	[ 131 M € - 177 M € ]	[ 169 M € - 217 M € ]	[ 95 M € - 138 M € ]	[ 134 M € - 180 M € ]
		[ + 46% / + 33% ]	[ + 88% / + 63% ]	[ + 6% / + 4% ]	[ + 49% / + 35% ]
TOTAL SURCOÛTS NETS (en €/t)	[ 535 €/t - 786 €/t ]	[ 577 €/t - 780 €/t ]	[ 591 €/t - 759 €/t ]	[ 500 €/t - 726 €/t ]	[ 538 €/t - 723 €/t ]

On constate que les surcoûts augmentent proportionnellement avec le taux de diversion des « autres emballages » (rigides et films). Cependant, dans le cas de la variante n°3 qui considère uniquement une augmentation du taux de diversion des bouteilles et flacons, la hausse du surcoût est modérée au regard de l'augmentation du volume d'emballages plastiques recyclés (+ 12% de volumes d'emballages recyclés contre + 6% de surcoûts). Les bouteilles sont en effet les produits pour lesquels les centres de tri ont été

conçus initialement et sur lesquels il est possible de dégager une productivité supérieure quand les quantités augmentent (par exemple, là où ils existent, la capacité des détecteurs optiques permet de passer davantage de bouteilles et il n'est pas utile de prévoir une augmentation des équipements). En revanche l'augmentation des autres plastiques et tout particulièrement des films ne présente pas cette opportunité et l'augmentation du coût est quasiment proportionnelle aux quantités.

Sur le plan environnemental, on relève une corrélation forte entre la réduction des impacts environnementaux et l'augmentation du taux de diversion dans la mesure où cette dernière entraîne l'augmentation de la régénération.

## 11 A l'étape de tri

### 11.1 Automatisation du parc de centres de tri actuel

Au regard des enseignements tirés de la section précédente, il est nécessaire d'analyser l'influence de l'effet potentiel de la modernisation des centres de tri en France. Le manque d'automatisation du parc de centre de tri actuel en France peut en effet être considéré comme un facteur de risque dans le cadre de l'extension de consigne étant donné la complexification du flux à trier. Par ailleurs, comme évoqué précédemment, le niveau d'automatisation des centres de tri détermine significativement le niveau des surcoûts mis en évidence à cette étape. Une variante des résultats pour le scénario de base est donc présentée ci-dessous en considérant, de manière conventionnelle, un remplacement des centres de type 1 par des centres de type 4.

**Tableau 8: Surcoûts (en €) des nouveaux déchets d'emballages plastiques ménagers dans le cadre d'une extension totale de la consigne de tri (variante avec la disparition des centres de type 1 au profit de centres de type 4)**

Tonnage nouveaux plastiques recyclés:  
169 kt

TOTAL NATIONAL Variante remplacement CDT type 1 par type 4	
Dotation	6 M €
Collecte	18 M €
Transfert	3 M €
Tri (en centre de tri, 1er tri)	[ 55 M € - 82 M € ]
<b>SOUS TOTAL</b>	<b>[ 82 M € - 109 M € ]</b>
Surtri (2nd tri par matière)	23 M €
Traitement évité	-17 M €
<b>TOTAL SURCOUTS (coûts complets)</b>	<b>[ 88 M € - 115 M € ]</b>
Achat des balles par régénérateurs	22 M €
Transport	7 M €
Recettes	15 M €
<b>TOTAL SURCOUTS NETS</b>	<b>[ 73 M € - 100 M € ]</b>

CT Type 1	0
CT Type 2	[ 17M € - 29 M € ]
CT Type 3	[ 9M € - 12 M € ]
CT Type 3 (auto)	[ 11M € - 16 M € ]
CT Type 4 (2 flux négatifs)	[ 14M € - 21 M € ]
CT Type 4 (4 flux négatifs)	[ 4M € - 4 M € ]

On constate une baisse des surcoûts nets de 17 à 33 millions d'euros en comparaison avec le scénario étudié si l'on remplace les centres de tri de type 1 par des types 4. Il s'agit donc d'une baisse significative de 24 à 29% des surcoûts de tri et d'environ 19 à 25 % des surcoûts nets constatés sur la filière.

Le remplacement par des centres de tri mieux équipés se traduit ainsi par une baisse du coût de tri et également par une réduction du risque de dégradation du débit et de la performance de tri sur les autres flux.

## 11.2 Ouverture partielle des consignes de tri n'incluant pas les emballages plastiques souples

L'étude du scénario de référence a permis de mettre en avant le poids de l'étape de tri dans les surcoûts de la filière. Par ailleurs, le tri des emballages souples nécessitant des postes de travail supplémentaires pèse significativement sur les surcoûts à cette étape.

Ainsi, il apparaît intéressant d'étudier un scénario supplémentaire considérant une extension partielle des consignes de tri aux seuls emballages rigides. Pour cette analyse, on considère des taux de diversion des emballages plastiques rigides et bouteilles & flacons identiques au scénario de référence (respectivement 40 et 53 %) et du fait des possibles erreurs de tri plus nombreuses de la part des habitants, un taux de diversion des emballages souples de 30%. Une variante à ce nouveau scénario est également analysée en conservant un taux de diversion des emballages souples à 18% (comme dans le cas du scénario actuel), ce qui revient à considérer qu'une extension partielle de la consigne n'augmenterait pas la proportion d'erreurs de tri déjà observée aujourd'hui.

Tableau 9: Surcoûts (en €) des nouveaux déchets d'emballages plastiques ménagers dans le cadre d'une extension partielle de la consigne de tri aux seuls emballages rigides (scénario de référence comparé aux variantes établies avec une extension partielle en modifiant les taux de diversion des emballages souples)

	Tonnage nouveaux plastiques recyclés: 169 kt	Tonnage nouveaux plastiques recyclés: 102 kt (-40%)	Tonnage nouveaux plastiques recyclés: 102 kt (-40%)
	TOTAL NATIONAL Scénario étudié	TOTAL NATIONAL Tx diversion souples 30%	TOTAL NATIONAL Tx diversion souples 18 %
Dotation	6 M €	5 M €	5 M €
Collecte	18 M €	13 M €	7 M €
Transfert	3 M €	2,7 M €	2 M €
Tri (en centre de tri, 1er tri)	[ 72 M € - 115 M € ]	[ 52 M € - 93 M € ]	25 M €
<b>SOUS TOTAL</b>	<b>[ 100 M € - 142 M € ]</b>	<b>[ 74 M € - 115 M € ]</b>	<b>39 M €</b>
Surtri (2nd tri par matière)	23 M €	23 M €	23 M €
Traitement évité	-17 M €	-10 M €	-10 M €
<b>TOTAL SURCOÛTS (coûts complets)</b>	<b>[ 105M € - 148 M € ]</b>	<b>[ 86 M € - 127 M € ]</b>	<b>51 M €</b>
Achat des balles par régénérateurs	22 M €	16 M €	16 M €
Transport	7 M €	4 M €	4 M €
Recettes	15 M €	12 M €	12 M €
<b>TOTAL SURCOÛTS NETS (en M €)</b>	<b>[ 90 M € - 133 M € ]</b>	<b>[ 74 M € - 115 M € ]</b>	<b>39 M €</b>
		<b>[ - 18% / -14% ]</b>	<b>[ - 57% ]</b>
<b>TOTAL SURCOÛTS NETS (en €/t)</b>	<b>[ 535 €/t - 786 €/t ]</b>	<b>[ 725 €/t - 1127 €/t ]</b>	<b>382€/t</b>

On constate que l'ouverture partielle des consignes de tri aux emballages rigides entraîne la diminution des surcoûts nets d'environ 20% (dans le cas d'un taux de diversion des emballages souples à 30%). Cependant, dans le même temps, le volume d'emballages plastiques valorisés baisse de 40% et permettrait d'atteindre un taux de recyclage de « seulement » 30% (contre 21% aujourd'hui et 37% dans le scénario de référence). Dans le cas du taux de diversion des emballages souples à 18%, la baisse de surcoût est très significative (-57%) pour un taux de recyclage également établi à 30%.

L'intérêt économique de l'ouverture partielle des consignes aux seuls emballages rigides est donc étroitement lié à la capacité des habitants à respecter la nouvelle consigne. En effet, dans la mesure où l'ouverture partielle viendrait à accroître les erreurs de tri des habitants faisant passer le taux de diversion des emballages souples de 18 à 30 %, on constate une diminution des surcoûts mais le taux de recyclage serait dans le même temps nettement inférieur (-7 points) que dans le cas du scénario de référence.

### 11.3 Contrainte organisationnelle

Les conditions locales propres à chaque centre de tri peuvent constituer un facteur de risque dans la mise en œuvre du scénario étudié. En effet, chaque centre se heurte à des contraintes propres en termes organisationnel, d'autorisation réglementaire ou bien encore de gestion d'espace. Or, le scénario étudié envisage la réorganisation des centres de tri notamment en vue d'y poster un plus grand nombre de trieurs. Les spécificités locales et historiques d'implantation de chacun de ces centres pourraient venir gêner la mise en place de ce type de réorganisation indispensable dans le cadre du scénario d'extension des consignes de tri.

Par ailleurs, il apparaît clairement que les capacités de tri devraient augmenter étant donné la nécessité de surtrier un certain nombre de déchets d'emballages plastiques ménagers. Ces capacités de surtri n'existent pas en tant que telles aujourd'hui en France et devront donc être développées. Néanmoins, certains centres de tri automatisés seraient d'ores et déjà en mesure de surtrier des flux de plastiques.

## 12 A l'étape de valorisation

### 12.1 Absence de régénération du PS

Le scénario considéré au cours de l'étude intègre la régénération d'emballages constitués des résines suivantes : PET (clair et foncé), Pehd, PP, Pebd et PS. La régénération de cette dernière résine que l'on retrouve principalement dans le segment de l'ultrafris et en particulier les pots de yaourts présente à l'heure actuelle un intérêt modéré en terme de débouchés. En effet, les applications aujourd'hui les plus courantes issues de la régénération d'emballages ménagers composés de PS sont notamment les cintres ou les pots de fleurs. La faible valeur ajoutée de ce type d'application pourrait remettre en cause le développement et la pérennisation d'une filière de ce type en France. Par ailleurs, il existe une incertitude technique quant à la plus ou moins grande facilité de régénération du PS dans le cadre de l'ultra fris : la présence de papier et d'aluminium associé à l'emballage constitue une contamination de la résine à prendre en compte.

La variante du scénario étudié ne considérant pas la régénération du PS aurait une structure de surcoûts légèrement supérieure au scénario étudié (+ 6 M €, représentant environ de 5 à 7% des surcoûts nets totaux). Ceci s'explique par la nécessité technique d'orienter le PS vers le flux positif en centre de tri, ce qui augmente les coûts à cette étape. Dans le modèle qui a été construit, la prise en compte ou non du PS dans les emballages à régénérer ne constitue donc pas un facteur pesant significativement sur les surcoûts de la filière : la question est davantage la faisabilité réelle du montage d'une filière de recyclage du PS, qui reste à vérifier.

### 12.2 Incertitudes liées à l'existence de débouchés et au prix de vente des MPS

Le niveau de maturité des filières de régénération existantes aujourd'hui en France concernant les déchets d'emballages ménagers plastiques est hétérogène selon les matériaux considérés. Pour le Pebd souple, des capacités industrielles sont en place et commencent progressivement à opérer sur ce type de gisement. Par contre, dans le cas du PS, aucune expérience de régénération du gisement des emballages ménagers n'est en cours à ce jour. Quant aux emballages ménagers en PP, des filières de tri et de recyclage spécifiques de cette résine existent déjà à l'étranger (Allemagne et Autriche), auxquelles participent certains régénérateurs français traitent ponctuellement des tonnages de PP ménager provenant de ces pays; ce sont d'ailleurs ces mêmes régénérateurs qui ont été sollicités pour des tests de régénération de PP provenant du gisement français. La filière au niveau français n'en est encore qu'à ses débuts mais pourrait se développer sans trop de difficultés techniques.

Néanmoins, même si certains régénérateurs ont déjà l'habitude de travailler avec ces résines plastiques, les emballages ménagers posent des problèmes technico-économiques spécifiques de par la nature même du gisement, son volume et le type de débouchés existants. Le montage d'une future filière pour ce type de



déchets d'emballages ménagers plastiques reste donc hypothétique et tributaire de l'intérêt des acteurs économiques.

L'une des zones d'incertitude pour les acteurs de la filière de régénération des déchets d'emballages plastiques ménagers est en effet la possible difficulté d'écoulement de certaines résines régénérées dans le cas où les débouchés viendraient à manquer. Cette zone d'incertitude concernant les débouchés de la filière de régénération de ces nouveaux plastiques renvoie à l'exercice délicat d'estimation des recettes associées à cette nouvelle filière. Les prix des MPS sont en effet fortement corrélés à l'évolution des prix de la matière vierge, des prix du pétrole et à l'évolution de la demande, elle-même fortement dépendante du contexte économique. L'ensemble de ces éléments pourrait ainsi peser sur les décisions d'investissement des professionnels de la régénération.

### 12.3 Mise en place d'une filière de valorisation énergétique de type CSR

Comme l'a mis en évidence le scénario étudié qui prévoit la sélection d'un nombre limité d'emballages ménagers plastiques à destination de la filière de régénération, il n'est pas envisageable à court et moyen terme de régénérer l'ensemble des déchets d'emballages ménagers plastiques présents dans la collecte sélective. Néanmoins, si certains plastiques ne peuvent pas être facilement recyclés, ils contiennent de l'énergie. Leur préparation en tant que combustibles permet de récupérer une part de cette énergie, sous forme de chaleur et/ou d'électricité, et de réduire le recours aux énergies fossiles. Enfin, les coûts d'élimination restent élevés pour ces déchets d'emballages non recyclables (moyenne de 100 €/t). Il existe donc un intérêt au développement d'une filière CSR qui constituerait une option intéressante même si elle reste encore aujourd'hui exploratoire et que sa mise en pratique pourrait poser à l'avenir un certain nombre de problèmes, notamment en termes de pérennité et régularité d'approvisionnement. Dans le cas des déchets d'emballages plastiques ménagers, le principal débouché pour le CSR est son utilisation en tant que combustible de substitution dans les fours cimentiers. La demande existe mais une forte incertitude demeure concernant l'évolution des coûts d'acceptation en cimenterie. La production de CSR demande une phase de préparation qui s'apparente à un surtri, notamment pour enlever le plastique chloré et dont le coût est de l'ordre de 90 €/t (hors transports). De plus, à l'heure actuelle, il est nécessaire de payer les cimentiers à hauteur d'environ 20 à 40 €/t mais les conditions de marché pourraient évoluer de manière plus favorable comme cela a été le cas dans d'autres pays européens comme l'Allemagne. A titre de comparaison, le coût complet du traitement des ordures ménagères résiduelles en France en incinération est de 82 €/t (source Ademe – hors transports et TGAP), il est donc équivalent au coût de préparation du CSR. Si le coût d'acceptation des CSR par les cimentiers était nul, on se retrouverait donc avec un coût de préparation plus un coût « d'acceptation » en cimenterie du même ordre de grandeur que le coût d'une incinération directe.

Sur le plan environnemental, le scénario avec valorisation énergétique permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre par rapport au scénario d'extension des consignes de tri sans valorisation énergétique. En effet, l'envoi de certains plastiques en valorisation énergétique (CSR) permet d'éviter la consommation de combustibles fossiles en cimenterie.

Figure 3 : Emissions de gaz à effet de serre (scénario avec CSR)

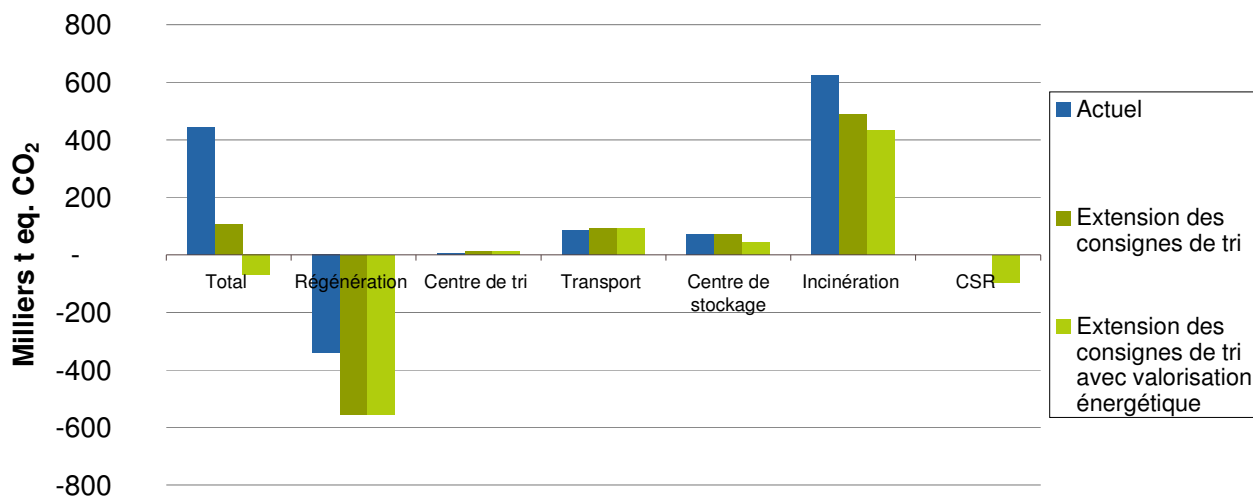


Tableau 10 : Synthèse des impacts environnementaux (scénario avec CSR)

	Impact de l'extension de la consigne de tri (refus 50 % Incinérés/ 50 % enfouis)		Impact de l'extension de la consigne de tri avec valorisation énergétique (refus 100 % CSR)	
<b>Consommation d'énergie primaire totale</b>	- 4,5 millions GJ	- 25 000 éq. hab	- 8 millions GJ	- 45 000 éq. hab
<b>Emissions de gaz à effet de serre</b>	- 350 000 t éq. CO <sub>2</sub>	- 40 000 éq. hab	- 500 000 t éq. CO <sub>2</sub>	- 60 000 éq. hab
<b>Consommation de pétrole</b>	- 95 000 t de pétrole	- 60 000 éq. hab	- 200 000 t de pétrole	- 100 000 éq. hab
<b>Acidification de l'air</b>	- 40 t éq H <sup>+</sup>	- 20 000 éq. hab	- 70 t éq H <sup>+</sup>	- 40 000 éq. hab
<b>Consommation d'eau</b>	+ 150 000 m <sup>3</sup>	+ 200 éq. hab	- 1 000 000 m <sup>3</sup>	- 1 500 éq. hab

L'intérêt du scénario avec CSR, tel qu'il apparaît dans le tableau ci-dessus, repose sur deux leviers, le fait qu'une tonne de plastique a un meilleur bilan si elle est traitée en CSR plutôt qu'en incinération, mais aussi le fait que le scénario avec CSR considère que 100% du refus serait traité ainsi, alors que dans le scénario de base 50% de ces refus continuent à être traités en enfouissement. Cette deuxième hypothèse est importante.

En prenant en compte l'ensemble des coûts liés à l'extension de la consigne de tri sur la collecte, le tri, le transport la régénération et les bénéfices liés à la ventes des MPS, on peut calculer le ratio d'éco-efficacité pour les scénarios d'extension des consignes de tri avec et sans valorisation énergétique :

Extension des consignes de tri sans valorisation énergétique	Extension des consignes de tri avec valorisation énergétique
[ 215 - 340 €/t éq. CO <sub>2</sub> ]	[ 155 - 240 €/t éq. CO <sub>2</sub> ]

A titre de comparaison, sur le marché du carbone européen, la tonne de CO<sub>2</sub> varie depuis 2007 entre 0 et 30 € / t CO<sub>2</sub>.

**En conclusion, il apparaît nécessaire de maîtriser les facteurs de risques identifiés ce qui passe en particulier par une bonne maîtrise de la montée en puissance de la filière.**

**Dans les centres de tri, des modifications vont devoir être apportées en vue d'accueillir ce flux de nouveaux plastiques. En fonction notamment du niveau de mécanisation de chaque centre, des spécificités locales, certains exploitants pourraient solliciter des conseils techniques pour mener à bien les modifications. Un dispositif d'accompagnement des exploitants devrait donc être envisagé. Dans le but de mieux dimensionner et cadrer l'accompagnement de l'évolution des centres de tri, une enquête préalable auprès des exploitants pourrait être menée en vue de mieux diagnostiquer les éventuelles difficultés liées à l'arrivée de ces nouveaux plastiques.**

**Plus largement, les facteurs de risque identifiés nous amènent à penser que des investigations et des tests complémentaires devraient être menés pour confirmer la pertinence et la faisabilité de la mise en place du scénario étudié. Une phase pilote de test pourrait par exemple être montée à l'échelle de quelques collectivités en vue de mieux appréhender les difficultés sur le terrain liées à la collecte et au tri de ces nouveaux plastiques.**

**A l'étape de régénération, l'existence de débouchés pérennes et à forte valeur ajoutée est déterminante pour générer les décisions d'investissements nécessaires de la part des acteurs de la filière de régénération des emballages plastiques. Dans la mise en œuvre du nouveau système, la montée en puissance des débouchés pour les MPS sera donc essentielle. Une réflexion en amont avec les entreprises susceptibles de racheter les MPS doit être menée et une série de tests pourrait être conduite pour que les potentiels repreneurs de cette matière analysent préalablement sa qualité, notamment dans le cas de la régénération des emballages rigides de type PS ou PET barquettes.**

**Enfin, une décision devra être prise sur le mode d'ouverture des consignes de tri, on peut en effet envisager différents schémas dans le cadre de la montée en puissance de la filière :**

- **ouverture progressive des consignes de tri au niveau géographique,**
- **ouverture totale des consignes de tri à l'ensemble du territoire.**

**Le périmètre d'ouverture des consignes devra également être analysé au regard des éléments connus concernant le comportement des habitants. En effet, une extension partielle aux seuls emballages rigides pourrait se faire à un moindre surcoût à condition que le changement de consigne n'entraîne pas plus d'erreurs de tri de la part des habitants qu'aujourd'hui.**

## SECTION V - CONCLUSIONS

---

L'étude sur l'opportunité du tri et du recyclage des emballages ménagers plastiques autres que les bouteilles et flacons a été conduite sous le pilotage d'un comité regroupant des représentants des principales parties prenantes de la collecte et du recyclage des emballages plastiques ménagers.

Les travaux d'évaluation ont porté sur un scénario d'extension des consignes de tri à l'ensemble des emballages plastiques et à l'ensemble de la population française. Après collecte de l'ensemble des catégories d'emballages plastiques, les emballages suivants seraient triés en vue d'une régénération :

- bouteilles & flacons PET,
- pots & barquettes PET,
- barquettes & flacons Pehd en mélange,
- pots et barquettes PP,
- pots et barquettes PS,
- emballages souples Pebd.

Une partie des emballages plastiques (emballages en plastiques souples < A4, emballages plastiques en PVC, en PSE et complexes) n'est pas triée en vue d'une valorisation matière soit du fait d'un volume trop faible pour permettre la mise en place d'une filière dédiée, soit du fait de la faible valeur ajoutée de leurs applications. L'option de régénération des plastiques en mélange n'a pas été retenue comme option envisageable pour valoriser cette partie des emballages compte tenue de la faible soutenabilité économique de cette filière et du champ restreint des applications possibles pour la matière secondaire ainsi obtenue. En revanche, l'intérêt d'une valorisation énergétique de cette fraction résiduelle des emballages plastiques sous forme de CSR a été étudié.

Ce scénario d'extension des consignes de tri est évalué à un stade d'équilibre mature ; la phase transitoire de montée en puissance n'a pas été analysée.

Les travaux ont permis de montrer que sur le plan technique il n'existe pas d'obstacle rédhibitoire lié à une extension des consignes de tri, même si l'adaptation des centres de tri et la mise en place d'un réseau de surtri constitue un challenge organisationnel important. Du point de vue environnemental, cette extension des consignes de tri apporterait des bénéfices environnementaux supplémentaires en comparaison d'un scénario dans lequel seuls les bouteilles et flacons plastiques seraient régénérés. Toutefois le coût total est élevé (autour de 100 M€ dans les conditions les plus favorables). Malgré les économies réalisées par la diminution des quantités d'OM résiduelles à traiter en décharge ou en incinération et malgré les revenus qui seraient générés par la valorisation des balles de plastiques triées, revenus susceptibles de varier de manière notable en fonction de la conjoncture économique, l'extension des consignes de tri à l'ensemble de emballages plastiques n'est pas équilibrée du point de vue économique : les surcoûts associés à ce scénario sont nettement plus importants que les recettes.

La réalisation du tri en tant que tel entre les différents emballages constitue l'étape la plus sensible pour la mise en œuvre d'un scénario d'extension des consignes de tri. Les difficultés de mise en œuvre de cette étape et les coûts afférents sont largement déterminés par le niveau d'automatisation des centres de tri. Aucune analyse prospective sur l'état futur du parc de centres de tri n'a été réalisée au cours de ces travaux. En revanche, une étude de sensibilité a permis de montrer que le surcoût associé au tri dans un réseau de centre correspondant au réseau actuel était de l'ordre de 17 à 33 M€ plus important que si le tri est effectué dans un réseau de centres dont tous les centres les moins automatisés (type 1) ont été remplacés par des centres les plus automatisés (type 4).

L'entrée d'un flux important d'emballages en plastique souple dans les centres de tri constitue un facteur de risques significatif. Ces emballages doivent être captés dans leur intégralité afin de ne pas occasionner de dysfonctionnements sur les lignes de tri ou de contamination des emballages triés. La nécessité de capter l'intégralité de ce flux explique une grande partie des postes de travail supplémentaires appelés par les centres de tri. Par ailleurs, les analyses de sensibilité ont montré que le taux de diversion de 40% pour les autres emballages rigides et les emballages souples considéré dans le scénario de référence est cohérent avec l'hypothèse initiale de raisonner sur la structure de centres de tri actuelle. Au-delà de ce seuil, en revanche, l'aptitude des centres de tri actuels à traiter un flux comportant beaucoup d'emballages

plastiques souples en particulier est beaucoup moins acquise (même avec les aménagements qui ont été chiffrés dans le cadre de cette étude) et elle devra faire l'objet d'une évaluation au cas par cas.

L'extension des consignes de tri conduirait par ailleurs à complexifier le flux d'emballages en entrée de centre de tri. Ceci pourrait conduire à une dégradation du débit de tri actuel atteint par les centres. Il est difficile d'estimer la valeur de cette dégradation ; les calculs de surcoûts de tri des emballages plastiques ont ainsi été faits pour une plage de dégradation de 5 % à 10 % ; ces deux valeurs extrêmes conduisent à une différence importante de l'ordre de 250 € par tonne de plastique triée.

L'étude a également permis de montrer que le tri de l'ensemble de ces nouvelles résines ne pourrait être intégralement réalisé dans le réseau de centres de tri actuel du fait des limites posées par le nombre d'alvéoles supplémentaires qui est envisageable. Les travaux ont été conduits en faisant l'hypothèse que les centres de tri pourraient mettre en place une unique alvéole supplémentaire ; dans ce cas, il est nécessaire de passer par une étape de surtri afin de séparer l'ensemble des résines destinées à la régénération. La mise en place de cette étape de surtri peut être faite selon plusieurs orientations : surtri dans le cadre des plus gros centres de tri présentant aujourd'hui une surcapacité, sur-tri dans un réseau de centres de surtri dédiés, surtri par les régénérateurs. Seule l'option de la création d'un centre de sur-tri dédié a été analysée dans le cadre de ces travaux. Dans ce cas, le coût de l'étape de surtri représente environ 25 % du coût du premier tri réalisé en centre de tri.

La mise en place d'une filière CSR à partir des emballages plastiques résiduels ne présente pas d'intérêt immédiat du point de vue économique, dans les conditions actuelles. La mise en place de cette filière sur les seuls emballages plastiques ménagers, pour un gisement restant relativement restreint par rapport aux capacités d'utilisation en cimenterie, qui est par ailleurs fortement disséminé sur le territoire pourrait s'avérer d'un point de vue organisationnel relativement difficile. Toutefois, il est probable que, à moyen terme, cette filière CSR se développe et puisse à ce moment là présenter une voie complémentaire intéressante au recyclage matière. Il est donc important d'en tenir compte dans la stratégie globale de valorisation du gisement.

Au final, l'extension des consignes de tri à l'ensemble des emballages plastiques constitue une orientation intéressante du point de vue environnemental, réalisable d'un point de vue technique même si sa mise en œuvre requiert une forte adaptation de la fonction de tri. Toutefois, pour pouvoir être déployée, cette orientation devra être fortement soutenue du point de vue économique. Elle suppose également que les industriels de la régénération des plastiques soient suffisamment convaincus par l'intérêt de cette filière et la pérennité des débouchés pour investir dans la mise en place de ligne de régénération ayant des capacités d'accueil adaptées à ce nouveau gisement.

## I. ANNEXE I – TYPOLOGIE CENTRES DE TRI UTILISEE DANS LE CADRE DE CETTE ETUDE

Tableau 11: Annexe - Typologie de centres de tri

Types de centre de tri	Capacité de traitement	Description technique
Type 1	5 à 6.000 T/an	Il s'agit d'un centre non automatisé avec le tri manuel positif de toutes les fractions de plastiques (tri négatif des JRM, Journaux Revues Magazines)
Type 2	7 à 8.000 T/an	Présence d'un seul crible avec le tri négatif du flux majoritaire de plastiques et des JRM
Type 3 (sans tri optique)	10 à 12 000 T/an	Présence de cribles avec le tri négatif du flux majoritaire de plastiques mais présence de deux flux négatifs sur les papiers (JRM et GDM, Gros de Magasins),
Type 3 (avec tri optique)	10 à 12 000 T/an	Présence de deux cribles avec un tri optique et le tri négatif de deux flux majoritaires de plastiques et deux flux négatifs sur les papiers (JRM et GDM),
Type 4 (avec un trieur optique)	45 000 T/an	Même fonctionnement que le type 3 avec tri optique mais avec des équipements plus fortement dimensionnés (dits « industriels) pour accepter des tonnages plus importants
Type 4 (avec deux trieurs optiques)	45 000 T/an	Tri négatif de presque tous les flux avec un contrôle qualité spécifique mené par des opérateurs