

# Risques sanitaires engendrés par la valorisation des déchets (recyclage et réutilisation)



**RISQUES SANITAIRES ENGENDRES PAR  
LA VALORISATION DES DECHETS  
(RECYCLAGE ET REUTILISATION)**

**RAPPORT FINAL**

**février 2007**

**P. BRULA - INSAVALOR équipe POLDEN  
Ph. THOUMELIN - Réseau Santé Déchets**

Créée en 1989 à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement – est le fruit d'une triple coopération entre industriels, pouvoirs publics et chercheurs. L'objectif principal de RECORD est le financement et la réalisation d'études et de recherches dans le domaine des déchets et des pollutions industrielles.

Les membres de ce réseau (groupes industriels et organismes publics) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

**Avertissement :**

Les rapports ont été établis au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Ces documents comprennent des propositions ou des recommandations qui n'engagent que leurs auteurs. Sauf mention contraire, ils n'ont pas vocation à représenter l'avis des membres de RECORD.

- ✓ Pour toute reprise d'informations contenues dans ce document, l'utilisateur aura l'obligation de citer le rapport sous la référence :  
**RECORD**. Risques sanitaires engendrés par la valorisation des déchets (recyclage et réutilisation), 2007, 84 p, n°04-0663/1A.
- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)  
[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

© RECORD, 2007

<b>RESUME .....</b>	<b>5</b>
<b>I - INTRODUCTION.....</b>	<b>6</b>
<b>II - GLOSSAIRE .....</b>	<b>9</b>
<b>III - CONSULTATIONS DES EXPERTS DU RECYCLAGE .....</b>	<b>11</b>
<b>IV - REGLEMENTATION RELATIVE AUX DECHETS .....</b>	<b>15</b>
a) Les emballages .....	15
b) Les déchets organiques .....	16
c) Les déchets industriels .....	16
d) Les mâcheferes d'incinération des résidus urbains .....	16
e) Les cendres issues de la filtration des gaz de combustion de combustibles d'origine fossile (cendres de charbon).....	16
f) Les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) .....	16
g) Les piles et accumulateurs .....	17
h) Les pneumatiques usagés.....	17
i) Les véhicules hors d'usage.....	17
j) Conclusion relative aux déchets spécifiques.....	18
<b>V - RÉGLEMENTATION DES MATERIAUX AU CONTACT DES DENRÉES ALIMENTAIRES.....</b>	<b>19</b>
a) La réglementation en Europe .....	19
b) La réglementation en France.....	20
<b>VI – LES MATIERES PLASTIQUES .....</b>	<b>24</b>
a) Le recyclage des matières plastiques .....	24
b) La réglementation relative aux matières plastiques destinées à entrer en contact avec les aliments.....	28
c) Réemploi de matières plastiques.....	33
d) Aspects sanitaires relatifs au recyclage des plastiques.....	33
e) Les travaux de recherche sur l'alimentarité des emballages plastiques.....	33
f) Conclusion relative au recyclage des matières plastiques.....	35

<b>VII – LE VERRE .....</b>	<b>36</b>
a) Le recyclage du verre.....	36
b) La réglementation relative au verre en contact avec les aliments.....	37
c) Réemploi, réutilisation du verre .....	38
d) Aspects sanitaires relatifs au recyclage du verre .....	38
e) Conclusion relative au recyclage du verre.....	39
<b>VIII – LES PAPIERS CARTONS .....</b>	<b>40</b>
a) Le recyclage des papiers cartons .....	40
b) La réglementation relative aux papiers cartons en contact des aliments.....	41
c) Réemploi, réutilisation des papiers cartons.....	43
d) Aspects sanitaires relatifs au recyclage des papiers encrés.....	43
e) Les travaux de recherche sur l'alimentarité des emballages papiers cartons.....	43
f) Conclusion relative au recyclage des papiers cartons.....	44
<b>IX – LES DECHETS DE BOIS .....</b>	<b>45</b>
a) Le recyclage des déchets et sous produits du bois .....	45
b) La réglementation relative aux déchets de bois.....	48
c) La réglementation relative au bois en contact des aliments .....	50
d) Aspects sanitaires liés aux déchets de bois et aux bois traités.....	50
e) Conclusion relative au recyclage des déchets et sous produits du bois .....	53
<b>IX – LES DECHETS ORGANIQUES .....</b>	<b>55</b>
a) La réglementation relative à la valorisation des déchets organiques.....	55
b) Les conséquences sanitaires de la valorisation des déchets organiques.....	60
c) Conclusion relative à la valorisation des déchets organiques.....	63
<b>X – LES DECHETS GENERES PAR UN PROCEDE INDUSTRIEL ET VALORISES PRINCIPALEMENT EN BTP.....</b>	<b>65</b>
a) Généralités.....	65
b) La valorisation dans le domaine du bâtiment (produits de construction) .....	65
c) La valorisation dans le domaine des travaux publics.....	66

<b>XI - ASPECTS SANITAIRES RELATIFS A LA REUTILISATION ET AU RECYCLAGE DE CERTAINS DECHETS.....</b>	<b>68</b>
<b>a) Réutilisation, réemploi.....</b>	<b>69</b>
Pièces automobiles.....	69
Pneumatiques.....	69
Produits chimiques.....	69
Vêtements.....	69
<b>b) Recyclage.....</b>	<b>69</b>
Recyclage des cendres issues du charbon et de déchets de l'industrie alimentaire dans la restauration des sols.....	69
Recyclage des mâchefers d'incinérateurs en technique routière.....	70
Recyclage des cendres d'incinérateurs dans les matériaux de construction.....	70
Recyclage des boues dans les matériaux de construction.....	70
Recyclage des déchets de construction et démolition.....	70
Recyclage des déchets des véhicules.....	70
Métaux non ferreux.....	71
Aluminium.....	71
Textiles.....	71
Ciments.....	71
<b>XII – CONCLUSIONS.....</b>	<b>73</b>
<b>ANNEXE I - BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>76</b>
<b>ANNEXE II – TRAVAUX DE RECHERCHE.....</b>	<b>81</b>

## RESUME

Le recyclage des déchets peut-il comporter des aspects négatifs pour la santé ? Réutilisation, réemploi, récupération et recyclage apparaissent comme des solutions de nature à réduire les risques environnementaux en rapport avec la gestion des déchets. Qu'en est-il des risques sanitaires en rapport avec ces pratiques ?

Afin de répondre à la préoccupation des membres de RE.CO.R.D., le Réseau Santé Déchets (RSD) a effectué une recherche des études traitant des risques sanitaires posés par l'utilisation de produits élaborés à partir de déchets recyclés ou par la valorisation de certains déchets (déchets organiques et déchets minéraux). Cette recherche a été orientée par une consultation des experts du recyclage.

La réglementation relative aux différentes catégories de déchets est présentée en début de rapport.

Une **première catégorie** de déchets proviennent d'objets de consommation et permettent le recyclage de matières premières (déchets monomatériaux : verre d'emballage, papiers/cartons, flacons plastiques, PSE, plaques de plâtre... et déchets complexes : DEEE, VHU, piles...). Une partie des déchets d'équipement électriques et électroniques, des véhicules hors d'usage, des piles et accumulateurs subissent un traitement visant à en extraire ce qui peut être recyclé en tant que matière première (matières plastiques et métaux notamment). Les filières de recyclage de ces déchets sont plus ou moins organisées. Le risque sanitaire en rapport avec le **recyclage en boucle fermée** de ces déchets apparaît comme peu probable.

Le recyclage des matériaux en contact avec les aliments (verre, plastiques et papiers cartons) fait l'objet d'une réglementation très complète qui s'appuie sur de nombreux travaux de recherche relatifs à la migration des polluants depuis les matériaux vers les aliments (plastiques et papiers cartons essentiellement). L'application de la réglementation qui fixe des valeurs limites de polluants dans les matériaux est de nature à garantir un haut niveau de sécurité sanitaire pour les consommateurs.

La **seconde catégorie** de déchets sont valorisés par réemploi ou réutilisation (équipements électroménagers, emballages réutilisables (écorecharges, consignes)... Des meubles et des palettes font l'objet de réemploi. Cette forme de recyclage en boucle fermée ne pose pas de problème sanitaire spécifique.

Les déchets de la **troisième catégorie** sont générés par un procédé industriel et valorisés essentiellement en BTP (déchets minéraux : résidus de procédés thermiques, déchets de démolition... et déchets organiques : pneumatiques valorisés en revêtement de sols...). Le recyclage en boucle ouverte de ces déchets pourrait poser un problème sanitaire lié au relargage de polluants dans l'environnement. L'évaluation du risque sanitaire pour l'homme est à faire.

Les déchets fermentescibles de la **quatrième catégorie** sont à valorisation essentiellement agricole (composts, boues de STEP, boues d'industrie papetière, déchets de l'industrie agro-alimentaire...).

Plusieurs textes réglementaires fixent des valeurs limites (en concentrations et en flux) pour les éléments traces métalliques, les polluants organiques et les agents pathogènes dans les matériaux destinés à être épandus sur les sols (valorisation agricole des composts ou des boues de STEP) et dans les sols récepteurs.

La contamination des milieux liée au recyclage en boucle ouverte de ces déchets organiques, notamment la contamination des sols, est avérée. La synthèse de l'abondante littérature sur le sujet dépassait largement le cadre de notre travail.

Suite à diverses affaires récentes (vache folle, poulets à la dioxine...), des inquiétudes existent en lien avec l'utilisation de sous produits d'origine animale pour l'alimentation du bétail. Des dispositions réglementaires ont été prises pour retirer de ce marché les aliments suspects pour assurer la sécurité sanitaire vis-à-vis des consommateurs.

Mots clés : déchets ménagers, déchets industriels, déchets organiques, valorisation déchets, recyclage, réutilisation, réemploi, contact alimentaire, impact sanitaire, risque sanitaire

Municipal wastes, industrial wastes, organic wastes, recycling, reuse, food contact, health risk

## I - INTRODUCTION

Placé en bonne place dans la hiérarchie des différents modes de traitement des déchets, juste après la prévention (c'est-à-dire la réduction à la source du flux des déchets), le recyclage des déchets est un processus complexe qui vise à extraire du flux global des déchets, pour l'essentiel industriels, les éléments potentiellement valorisables afin, après des opérations successives de tri, de les transformer en nouvelles matières premières directement utilisables par les grands secteurs de l'industrie que sont, entre autres, l'aciérie, la métallurgie, la papeterie ou la verrerie<sup>1</sup>.

Le recyclage est « *la valorisation de déchets par démontage, tri et autres processus de production pour en faire des produits, matières ou substances secondaires aux fins de leurs fonctions initiales ou à d'autres fins* » selon la Commission parlementaire européenne de l'industrie, de la recherche et de l'énergie (ITRE).

Depuis une dizaine d'années, les politiques européennes et française relatives à la gestion des déchets, se développent autour du principe de responsabilité élargie du producteur (REP), au nom duquel les fabricants doivent assumer les coûts et opérations de gestion de leur produits en fin de vie. Ces derniers et l'ensemble des metteurs en marché s'organisent en créant des éco-organismes qui assument pour leur compte cette responsabilité technique et financière. Depuis 1992, une trentaine d'éco-organismes ont ainsi été créés.

Un panorama des organismes créés pour prendre en charge la responsabilité technique et financière des produits en fin de vie (déchets d'équipements électriques et électroniques, déchets toxiques en quantité dispersées, emballages, emballages vides de produits sanitaires, produits phytosanitaires non utilisés, piles et accumulateurs portables usagés, pneus, véhicules hors d'usage) figurait dans le numéro 242 de la revue Environnement et technique<sup>2</sup>.

Compte tenu de ses vertus écologiques et éco-citoyennes, on serait tenté de penser que le recyclage des déchets ne comporte pas d'aspects négatifs pour la santé. Pourtant, à côté des bénéfices incontestables pour une meilleure gestion et valorisation des déchets, les risques pouvant résulter de certaines pratiques de recyclage ne doivent pas être négligés.

La valorisation (recyclage, réemploi, réutilisation) des déchets peut comporter des risques sanitaires et environnementaux, ainsi, l'accident dit « des poulets belges à la dioxine » (en fait aux PCB) était dû à la récupération d'huiles de transformateurs, mélangées avec des huiles d'origines diverses (friteries, etc.) pour la fabrication d'aliments pour animaux.

L'épizootie d'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) des années 90 en Europe a mis en évidence un autre risque lié à l'utilisation des farines animales de viande pour l'alimentation du bétail. Elles ont depuis été retirées et doivent être détruites ou transformées. Leur valorisation thermique par incinération produit de grandes quantités de cendres (20 à 35% du poids initial selon leur origine) qui pose à leur tour la question de leur valorisation.

La valorisation des résidus d'incinération (cendres, mâchefers) dans les infrastructures routières ou la construction est un autre exemple qui retient l'attention du public en raison de ses possibles conséquences sanitaires.

Le Réseau Santé-Déchets (RSD) s'est plutôt intéressé jusqu'à présent aux recherches qui ont porté sur les risques sanitaires relatifs aux filières d'élimination des déchets.

Qu'en est-il des risques potentiels liés à l'usage de produits manufacturés à partir de matériaux recyclés ?

---

<sup>1</sup> Le recyclage, enfin ! Tribune de Igor BILIMOFF, directeur général de Federec, dans Environnement et technique, décembre 2006

<sup>2</sup> Environnement et technique, numéro 242, décembre 2004



Dans l'esprit de certains, réduction à la source, réutilisation, réemploi, récupération et recyclage réduiraient « à tous coups » les risques sanitaires ; toutefois, dans l'esprit d'autres, à l'inverse, les risques seraient accrus<sup>3</sup>.

Le recyclage ne constitue pas une solution aussi facile à mettre en place et la réflexion sur le développement durable nécessite une analyse des risques engendrés par le recyclage et la prise en compte des intérêts de toutes les parties prenantes<sup>4</sup>.

Afin d'identifier les risques sanitaires posés par le réemploi de matériaux ou l'utilisation des produits manufacturés à partir de déchets recyclés, le RSD a rassemblé dans le présent rapport des données sur le sujet à partir d'une consultation des experts du recyclage, d'une lecture de la réglementation et de la bibliographie des études scientifiques disponibles, notamment celles qui sont issues de la base bibliographique du Réseau Santé Déchets.

Pour mener à bien le travail, nous avons retenu la typologie suivante des déchets valorisés :

1 – Déchets provenant d'objets de consommation et permettant le recyclage de matières premières :

- déchets monomatériaux : verre d'emballage, papiers/cartons, flacons plastiques, PSE, plaques de plâtre...

- déchets complexes : DEEE, VHU, piles...

Les matières recyclées sont du verre, des plastiques, des papiers/cartons, des métaux, du plâtre...

2 – Déchets valorisés par réemploi ou réutilisation : équipements électroménagers, emballages réutilisables (écorecharges, consignes)...

3 – Déchets générés par un procédé industriel et valorisés essentiellement en BTP :

- déchets minéraux : résidus de procédés thermiques, déchets de démolition...

- déchets organiques : pneumatiques valorisés en revêtement de sols...

4 – Déchets fermentescibles à valorisation essentiellement agricole :

- composts, boues de STEP, boues d'industrie papetière, déchets de l'industrie agro-alimentaire...

Lors de la réunion intermédiaire, il a été décidé avec les tuteurs de l'étude que nous effectuerions une recherche des données pertinentes (d'ordre réglementaire et sanitaire) vis-à-vis des matériaux qui sont valorisés en contact alimentaire (plastiques, verres et papiers cartons). Il a été prévu que nous le ferions aussi en ce qui concerne la valorisation des métaux ferreux (problème de la radioactivité), la valorisation en réutilisation du bois et la valorisation des déchets minéraux dans le BTP (en granulats, liant hydraulique ou constituant primaire de fabrication comme par exemple le ciment). Il a enfin été retenu de faire une présentation synthétique des connaissances relatives aux risques sanitaires liés à la valorisation des déchets fermentescibles (boues d'épuration, composts...).

Au total, à partir des contacts avec des experts, de la lecture de la réglementation et des recherches bibliographiques, nous avons tenté d'identifier la matière scientifique existante afin de répondre à l'objectif de ce travail : quels sont les risques sanitaires engendrés par la valorisation des déchets ?

Dans ce rapport, nous présentons successivement, les commentaires issus de la consultation des experts puis les principaux éléments issus de la réglementation relative aux déchets à partir de la liste établie par le Ministère de l'écologie et du développement durable (MEDD) et enfin les règles générales qui s'appliquent aux matériaux en contact avec les aliments.

---

<sup>3</sup> Présentation de Gérard BERTOLINI, Actes lors du 83<sup>ème</sup> Congrès d'ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement), Aix-les-Bains 24-28 mai 2004

<sup>4</sup> Développement durable et recyclage : de la panacée à la catastrophe. Gilles MAROUSEAU, Maître de Conférences en Sciences de Gestion, GAINS/Faculté de Droit et de Sciences Économiques, Université du Maine, Le Mans. Economie et sociétés, 2004, 38, 4-5, 885-902

Dans des chapitre séparés, nous avons présenté, pour chaque catégorie de matériaux recyclés (matières plastiques, verre, papiers cartons) et de déchets (déchets bois, déchets organiques et déchets minéraux), la filière de valorisation (réutilisation, réemploi, valorisation matière), la réglementation et les données d'ordre sanitaire que nous avons pu réunir.

La bibliographie est placée en annexe au rapport.

## II - GLOSSAIRE

Afin d'éclairer le sujet traité dans ce rapport, nous avons réuni ci-dessous quelques définitions des termes fréquemment utilisés dans le domaine du recyclage des déchets. Elles sont issues du glossaire relatif à la valorisation qui figure sur le site de l'ADEME Poitou Charente (<http://www.apcede.com/artisan/gestion/glossaire.html>).

### RÉDUCTION A LA SOURCE

Réduction de la quantité de déchets ou élimination des déchets à l'endroit même où ils sont générés.

Du point de vue du fabricant, elle consiste, par exemple, à utiliser le moins de matières possibles pour produire et emballer les produits.

### VALORISATION

Mode d'exploitation des déchets qui vise à les transformer afin de les réintroduire dans le circuit économique.

On distingue deux types de valorisation : la valorisation matière et la valorisation énergétique.

#### La valorisation matière

La valorisation matière englobe : le réemploi, la réutilisation, le recyclage, la régénération des déchets et la valorisation organique.

##### - Le réemploi et la réutilisation

Réemploi : nouvel emploi en l'état d'un déchet pour un usage analogue à celui de son premier emploi (exemple : emballages consignés (palettes, bidons)).

Réutilisation : nouvelle utilisation d'un déchet pour un usage différent de son premier emploi (exemple : pneumatiques utilisés pour protéger les coques des bateaux ou en agriculture pour le maintien des bâches d'ensilage).

##### - Le recyclage

Le recyclage d'un déchet consiste à le réintroduire dans le cycle de production en remplacement total ou partiel d'une matière première naturelle. Le recyclage se distingue de la réutilisation parce qu'il est nécessaire que la matière subisse un nouveau traitement.

Exemples :

- fabrication de papier incorporant des fibres provenant de vieux papiers au lieu de pâte vierge,
- extraction du plomb d'une batterie pour en fabriquer de nouvelles.

##### - La régénération

Procédé, en général physique ou chimique, ayant pour but de redonner à un déchet les caractéristiques qui permettent de le réutiliser comme matière première.

Exemples :

- distillation de solvants souillés (boues de pressing),
- filtration et traitement chimique des huiles de vidange (avec 3 litres d'huile usagée, on obtient 2 litres d'huile régénérée pouvant être réutilisée),
- affinage de vieux métaux (canettes d'aluminium).

##### - La valorisation organique

Procédé mettant en œuvre des fermentations grâce à l'action d'organismes vivants.

On distingue deux modes de valorisation organique : la méthanisation et le compostage.

**Méthanisation** : traitement biologique par voie anaérobie de matières fermentescibles produisant du biogaz et un digestat.

**Compostage** : procédé de traitement biologique aérobie de matières fermentescibles dans des conditions contrôlées. Le compostage permet d'obtenir un amendement organique relativement riche en composés humiques, le compost.

### **La valorisation énergétique**

La valorisation énergétique est un mode d'exploitation des déchets par traitement thermique, ayant pour objectif de récupérer une partie de leur contenu énergétique.

Cette combustion peut avoir lieu dans plusieurs types d'installations :

- les incinérateurs à déchets ménagers et assimilés (pour les DIB),
- les cimenteries,
- les chaudières (pour le bois essentiellement).

### **MISE EN DÉCHARGE OU CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE (CET)**

Il s'agit d'un lieu de stockage des déchets par enfouissement.

On distingue 3 types d'installations :

- le CET de classe 1 pour le dépôt de déchets industriels spéciaux ou dangereux,
- le CET de classe 2 destiné aux déchets ménagers ou assimilés aux ordures ménagères (DIB),
- le CET de classe 3 pour les déchets inertes.

### III - CONSULTATIONS DES EXPERTS DU RECYCLAGE

En complément de l'analyse de la réglementation et de la recherche bibliographique ciblée sur le recyclage des produits ou matériaux que nous présentons dans les chapitres suivants, nous avons établi divers contacts avec des experts des déchets ou du recyclage afin d'identifier les connaissances relatives aux risques sanitaires engendrés par la valorisation des déchets.

#### *a) Les experts de l'ADEME*

En France, la gestion des déchets est une question qui est principalement suivie par les équipes de l'ADEME. Aussi, avons-nous pris contact avec les différents spécialistes de l'agence concernés par les aspects relatifs à la santé et aux déchets (Philippe BAJEAT), au recyclage des déchets (Jean-Paul DUPUY) ou au réemploi de matériaux (Etienne LEROY).

Auprès de Philippe BAJEAT, nous avons obtenus des informations sur le récent colloque « Déchets et territoires » organisé à Paris par l'ADEME<sup>5</sup>.

Le programme des deux journées de ce colloque comportait notamment des ateliers sur les déchets du BTP, les déchets des entreprises, les impacts environnementaux des déchets, les impacts sanitaires des déchets, la gestion biologique des déchets et l'optimisation du service public de collecte.

Le colloque Déchets et Territoires était l'occasion de la présentation du bilan du recyclage 1993-2003 récemment publié par l'ADEME<sup>6</sup>. Il présente le bilan du recyclage en France, pour 5 familles de matériaux (métaux ferreux, non ferreux, papiers-cartons, verre, plastiques) et 8 produits en fin de vie (véhicules hors d'usage, déchets d'équipements électriques et électroniques, pneus, emballages, piles, accumulateurs, huiles usagées et solvants). Quelles ont été les évolutions significatives entre 1993 et 2003 ? Quels tonnages de matières premières secondaires sont aujourd'hui utilisés dans l'industrie française ? Quel est le coût du recyclage des produits en fin de vie ? Quels sont les principaux facteurs de développement à moyen et à long terme ? Quelles sont les limites techniques et économiques du recyclage ? Quelles actions envisager pour optimiser le développement du recyclage ?

Les aspects sanitaires liés au recyclage des déchets ne sont pas abordés dans cet ouvrage.

Auprès de Jean-Paul DUPUY (ADEME), nous avons obtenus des informations issues d'un autre colloque<sup>7</sup> récent consacré à la gestion des déchets.

Comme dans le précédent, nous n'avons pas identifié dans les diverses présentations faites lors de ce colloque d'éléments entrant dans le cadre de notre étude. Ce sont principalement des préoccupations environnementales et les outils d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) qui ont été abordés lors de ce colloque. Or, ces approches ne prennent pas en compte les aspects santé.

Ce spécialiste du recyclage nous a également permis d'accéder au rapport de l'étude de faisabilité relative aux bois imprégnés menée par le centre technique du bois et de l'ameublement (CTBA) avec un financement de l'ADEME<sup>8</sup> et du CTBA.

---

<sup>5</sup> Colloque « Déchets et territoires », de la planification à la gestion locale de tous les déchets. PARIS, 22-23 juin 2005

<sup>6</sup> Bilan du recyclage 1993 / 2003. ADEME, Coll. : Données et références - Juin 2005, 116 p.

<sup>7</sup> Quelles propositions pour une acceptation de la gestion durable des déchets ? Colloque à l'assemblée nationale, 07 septembre 2004, organisé par Onyx, l'Association des Maires de France et le Réseau Idéal, sous la Présidence de Jacques PELISSARD, Député Maire de Lons-le-Saunier, et en partenariat avec Valeurs Vertes

Nous avons également pris contact avec Etienne LEROY spécialiste du réemploi à l'ADEME. Il nous a fait pénétrer dans le monde des ressourceries et de l'économie solidaire.

Ce monde est constitué de tout un réseau de professionnels qui assurent la promotion du réemploi. Nous pouvons citer dans ce cadre les centres mis en place par les compagnons d'Emmaüs et le réseau des recycleries.

Les matériaux concernés par le réemploi appartiennent à l'électroménager mais aussi aux textiles.

Pour juger des impacts environnementaux des activités de réemploi, comme dans les exemples cités précédemment, les techniques utilisées sont essentiellement des approches d'Analyse du Cycle de Vie (ACV).

Aucune piste ne nous a été fournie par ce contact qui pourrait nous mener vers une production scientifique relative aux impacts sanitaires du réemploi.

Auprès de Thomas BERTELOT (Recycleries-ressourceries.org), nous avons obtenu des précisions sur les activités liées à la récupération et au réemploi. Les objets et produits récupérés sont nettoyés, réparés voire relookés avant d'être remis dans le circuit de leur nouvelle utilisation. Les appareils électroménagers subissent des tests avant leur éventuelle réutilisation. En cas de démantèlement, ils subissent une dépollution.

Des exemples de réseaux de collecte spécifique nous ont été fournis. C'est le cas des organismes de collecte du verre (Recup'tri, Bruno Lecaille, Côte d'opale, Outreaux).

Ce dernier contact ne nous a pas permis d'identifier de piste pouvant mener à des études des impacts sanitaires en lien avec le réemploi.

### ***b) Les experts des filières de recyclage (plastiques, verre, papiers cartons)***

#### **La filière du recyclage des matières plastiques**

Contact téléphonique avec Mr BONNEFOY de Valorplast au 01 46 53 11 66, le 01/03/2006

La réglementation européenne sur le recyclage des plastiques est en cours d'élaboration.

Les bouteilles en PET sont retraitées afin d'obtenir une matière première secondaire qui sera utilisée par les industriels pour produire de nouveaux objets en PET. Cela passe par des procédures de validation et d'autorisation pour la MPS et pour le process industriel. Il s'agit de mesurer l'aptitude du process à décontaminer le matériau.

L'AFSSA est en charge du contrôle des procédures mises en place.

Contact téléphonique avec Mme Françoise GERARDI, CSEMP (Chambre Syndicale des Emballages en Matière Plastique) au 01 46 22 33 66, le 01/03/2006.

La réutilisation de bouteilles plastiques après lavage ne se pratique pas en France. Elle se pratique dans des pays du nord de l'Europe et en Allemagne. Il existe aussi des réutilisations pour la bière.

Pour le recyclage du PET, nous attendons une réglementation européenne. En Allemagne, il existe une non objection, des interdictions existent en Italie et Espagne. L'autorisation de Belgique est différente de celle de l'Allemagne. Le procédé d'AMCOR est le seul autorisé en France par le CSHPF puis AFSSA/DGCCRF. La matière est considérée comme apte au contact alimentaire.

Contact à prendre avec Frédéric BLANCHARD au 03 80 26 58 70 société AMCOR, mel : [frederic.blanchard@amcorpet.com](mailto:frederic.blanchard@amcorpet.com) envoi mel le 01/03/2006

---

<sup>8</sup> Etude de faisabilité : mise en place d'une filière dédiée pour la gestion des bois imprégnés en fin de vie. Centre technique du bois et de l'ameublement (CTBA), décembre 2005

Dans la réglementation en attente, la 1<sup>ère</sup> utilisation du matériau devra avoir été conforme au contact alimentaire.

Pour les autres plastiques, il existe des autorisations pour le PE et le PP dans le cas de caisses plastiques qui entrent en contact avec des fruits et légumes. Le cas des eaux minérales est particulier. Il n'est pas autorisé d'utiliser en France du PET recyclé pour la fabrication de bouteilles plastiques d'eaux minérales par contre la commercialisation de bouteilles belges contenant du PET recyclé est possible.

Du PET recyclé est également utilisé pour la fabrication de barquettes au contact d'aliments.

En Suisse, il existe un autre procédé pour le PET (procédé URCC).

Pour le PE, il est très absorbant (goût/odeurs), ce qui rend l'utilisation de PET recyclé problématique (exemple flacon de ketchup). Par ailleurs, c'est un produit multicouches ce qui est plus compliqué.

Il existe beaucoup d'études sur le PET.

L'Union Européenne a mené un programme d'étude des migrations (PET, papiers, PE) dénommé FAIR où le professeur Alexandre FEIGENBAUM (INRA de Reims) a été très actif (envoi mèl le 01/03/2006). Son élève Olivier VITRAC a publié sur le sujet. La DG santé consommation suit ce dossier au sein de l'UE. Le Pr JC LHUGUENOT de l'Ecole nationale supérieure de biologie appliquée à la nutrition et à l'alimentation (ENSBANA) qui travaillait sur ces sujets est désormais en retraite.

Contact téléphonique avec Mr Frédéric BLANCHARD, directeur de l'usine AMCOR de Beaune le 09/03/2006.

Des données sur les quantités de matières recyclées au niveau international sont disponibles auprès des 2 organismes PETCORE et PCI qui sont des associations d'industriels du secteur.

Dans les années 1990 un procédé de recyclage du PET pour le contact alimentaire a été développé au USA et homologué par la FDA. Suite à cette homologation le dossier du procédé SUPERCYCLE a été présenté dans différents pays d'Europe. Le contenu des dossiers a été très différent selon les pays (Belgique, Allemagne, Pays-Bas, France...). Un dossier purement administratif a permis d'homologuer le procédé en Belgique alors que des études spécifiques conduites par l'équipe du professeur Alexandre FEIGENBAUM ont été nécessaires en France complétées par une démonstration industrielle de l'aptitude au contact alimentaire du matériau recyclé.

Le procédé SUPERCYCLE est le seul procédé homologué en France par l'AFSSA et le groupe des experts du contact alimentaire pour le recyclage du PET en contact alimentaire (homologation en 2000). En France, l'homologation porte sur le recyclage du PET pour les emballages des boissons hors eaux minérales alors que l'homologation pour les eaux minérales existe dans les autres pays de l'UE. Le matériau recyclé est limité à 25% du total du PET utilisé alors qu'il n'existe pas de limitation dans les autres pays de l'UE.

L'UE tente d'harmoniser la réglementation vis-à-vis du recyclage des plastiques dont le PET dans le contact alimentaire. Des recommandations sont attendues prochainement.

En France, la réglementation devrait évoluer avec la suppression de la limitation à 25% de matière recyclée dans les emballages alimentaires en PET et l'homologation pour les eaux minérales.

Le PET est le matériau clé pour le recyclage des plastiques en contact alimentaire. Le marché du PVC est en chute libre et il n'existe pas de dossier de demande d'homologation pour des matériaux comme le Pehd pour des questions de coût mais aussi de possibilités techniques.

## **La filière du recyclage du verre**

Contact téléphonique avec la Fédération des chambres syndicales de l'industrie du verre au 01 42 65 60 02, le 01/03/2006)

Le verre recyclé entre à plus de 75% dans la fabrication du verre notamment à usage alimentaire (vin, jus de fruit, etc...)

La matière première utilisée (calcin de récupération) est considérée comme ayant la même qualité que la matière vierge. Il existe une différence de point de fusion. Il n'existe pas de réglementation spécifique pour la matière première recyclée.

Contact téléphonique avec l'Institut du verre au 01 56 58 63 60, le 06/03/2006.

Il n'est pas fait de différence entre le verre issu de la matière vierge et le verre recyclé. Le problème se pose pour les métaux (plomb, cadmium...) mais il n'existe pas de réglementation spécifique vis-à-vis de la matière recyclée. Les questions sanitaires sont plutôt traitées sous un aspect de normalisation voir avec la normalisation européenne (CEN).

Prendre contact avec le CETIE (centre technique international l'embouteillage et du conditionnement, tél 01 42 65 26 45).

Le site internet de cet organisme ([www.cetie.org](http://www.cetie.org)) ne nous a pas fourni d'information intéressante pour notre sujet.

### **La filière du recyclage des papiers cartons**

Contact téléphonique REVIPAC au 01 45 79 88 99 le 01/03/2006

REVIPAC - POUR LES EMBALLAGES PAPIERS ET CARTONS, 6 rue Auguste Bartholdi, 75015 Paris, Tel : 01.45.79.88.99 Fax: 01.45.79.39.33

Les papiers cartons ne sont pas recyclés dans l'alimentaire.

Contact avec le Club Matériaux pour Contact Alimentaire et Santé (club MCAS) au 01 53 89 24 90 le 01/03/2006 qui me dirige vers Mme VATRAIS de REVIPAP 0153892450

Contact téléphonique Mme VATRAIS, REVIPAP au 01 53 89 24 50 le 02/03/2006

Le recyclage des papiers cartons s'effectue en fonction de l'étude de 2 paramètres préliminaires : l'aptitude au recyclage du matériau puis dans un second temps son aptitude au contact alimentaire. En tous les cas, les papiers cartons issus de la collecte des OM ne sont pas recyclables dans l'alimentaire (inapte au contact alimentaire). Seuls le sont ceux qui sont issus des circuits industriels ou commerciaux qui font l'objet d'une collecte spécifique.

Questions adressées par messagerie le 02/03/2006 à [revipap@wanadoo.fr](mailto:revipap@wanadoo.fr)

Réponse de Bérénice GARCIA CERRILLOS reçue le 07/03/2006, association "Club Matériaux pour Contact Alimentaire et Santé" (Filière Papier Carton) 154, Bd HAUSSMANN 75008 PARIS T:01 53 89 24 90 F:01 45 62 45 27, [club-MCAS@wanadoo.fr](mailto:club-MCAS@wanadoo.fr)

Les matériaux et objets destinés au contact des denrées alimentaires sont réglementés par le Règlement n°1935/2004 qui pose le principe d'inertie à respecter. En l'absence et dans l'attente d'une réglementation spécifique, les industriels de la filière papier carton pour contact alimentaire réunis dans l'Association Club MCAS ont élaboré le "Guide de Bonnes Pratiques pour la Fabrication des Papiers et Cartons et des Articles Transformés en Papier et Carton destinés au Contact Alimentaire" (Editions LAvoisier) avec la collaboration du CNERNA (Centre Nationale d'Etudes et de Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation) ; la DGCCRF a encouragé les industriels concernés à se conformer aux recommandations du Guide.

Concernant l'utilisation de fibres cellulosiques de récupération (FCR), le guide définit en fonction du type de contact, les sortes (selon la norme EN 643) qui peuvent être utilisées.



#### IV - REGLEMENTATION RELATIVE AUX DECHETS

Dans une première partie du travail, nous avons limité nos investigations aux déchets qui sont concernés par une réglementation spécifique (décret, arrêté ou simple circulaire) telle qu'elle apparaît dans la liste des textes réglementaires présentés sur le site du MEDD.

Les déchets concernés par une réglementation spécifique sont :

- les déchets ménagers et assimilés (DMA), les déchets d'emballages, les déchets organiques,
- les déchets industriels et divers déchets particuliers (amiante, boues d'épuration urbaine, déchets d'activité de soins, déchets d'équipements électriques et électroniques, déchets de chantier, huiles usagées, piles et accumulateurs, pneus usagés, véhicules hors d'usage).

Sont également concernés par des textes spécifiques :

- les cendres issues de la filtration des gaz de combustion d'origine fossiles (cendres volantes de charbon),
- les mâchefers d'incinération des résidus urbains.

Il a été convenu que l'intérêt se porterait essentiellement à l'aval dans le processus de réemploi des déchets et que les étapes amont (collecte du déchet, conditionnement...) avant son réemploi ne faisaient pas partie du sujet à traiter.

Cependant, dans certaines situations particulières qui mériteraient d'être identifiées, des défaillances dans le processus en amont de la filière pourraient justifier l'intérêt pour les étapes en amont du fait de la présence d'un polluant non désiré à l'aval (exemple cité de l'huile contenant des dioxines ayant été mélangé accidentellement à l'alimentation animale en Belgique).

##### ***a) Les emballages***

Le décret<sup>9</sup> qui s'applique aux emballages fournit des définitions :

On entend par « emballage » tout objet, quelle que soit la nature des matériaux dont il est constitué, destiné à contenir et à protéger des marchandises, à permettre leur manutention et leur acheminement du producteur au consommateur ou à l'utilisateur, et à assurer leur présentation. Tous les articles « à jeter » utilisés aux mêmes fins doivent être considérés comme des emballages.

Le décret indique également les exigences qui concourront à sa réutilisation ou à sa valorisation :

L'emballage doit être conçu, fabriqué et commercialisé de manière à permettre sa réutilisation ou sa valorisation, y compris son recyclage, et à réduire au minimum son incidence sur l'environnement lors de l'élimination des déchets d'emballages ou des résidus d'opérations de traitement des déchets d'emballages.

L'emballage doit être conçu et fabriqué en veillant à réduire au minimum la teneur en substances et matières nuisibles et autres substances dangereuses des matériaux d'emballage et de leurs éléments, dans les émissions, les cendres ou le lixiviat qui résultent de l'incinération ou de la mise en décharge des emballages ou des résidus d'opérations de traitement des déchets d'emballages.

Les niveaux de concentration en métaux qu'ils ne doivent pas dépasser sont précisés dans le décret. La somme des niveaux de concentration en plomb, cadmium, mercure et chrome hexavalent présents dans l'emballage ou dans ses éléments ne devra pas dépasser 600 parties par million (ppm) en masse s'ils sont fabriqués après le 30 juin 1998, 250 ppm en masse s'ils sont fabriqués après le 30 juin 1999 et, enfin, 100 ppm en masse s'ils sont fabriqués après le 30 juin 2001.

---

<sup>9</sup> Décret n° 98-638 du 20 juillet 1998 relatif à la prise en compte des exigences liées à l'environnement dans la conception et la fabrication des emballages (JO du 25/07/1998)

### ***b) Les déchets organiques***

voir plus loin le chapitre qui leur est consacré

### ***c) Les déchets industriels***

Les déchets dangereux auxquels s'applique la réglementation sont définis par un texte précédent<sup>10</sup>.

En application du décret paru récemment<sup>11</sup>, des registres chronologiques de la production, de l'expédition, de la réception et du traitement de ces déchets doivent être tenus à toutes les étapes de leur gestion (production, transport ou entreposage, traitement).

Un bordereau accompagne les déchets. Il est complété lors de la réception et de la réexpédition des déchets.

### ***d) Les mâchefers d'incinération des résidus urbains***

Le texte applicable à cette catégorie de déchets n'a pas le statut des textes applicables aux autres déchets cités dans ce chapitre relatif à la réglementation puisqu'il ne s'agit que d'une simple circulaire<sup>12</sup>.

### ***e) Les cendres issues de la filtration des gaz de combustion de combustibles d'origine fossile (cendres de charbon)***

Il en est de même du statut de la réglementation applicable aux cendres de charbon<sup>13</sup>.

### ***f) Les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE)***

Suite à la parution des deux directives du parlement européen<sup>14</sup>, un décret<sup>15</sup> vient de paraître qui réglemente, en France, la composition des équipements électriques et électroniques mis sur le marché qui ne doivent pas contenir de plomb, de mercure, de cadmium, de chrome hexavalent, de polybromobiphényles (PBB) ou de polybromodiphényléthers (PBDE).

De plus ces équipements doivent être conçus et fabriqués de façon à faciliter leur démantèlement et leur valorisation.

D'après le décret, sont considérées comme des opérations de valorisation des composants, matières et substances issus de déchets d'équipements électriques et électroniques, leur réutilisation, leur recyclage ou leur utilisation comme source d'énergie primaire dans une installation.

---

<sup>10</sup> Décret n° 2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets (JO du 20/04/2002)

<sup>11</sup> Décret n° 2005-635 du 30 mai 2005 relatif au contrôle des circuits de traitement des déchets (JO du 31/05/2005)

<sup>12</sup> Circulaire DPPR/SEI/BPSIED n° 94-IV-1 du 9 mai 1994 relative à l'élimination des mâchefers d'incinération des résidus urbains

<sup>13</sup> Circulaire n° 96-85 du 11 octobre 1996 relative aux cendres issues de la filtration des gaz de combustion de combustibles d'origine fossile dans des installations classées pour la protection de l'environnement (BO min. Équip. n°1109-96/93 du 10 décembre 1996)

<sup>14</sup> Directive 2002/96/CE du parlement européen et du Conseil du 27 janvier 2003 relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) (JOCE du 13/02/2003)

Directive 2002/95/CE du Parlement européen et du Conseil du 27 janvier 2003 relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (ROHS) (JOCE du 13/02/03)

<sup>15</sup> Décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005 relatif à la composition des équipements électriques et électroniques et à l'élimination des déchets issus de ces équipements (JO du 22/07/2005)

### ***g) Les piles et accumulateurs***

Le décret<sup>16</sup> applicable à ces produits prévoit les conditions suivantes pour leur mise sur le marché :

Interdiction des piles alcalines au manganèse contenant plus de 0,025% en poids de mercure, à l'exception :

- des piles alcalines au manganèse contenant au plus 0,05% en poids de mercure, à condition qu'elles soient destinées à un usage prolongé dans des conditions extrêmes : températures inférieures à 0°C ou supérieures à 50°C, expositions à des chocs, et qu'elles fassent l'objet d'un marquage spécifique ;
- des piles alcalines au manganèse de type bouton ou des piles composées d'éléments de type bouton.

Les piles ou accumulateurs répondant aux caractéristiques suivantes ne peuvent être incorporés à des appareils qu'à la condition de pouvoir être enlevés aisément par l'utilisateur après usage :

Piles contenant :

- soit plus de 25 milligrammes de mercure par élément ;
- soit plus de 0,025% en poids de mercure, s'il s'agit de piles alcalines au manganèse.

Piles et accumulateurs contenant :

- soit plus de 0,025% en poids de cadmium ;
- soit plus de 0,4% en poids de plomb.

### ***h) Les pneumatiques usagés***

Selon le décret en vigueur<sup>17</sup>, la valorisation des pneumatiques usagés est préférée à leur destruction chaque fois que les conditions techniques, économiques et géographiques le permettent.

Pour l'application des dispositions du présent décret, sont considérés comme des opérations de valorisation des pneumatiques usagés leur réemploi, leur rechapage, leur utilisation pour des travaux publics, des travaux de remblaiement ou de génie civil, leur recyclage, leur utilisation comme combustible, leur incinération avec récupération d'énergie, leur utilisation par les agriculteurs pour l'ensilage ainsi que leur broyage ou leur découpage en vue d'un traitement conforme aux opérations mentionnées au présent alinéa.

### ***i) Les véhicules hors d'usage***

Selon le décret<sup>18</sup> qui s'applique à ces produits, les voitures particulières et les camionnettes doivent être construites de façon à limiter l'utilisation de substances dangereuses afin de prévenir le rejet de ces substances dans l'environnement, de faciliter le recyclage des composants et matériaux des véhicules et d'éviter d'avoir à éliminer des déchets dangereux.

Les voitures particulières et les camionnettes doivent être construites de façon à faciliter leur démontage et leur dépollution lors de leur destruction ultérieure ainsi que le réemploi ou la valorisation, en particulier le recyclage, de leurs composants et matériaux.

Les composants et matériaux des véhicules hors d'usage sont de préférence, réemployés, valorisés et en particulier recyclés plutôt que détruits, chaque fois que les conditions techniques et économiques le permettent.

---

<sup>16</sup> Décret n° 99-374 du 12 mai 1999 relatif à la mise sur le marché des piles et accumulateurs et à leur élimination (JO du 16/05/1999) modifié par le décret n° 99-1171 du 29 décembre 1999 (JO du 30/12/1999)

<sup>17</sup> Décret n° 2002-1563 du 24 décembre 2002 relatif à l'élimination des pneumatiques usagés (JO du 29/12/2002)

<sup>18</sup> Décret n° 2003-727 du 1<sup>er</sup> août 2003 relatif à la construction des véhicules et à l'élimination des véhicules hors d'usage (JO du 05/08/2003)

Un arrêté<sup>19</sup> conjoint des ministres chargés des transports, de l'environnement et de l'industrie prévoit que les véhicules, composants et équipements visés ne contiennent pas de plomb, de mercure, de cadmium ou de chrome hexavalent, conformément aux dispositions de la directive 2000/53/CE. Il prévoit également la vérification de la conformité des véhicules, composants et équipements par les autorités en charge de leur réception.

#### ***j) Conclusion relative aux déchets spécifiques***

La lecture de la réglementation relative à certains déchets spécifiques fait apparaître deux types de dispositions.

Des dispositions contraignantes et vérifiables relatives à l'interdiction ou à la limitation des concentrations en éléments dangereux dans les matériaux réutilisables ou recyclables.

L'interdiction s'applique ainsi aux métaux dans les équipements électriques et électroniques (EEE) (Pb, Hg, Cd, CrVI) ou dans les véhicules et leurs composants (Pb, Hg, Cd, CrVI).

Alors que la limitation des concentrations en éléments métalliques s'applique aux emballages (Pb, Cd, Hg, CrVI), aux boues d'épuration des eaux usées (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn) ainsi qu'aux piles et accumulateurs (Hg, Mn, Cd, Pb).

Pour les composés organiques, l'interdiction concerne les polybromobiphényles (PBB) ou de polybromodiphényléthers (PBDE) dans les équipements électriques et électroniques (EEE). La limitation porte quant à elle sur les HAP et PCB dans les boues d'épuration des eaux usées.

Le cas des microorganismes ne concerne que les boues d'épuration des eaux usées dans lesquelles les concentrations sont limitées et surveillées (Salmonella, Entérovirus, Œufs d'helminthes pathogènes viable et coliformes thermotolérants).

Des dispositions générales, favorisant la réutilisation ou le recyclage des matériaux sont contenues dans les réglementations relatives aux emballages, aux équipements électriques et électroniques, aux pneumatiques usagés et aux composants et matériaux des véhicules.

La réglementation prend des dispositions de nature à limiter les impacts sanitaires en rapport avec les déchets issus de ces matériaux. La lecture de la réglementation fournit ainsi des indications sur les impacts à envisager en rapport avec certains types de déchets. C'est particulièrement vrai des textes qui fixent des interdictions ou des limitations à la présence de composés dangereux (métaux, composés organiques et microorganismes) dans les emballages, les boues d'épuration des eaux usées, les piles et accumulateurs, les composants et matériaux des véhicules.

---

<sup>19</sup> Arrêté du 24 décembre 2004 concernant les dispositions relatives à la construction des véhicules, composants et équipements visant l'élimination des véhicules hors d'usage (JO du 31/12/2004)

## V - RÉGLEMENTATION DES MATERIAUX AU CONTACT DES DENRÉES ALIMENTAIRES

Après avoir parcouru la réglementation relative aux déchets dont la liste apparaît sur le site du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD), dans une seconde partie du travail nous avons étendu nos investigations aux matériaux qui sont concernés par une réglementation spécifique relative au contact avec les aliments.

La réglementation en question figure sur le site de la direction générale de la consommation et de la concurrence et de la répression des fraudes (DGCCRF) qui dépend du Ministère des finances.

### *a) La réglementation en Europe*

La réglementation européenne qui concerne la sécurité sanitaire des matériaux et objets au contact des denrées alimentaires relève de la DG-Sanco (Direction générale de la santé et de la protection des consommateurs) au sein de la Commission européenne. Les compétences de cette direction générale s'étendent à la sécurité des aliments.

#### **Les matériaux et objets concernés sont :**

- emballages et conditionnements,
- récipients et ustensiles de cuisine,
- matériaux, machines et matériels utilisés dans la production, le stockage ou le transport de denrées alimentaires,
- tétines et sucettes.

#### **Les denrées alimentaires concernées sont les aliments et les boissons :**

- aussi bien à l'état de produit fini que de produits intermédiaires,
- destinés à l'alimentation humaine.

#### **Ne sont pas concernés notamment :**

- les matériaux d'enrobage,
- les installations fixes de distribution d'eau potable.

#### **L'aptitude au contact avec les aliments des matériaux est régie par le règlement n°1935/2004.**

Pour s'assurer qu'un objet peut entrer en contact avec les denrées alimentaires, il faut vérifier si chaque élément de matériau qui entre en contact avec les denrées alimentaires respecte les exigences concernant l'inertie. La liste des matériaux concernés est indiquée dans le règlement n°1935/2004 du 27/10/04.

Les critères d'inertie applicables varient en fonction de la nature chimique des matériaux.

En règle générale, les contrôles portent sur la composition des matériaux, les seuils de migration dans les aliments des substances issues de ces matériaux et l'absence d'altération, par les matériaux, des propriétés organoleptiques des aliments. Des critères spécifiques s'appliquent aux matériaux qui font l'objet de traitements spécifiques (ionisation, recyclage), et également aux matières colorantes et produits de nettoyage des matériaux qui entrent en contact avec les aliments.

#### **Règlement (CE) N° 1935/2004 du parlement européen et du conseil du 27 octobre 2004 concernant les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires.**

Le règlement (CE) n°1935/2004 a remplacé la directive n°89/109/CEE et la directive n°80/590/CEE à compter du 3/12/2004. Il s'applique aux matériaux et objets qui, à l'état de produits finis, sont destinés à être mis en contact ou sont mis en contact, conformément à leur destination, avec des

denrées alimentaires ou avec l'eau qui est destinée à la consommation humaine. Il ne s'applique pas aux installations fixes, publiques ou privées, servant à la distribution d'eau ainsi qu'aux antiquités.

Le règlement n°1935/2004 instaure le **principe d'inertie** (article 3) : Les matériaux et objets doivent être fabriqués conformément aux bonnes pratiques de fabrication afin que, dans les conditions normales ou prévisibles de leur emploi, ils ne cèdent pas aux denrées alimentaires des constituants en une quantité susceptible :

- de présenter un danger pour la santé humaine,
- d'entraîner une modification inacceptable de la composition des denrées ou une altération des caractères organoleptiques de celles-ci.

Le Règlement liste les **critères d'inertie** qui pourront s'appliquer à une catégorie de matériaux et qui seront précisés dans des **directives ou règlements spécifiques** (listes positives de constituants autorisés, critères de pureté applicables à certains de ces constituants, conditions particulières d'emploi, limites de migration spécifique, limite de migration globale, mesures concernant le contact buccal) ainsi que des modalités relatives à l'échantillonnage et aux méthodes d'analyse.

Les groupes de matériaux et objets soumis à des directives spécifiques sont les suivants :

- Matières plastiques y compris les vernis et les revêtements
- Celluloses régénérées
- Élastomères et caoutchouc
- Papiers et cartons
- Céramiques
- Verre
- Métaux et alliages
- Bois, y compris le liège
- Produits textiles
- Cires de paraffine et cires microcristallines.
- Matériaux et objets actifs
- Colles
- Liège
- Résines échangeuses d'ions
- Encres d'imprimerie
- Silicone
- Vernis et revêtements

Le Règlement fixe également des règles concernant l'autorisation des substances dans la fabrication des matériaux, les modalités d'inspection et de contrôle, l'étiquetage des matériaux et objets et notamment un symbole, la déclaration écrite de conformité, la traçabilité et les mesures de sauvegarde.

### ***b) La réglementation en France***

(source : direction générale de la consommation et de la concurrence et de la répression des fraudes DGCCRF)

Le texte de base réglementant l'aptitude des matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les denrées, produits et boissons alimentaires est le décret n°92-631 du 8 juillet 1992. De ce texte découlent, pour les matériaux et objets entrant dans son champ d'application, les prescriptions applicables aux différents opérateurs concernés.

## **Obligations applicables aux matériaux**

### Principe d'inertie (article 3) :

Les matériaux et objets doivent être inertes à l'égard des denrées alimentaires. En particulier, ils ne doivent pas : céder des constituants dans une quantité dangereuse pour la santé (de l'homme et de l'animal) ; entraîner une modification inacceptable de la composition de la denrée ; altérer les propriétés organoleptiques de la denrée alimentaire.

Le principe d'inertie implique également l'absence d'absorption de liquides alimentaires par les matériaux et objets (cas du tressillage dans les céramiques par exemple) sauf si le bon usage de ces matériaux et objets est basé sur le caractère poreux de l'article. En tout état de cause, l'article en question ne doit pas permettre un développement microbien à partir des denrées ou boissons absorbées.

### Déclaration écrite de conformité (article 8) :

Les matériaux et objets destinés à être mis au contact des denrées alimentaires doivent, sauf au stade de la vente ou de la distribution à titre gratuit au consommateur final, être accompagnés d'une déclaration écrite attestant de leur conformité, notamment au principe d'inertie prévu à l'article 3, et aux arrêtés d'application.

## **Opérateurs concernés par la réglementation « matériaux au contact ».**

Le champ d'application se divise entre matériaux et objets destinés au contact alimentaire et matériaux et objets mis au contact alimentaire. En effet, deux principaux types d'opérateurs sont concernés par cette réglementation :

1) d'une part, les opérateurs qui interviennent dans la filière des matériaux et objets (fabrication, transformation, distribution, commercialisation). A ce stade, les matériaux et objets sont destinés à être mis au contact des aliments (1<sup>er</sup> volet du champ d'application) ;

2) d'autre part, ceux qui interviennent dans la filière alimentaire (production et distribution de denrées alimentaires). Ces derniers sont soit des utilisateurs directs de matériaux et objets qu'ils utilisent au contact des denrées alimentaires, lors de la production, du transport, du stockage ou de la distribution de denrées alimentaires, soit des distributeurs de denrées alimentaires déjà emballées (denrées préemballées). A ce stade, les matériaux et objets sont mis au contact avec les denrées alimentaires (2<sup>ème</sup> volet du champ d'application).

## **Comment sont évaluées les nouvelles substances qui ne figurent pas encore dans les listes des substances pouvant entrer dans les matériaux mis au contact des aliments ?**

Il existe 2 procédures d'évaluation d'une nouvelle substance dans un matériau destiné à entrer en contact avec les aliments :

1) l'une pour une inscription sur la liste positive européenne de monomères ou d'additifs dont la procédure figure dans le document du Scientific Committee on Food (SCF) « *Note for guidance* ». Il décrit dans le détail la procédure et en particulier les informations toxicologiques exigées qui sont fonction des données de migration d'une substance obtenues pour une gamme de matériaux polymères. Selon le niveau de migration, ces données comportent 3 études de génotoxicité, ainsi qu'une étude de toxicité orale à 90 jours et des études complémentaires. Les données toxicologiques sont des données intrinsèques d'une substance qui intègrent éventuellement leurs impuretés. Les essais de migration sont réalisés pour une substance par rapport à un ensemble de matériaux et par rapport aux aliments par l'intermédiaire de liquides de simulation selon un protocole défini au niveau Communautaire.

2) l'autre pour une inscription sur la liste positive française de substances et de matériaux au contact des aliments dont la procédure figure dans l'avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France du 9 décembre 1997 et qui est similaire à l'évaluation du SCF. Elle diffère cependant sur quelques points :

a. la nature des données toxicologiques est en relation avec le niveau d'exposition théorique (NET) (exprimé en microgramme par personne et par jour et concerne un niveau d'exposition aux aliments

emballés) à la substance qui prend en compte une moyenne du niveau de migration spécifique dans 4 liquides simulants différents, pondérée par un facteur de consommation, les seuils étant identiques à ceux du SCF. Il convient toutefois de préciser que le NET n'a pas de rapport direct avec la toxicité d'une substance mais est établi pour préciser les données toxicologiques à fournir dans un dossier d'évaluation,

b. 3 niveaux du NET sont fixés en fonction de l'exposition aux substances : un premier pour des valeurs inférieures à 50 microgrammes/personne/jour, un second entre 50 et 5 000 microgrammes/personne/jour et le troisième au delà de 5 000 microgrammes/personne/jour ; le SCF fixe aussi 3 niveaux mais exprimés en migration des substances dans les aliments, avec des valeurs identiques exprimées en microgramme/L,

c. un quatrième niveau du NET est introduit, celui pour lequel le niveau d'exposition théorique est inférieur à 0,5 microgramme/personne/jour et pour lequel les pétitionnaires «*qui peuvent fournir les éléments caractérisant l'absence de potentiel cancérigène selon un modèle de relation structure-activité reconnu sont dispensés des études démontrant l'absence de potentiel génotoxique*»,

d. elle ne concerne en principe que l'utilisation d'une substance entrant dans un matériau.

Cette procédure et celle figurant en introduction du synoptique européen sont similaires : toutefois, pour le niveau d'exposition le plus faible (NET < 0,5 microgramme/personne/jour), elle exige des informations toxicologiques supplémentaires et en particulier la démonstration de l'absence de potentiel génotoxique de la substance. Dans l'esprit de l'avis du CSHPF, jusqu'à une valeur du NET inférieure à 0,5 microgramme/personne/jour, une substance est considérée ne présentant pas, *a priori*, de risque pour la santé.

La procédure actuelle d'acceptabilité des matériaux au contact des eaux de consommation humaine figure dans la circulaire du 12 avril 1999 et les modalités pratiques dans le «*Guide pratique pour la constitution des dossiers relatifs à la conformité sanitaire des matériaux placés en contact avec les eaux d'alimentation*». La circulaire indique que le dossier toxicologique qui doit être fourni à l'appui d'une demande d'inscription d'une nouvelle substance dans les listes positives est celui prévu en mars 1997 par l'Union européenne pour les aliments.

Les informations toxicologiques à fournir dépendent du niveau de migration prévisible du constituant dans l'eau :

- migration du constituant dans l'eau inférieure à 50 microgrammes/L : trois études de génotoxicité,
- migration du constituant dans l'eau comprise entre 50 et 5 000 microgrammes/L : une étude de toxicité orale à 90 jours et 3 études de génotoxicité,
- migration du constituant dans l'eau supérieure à 5 000 microgrammes/L : une étude de toxicité orale à 90 jours, 3 études de génotoxicité et éventuellement des études complémentaires spécifiques demandées par le ministre chargé de la santé.

Dans le cas où une substance entrant dans la composition d'un matériau ne figure dans aucune liste positive, le dossier toxicologique à joindre à la demande d'autorisation d'emploi peut être réduit lorsqu'il est démontré que la migration de ce constituant dans l'eau reste inférieure à 1 microgramme/L (Avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France du 20 janvier 1998, Guide pratique de mars 1999). Les données toxicologiques se limitent alors à celles disponibles sur cette substance.

Il apparaît ainsi quelques différences entre la constitution des dossiers de demandes d'emploi de substances dans les matériaux au contact des aliments et celle des matériaux au contact de l'eau : elles concernent le niveau d'exposition théorique pour les aliments, la migration dans l'eau et le seuil d'alerte.

Pour mémoire, il a semblé utile de mentionner les travaux européens, concernant l'évaluation de métabolites issus des phytosanitaires dans les eaux souterraines. Un document de travail de la Commission européenne a été publié récemment (*Guidance document on the assessment of the relevance of metabolites in ground water*). Étayé par des considérations toxicologiques, les experts européens estiment que jusqu'à un niveau de 0,75 microgramme/L, la présence de métabolites dans l'eau souterraine peut être acceptable et ne présente pas de risque pour la santé.

Au niveau français, une réflexion est actuellement menée au sein de l'Afssa au sujet de l'applicabilité d'un seuil de préoccupation toxicologique (SEPT) pour l'évaluation des matériaux au contact des aliments et en particulier de l'eau. En l'état actuel des travaux, les éléments de réflexion rejoignent,



dans ses grandes lignes, la position de la Commission européenne figurant dans le document provisoire.

Compte tenu de ce qui précède et du fait qu'une harmonisation des procédures d'inscription de nouvelles substances dans un matériau au contact des aliments et de l'eau s'avère nécessaire, il conviendrait de demander au pétitionnaire de fournir un dossier toxicologique identique à celui actuellement en vigueur pour les matériaux au contact des denrées alimentaires.

Concernant les additifs, le dossier devrait indiquer les produits formés ou susceptibles de se former lors du processus de fabrication. La réflexion actuellement en cours au sein du CES « *Matériaux au contact des denrées alimentaires* » sur les produits néoformés devrait permettre d'aboutir à terme à des recommandations sur les informations toxicologiques nécessaires à leur évaluation.

Dans le cas particulier des peroxydes, le dossier devrait en outre apporter la preuve de leur disparition ou de l'absence de produits néoformés classés de 5 à 9 dans la nomenclature du SCF.

## VI – LES MATIERES PLASTIQUES

### *a) Le recyclage des matières plastiques*

Les plastiques constituent un terme générique pour nommer, en réalité, une famille de matières fabriquées à partir du pétrole [Miquel, 1999]. Le pétrole est raffiné, distillé, la fraction d'essences légères ou "naphta" est isolée puis "craquée" (distillée) à la vapeur, ce qui permet d'obtenir des molécules chimiques de base : les monomères (éthylène, propylène...) constitués d'atomes de carbone, d'hydrogène, d'oxygène... Les molécules sont assemblées entre elles sous forme de chaînes, linéaires ou en réseau, qu'on appelle les polymères. D'autres éléments interviennent dans la composition des polymères, pour donner des caractéristiques spécifiques au produit (ajout de chlore, d'azote...).

#### **Trois grandes familles peuvent alors être distinguées.**

*Les thermoplastiques* qui caractérisent les plastiques malléables qui peuvent être chauffés, refroidis pour donner une forme, puis chauffés à nouveau pour une autre forme. Cette caractéristique permet la recyclabilité de la matière. Entrent dans cette catégorie :

Principaux thermoplastiques		
	Propriétés	Applications
PE (polyéthylène)	Transparence, souplesse	Films, sacs, bouteilles
PEhd (polyéthylène haute densité)	Opacité, rigidité	Bidons, conteneurs, poubelles, seaux, jouets, bouteille de lait
PVC (polychlorure de vinyle)	Transparence, rigidité	Mobilier (bancs, fenêtres...), barrières, jouets, sols
PET (polyéthylène téréphtalate)	Transparence, tenue à la pression interne	Bouteilles, boissons gazeuses, pull, rembourrage
PP (polypropylène)	Rigidité, résistance aux chocs	Boîtes, bacs, conteneurs, pare-chocs, tubes
PS (polystyrène)		Bouteilles, pots de yaourt
PA (polyamide)		Tissus

*Les thermodurcissables* qui caractérisent les plastiques qui se figent, se rigidifient dès la première transformation, et sont très difficiles à recycler (exemple, le PU -polyuréthane-, le silicone...).

*Les élastomères* qui caractérisent les plastiques qui se déforment (caoutchouc...).

Au total, on compte une centaine de familles de polymères, chacune déclinée en de nombreux grades de propriétés, soit au total plus de mille produits commerciaux différents, sans compter les alliages obtenus par mélange de plusieurs polymères. On compte ainsi, entre mille ou deux mille "plastiques différents".

On distingue également plusieurs modes de fabrication parmi lesquels :

- l'extrusion. Dans un cylindre chauffé, une vis pousse la masse à mouler vers l'avant, la compression la ramollit et l'homogénéise. A la sortie du cylindre, la masse plastifiée prend la forme désirée (granules) ;

- il est également possible de combiner l'extrusion avec le soufflage. Ainsi, à la sortie du cylindre, la matière est collée contre les parois d'un moule, ce qui permet de fabriquer des corps creux à des cadences de production très élevées ;

- le moulage, par compression, par injection ou par trempage (pour la fabrication d'objets minces ou de films plastiques utilisés pour les sacs et les couvertures agricoles...).

## **La filière du recyclage des plastiques**

(source <http://www.recyclages.com>)

La France ne recycle actuellement que 12% des 3 millions de tonnes de plastiques qu'elle produit. La filière des plastiques peine, partagée entre la variation des cours des produits vierges et ceux, incompressibles, du traitement. Mais elle croît et se structure peu à peu.

En 1998, la France a consommé 4,8 millions de tonnes de matières plastiques. La même année, elle a produit 3 millions de tonnes de déchets plastiques dont 350 000 tonnes seulement ont été récupérées en vue d'être recyclées (47% d'entre elles sont exportées). On estime à 2 millions de tonnes par an le flux des plastiques actuellement stocké en décharge.

65% des déchets plastiques récupérés (230 000 tonnes) sont issus de déchets de fabrication, et 30% (105 000 tonnes) proviennent d'emballages plastiques usagés (emballages ménagers, fûts et conteneurs, housses étirables et housses rétractables, bigs bags, PSE...).

Soit au total à peine 12% de plastiques récupérés !

Les récupérateurs, qui produisent des matières triées, conditionnées ou broyées à partir de déchets plastiques, représentent 37% des effectifs pour 27% du chiffre d'affaires. Viennent ensuite les régénérateurs qui produisent des granulés ou des poudres micronisées (38% des effectifs ; 42% du CA). Enfin, les recycleurs fabriquent les produits finis ou semi-finis (18% des effectifs ; 25% du CA).

## **Les modes de valorisation**

Les matières plastiques se prêtent à tous les modes de valorisation. Mais pas tous n'offrent les mêmes facilités. Les principaux modes de valorisation sont : la valorisation énergétique et la valorisation matière (recyclage mécanique et recyclage chimique).

### ***La valorisation matière***

Tandis que la valorisation énergétique est utile, mais n'apporte aucune valeur ajoutée, la valorisation matière consiste à utiliser la matière collectée pour fabriquer de nouveaux produits [Miquel, 1999].

Le recyclage matière des emballages plastiques ménagers concerne, pour le moment, presque exclusivement les corps creux (bouteilles, flacons, bidons) qui constituent la fraction la plus importante et la plus homogène du gisement. Les étapes de la valorisation sont les suivantes :

- Le tri

Il s'agit du tri par matière, c'est-à-dire par type de polymères (les différents polymères sont incompatibles, ne peuvent être traités ensemble), et par objet. Le tri est réalisé par les collectivités locales ou le prestataire afin de parvenir aux prescriptions techniques minimales (PTM). Les PTM sont fixées en sortie de tri par la filière Valorplast. Ne sont concernés par une éventuelle valorisation que les seuls corps creux (bouteilles, flacons, bidons ménagers), en trois polymères (PVC, PET, PEhd). Le cahier des charges impose des conditions de tri, des taux limites d'impureté, de restriction en termes de contenance etc.

Le premier tri, lié aux PTM impose un maximum de 2% d'impuretés. Le tri complémentaire après élimination des étiquettes, eau, est de faire passer ces 2% à 0,02%. Sur 100 tonnes entrantes, on obtient alors 80 tonnes régénérées.

#### - La régénération

La régénération consiste à retrouver les résines plastiques ce qui va permettre d'obtenir des matières premières secondaires destinées à l'industrie du recyclage. Cette régénération comprend le broyage, le lavage, la granulation, la micronisation, selon les polymères :

- le PEhd (lait...) après broyage, lavage et extrusion donne des granules. 100 tonnes entrantes donnent 79 tonnes de granules ;
- le PET (Coca Cola, eaux minérales), après broyage, lavage, donne des paillettes, ou, si l'on ajoute l'extrusion, des granules. 100 tonnes entrantes donnent 81 tonnes de granules ou de paillettes ;
- le PVC (*Badoit, Vichy Saint-Yorre*), après broyage, lavage, donne une poudre (C'est ce qu'on appelle la micronisation). 100 tonnes entrantes donnent 81 tonnes de poudre en sortie.

#### Le recyclage chimique :

Trois plastiques ont plus particulièrement fait l'objet de travaux de recherche dans le domaine du recyclage chimique ; le PET, les polyamides et le polystyrène [Ademe, 2002]. La solvolysse du PET est la technologie la plus développée actuellement. Ce procédé permet d'en améliorer la recyclabilité [Sanchez-Cadena, 2005]. Elle est réalisée de préférence par glycolyse, mais également par hydrolyse ou méthanolyse.

#### Le recyclage proprement dit

Le recyclage consiste à utiliser les résines régénérées (granulats, paillettes ou poudre) pour fabriquer de nouveaux produits :

- recyclage du PEhd en flacons et bas,
- recyclage du PET en fibres, rembourrage,
- recyclage du PVC en tuyaux, contreforts et chaussures, fibres textiles pour la fabrication de pulls.

Contrairement à ce que l'on croit dans le grand public, les bouteilles recyclées ne font pas d'autres bouteilles. La voie privilégiée aujourd'hui est la transformation en fibres. Le PVC peut être retraité en fibres textiles pour la fabrication de pulls (dite " laine " [sic] polaire...). Le PET est surtout utilisé en fibres industrielles (rembourrage de couettes, tapis automobile...).

Les 2 principaux types de plastiques recyclés sont:

Le PET (polyéthylène téréphtalate) utilisé pour les bouteilles d'eau minérale, boissons gazeuses et boissons aux fruits. Le fond présente un point d'injection unique.

Ils sont séparés en PET transparents et PET colorés



Le PEHD (polyéthylène haute densité) sert essentiellement pour les flacons de détergents, d'assouplissants, de shampoings,... et les bouteilles de lait opaques.

La soudure de fond se présente sous la forme d'une ligne.



### **Le procédé de recyclage du PET de la société AMCOR (procédé SUPERCYCLE)**

(source Service Public Fédéral Santé publique, Sécurité de la chaîne alimentaire et Environnement - Direction générale Animaux, Végétaux et Alimentation - Division Denrées alimentaires et autres produits de consommation)

<http://www.belgium.be/eportal/application?languageParameter=fr&pageid=contentPage&docId=26881>

#### Procédé de fabrication

Les bouteilles proviennent principalement de bouteilles d'eau ou de soft drinks, obtenues dans le cadre de programmes de récupération sélective. Les bouteilles ainsi récupérées sont transformées en paillettes.

Tous les composants du PET recyclé sont présents dans les listes positives de l'U.E., aucun adjuvant n'est utilisé dans le procédé. Un contrôle régulier du poids moléculaire du produit fini vient le confirmer.

#### Description du procédé

- Récupération sélective
- Transformation en paillettes
- Lavages successifs (élimination des colles et autres particules étrangères)
- Séchage
- Extrusion
- Cristallisation et polymérisation

Le procédé décrit ci-dessus a pour but d'éliminer toutes les impuretés qui pourraient nuire à la qualité finale du produit.

#### Critères utilisés

##### Contaminants

Sur base d'études on montre que moins de 10 % des bouteilles récupérées sont contaminées par des substances étrangères.

La FDA et l'industrie ont établi des directives pour effectuer des essais en vue d'établir l'acceptabilité des matériaux recyclés comme emballage pour les denrées alimentaires. Cinq contaminants de volatilité et de polarité différentes sont proposés par la FDA. Il s'agit du toluène, du lindane, du diazinon, du chloroforme et du stéarate de zinc.

Les tests montrent que le degré de contamination est de loin inférieur à 0,5 ppb dans le PET recyclé.

Les tests ont été réalisés avec des pourcentages différents de PET recyclé et de PET vierge mélangés. Les résultats d'analyse ne montrent pas de différences significatives entre les différents essais.

#### Conclusion

Au vu des données, on peut émettre un avis positif quant à l'utilisation de bouteilles en PET recyclé selon le procédé Supercycle.

La société Amcor est, par conséquent, autorisée à recycler le matériau PET aux conditions qui sont fixées dans le dossier introduit le 13 avril 1995.

S'il s'avère qu'à l'avenir une modification du procédé de recyclage du PET apparaisse, un nouveau dossier devra être introduit et un nouvel avis rendu.

Cette autorisation ne dispense pas le producteur de PET recyclé de s'assurer par tous les moyens jugés nécessaires, grâce à des tests de migration réguliers et obligatoires, de la conformité de son PET recyclé avec les lois et normes en vigueur en Belgique et dans la Communauté européenne; notamment l'arrêté royal du 11 mai 1992 concernant les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires et plus particulièrement les articles 4 et 5. Le non-respect de cette obligation entraînera le retrait de l'autorisation.

Possesseur du brevet : Société Amcor PET Recycling Europe sa

Date d'approbation du procédé : 10 mai 1995

### **Le recyclage du PET en Europe en 2003**

(source Frédéric Blanchard, Amcor PET Packaging Europe/Asia [frederic.blanchard@amcorpet.com](mailto:frederic.blanchard@amcorpet.com))

Le total des bouteilles en PET collectées dans l'union européenne représentait 612 000 de tonnes en 2003, en augmentation de 37% par rapport à 2002. 63% de ce tonnage a été collecté dans 3 pays de l'UE (Italie, France et Allemagne).

Environ 55 sociétés effectuent le recyclage des bouteilles afin de produire des paillettes propres. Ils représentent une capacité de production de 580 000 tonnes.

Les principaux débouchés de la matière recyclée sont les fibres (70%), les bouteilles (11%), les feuilles ou film de PET (8%), les feuillets ou bandes de cerclage (8%) et 3% pour les autres débouchés.

En France, la capacité moyenne de recyclage du PET était de 103 932 tonnes en 2004 pour une production moyenne de 82 204 tonnes.

#### ***b) La réglementation relative aux matières plastiques destinées à entrer en contact avec les aliments***

Sont concernés les matériaux et objets en matière plastique constitués exclusivement de matière plastique ou composés de deux ou plusieurs couches dont chacune est constituée exclusivement de matière plastique et qui à l'état de produits finis sont destinés à entrer en contact direct avec des produits alimentaires (source DGCCRF).

Ne sont pas concernés les matériaux et objets qui ne sont pas destinés, dans les conditions normales d'utilisation ou dans d'autres conditions raisonnablement prévisibles, à entrer en contact avec les produits alimentaires, par exemple : revêtements de sol, de plafond et de mur, tableau de bord de voiture, tablier, nappe, plateau repas. Sont toutefois concernés les plateaux alvéolés en contact direct avec les aliments.

### **En Europe**

La directive 2002/72/CE du 6 août 2002 relative aux matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec les aliments fixe la liste des constituants autorisés dans la fabrication de ces matériaux. Cette liste comprend les monomères et substances de départ pouvant être employées pour la formation des polymères, et les additifs pouvant leur être ajoutés pour améliorer leurs

propriétés, faciliter leur mise en œuvre etc... La liste ne comprend pas les impuretés qui pourraient être présentes dans les substances utilisées.

#### LISTE DE MONOMÈRES ET AUTRES SUBSTANCES DE DÉPART QUI PEUVENT ÊTRE UTILISÉS POUR LA FABRICATION DES MATÉRIAUX ET OBJETS EN MATIÈRE PLASTIQUE

La liste peut comprendre les informations suivantes relatives à la substance considérée : la limite de migration spécifique (LMS), la quantité maximale permise de substance dans le matériau ou objet fini (QM), la quantité maximale permise de substance dans le matériau ou objet exprimée en mg par 6 dm<sup>2</sup> de surface en contact avec les denrées alimentaires (QMS), toute autre restriction indiquée de manière expresse et toute spécification concernant la substance ou le polymère.

Si la liste des monomères et substances de départ est pleinement harmonisée, celle des additifs n'est pas exhaustive, et peut être complétée par les additifs autorisés au plan national, dès lors que l'emploi de ces substances répond au principe d'inertie prévu par le décret du 8 juillet 1992 relatif aux matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les aliments.

En France, un grand nombre d'additifs ont été autorisés depuis 1950, après avis favorable du CSHPF, puis de l'AFSSA. L'arrêté du 2 janvier 2003 transposant la directive 2002/72/CE précitée prévoit à l'article 4 que, outre la liste non exhaustive des additifs autorisés au plan communautaire, ces additifs peuvent également être utilisés dans les matières plastiques pour contact alimentaire destinées au marché français.

Ces substances figuraient jusqu'à présent dans de nombreuses circulaires, lettres-circulaires et instructions réunies dans la brochure 1227 du *Journal officiel* relative aux matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les aliments. La liste en annexe rassemble les additifs en question, afin de faciliter l'application de l'article 4 de l'arrêté du 2 janvier 2003. Toutefois, cette liste ne comprend pas les pigments et colorants pour matières plastiques, qui vont faire l'objet très prochainement d'une réglementation nationale spécifique.

Les termes génériques de "*corps inertes*" et de "*hauts polymères insolubles et inactifs à l'égard des denrées alimentaires*" n'ont pas été repris dans cette liste récapitulative, car leur définition était trop vague, et redondante avec le principe d'inertie des matériaux destinés à entrer en contact avec les aliments. Ils ne peuvent être invoqués pour justifier l'emploi de substances autres que celles autorisées.

Par ailleurs, pour les additifs figurant dans sa section B, la directive 2002/72/CE prévoit que la limite de migration ne s'appliquera, pour ce qui concerne le simulant gras, qu'à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2004. Jusqu'à cette date, les restrictions éventuellement prévues au plan national, pour ces substances et pour le contact gras, restent valables. Ces additifs sont donc maintenus dans la liste afin de rappeler les restrictions et conditions d'utilisation qui leur sont applicables pour ce qui concerne le simulant gras.

L'autorisation des additifs répertoriés (cf. liste en annexe à la directive 2002/72/CE) vaut jusqu'à ce qu'une décision soit prise quant à leur inscription dans la liste communautaire, ou jusqu'à l'établissement de conditions d'emploi en ce qui concerne le simulant gras pour ceux évoqués au paragraphe précédent. À cet égard, le projet de 1<sup>ère</sup> modification de la directive 2002/72/CE précitée prévoit que les additifs qui ne sont pas encore autorisés au plan communautaire devront faire l'objet d'un dossier de demande d'autorisation, transmis aux instances communautaires avant le 31 décembre 2004. Ce dossier comprendra les éléments figurant dans les lignes directrices du Comité scientifique de l'alimentation humaine (CSAH) du 19 décembre 2001 pour la présentation des demandes d'autorisation de substances utilisées dans les matériaux au contact des aliments. À défaut, les additifs en cause ne pourront plus être utilisés dans les États membres après le 31 décembre 2004.

Les industriels français seront donc invités à vérifier si ces données pourront être transmises dans les délais prévus, notamment pour les substances figurant dans les listes 6 à 9 du document synoptique de la Commission relatif aux constituants de matériaux destinés à entrer en contact avec les aliments (substances non encore approuvées par le CSAH).

#### **Migrations des constituants**

**Directive n° 85/572/CEE du 19 décembre 1985 fixant la liste des simulants à utiliser pour vérifier la migration des constituants des matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires**

Cette directive établit la classification conventionnelle des aliments. Elle précise pour chaque denrée alimentaire ou groupe de denrées alimentaires, le ou les simulants à utiliser pour vérifier la migration conformément à la directive 82/711/CEE modifiée du Conseil, du 18 octobre 1982, établissant les règles de base nécessaires à la vérification de la migration des constituants des matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires.

Pour certaines denrées alimentaires contenant des matières grasses, le résultat obtenu dans les essais de migration avec le simulant gras est plus élevé que celui obtenu dans les essais de migration avec la denrée alimentaire elle-même, il convient alors de corriger le résultat en appliquant un coefficient de réduction approprié dans le cas d'espèce. Ceci en raison du fait que le simulant gras a un pouvoir d'extraction supérieur à celui de certains types de denrées alimentaires.

**Directive consolidée n° 82/711/CEE du 18 octobre 1982 établissant les règles de base nécessaires à la vérification de la migration des constituants des matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires**

La présente directive est une directive spécifique prévue par le Règlement n° 1935/2004 du 27 octobre 2004 relative au rapprochement des législations des Etats membres concernant les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires.

Cette directive établit les règles de bases pour les conditions de contact durée-température, et l'utilisation de simulants à la place des denrées alimentaires, permettant de vérifier les limites de migration globale et spécifique fixées par la directive concernant les matières plastiques. La directive établit des conditions d'essais standard qui doivent représenter les conditions de contact réelles.

Le contrôle du respect des limites de migration est effectué dans les conditions de contact les plus sévères prévisibles dans la pratique. Ainsi, les barèmes de durée et température d'essais doivent être choisis de façon à optimiser les essais tout en respectant les conditions de contact prévisibles les plus sévères. Comme il n'est pas toujours possible d'utiliser des aliments pour essayer des matériaux en contact avec les denrées alimentaires, on a recours à des liquides simulateurs. Ils représentent quatre types chimiques d'aliments (A:aqueux, B:acide, C:alcoolique, D:gras). Les liquides simulateurs doivent être choisis connaissant à l'avance les types d'aliments déterminés, à l'aide de la classification conventionnelle des aliments exposée dans la directive n° 85/572/CEE du 19 décembre 1985 fixant la liste des liquides simulateurs à utiliser pour vérifier la migration des constituants des matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires.

Pour les matériaux et les objets destinés à être utilisés dans des fours à micro-ondes, les essais de migration doivent être faits dans un four conventionnel ou un four à micro-ondes, à condition que la durée et la température appropriée soient sélectionnées dans le tableau qui figure dans la présente directive. Des barèmes de température et de durée particuliers sont prévus pour le remplissage. Les conditions d'application de la déclaration écrite, du marquage et de l'étiquetage sont rappelées ci-après.



## En France

Réglementation par matériau

(source LNE <http://www.contactalimentaire.com>)

### Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE)

Le LNE a été créé en 1901, au sein du Conservatoire National des Arts et Métiers. Il a pour vocation de répondre aux besoins de mesures et d'essais de l'industrie, principalement dans les domaines des matériaux, des machines et de la physique.

Depuis 1978, le LNE est un Établissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC) rattaché au Ministère de l'Industrie. La loi du 10 janvier 1978, qui lui confère ce statut, élargit ses missions à la certification de produits, ainsi que ses domaines d'intervention.

### Matières plastiques

Les critères d'inertie à respecter

- Substances utilisées pour fabriquer le matériau autorisées par les listes positives (monomères, additifs dont matières colorantes)
- Migration globale inférieure à 10 mg/dm<sup>2</sup> ou 60 mg/kg
- Migrations spécifiques inférieures aux LMS (limite de migration spécifique)

Les textes de base

- ▶ [Directive 2002/72/CE](#) consolidée de la Commission du 6 août 2002 concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires
- ▶ [Directive n°2005/79/CE](#) du 18 novembre 2005 portant modification de la directive 2002/72/CE concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires
- ▶ [Arrêté du 9 août 2005](#) modifiant l'arrêté du 2 janvier 2003 relatif aux matériaux et objets en matière plastique mis ou destinés à être mis au contact des denrées, produits et boissons alimentaires
- ▶ [Arrêté du 2 janvier 2003](#) relatif aux matériaux et objets en matière plastique mis ou destinés à être mis au contact des denrées, produits et boissons alimentaires
- ▶ [Note d'information n°2003-27](#) relative aux matières plastiques destinées à entrer en contact avec les aliments
- ▶ [Note d'information n°2004-64](#) du 6 mai 2004 relative aux matériaux au contact des denrées alimentaires
- ▶ [Fiche matériaux plastiques](#)

Cette fiche est annexée à la note d'information de la DGCCRF N°2004-64 du 6 mai 2004. Elle présente les exigences applicables aux matériaux constitués uniquement de matières plastiques et destinés au contact avec les aliments. Les exigences sont celles décrites dans les textes réglementaires existants au niveau français et européen (Directive n°[2002/72/CE](#) du 6/08/2002 et Arrêté du 2/01/2003).

- ▶ [Fiche complexes](#)

Les règles pour le contrôle des matériaux

► [Directive du Conseil du 18 octobre 1982](#) consolidée établissant les règles de base nécessaires à la vérification de la migration des constituants des matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires (82/711/CEE)

► [Directive du Conseil du 19 décembre 1985](#) fixant la liste des simulants à utiliser pour vérifier la migration des constituants des matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires (85/572/CEE)

Les textes sur le PVC et copolymères

► [Directive du Conseil du 30 janvier 1978](#) relative au rapprochement des législations des Etats membres en ce qui concerne les matériaux et objets contenant du chlorure de vinyle monomère destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires (78/142/CEE)

► [Directive de la Commission du 8 juillet 1980](#) portant fixation de la méthode communautaire d'analyse pour le contrôle officiel de la teneur des matériaux et objets en chlorure de vinyle monomère destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires (80/766/CEE)

► [Directive de la Commission du 29 avril 1981](#), portant fixation de la méthode communautaire d'analyses pour le contrôle officiel du chlorure de vinyle monomère cédé par les matériaux et objets aux denrées alimentaires (81/432/CEE)

► [Arrêté du 30 janvier 1984](#) relatif aux matériaux et objets contenant du chlorure de vinyle monomère et destinés à être mis au contact avec des denrées, produits et boissons alimentaires

► [Arrêté du 30 janvier 1984](#) relatif aux méthodes officielles d'analyse concernant la détermination de la teneur en chlorure de vinyle monomère des matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les denrées, produits et boissons alimentaires et la détermination du chlorure de vinyle cédé par les matériaux et objets aux denrées, produits et boissons alimentaires mis à leur contact

Les textes sur les composés époxydiques (BADGE, BFDGE, NOGE)

► [Règlement \(CE\) n°1895/2005](#) du 18 novembre 2005 concernant l'utilisation de certains dérivés époxydiques dans les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires.

► [Arrêté du 2 avril 2003](#) concernant l'utilisation de certains dérivés époxydiques dans des matériaux et des objets mis ou destinés à être mis au contact des denrées alimentaires

Les textes en projet

► [Super-règlement sur les matières plastiques](#)

La nouvelle directive concernant les matières plastiques est dans la phase finale de sa rédaction. Par rapport à la directive sur les matières plastiques, le nouveau texte devrait apporter les modifications suivantes :

- Regroupement de tous les textes réglementaires qui concernent les matières plastiques
- Extension des règles à tous les matériaux multicouches dont la couche en contact est de la matière plastique
- Définition de la barrière fonctionnelle
- Introduction du facteur de réduction des aliments gras
- Clarification des obligations des exploitants (notamment déclaration écrite de conformité)
- Transformation des Qm et Qma en LMS.
- Ajout d'un simulant pour les aliments secs et non gras
- Nouvelle conditions d'essai pour l'utilisation des matériaux et objets en four à micro-ondes

### ***c) Réemploi de matières plastiques***

Aux Pays-Bas, l'expérience d'une bouteille en PET faisant l'objet d'un re-remplissage a été menée ; elle a cependant dû être modifiée pour résister au lavage à chaud (éviter un *fluage*) et, pour l'eau en bouteille, les problèmes d'arrière-goût résultant des produits de lavage utilisés ont été difficiles à résoudre.

### ***d) Aspects sanitaires relatifs au recyclage des plastiques***

Le recyclage des plastiques dans des applications au contact d'aliments reste une question controversée. Ainsi, le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (Section Alimentation et Nutrition), dans un avis du 7 septembre 1993, a exprimé à ce sujet « son opposition vis-à-vis de l'utilisation de matériaux recyclés ne présentant pas les mêmes garanties que celles du matériau vierge auquel ils pourraient se substituer ».

Cependant, l'Agence de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) a donné en 2003 son « feu vert » au recyclage de bouteilles et PET. Alexandre Feigenbaum, expert mandaté par l'AFSSA, indiquait cependant, sur la base d'une enquête sur échantillon, que « sur près de 10 000 bouteilles récupérées, cinq avaient contenu des solvants ou des pesticides ».

Des interrogations sanitaires concernent les phtalates, largement utilisés – comme plastifiant – dans les plastiques, pour diverses applications (y compris médicales), avec un recyclage possible pour d'autres applications.

Il est interdit d'utiliser certains phtalates (susceptibles notamment d'être contenus dans des matières plastiques) pour des jouets destinés à être mis en bouche par les enfants de moins de trois ans [Bertolini, 2004]. Il s'agit là de préconisations qui relèvent de la prévention (le cas échéant de la précaution), mais qui montrent que le recyclage de déchets d'usage doit exclure certains domaines d'applications.

### ***e) Les travaux de recherche sur l'alimentarité des emballages plastiques***

Des recherches sont menées sur l'alimentarité des matériaux au contact des aliments (plastiques et papiers cartons) par l'Unité Mixte de Recherche 614 (Fractionnement des Agro-ressources et Emballage) qui est un laboratoire mixte entre l'INRA et l'Université de Reims Champagne-Ardenne (UMR FARE EMOA, Alexandre FEIGENBAUM, Patrice DOLE). Ces travaux sont notamment utilisés dans le cadre des groupes d'experts qui travaillent à l'élaboration de la réglementation au niveau européen.

Certains travaux de recherche sont ciblés sur la purification du PET recyclé vis-à-vis de la contamination liée à l'usage antérieur de la matière [Konkol, 2004].

Dans cette thèse australienne, les différentes études citées portent sur la perméabilité du matériau vis-à-vis des gaz (dioxyde de carbone et dioxygène), sur la migration de contaminants de l'emballage vers l'aliment et sur l'absorption par l'emballage de substances provenant de l'aliment. Dans ce cadre, des comparaisons sont faites entre les extraits obtenus par traitement avec des solvants, notamment le dichlorométhane, pour du PET issu de matière vierge et du PET issu de matière recyclée.

Les composés présents dans le PET issu de matière vierge peuvent résulter du procédé de fabrication lui-même. Il s'agit par exemple de catalyseurs (sels de cobalt et de manganèse ou d'argent). La nature des résidus présents dans le PET et pouvant migrer dans les aliments est bien documentée (p-xylène, éthylène glycol, acide téréphtalique, diméthyl téréphtalate, acide p-toluique, ester méthylique de l'acide p-toluique, p-téréphtalate, ester monométhylrique). Selon les chercheurs, les niveaux atteints par ces composés ne poseraient pas de problème d'ordre sanitaire, les concentrations restant en dessous des valeurs réglementées par l'union européenne (UE). Pour l'ion cobalt, la limite de migration est fixée à 100 ppb par l'UE.

Des concentrations d'acide téréphtalique, d'acide monohydroxy éthylène téréphtalique (MHET) et de bis-(2-hydroxyéthyl) téréphtalate (BHET) (6,9 ppm, 34,4 ppm et 49,1 ppm) ont été mesurées dans le liquide contenu dans des bouteilles en PET. Le potentiel de risque sanitaire de telles concentrations n'est pas établi par manque de concentration de référence au plan réglementaire pour le MHET et le BHET. La concentration mesurée en acide téréphtalique est inférieure à la limite de migration spécifique fixée à 7,5 ppm.

Il se produit une faible migration des catalyseurs (antimoine germanium, titane et plomb). En tant que sous produit de la polymérisation, l'acétaldéhyde dont la limite de détection organoleptique se situe entre 4 et 65 ppb, est mesuré dans l'eau à une concentration inférieure à 100 ppb (valeur limite de l'UE) après 10 jours à 40°C mais à une concentration dépassant cette limite en cas de séjour de plus de 30 jours.

La présence d'aditifs (acide gras, antioxydants), plastifiants (phtalates, adipates...) a été observée à des concentrations inférieures aux valeurs limites de l'agence américaine FDA.

Dans une étude, des substances tests ont été utilisées pour mesurer la contamination résiduelle de bouteilles en PET recyclé après lavage. Aucune des substances mesurées dans le simulant des aliments n'a atteint une concentration posant un problème sanitaire. Par contre, dans une autre étude, les concentrations mesurées en composés odorants (myrcène, limonène) restent à un niveau élevé après lavage rendant les bouteilles impropres à un usage alimentaire secondaire par rereplissage. D'autres auteurs ont également montré la présence de divers contaminants testés à des concentrations dépassant la limite fixée à 10 ppb permettant un rereplissage des bouteilles en PET après lavage.

Le recyclage du PET (lavage, chauffage, extrusion, condensation) a fait l'objet d'études pour mesurer la contamination résiduelle d'emballage alimentaire. Les concentrations en contaminants dans les simulants des aliments utilisés restent le plus souvent en dessous de la limite de 10 ppb fixée par l'US FDA même si les concentrations en contaminants dans le PET recyclé dépassent souvent la limite de 215 ppb fixée par l'agence américaine. Selon l'agence, ces résultats autorisent l'utilisation du PET recyclé pour des bouteilles à usage d'emballage de boissons.

Les matériaux et les objets conçus pour entrer en contact avec les aliments doivent montrer leur sûreté car ils peuvent interagir avec les aliments au cours de la fabrication, le stockage ou le transport des denrées alimentaires [Begley, 2005]. La directive cadre 89/109/EEC et ses directives filles fournissent les bases de la sûreté pour le consommateur contre la contamination chimique inadmissible du fait des matériaux en contact des aliments.

Récemment, la commission européenne a chargé un groupe d'experts international de démontrer que la modélisation de la migration était un outil valide et fiable pour calculer les taux de migration du pire cas raisonnable depuis les plastiques en contact alimentaire les plus importants en direction des simulants des aliments officiels de l'Union européenne.

L'article résume les principales étapes suivies pour élaborer et valider un modèle d'estimation de la migration qui puisse être utilisé, pour une série de matériaux et de migrants plastiques en contact avec les aliments, dans une optique réglementaire. Les solutions analytiques de l'équation de diffusion en conjonction avec une limite supérieure de l'équation pour le coefficient de diffusion du migrant,  $D_p$  et l'emploi de coefficients de partition du « pire cas »  $K_{p,f}$  ont été utilisés dans le modèle de migration. Les résultats obtenus ont été validés, avec un niveau de confiance de 95%, par comparaison avec les preuves expérimentales disponibles. L'accomplissement réussi des objectifs de ce projet est reflété par le fait que dans la directive 2002/72/EC, la commission européenne a inclus la modélisation mathématique comme outil alternatif pour déterminer les taux de migration dans un souci de conformité.

Nous présentons en annexe 3 divers travaux de recherche menés par des équipes françaises sur les aspects sanitaires du recyclage des matières plastiques.

D'autres travaux sont conduits dans **les écoles d'ingénieurs** mais ils portent plutôt sur les propriétés mécaniques des emballages plastiques, notamment en PET, afin d'améliorer les possibilités de recyclage de ce matériau.

De nombreux efforts sont fournis pour trouver de nouveaux procédés capables d'assurer la rentabilité du recyclage des matières plastiques. L'objectif de l'étude menée à l'**Ecole des Mines de Paris**, a consisté à développer un procédé de mise en œuvre applicable au polyéthylène téréphtalate (pet) [Chaffraix, 2002].

A l'**Ecole centrale de Paris**, ce sont des travaux sur la valorisation matière par recyclage chimique qui sont conduits. Le recyclage chimique des déchets de PET (principalement les bouteilles et les films) est une alternative au recyclage matière (remise en forme ou incorporation dans d'autres matériaux) [Pardal, 2005].

A l'**Ecole des Mines d'Alès**, des travaux sont menés pour augmenter la quantité de matière plastique recyclée dans la fabrication d'emballages alimentaires ce qui est devenu un enjeu important, notamment pour la valorisation du PET recyclé qui a peu d'application dans l'élaboration de films [Bergeret, 2005 ; Nait-Ali, 2005].

### *f) Conclusion relative au recyclage des matières plastiques*

Si l'on en croit les experts consultés et selon les données rassemblées sur le sujet, il s'agit manifestement d'un secteur en plein développement. Alors que les matières plastiques recyclées en France ne représentaient que 12% des 3 millions de tonnes de plastiques produites, certains chiffres indiquent une forte croissance du recyclage (+37% en un an pour le PET par exemple). Cependant, l'optimisme doit être relativisé car tous les matériaux plastiques ne bénéficient pas du même potentiel de croissance.

Le recyclage matière des emballages plastiques ménagers concerne, pour le moment, presque exclusivement les corps creux (bouteilles, flacons, bidons) qui constituent la fraction la plus importante et la plus homogène du gisement.

Il n'en reste pas moins que la modalité de recyclage la plus utilisée pour ces matériaux reste la valorisation énergétique.

Au plan sanitaire, les prescriptions réglementaires sont de nature à limiter les impacts qui pourraient résulter de la valorisation des déchets d'emballages plastiques.

En effet, la réglementation relative aux emballages prévoit que ceux-ci doivent être conçus, fabriqués et commercialisés de manière à permettre sa réutilisation ou sa valorisation, y compris son recyclage, et à réduire au minimum son incidence sur l'environnement lors de l'élimination des déchets d'emballages ou des résidus d'opérations de traitement des déchets d'emballages.

De même, l'emballage doit être conçu et fabriqué en veillant à réduire au minimum la teneur en substances et matières nuisibles et autres substances dangereuses des matériaux d'emballage et de leurs éléments, dans les émissions, les cendres ou le lixiviat qui résultent de l'incinération ou de la mise en décharge des emballages ou des résidus d'opérations de traitement des déchets d'emballages.

Mais c'est dans le cas du contact des matériaux avec les aliments que la préoccupation sanitaire est la plus forte. Dans ce domaine, la réglementation élaborée s'appuie sur des travaux de recherche sophistiqués qui étudient les possibilités de transfert des polluants depuis la matière plastique en direction des aliments.

L'aptitude au contact avec les aliments des matériaux consiste notamment à vérifier si chaque élément de matériau qui entre en contact avec les denrées alimentaires respecte les exigences concernant l'inertie.

Les contrôles prévus par la réglementation portent sur la composition des matériaux, les seuils de migration dans les aliments des substances issues de ces matériaux et l'absence d'altération, par les matériaux, des propriétés organoleptiques des aliments.

Sous réserve du respect de la réglementation relative à l'aptitude au contact avec les aliments, les matières plastiques issues de matières premières recyclées devraient présenter les mêmes garanties de sécurité sanitaire que les matières plastiques issues de matières premières vierges.

## VII – LE VERRE

### *a) Le recyclage du verre*

Hors verre industriel, le gisement de verre d'emballage ou " verre creux " est de l'ordre de 3 millions de tonnes, ce qui correspond à une moyenne de 50 kg/habitant/an [Miquel, 1999]. Les trois quarts (2,3 millions de tonnes) constituent le gisement ménager, le quart (0,7 million de tonnes) constitue le gisement professionnel (cafés, hôtels, restaurants...).

Le verre d'emballage est constitué à 87% de bouteilles. Il se répartit en trois composants : un tiers pour les vins et champagne, un tiers pour la bière, un tiers pour les autres liquides (eau, alcool...).

La collecte du verre ménager s'est considérablement développée : 1,5 million de tonnes ont été récupérées en 1997, grâce à un parc de 70 000 conteneurs. Chaque Français a déposé en moyenne 20 kg de verre. Dans les deux cas (collecte et parc) les progressions ont été spectaculaires.

	1985	1990	1995	1996
Parc de conteneurs à verre	25 000	40 000	68 000	70 000
Tonnage récupéré	600 000 t	900 000 t	1,3 Mt	1,5 Mt
<i>Source : Verre Avenir</i>				

On constate, cependant, que les résultats sont très variables selon les collectivités, les densités de population et l'éloignement des conteneurs. Le rendement varie de 1 à 8.

### **La filière du recyclage du verre**

Le verre peut être produit presque indifféremment à partir de matière minérale vierge (silice) ou de calcin (verre broyé) de récupération.

Le verre usagé peut être recyclé soit par réemploi direct (système de consigne où les bouteilles sont récupérées, lavées et réutilisées (système allemand), soit en refabriquant de la matière première. C'est le système français.

Le verre récupéré, exempt de polluants, se recycle indéfiniment sans perdre ses qualités originelles. Il doit être néanmoins finement traité, avant réutilisation. Les opérations de traitement sont les suivantes :

- broyage,
- lavage, élimination des colles, étiquettes, capsules...
- séparation du verre et des métaux ferreux (tri magnétique), non ferreux (tri par courant de Foucault),
- élimination des infusibles (porcelaine, cailloux...) par tri optique électronique et électrovanne. Les différents fragments passent devant une sorte de caméra. L'image est transformée en signal électrique qui varie selon la transparence et la densité. Les éléments indésirables ainsi séparés sont ensuite éjectés au moyen d'un jet d'air précis et récupérés dans une trémie de réception.

Le calcin, ainsi libéré de corps étrangers, est devenu une matière première, et peut ensuite être utilisé pour fabriquer du verre.

### ***Les avantages du recyclage***

La fabrication du verre à partir de calcin de récupération présente tout d'abord des économies matière, que ce soit en minéraux (1,5 million de tonnes récupérées économise 1,3 million de tonnes

de sable), ou en énergie, puisque les frais de transport (extraction et transport des matières premières issues des carrières) et les frais de fusion sont abaissés. L'économie, partagée pour moitié entre les deux postes, est évaluée à 100 kg de fuel par tonne de calcin enfournée. Selon la profession, le recyclage du verre aurait permis d'économiser 1,3 million de tonnes d'équivalent pétrole en vingt ans. Sans oublier les conséquences pour l'emploi. La profession estime à 10 000 le nombre d'emplois, directs ou indirects, induits par le recyclage du verre.

L'autre intérêt est, pour les collectivités locales, de diminuer le coût du traitement des déchets ménagers. En raison du partage des coûts avec l'industrie, la récupération et le recyclage du verre reviennent aujourd'hui entre 50 et 100 F la tonne, soit un coût très inférieur au prix de la mise en décharge (350 à 750 F), ou de l'incinération (400 à 900 F). Par comparaison à la seule mise en décharge, le recyclage de 1,5 million de tonnes de verre aurait permis d'économiser, en 1997, entre 500 et 750 millions de francs.

Cette économie est principalement fondée sur un partage des coûts entre la collectivité -qui finance le conteneur (achat/entretien)- et la profession, qui finance la filière soit directement -par le biais d'un organisme agréé financé par les fabricants de verre creux d'emballage-, soit directement.

### ***b) La réglementation relative au verre en contact avec les aliments***

#### **VERRE, EMAIL, VITROCERAMIQUE**

(source LNE <http://www.contactalimentaire.com>)

#### **Les critères d'inertie applicables**

- **Migration du plomb, du cadmium et du chrome inférieures aux limites :**
- Objets non remplissables / objets remplissables de profondeur inférieure à 25 mm :
- *Plomb < 0,8 mg/dm<sup>2</sup> de matériau*
- *Cadmium < 0,07 mg/dm<sup>2</sup> de matériau*
- *Chrome VI < 0,005 mg/dm<sup>2</sup> de matériau émaillé ou décoré*
- Tous autres objets remplissables :
- *Plomb < 4,0 mg/l de matériau*
- *Cadmium < 0,3 mg/l*
- *Chrome VI < 0,03 mg/l de matériau émaillé ou décoré*
- Ustensiles de cuisson, emballages et récipients de stockage :
- *Plomb < 1,5 mg/l de matériau*
- *Cadmium < 0,1 mg/l de matériau*
- *Chrome VI < 0,03 mg/l de matériau émaillé ou décoré*
- Contact buccal
- *Plomb < 2 mg/article*
- *Cadmium < 0,2 mg/article*
- *Chrome VI < 0,015 mg/article émaillé ou décoré*

#### **Les textes applicables**

► [Directive du Conseil du 15 décembre 1969](#) concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives au verre cristal (69/493/CEE)

► [Avis du CSHPF](#) concernant la présence de chromates (chrome hexavalent) dans les matériaux au contact des aliments - Séance du 13/02/96

► [Fiche verre - cristal - céramique - vitrocéramique - objets émaillés](#)

Cette fiche est annexée à la note d'information de la DGCCRF N°2004-64 du 6 mai 2004. Elle présente les critères d'inertie applicables aux matériaux constitués de verre, de cristal, de céramique, de vitrocéramique et les objets émaillés destinés au contact avec les denrées, produits et boissons alimentaires. Pour les céramiques, les exigences sont celles décrites dans le texte réglementaire existant au niveau français et européen (Directive [84/500](#) du 15/10/84 et Arrêté du 07/11/85). Pour le verre, le cristal, la vitrocéramique et l'émail, il s'agit des recommandations françaises pour être conformes au règlement CE n° 1935/2004.

### ***c) Réemploi, réutilisation du verre***

En France, l'AFNOR avait établi en 1977 des normes sur les bouteilles réutilisables et non réutilisables (ou réemployables) [Bertolini, 2004]. En fait, le réemploi (consigne ou marchés de l'occasion) a fortement régressé en France au cours des trente dernières années.

Vis-à-vis d'un re-remplissage (surtout s'il s'agit de bouteilles d'occasion, ayant fait l'objet de stockages longs), la qualité du lavage a parfois été mise en cause, ainsi que les risques de bris au re-remplissage en raison de chocs éventuels au cours de leur vie. Le recyclage peut lui-même s'accompagner de risque de bris en raison de la présence d'impuretés (d'infusibles) dans le calcin.

Un re-remplissage par le consommateur avec un autre liquide peut certes comporter des risques de confusions. Un avis du 8 avril 2000 de la Commission de la sécurité des consommateurs est relatif au danger présenté par le réemploi d'emballages vides de produits d'entretien.

### ***d) Aspects sanitaires relatifs au recyclage du verre***

Le verre bénéficie d'une image de matériau sain [Bertolini, 2004]. Il présente l'intérêt d'une forte inertie chimique et son recyclage ne pose pas de problèmes sanitaires majeurs ; il a toutefois pour effet d'accroître la concentration en plomb.

La décision de la commission du 19 février 2001 établit une dérogation pour les emballages en verre en ce qui concerne les niveaux de concentration en métaux lourds fixés par la directive 94/62/CE relative aux emballages et aux déchets d'emballages : « le matériau d'emballage ne peut dépasser » la limite de 100 ppm prévue (jusqu'à 200 ppm sans contrainte particulière) « que du fait de l'adjonction de matières recyclées » entre juin 2001 et juin 2006. Cette dérogation a été mise en place pour continuer à encourager le recyclage du verre. Cela pourra permettre d'incorporer au verre d'emballage d'autres types de verre qui ne sont pas ou peu valorisés actuellement selon la filière du verre d'emballage à condition que les verriers acceptent d'inclure ces nouveaux types de déchets dans leur process.

Nous avons interrogé les professionnels du CETIE (centre technique international l'embouteillage et du conditionnement) à propos des conséquences sanitaires éventuelles de cette dérogation. Ils nous ont confirmé que la décision du 19 février 2001, modifiée par la décision 2006/340/CE du 8 mai 2006 établit les conditions d'une dérogation pour les emballages en verre en ce qui concerne les niveaux de concentration en métaux lourds - plomb, cadmium, mercure, chrome hexavalent. Cette dérogation a été accordée afin de permettre l'utilisation du verre recyclé.

Selon les professionnels, le verre respecte le règlement CE 1935/2004 qui fixe les exigences générales, dont des limites de migration, pour tous les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires.

Dans un domaine particulier, les flacons de perfusion en verre utilisés dans les hôpitaux sont collectés et recyclés (notamment sous l'égide de l'association Perfuverre). Toutefois, en premier lieu, ils doivent être triés par le personnel hospitalier : ceux ayant servi à transfuser des solutés massifs, sérums physiologiques, solutés glucosés, etc. sont recyclés tandis que ceux ayant contenu du sang, des



antibiotiques, ou ayant été utilisés dans des chambres d'isolement septique, doivent être éliminés en tant que déchets à risques. En outre, la part des poches de transfusion en plastiques, jetables, tend à s'accroître.

#### ***e) Conclusion relative au recyclage du verre***

Les résultats du recyclage du verre en France sont tributaires de la collecte des verres d'emballage (constitué à 87% de bouteilles) qui varie selon les collectivités (avec un rendement de 1 à 8).

La filière est bien organisée dans notre pays où 50% environ de la matière produite est récupérée pour être recyclée. La marge de progrès est encore importante.

Selon les experts consultés, 75% du verre produit serait constitué de matière première recyclée.

Pour ces experts, le verre élaboré à partir de la matière recyclée ne poserait pas de problème sanitaire spécifique.

Comme pour tous les matériaux entrant en contact avec les aliments, le verre doit présenter des critères d'inertie spécifiques qui varient selon la nature de l'objet fabriqué.

Lors de nos contacts et prospections bibliographiques, nous n'avons pas identifié de littérature traitant des impacts sanitaires du verre recyclé.

Les travaux de recherche que nous avons identifié sont en effet plutôt consacrés aux emballages constitués de matières plastiques ou de papier cartons.

Sous réserve du respect de la réglementation relative à l'aptitude au contact avec les aliments, le verre issu de matière première recyclée devrait présenter les mêmes garanties de sécurité sanitaire que le verre issu de matière première vierge.

## VIII – LES PAPIERS CARTONS

### *a) Le recyclage des papiers cartons*

(source rapport Miquel, Sénat 1999)

#### *La récupération*

**Le gisement est triple :**

- **le circuit industriel.** Il s'agit des sous produits de la production et de la transformation des papiers-cartons (chutes de fabrication, rognures d'imprimerie...);
- **le circuit commercial.** Il s'agit des produits qui -après usage- peuvent être récupérés (emballages, journaux invendus...);
- **le circuit des déchets ménagers.** Il concerne les produits issus de la consommation des ménages (journaux, magazines, produits de bureaux, emballages ménagers...).

Les différents circuits n'ont pas la même importance. 93% des fibres récupérées sont issues du circuit industriel et commercial.

En 1998, ces trois circuits ont représenté une consommation de papiers et cartons de 10,7 millions de tonnes. 4 millions de tonnes ont été récupérées, soit un taux de récupération de 43,7% (défini par le rapport entre la récupération de vieux papiers et cartons, et la consommation de papiers et cartons). Malgré son augmentation en 1998, ce taux est relativement faible par rapport à d'autres pays.

Il ne couvre pas les besoins nationaux en vieux papiers. L'industrie papetière française est donc importatrice de vieux papiers. Les importations oscillent entre 1 et 1,2 million de tonnes. Malgré des exportations non négligeables (entre 750 et 900 000 tonnes depuis cinq ans), la balance des échanges des vieux papiers est déficitaire (en 1998, 1,15 million de tonnes importées, 840 000 tonnes exportées, soit un solde net de – 315 000 tonnes).

#### *La filière du recyclage des papiers cartons*

##### **Description technique**

L'industrie du recyclage des vieux papiers et cartons est mature. Le circuit industriel se présente de la façon suivante :

##### *Pré-traitement*

Détenteur (industriel, grande surface, collectivité locale) tri sélectif éventuel (papiers/journaux/cartons...) conditionnement (balles) transport vers l'usine de recyclage, deuxième tri, premier traitement physique.

##### *Premier traitement physique*

Au cours de cette phase de traitement, sont éliminées les impuretés :

- grandes que les fibres (plastique, agrafes...) par procédé de grilles et **densimétrie**,
- lourdes que les fibres (sable, verre...) par procédé de **gravimétrie**,
- légères que les fibres (plastiques, colles...) par procédé mécanique de "**centrifugage**".

L'opération principale consiste dans le "défibrage". Le produit est inséré dans un mixeur (un "pulpeur") avec apport d'eau, qui casse les liaisons entre les fibres. Le papier-carton se transforme en pâte, et les principales impuretés peuvent être éliminées par les procédés évoqués.

## ***Deuxième traitement physico-chimique***

**Le désencrage.** La fibre, débarrassée des impuretés solides, est nettoyée par injection de produit dissolvant et d'air. Le système, basé sur la flottaison différente des matières, va faire remonter l'encre et les matières ayant des propriétés de surface différentes des fibres (verniss...). On observe que si le défibrage est, dans tous les cas, indispensable pour éliminer les impuretés physiques, le désencrage n'est pas systématique, et n'est mis en oeuvre que lorsque la qualité du produit physique l'exige. Les boues de désencrage sont une conséquence de l'encre qui préexiste sur le papier. Ces différents procédés ont pu faire douter du bilan strictement écologique du recyclage des papiers. Certaines boues peuvent cependant, par la suite, être valorisés dans l'amendement des sols.

**Les FCR (fibres cellulosiques de récupération).** A l'issue de ces différents traitements, le produit est lavé, et constitue les FCR qui peuvent être traitées comme, ou avec, des fibres vierges. Il convient cependant de noter que les fibres recyclées ne se substituent pas aux fibres vierges. Cette notion, encore en vigueur il y a quelques années, est aujourd'hui dépassée. La *quasi* totalité des papetiers utilisent des fibres recyclées, soit en complément des fibres vierges, soit pour des utilisations spécifiques. S'il n'y avait pas de récupération en France, les fibres seraient achetées à l'étranger. D'ailleurs, lorsque la récupération est insuffisante, les vieux papiers et cartons sont importés.

## **Résultats**

Les capacités de recyclage se sont beaucoup développées au cours des dernières années. On dénombre soixante sociétés, environ cent usines, traitant 4,5 millions de tonnes. Plus d'un million de tonnes de capacités supplémentaires en France ont été ajoutées au cours des cinq dernières années. Plus d'un million et demi de tonnes l'ont été pour les seules capacités de désencrage en Europe en deux ans.

La consommation de produits papiers et cartons récupérés est en constante augmentation. Près de 4,5 millions de tonnes de produits papiers et cartons ont été recyclées en 1997 par l'industrie papetière pour une production globale avoisinant les neuf millions de tonnes, tous secteurs confondus. La collecte a progressé de 59% en dix ans.

## **Le recyclage des papiers cartons dans le secteur alimentaire**

(source Club Matériaux pour Contact Alimentaire et Santé ou Club MCAS)

Il n'existe pas de documents de synthèse présentant la situation en France des papiers/cartons recyclés utilisés comme matières premières destinées à entrer au contact des denrées alimentaires (NB : estimation des tonnages utilisés en 2000 pour le contact direct : 300 000 tonnes).

### ***b) La réglementation relative aux papiers cartons en contact des aliments***

## **PAPIERS CARTONS**

(source LNE <http://www.contactalimentaire.com>)

### **Les critères d'inertie à respecter**

Pour les matériaux au contact des aliments secs et non gras

- Pas de transfert des agents biocides
- Pas d'altération des propriétés organoleptiques
- Pentachlorophénol (< 0,1 mg/kg de matériau)
- Polychlorobiphényles (< 2 mg/dm<sup>2</sup> de matériau)
- Migrations spécifiques des adjuvants inférieures aux limites :

- Formaldéhyde (< 1 mg/dm<sup>2</sup> de matériau)
- Glyoxal (< 1,5 mg/dm<sup>2</sup>)
- Fluor (absence de traitement du matériau)

Pour les matériaux au contact des aliments humides et/ou gras

- Pas de transfert des agents biocides
- Pas d'altération des propriétés organoleptiques
- Pentachlorophénol (< 0,1 mg/kg de matériau)
- Polychlorobiphényles (< 2 mg/dm<sup>2</sup> de matériau)
- Migrations spécifiques des adjuvants inférieures aux limites :
- Formaldéhyde (< 1 mg/dm<sup>2</sup> de matériau)
- Glyoxal (< 1,5 mg/dm<sup>2</sup> de matériau)
- Fluor (absence de traitement du matériau)
- Colorants (Absence de migration soit degré 5 selon EN646)
- Azurants optiques ((Absence de migration)
- Teneurs en métaux lourds extractibles à l'eau inférieures aux limites :
- Plomb (< 3 mg/kg de matériau)
- Cadmium (< 0,5 mg/kg de matériau)
- Mercure (< 0,3 mg/kg de matériau)
- Chrome (< 0,25 mg/kg de matériau)
- Extrait à l'eau chaude (< 10 mg/dm<sup>2</sup> ou 10 mg/g de matériau) pour les matériaux de filtration à chaud

Les textes applicables

- ▶ [Arrêté du 28 juin 1912](#) modifié relatif à la coloration, à la conservation et à l'emballage des denrées alimentaires et des boissons
- ▶ [Circulaire n°170](#) du 2 avril 1955 concernant les papiers d'emballage des aliments
- ▶ [Avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France](#) relatifs aux matériaux au contact des denrées alimentaires
- ▶ [Fiche papiers et cartons](#)
- ▶ [Fiche complexes](#)

#### Fiche papiers et cartons :

Cette fiche est annexée à la note d'information de la DGCCRF N°2004-64 du 6 mai 2004. Elle présente les recommandations de l'Administration Française applicables aux papiers et cartons destinés au contact avec les aliments. En l'absence de texte réglementaire européen et français concernant ces matériaux, le respect de ces recommandations permet de déclarer le papier ou le carton apte au contact avec les denrées alimentaires.

Les matériaux recyclés qui ne présentent pas les mêmes garanties que les matériaux vierges auxquels ils pourraient se substituer ne peuvent pas être utilisés au contact des aliments, conformément à l'avis du CSHPF du 07/09/93 sur les matériaux recyclés (paru au BOCCRF du

31/12/93). Pour les matériaux papier-carton, les fibres cellulosiques recyclées peuvent être utilisées si elles répondent aux exigences définies dans le Guide de Bonnes Pratiques pour la fabrication des papiers et cartons et des articles transformés en papier et carton destinés au contact des denrées alimentaires.

**Guide de bonnes pratiques pour la fabrication des papiers & cartons & des articles transformés en papier & carton destinés au contact des denrées alimentaires** (Edité par le Club MCAS)

En l'absence et dans l'attente d'une réglementation spécifique complète, les industriels de la filière papier-carton pour contact alimentaire, réunis dans l'Association Club MCAS (Matériaux pour Contact Alimentaire et Santé), ont élaboré ce guide de bonnes pratiques de fabrication, avec la collaboration du CNERNA pour sa validation. Ce guide constitue un document transitoire jusqu'à la sortie d'un texte européen. Il est destiné à améliorer la position des industriels papetiers français par rapports à leurs concurrents étrangers bénéficiant à ce jour d'une législation plus opérationnelle. Outil d'information, ce guide permet aux utilisateurs (conditionneurs ou autres) de choisir, sous la responsabilité des industriels papetiers, des produits adéquats répondant aux critères du contact alimentaire. Ce guide est scindé en deux parties, l'une en français, l'autre en anglais.

***c) Réemploi, réutilisation des papiers cartons***

Dans certains cas, le réemploi de papiers encrés comme matériau d'emballage au contact d'aliments est à proscrire ; mais le réemploi de journaux comme matériau d'emballage de fruits, légumes, etc., sur les marchés ne comporte guère de risques sanitaires [Bertolini, 2004]. Des papiers de récupération sont par ailleurs utilisés comme matériau d'isolation ; un traitement adéquat apparaît nécessaire, pour éviter les risques de feu, ainsi que la mise en suspension de fibres.

***d) Aspects sanitaires relatifs au recyclage des papiers encrés***

L'assimilation psychologique entre blancheur et propreté constitue traditionnellement un handicap vis-à-vis du recyclage de papiers encrés [Bertolini, 2004]. Un désencrage pose la question du devenir des boues de désencrage, et le désencrage reste imparfait. En fait, pour diverses applications, un désencrage n'est guère utile, si ce n'est pour répondre à l'assimilation psychologique signalée. Dans d'autres cas, notamment d'applications au contact d'aliments, il apparaît préférable de ne pas recycler des papiers encrés, même s'ils font l'objet d'un désencrage.

***e) Les travaux de recherche sur l'alimentarité des emballages papiers cartons***

En France des études sont menées au sein du laboratoire ERT sécurité alimentaire emballage (JC LHUGUENOT) de l'Ecole nationale supérieure de biologie appliquée à la nutrition et à l'alimentation (ENSBANA) (Unité mixte de recherche INRA/UNIVERSITE) qui est l'un des partenaires scientifiques du programme BIOSAFE PAPER.

Le projet BIOSAFEPAPER, coordonné pendant quatre années par l'Université de Kuopio (Finlande), a pris fin en décembre 2005. Ce programme de recherche a permis de développer et de valider une série d'essais biologiques basés sur la toxicité et la génotoxicité cellulaire, afin de permettre l'évaluation de l'aptitude au contact des papiers et cartons destinés à entrer au contact des aliments. Il a associé plusieurs partenaires scientifiques et industriels et s'est déroulé en trois modules :

- Le premier module a permis d'obtenir une approche comportant un arbre décision avec une batterie de tests cytotoxiques et génotoxiques applicable à l'évaluation des papiers-cartons au contact des aliments.
- Le deuxième module a fourni une stratégie d'extraction (durée et température d'extraction, solvants simulant les différents types d'aliments pouvant entrer en contact...) afin de représenter au mieux la

migration qui peut se produire entre les papiers-cartons et les aliments. Il définit un nouveau concept de facteur réducteur.

- Le troisième module doit fournir une procédure d'évaluation des risques basée sur les résultats scientifiques obtenus.

Le but final est de communiquer les conclusions aux consommateurs, aux législateurs, aux organismes de normalisations tels que le CEN et aux industriels afin de valider le concept, et d'établir de nouvelles bases pour la mise en œuvre de la législation des papiers et cartons destinés au contact des aliments. Cette nouvelle approche pourrait avoir un impact sur la façon de définir l'aptitude au contact des aliments d'autres matériaux.

#### ***f) Conclusion relative au recyclage des papiers cartons***

Malgré une forte progression au cours des dernières années en France (la collecte a progressé de 59% en dix ans), le taux de récupération représentait 43,7% (défini par le rapport entre la récupération de vieux papiers et cartons, et la consommation de papiers et cartons) soit un taux relativement faible par rapport à d'autres pays. Le circuit des déchets des ménages contribue peu et 93% des fibres récupérées étaient issues du circuit industriel et commercial. L'industrie papetière française doit importer des vieux papiers pour couvrir ses besoins.

En matière sanitaire, comme pour les autres matériaux (plastiques et verre), ce sont les préoccupations vis-à-vis du contact avec les aliments qui prédominent. Dans ce domaine, la réglementation a prévu des dispositions à respecter qui dépendent de la nature des aliments (secs et non gras, humides et/ou gras).

Selon les experts consultés, les papiers cartons issus de la collecte des déchets ménagers sont inaptes au contact alimentaire.

Les prescriptions pour les papiers cartons en contact des aliments font suite à divers travaux de recherche menés par les équipes d'experts européens qui étudient la migration des polluants en direction des aliments. Des essais biologiques basés sur la toxicité et la génotoxicité cellulaire sont également menés pour évaluer l'aptitude au contact des papiers et cartons destinés à entrer au contact des aliments.

Sous réserve du respect de la réglementation relative à l'aptitude au contact avec les aliments, les papiers-cartons issus de matières premières recyclées devraient présenter les mêmes garanties de sécurité sanitaire que les papiers-cartons issus de matières premières vierges.

## IX – LES DECHETS DE BOIS

### a) Le recyclage des déchets et sous produits du bois

(source ADEME Poitou Charente <http://www.apcede.com/guide/dib/bois.html>)

Les **déchets de bois** proviennent :

- de l'**exploitation forestière** : houppiers, branchages, écorces, souches, sciures
- des **industries de première transformation** (scieries) qui produisent des dosses et délignures, des écorces, des sciures, des copeaux et des chutes courtes
- des **industries de deuxième transformation** (menuiseries, fabriques de meubles, de parquets, de charpentes...) qui produisent des sciures, des chutes, des copeaux d'usinage, des poussières de ponçage
- des **objets mis au rebut** : bois de chantier et de démolition, caissettes, palettes, bois de coffrage, charpentes, meubles, traverses de chemin de fer, bois de veine...

Les déchets de bois sont classés en trois catégories :

- la **biomasse** : bois exempt de toute contamination
- les **bois faiblement adjuvantés** : palettes, panneaux, bois d'ameublement
- les **bois traités** à la créosote, aux CCA (cuivre, chrome et arsenic) et les bois **ignifugés**.

Les bois de rebut souillés ou traités sont, en fonction de leur teneur en substances dangereuses, considérés comme des déchets dangereux. Ils doivent donc être éliminés par les filières de traitement adaptées.

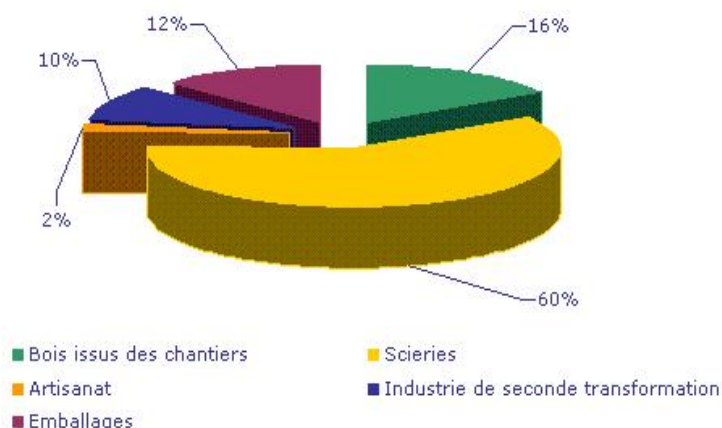
Les déchets de bois peuvent être classés selon le traitement qu'ils ont subi (source ADEME) :

Appellation	Nature	DD*	DIB*	Exemples
<b>Déchets de bois non adjuvantés</b>	Cette appellation regroupe tous les déchets issus de la transformation primaire du bois.		X	Copeaux, poussières, fines, etc.
<b>Déchets de bois faiblement adjuvantés</b>	Ce sont des déchets de bois qui ont été traités par des produits peu dangereux ou contenant une faible quantité d'adjuvants et pouvant être brûlés dans des installations de combustion bois		X	Poutres, bois de palettes... Déchets d'emballage en bois : palettes, caisses, coffres... Déchets de panneaux de particules à base de bois produits et utilisés par les industriels du secteur bois
<b>Déchets de bois fortement adjuvantés</b>	Lorsque les déchets de bois, sont fortement adjuvantés (imprégnés ou souillés) ils ne peuvent pas être brûlés dans des installations de combustion bois.	X		Bois créosoté, poteaux télégraphiques traités CCA ou cuivre organique, copeaux ayant servi pour absorber un produit dangereux...
			X	Bois de rebut non souillé : charpente, meubles, certains déchets de démolition, panneaux de particules...

## Chiffres clés

Selon une étude CTBA (Centre Technique du Bois et de l'Ameublement), le gisement de déchets bois produits au sein des entreprises de 1<sup>ère</sup> et seconde transformation (au total, activité de sciage, emballage, construction et ameublement), est estimé à environ 12 millions de tonnes. A cela s'ajoute un volume de 4 millions de tonnes de déchets bois issus des chantiers du bâtiment (source ADEME). Selon une étude réalisée par Andersen (pour le compte de l'ADEME), 90% du gisement de déchets bois produits au sein des entreprises de 1<sup>ère</sup> et seconde transformation est déjà valorisé.

## Répartition des déchets du bois et des sous-produits du bois



Les déchets de bois représentent environ 37% du tonnage de déchets banals produits par les entreprises (établissements industriels et commerciaux de plus de 10 salariés, données 2000) :

- 58% des déchets de bois font l'objet d'une valorisation matière
- 35% sont utilisés comme combustible
- 7% partent en décharge ou sont détruits de façon non conforme.

## Destination

Selon leur origine, les déchets de bois peuvent être soit :

- **utilisés comme matières premières** (panneaux de particules, pâte à papier...),
- consommés comme **combustible** dans des chaudières,
- **réemployés** après avoir été réparés (meubles, palettes multi-rotations...).

## Valorisation matière

Les **industries de la trituration** utilisent les déchets de bois comme matière première :

- la fabrication de la **pâte à papier** écoule en majeure partie les sous-produits des scieries,
- la fabrication des **panneaux de particules** ou de produits composites emploie les dosses et délignures, les sciures, les chutes diverses.



L'approvisionnement des industries de la trituration se fait par des unités centralisées qui se chargent de la collecte, du stockage et du broyage des déchets. Les déchets sont répartis en fonction de critères de qualité et font l'objet d'un conditionnement spécifique (souillures, mélange de matériaux, dimension, essences...).

La **valorisation matière des déchets de bois** peut prendre également les formes suivantes :

- nettoyage des sols,
- fumage des viandes et poissons,
- dégraissage des pièces métalliques,
- fabrication d'objets moulés ou de produits composites,
- fabrication de compost (à partir d'écorces et autres sous-produits broyés),
- paillage en horticulture (écorces),
- litières animales (sciures et copeaux),
- fabrication de charbon de bois.

Seuls les déchets ou sous produits du bois traités ou souillés par des substances dangereuses (et à ce titre considérés comme des déchets dangereux) sont traités ou incinérés selon les filières d'élimination des déchets dangereux. Les techniques de traitement des déchets de bois souillés : Le procédé PGI (Société ANCOR) permet le traitement des bois imprégnés de substances fongicides (cuivre, chrome, arsenic) et organiques (créosote).

Le procédé Chartherm (Société Thermya) concerne les déchets de bois quelque soit leur traitement. Cette société a ouvert une unité pilote à Saint Médard d'Eyrans en Gironde ([www.chartherm.com](http://www.chartherm.com)). Le procédé comprend trois étapes : le broyage, la charthérisation (traitement thermique spécifique) et la séparation. Il permet d'assurer en trois étapes le recyclage le plus complet possible de tous les déchets de bois souillés exclus de la catégorie biomasse.

Le procédé "Chartherm" permet de recycler et de revaloriser les déchets de bois, quel que soit leur niveau de pollution, en les transformant en charbon de bois "propre" de haute qualité.

Ce procédé comprend trois étapes : broyage, "charthérisation" (traitement thermique spécifique) et séparation.

Des équipements spécifiques ont été développés pour réaliser chacune des trois étapes. Il a été réalisé un prototype à l'échelle semi-industrielle qui fonctionne depuis plus d'un an. Les résultats obtenus ont permis de valider le procédé.

Une évaluation globale (technique, économique et environnementale), faite par une équipe d'experts reconnus, a mis en évidence que cette solution est techniquement fiable et efficace, économiquement viable, d'une mise en oeuvre simple, sûre et sans danger pour l'environnement.

Le procédé "Chartherm" a donné lieu au dépôt de brevets au niveau mondial.

L'étude de faisabilité filière dédiée bois imprégnés menée par le centre technique du bois et de l'ameublement (CTBA) avec un financement du CTBA et de l'ADEME traite du marché français des bois imprégnés<sup>20</sup>. Elle identifie les gisements de bois imprégnés et les moyens utilisés pour leur collecte et élimination. Cette enquête dont le rapport final date de décembre 2005, ne traite pas des aspects sanitaires en lien avec l'emploi de bois imprégnés ou leur valorisation.

### **Le cas particulier des palettes**

---

<sup>20</sup> Etude de faisabilité : mise en place d'une filière dédiée pour la gestion des bois imprégnés en fin de vie. Centre technique du bois et de l'ameublement (CTBA), décembre 2005

Le reconditionnement de palettes concerne plus de 440 millions de palettes par an en France.

Cette activité de reconditionnement peut se décomposer en 3 étapes :

- collecte et classification,
- vérification et éventuellement remise à niveau des caractéristiques mécaniques,
- revente aux utilisateurs.

Les palettes de taille standard peuvent facilement être réparées et réutilisées.

Les palettes usagées en fin de vie, c'est à dire celles qui présentent trop de dégradations pour être économiquement réparées ou celles en bon état ou potentiellement réparables qui, compte tenu de leurs caractéristiques (hors format standard), ne conviennent plus aux exigences ni aux besoins du marché, peuvent être valorisées :

- en valorisation matière : broyage et déferraillage pour la fabrication de panneaux de particules
- en valorisation énergétique : broyage et déferraillage pour utilisation comme combustible.

### **Réduction à la source**

Le fait de considérer le bois comme une ressource renouvelable, ne doit pas minimiser les efforts de chacun vers une réduction à la source.

La réduction à la source peut se concrétiser par une approche d'écoconception (ameublement, emballages) et par une optimisation des procédés industriels. Des outils comme l'analyse du cycle de vie des produits trouvent ici toute leur pertinence.

### **Le recyclage des bois termités**

Mise en Place d'une Filière Spécifique pour la Gestion Durable des Déchets Termités Issus de Chantiers de Démolition : Etude de Faisabilité et Mise en Œuvre.

(source <http://www.bati-gestion.com/homepage.php>)

Les termites ne cessent d'étendre leur champ d'action en France. Cette expansion n'est pas sans entraîner des conséquences dans des domaines aussi sensibles que l'habitat, la sécurité, le patrimoine et l'économie. Si des méthodes préventives et curatives sont mises en place, et si une cartographie des zones infestées est réactualisée périodiquement, la gestion des déchets de chantiers infestés n'existe pas. Aussi, les récentes réglementations promulguées ont placé les acteurs de la démolition, ainsi que les collectivités territoriales dans une situation désagréable.

La législation actuelle contraint au traitement les déchets issus de chantiers de démolition. Néanmoins les modalités de traitement, par incinération ou par traitement chimique, ne peuvent être réalisées sur place sans entraîner des dommages sur l'environnement, et sans l'assurance d'une efficacité en terme de létalité pour tous les déchets générés; d'autant que le brûlage en plein air est prohibé, et que les exigences réglementaires sont de plus en plus sévères !

Le CTBA, acteur et observateur national de la lutte contre les termites dans le bâtiment, emmènera ce projet et développera les outils adéquats à la gestion de ces déchets depuis leur apparition jusqu'à leur réintroduction dans le circuit d'élimination classique des déchets du BTP. Un éclairage particulier sera apporté aux gravats et déblais, sans omettre les autres déchets du BTP.

### ***b) La réglementation relative aux déchets de bois***

#### **Le bois et sous-produits du bois**

(source <http://www.environnement.ccip.fr/dechets/fiches/dechets-bois.htm>)

*Décret n° 2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets, JO du 20 avril 2002.*

Les déchets du bois ne sont pas considérés comme des déchets inertes au sens de la réglementation.

Les déchets de bois ne doivent être ni abandonnés, ni brûlés à l'air libre.

Les déchets de bois traités ou souillés doivent être collectés et traités comme les déchets par lesquels ils ont été souillés (solvants, peintures, ...).

*Règlement sanitaire départemental type - Circulaire du 09/08/78.*

### Emballages et mise en décharge

Lorsque les déchets de bois sont des déchets d'emballages, ils sont soumis aux dispositions particulières du décret du 13 juillet 1994 relatif aux déchets d'emballages dont les détenteurs ne sont pas les ménages et doivent faire l'objet d'une valorisation.

La circulaire du 13 avril 1995 (95-49) précise que les déchets d'emballages visés par le décret du 13 juillet 1994 incluent les caisses en bois, les caquettes, les palettes et les éléments de calage. De fait, leur mise en décharge est interdite.

### Le recyclage du bois

(Source <http://seme.cer.free.fr/index.php?cat=recyclage-bois>)

La majorité des déchets de bois sont des déchets non dangereux. La réglementation spécifique que le déchet de bois est dangereux lorsqu'il a été souillé par une matière dangereuse (exemple : l'ajout d'un produit de préservation en profondeur du bois car ces produits contiennent des sels métalliques). En pratique, les bois traités CCA (cuivre, chrome et arsenic) sont classés comme des déchets dangereux, de même que les traverses de bois créosotées.

Autre exemple : la sciure souillée par des produits dangereux comme les huiles, les graisses, les peintures est considérée comme un déchet dangereux et doit être éliminée conformément à la législation associée.

Par contre, un élément bois recouvert d'une peinture ou d'un vernis (cas des armoires, charpentes...) n'est pas considéré comme un déchet dangereux. Il entre dans la catégorie des déchets industriels banals (20 01 38).

Les principaux codes existants dans la nomenclature sont décrits dans la liste ci-dessous. Les codes identifiés par un astérisque correspondent à des déchets dangereux.

Code Activité	Activité	Code déchet	Désignation
03-01	Transformation du bois et production panneaux et de meubles	03-01-01	Déchets d'écorce et de liège
03-01-04*	Sciure de bois, copeaux, chutes, bois, panneaux de particules et placages contenant des substances dangereuses		
03-01-05	Sciure de bois, copeaux, chutes, bois, panneaux de particules et placages autres que ceux visés à la rubrique 03-01-04		
03-01-99	Déchets non spécifié ailleurs		
03-03	Déchets provenant de la production et de la transformation de papier, de carton et de pâte à papier	03-01-01	Déchets d'écorce et de bois
15-01	Emballages et déchets d'emballages (y compris les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)	15-01-03	Emballages en bois
17-02	Bois, verre et matières plastiques	17-02-01	Bois issu de la construction ou de la démolition

17-02-04*	Bois, verres et matières plastiques contenant des substances dangereuses ou contaminés par de telles substances		
19-12	Déchets provenant du traitement mécanique des déchets (par exemple, tri, broyage, compactage, granulation) non spécifiés ailleurs	19-12-06*	Bois contenant des substances dangereuses
19-12-07	Bois autres que ceux visés à la rubrique 19-12-06		
20-01	Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)	20-01-37*	Bois contenant des substances dangereuses
20-01-38	Bois autres que ceux visés à la rubrique 20-01-37		

### *c) La réglementation relative au bois en contact des aliments*

Jusqu'à présent, les critères d'inertie applicables aux bois destinés au contact des aliments reposaient sur l'essence (arrêté du 15/11/1945), et sur l'absence de traitement au pentachlorophénol (décret n°94/647 du 27/07/2004).

La Note d'information de la DGCCRF n°2006-58 du 1/03/2006 complète les textes existants et donne des recommandations pour évaluer l'aptitude du bois à être au contact des denrées alimentaires.

#### **Réglementation par matériau**

(source LNE <http://www.contactalimentaire.com>)

Les critères d'inertie à respecter

- Essence du bois
- Chêne, châtaignier, frêne, charme, robinier pour tous les aliments
- Hêtre, noyer, orme, peuplier pour les solides alimentaires
- Traitement du bois
- Absence de traitement au pentachlorophénol (< 0,1 mg/kg de bois)
- Produits de traitement autorisés pour les emballages de fruits et légumes

#### **Les textes applicables**

▶ [Directive consolidée du Conseil du 27 juillet 1976](#) concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des Etats membres relatives à la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses (76/769/CEE)

▶ [Arrêté du 15 novembre 1945](#) fixant la liste des matériaux susceptibles d'être utilisés sans inconvénient pour la santé publique dans la fabrication des instruments de mesure

▶ [Décret n°94-647](#) consolidé du 27 juillet 1994 relatif à la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi du pentachlorophénol, du cadmium et de leurs composés

### *d) Aspects sanitaires liés aux déchets de bois et aux bois traités*

#### **Les déchets bois**

(source ADEME <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?m=3&cid=96&catid=14651>)

### **Produit initial à l'origine du déchet**

Le bois, matériau d'origine naturelle est utilisé pour de nombreuses applications : secteur du papier, des panneaux à base de bois, de la construction, de l'ameublement, de l'emballage et du bois énergie. Issu de la forêt, il est tout d'abord récolté avant d'entrer dans une chaîne de transformation afin d'aboutir à un produit fini. Chaque étape de sa transformation génère des déchets qui, par leur nature multiple, trouvent des filières de valorisation diverses.

### **Impacts sanitaires et environnementaux**

Le déchet de bois brut qui n'a reçu aucun adjuvant (chutes d'élagage, chutes de scieries, copeaux d'usinage, chutes d'emballage...) ne génère pas de pollution spécifique, cependant :

- le transport des déchets et la pollution atmosphérique qu'il entraîne représentent un des impacts de la gestion des déchets.
- les déchets, même non dangereux, participent à la saturation des décharges, lesquelles portent un impact important à l'environnement
- les amas de bois ont un impact visuel sur l'environnement.

Le déchet d'emballage est souvent traité et associé à des éléments métalliques (clous, charnières, ...), il représente donc un impact à plus long terme sur l'environnement.

Les produits de traitement utilisés dans la fabrication des traverses et poteaux télégraphiques représentent un impact pour l'environnement.

Les déchets de bois souillés peuvent contaminer le milieu naturel, les produits dangereux qu'ils contiennent peuvent s'infiltrer dans les sols, contaminer les nappes phréatiques ou perturber le fonctionnement normal des usines de dépollution des eaux usées.

### **Problèmes sanitaires liés au traitement du bois**

(source base bibliographique du Réseau Santé Déchets)

La créosote est un mélange complexe de plus de 200 constituants [Arvin, 1992]. Sa composition varie selon la nature du goudron dont elle est extraite. En général, on trouve 85% d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), 10% de composés à base de phénols et 5% d'hétérocycles NSO. La créosote contient également du benzène, du toluène, de l'éthylbenzène et du xylène (BTEX). La fraction soluble est constituée essentiellement des composés à base de phénols et des hétérocycles NSO. Dans le cas d'un contact avec l'eau, ce sont donc surtout ces composés que l'on retrouvera dans la phase aqueuse.

Les boues résiduelles provenant des usines de traitement du bois contiennent des quantités importantes de produits toxiques tels que la créosote et le pentachlorophénol (PCP) [Barbee, 1996]. Dans les études menées en laboratoire ou lors de test d'épandage en plein champ, la majorité de ces composés perd de sa toxicité après des processus de dégradation et transformation. Les auteurs ont observé la persistance de la mutagénicité appréciée par le test d'Ames un an et plus après l'épandage sur des sols de boues contenant de la créosote et du PCP.

Les déchets de bois traité sont des déchets complexes qui peuvent contenir des centaines de composés parmi lesquels des hydrocarbures phénoliques, et aromatiques, des HAP, des chlorophénols, des PCDDs et PCDFs [Hong, 1995].

Aux USA, de nombreux sites de stockage de déchets de bois traité sont contaminés suite à une mauvaise gestion, un stockage inadapté ou des rejets accidentels de créosote [Mohammed, 1998]. Le pentachlorophénol et les HAP ont été identifiés dans le sol et l'eau souterraine d'un grand nombre de sites de stockage non contrôlés. L'agrégation entre un xénobiotique et des substances humiques

constitue une des principales réactions de transformation des produits chimiques dans la nature, diminuant la quantité de produit susceptible d'interagir avec les êtres vivants et réduisant ainsi la toxicité du composé. L'agrégation inhibe les mouvements des produits chimiques induits par la lixiviation par exemple, limitant la contamination de l'eau souterraine. C'est le mécanisme majeur de la diminution des concentrations en phénanthrène et en PCP dans le cas présent. La baisse des concentrations en phénanthrène et en PCP est principalement due à une agrégation avec le sol et dans une moindre mesure à une minéralisation.

Le pentachlorophénol (PCP) est un composé synthétique qui a été largement utilisé pour le traitement du bois et accessoirement comme herbicide [Thompson, 1997]. Il a été classé dans le groupe 2B par le CIRC (l'agent est peut être cancérigène pour l'homme). Sa présence dans l'environnement et la chaîne alimentaire résulte de sa large utilisation et son caractère biopersistant. L'exposition humaine non professionnelle se fait majoritairement par la chaîne alimentaire (78% selon une estimation canadienne de 1992). La seconde voie d'exposition humaine est l'air ambiant.

La pollution des sols par le pentachlorophénol des sites de traitement du bois occasionne des risques écologiques [Megharaj, 1998]. Les principaux effets du pentachlorophénol observés sur les sols d'une ancienne usine australienne de traitement du bois sont la disparition des algues unicellulaires et des champignons dans le sol très pollué, la modification de la composition spécifique des algues unicellulaires, la diminution du nombre des bactéries et la diminution des activités enzymatiques qui ont presque disparu dans le sol très pollué. Selon les auteurs, les altérations observées sur les algues pourraient être de bons indicateurs de l'écotoxicité du PCP.

La créosote est un produit résultant de la distillation du goudron de houille, composé de molécules aromatiques et utilisé depuis le 17<sup>ème</sup> siècle comme conservateur du bois. La plupart des substances qui la compose sont stables dans l'environnement [Padma, 1999]. La toxicité des fractions hydrosolubles obtenues à partir de sédiments contaminés par la créosote a été testée pour le crustacé épibenthique *Mysidopsis bahia*. L'exposition aux fractions hydrosolubles diminuait significativement le poids du corps et le pourcentage de femelles gravides mais la fréquence des mues n'était pas modifiée.

Différentes mesures ont été réalisées respectivement sur les compartiments physiques (sédiments) et biologiques (carpes, poissons-chats et écrevisses) échantillonnés en amont et en aval immédiat des rejets de deux sites situés sur la Columbia River : une usine de traitement du bois d'une part, une usine de pâte à papier d'autre part et en s'éloignant de ceux-ci [Foster, 1999]. Des analyses de lipides, de PCDD et de PCDF sur les tissus et de PCDD et de PCDF sur les sédiments ont été réalisées. Des teneurs différentes sont notées selon la source de pollution et l'utilisation du sol. Ainsi, les carpes présentent globalement des concentrations plus élevées en aval de l'usine de traitement du bois, tandis que les sédiments affichent des teneurs supérieures aussi en aval de cette usine pour divers HxCDD. La détection est meilleure et les concentrations en PCDD et PCDF sont supérieures pour les congénères les plus chlorés en aval de l'usine de traitement du bois, et les furanes et dioxines les plus chlorés sont mesurés en plus fortes teneurs également en aval de cette usine. Toutefois, seules les concentrations de trois de ces congénères sont significativement différentes entre les deux sites. Dans cette étude, les sédiments ne permettent pas réellement de prédire les concentrations des différents congénères dans les tissus des poissons. Les différences entre sédiments et poissons peuvent être attribuées à la prise en compte préférentielle des PCDD et PCDF les moins chlorés, à une contamination directe non liée aux sédiments, à un métabolisme et à une élimination préférentiels des PCDD et PCDF les plus chlorés, ou à la variabilité du taux de contamination des sédiments et donc de l'accumulation dans les tissus. Les teneurs en lipides des différents tissus expliquent en partie la variabilité des teneurs en contaminants organiques. En tenant compte de ce paramètre, des différences de concentration entre carpes et poissons-chats subsistent malgré tout, liées aux tissus autant qu'aux espèces. Les auteurs reconnaissent que le peu de variabilité enregistrée dans les résultats est fortement lié à un nombre de prélèvements peu élevé.

L'incinération de bois traité apparaissait il y a encore quelques années, comme la façon la plus efficace de se débarrasser des déchets de bois. Pour mesurer les émissions de composés organiques lors de l'incinération de tels bois, notamment les PCDD et PCDF, les auteurs ont incinérés divers échantillons de bois traité mélangé à des bois non traités [Salthammer, 1995]. Les émissions de PCDD/PCDF peuvent être maintenues basses dans les gaz émis sous réserve de bonnes conditions de combustion. Dans le cas contraire, de fortes émissions peuvent se produire.

Les usages du pentachlorophénol (PCP) ont été très importants, notamment dans le traitement du bois et secondairement dans les textiles, jusqu'à une Directive Européenne de 1991 qui les a fortement réglementés [Edujee, 1999]. Les teneurs en dioxines dans les produits techniques à base de PCP utilisés dans les années 1990 étaient de plusieurs ppm de TEQ. L'exposition au PCP et donc aux PCDD/F concerne plusieurs types de populations. Des études chez les travailleurs de l'industrie du bois ont montré des taux de contamination dans les lipides sanguins supérieurs aux taux moyens dans le pays concerné ; les apports vie entière de PCDD/F ont été évalués à 0,02 - 1 pg TEQ/kg pc/jour, avec une médiane à 0,16 pg/kg. L'exposition de la population générale peut être directe par inhalation ou contact cutané à partir de bois ou de matériaux traités, mais elle est surtout indirecte par la chaîne alimentaire. Des travaux, notamment aux USA, soulignent l'importance de la contamination des vaches laitières par les dioxines à partir de bois traités au PCP. Les boues d'épuration, par leur épandage sur les terres agricoles notamment les pâturages, sont également une source importante de PCP et de PCDD/F pour la chaîne agroalimentaire.

L'exposition des enfants aux composés de traitement du bois contenant le mélange cuivre, chrome et arsenic (CCA) lors de leurs activités dans les parcs et jardins où sont installées des structures en bois traité est une préoccupation croissante [Kwon, 2004]. L'objectif de l'étude est de quantifier le niveau d'arsenic sur les mains des enfants en contact avec des structures en bois traité au mélange CCA ou avec le sable de telles aires de jeux. La quantité moyenne d'arsenic soluble sur les mains des enfants jouant dans des aires contenant des structures en bois traité au mélange CCA est de 0,50 µg (de 0,0078 à 3,5 µg). Ces valeurs sont significativement plus élevées que celles mesurées chez des enfants jouant dans des aires contenant des structures en bois non traité par le mélange CCA 0,095 µg (de 0,011 à 0,41 µg). Il n'existe pas de différence entre les quantités de sable sur les mains des enfants ni dans les concentrations en arsenic du sable entre les 2 groupes. Les quantités plus élevées chez les enfants des aires avec structure en bois traité sont probablement dues au contact direct avec le bois traité. La quantité maximale mesurée sur les mains des enfants (< 4 µg pour tout le groupe) est inférieure à l'apport moyen journalier d'arsenic par l'eau et les aliments.

Afin de savoir si la prévalence des événements de santé (cancer, dermatite, ou autres maladies de peau, échecs de la reproduction) est la même pour des populations vivant sur ou près d'un site abandonné de traitement du bois (population cible) et pour une population éloignée du site, les personnes résidant sur ou près d'un site classé par l'EPA (Environmental Protection Agency) sur la liste NPL (National Priorities List) des sites contaminés ont été considérées [Brender, 2003]. Des événements de santé ont une prévalence significativement plus élevée dans la population cible (éruptions cutanées RR=5,7 [3,0-10,9], bronchites chroniques RR=2,7 [1,3-5,6], difficultés à concevoir RR=3,3 [1,3-8,7]). Ces dernières associations sont réduites par l'ajustement sur les inquiétudes (biais de mémoire : les personnes plus inquiètes se souviennent mieux que les autres). Une association significative est retrouvée (p=0,02) pour la prévalence des cas d'éruption cutanée selon le niveau d'anthracène détecté dans le sol. La population cible ne semble pas avoir de taux différents de la population non exposée en ce qui concerne les avortements spontanés, les mort-nés, les prématurés, les petits poids de naissance, les malformations. La prévalence des cancers ne varie pas entre les 2 groupes. Vivre sur ou près d'un site NPL contaminé par les PAH et la créosote semble impliquer une augmentation du risque d'éruptions cutanées, de bronchites chroniques et de difficultés à concevoir. Mais le fait de vivre sur ou près d'un site NPL ne semble pas être associé à une élévation des taux de mortalité et de morbidité liés au cancer ou à d'autres pathologies de la grossesse.

#### ***e) Conclusion relative au recyclage des déchets et sous produits du bois***

Classés en 3 catégories, les déchets de bois sont considérés comme exempts de toute contamination, faiblement adjuvantés (palettes, panneaux, bois d'ameublement), traités (créosote et cuivre, chrome et arsenic) ou ignifugés.

Les bois de rebut souillés ou traités sont, en fonction de leur teneur en substances dangereuses, considérés comme des déchets dangereux. Ils doivent donc être éliminés par les filières de traitement adaptées.

Selon l'ADEME, 90% du gisement des déchets bois produits au sein des entreprises de 1<sup>ère</sup> et seconde transformation est valorisé (58% en valorisation matière, 35% comme combustibles et 7% en décharge).

Au plan sanitaire, ce sont les bois traités qui posent problème. Diverses études pointent les effets de ces bois sur la santé humaine ou sur l'environnement.

La réglementation relative aux bois en contact avec les aliments est en cours d'évolution. La DGCCRF a fait récemment des recommandations pour évaluer l'aptitude du bois à être au contact des denrées alimentaires.

Hors le cas des palettes, nous n'avons pas identifié d'informations en rapport avec le réemploi ou la réutilisation du bois.



## IX – LES DECHETS ORGANIQUES

### *a) La réglementation relative à la valorisation des déchets organiques*

Dans le passé, d'importants problèmes de pollutions de sols ont été causés par la valorisation en continu de matières organiques issues d'eaux usées et de déchets, notamment avec les champs d'épandage des eaux usées de la Ville de Paris ayant entraîné des accumulations élevées en éléments traces métalliques en zone maraîchère. Egalement, le tri-compostage des ordures ménagères brutes dont l'objectif était plutôt l'élimination, a pendant des années dévalorisé l'image du compost réalisé à partir de déchets ménagers, au point qu'aujourd'hui la plupart des marchés agricoles sont hermétiques à cet amendement (interdiction d'usage dans les vignobles d'appellation "Champagne", abandon total en culture de champignon...). Ainsi, avec la pression sociale qui en a découlé, la valorisation agricole a été particulièrement touchée par cette gestion sanitaire et environnementale déficiente.

C'est pourquoi la réglementation française en matière de valorisation agronomique des déchets biologiques (ou fermentescibles) a cherché à résoudre cette problématique. La réglementation est organisée selon deux logiques distinctes :

- première logique orientée produit : une réglementation pour le produit obtenu par transformation des déchets en matière fertilisante : dans ce cas, la responsabilité du producteur de déchets s'arrête au moment de la mise sur le marché du produit.
- deuxième logique orientée déchet : les déchets gardent leur statut de déchet, une filière de valorisation est alors organisée. Dans ce cas, la responsabilité du producteur de déchet est engagée jusqu'à la phase d'élimination ou de valorisation (épandage).

Ces deux logiques réglementaires vont structurer les actions de valorisation des déchets biologiques, pour, au final, converger vers des conceptions similaires de protection sanitaire et environnementale.

### **La logique produit et matières fertilisantes**

Dans ce cas, les actions pour une protection sanitaire et environnementale relèvent d'une réglementation sur le produit obtenu par transformation des déchets en matière fertilisante : la responsabilité du producteur de déchets s'arrête au moment de la mise sur le marché du produit.

Cette réglementation est principalement organisée autour de la loi n°79-595 du 13 juillet 1979 (J.O. du 14 juillet 1979) relative à l'organisation du contrôle des matières fertilisantes et des supports de culture, loi qui fixe les conditions dans lesquelles il est possible de mettre ce type de matière sur le marché. La mise en œuvre de cette réglementation s'effectue sous l'autorité de la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) dépendant du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche.

Une commission des matières fertilisantes et supports de culture (CMFSC) a été créée par le décret n°80-477 du 16 juin 1980 afin de permettre la consultation et la réflexion du ministère sur les questions relatives à ces produits. Des commissions spécifiques ont en charge l'examen des dossiers soumis à homologation.

La loi n°79-595 du 13 juillet 1979 institue que toute matière fertilisante ou support de culture mis sur le marché doit avoir fait l'objet d'une homologation ou d'une autorisation provisoire de vente (AVP) ou d'importation, même pour une distribution à titre gratuit. Néanmoins, il est précisé que, sous réserve de l'innocuité des matières fertilisantes et supports de culture à l'égard de l'homme, des animaux, ou de l'environnement, dans les conditions d'emploi prescrites ou normales, des exemptions au principe d'homologation sont prévues si :

- les produits répondent aux dispositions réglementaires prises en application de directives européennes ;

- les produits sont réglementés par l'application de la loi sur l'eau ou au titre des installations classées pour la protection de l'environnement ;

- les produits répondent à une norme rendue d'application obligatoire ; et notamment, la norme NF U 44-051 pour la mise sur le marché de produits répondant à la définition générale des amendements organiques (matières fertilisantes et supports de culture, 1981) et la norme NF U 44-095 (mai 2002) pour la mise sur le marché de composts contenant des matières d'intérêt agronomique issues du traitement des eaux (MIATE).

La norme NF U 44-051 date de 1981 et ne propose que des critères agronomiques. Elle n'est donc pas adaptée à la protection sanitaire et environnementale et est en cours de révision depuis de nombreuses années : le projet propose des valeurs limites pour neuf éléments traces métalliques (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn), pour la somme de 4 de ces éléments (Cr + Cu + Ni + Zn), pour trois HAP (Fluoranthène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(a)pyrène), pour deux agents pathogènes (salmonelles, œufs d'helminthes viables) et pour 3 éléments à l'origine de nuisances (film + PSE, autres plastiques, verres + métaux).

Il faut également citer l'écolabel européen du 28 août 2001 (Décision de la Commission établissant les critères écologiques pour l'attribution du label écologique communautaire aux amendements pour sols et aux milieux de culture, 2001/688/CE) qui établit des valeurs limites pour 11 éléments traces métalliques (As, Cd, Cr, Cu, F, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Zn), pour deux agents pathogènes (Escherichia coli, Salmonella) et pour un ensemble d'éléments à l'origine de nuisances (verres + métaux + plastiques).

## La logique déchet et filière de valorisation

### Deux directions réglementaires

Dans cette optique, les déchets gardent leur statut de déchet et une filière de valorisation est organisée. La responsabilité du producteur de déchet est alors engagée jusqu'à la phase d'élimination ou de valorisation (épandage), avec obligation d'établir une traçabilité du déchet, un dispositif de surveillance et de mettre en œuvre des procédures d'information. Sous l'autorité du MEDD, la réglementation prend deux directions :

- **les déchets sont issus des ICPE** (y compris les déjections animales) et relèvent du cadre législatif ICPE avec notamment l'arrêté du 2 février 1998 (J.O. du 3 mars 1998) relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des ICPE. Le cadre législatif est géré par la DPPR (Direction de la Prévention des Pollutions et des risques) ;

L'arrêté définit les conditions d'épandage : "*la nature, les caractéristiques et les quantités de déchets ou d'effluents destinés à l'épandage sont telles que leur manipulation et leur application ne portent pas atteinte, directe ou indirecte, à la santé de l'homme et des animaux, à la qualité et à l'état phytosanitaire des cultures, à la qualité des sols et des milieux aquatiques et que les nuisances soient réduites au minimum*". Des valeurs limites dans les déchets ainsi qu'en flux cumulé sur dix ans sont fixées directement par l'arrêté du 2 février 1998 pour les polluants suivants : 7 métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn et Cr+Cu+Ni+Zn), 7 PCB et 3 HAP. La valeur limite en agents pathogènes susceptibles d'être apportés au sol est fixée par l'arrêté d'autorisation. Le milieu récepteur, à savoir le sol, doit lui aussi respecter des valeurs limites réglementant la possibilité d'épandage ou non.

- **les déchets sont issus d'installations non ICPE**, incluant principalement les boues de STEP (accessoirement, les déjections animales des petites exploitations). Pour les boues de STEP, il est nécessaire d'évoquer l'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées. Le cadre législatif est géré par la Direction de l'Eau (DE) ;

- teneurs limites en éléments traces métalliques dans les boues (valeurs limites dans les boues et flux maximum cumulé apporté par les boues en 10 ans) (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn et Cr+Cu+Ni+Zn) ;

- teneurs limites en composés traces organiques [3 HAP, 7 PCB, LAS, Nonylphénol, DEHP, AOX, dioxines/furanes] (de même, valeurs limites dans les boues et flux cumulé) ;

- teneurs limites en élément traces dans les sols réglementant la possibilité d'épandage ou non ;
- microorganismes pathogènes (*E.coli*, *salmonella*, virus, œufs d'helminthes viables) ;
- distances d'isolement vis-à-vis des sources d'eau potable ou pour l'arrosage des cultures maraîchères et fruitières, de la conchyliculture, etc.

La réglementation impose une auto surveillance permanente : caractérisation des boues, analyses des sols, organisation des épandages, tenue d'un registre des épandages, bilan agronomique annuel.

### **Une réglementation spécifique pour le compostage**

Dans ce cadre, la circulaire du 28 juin 2001 relative à la gestion des déchets organiques invite les Préfets à favoriser la valorisation biologique par compostage ou par méthanisation dans les plans départementaux d'élimination des déchets ménagers afin de respecter la directive 99/31/CEE du 26 avril 1999. La circulaire énonce les principes incontournables qui doivent fonder une valorisation biologique sûre et durable des déchets organiques :

- Qualité des amendements et des fertilisants organiques irréprochable, tant sur le plan de leur innocuité que de leur efficacité.
- Intégration de la valorisation biologique dans un système durable de gestion des déchets adapté à chaque territoire.
- Accompagnement du processus de développement de la valorisation biologique par des actions de sensibilisation, d'information et de concertation au niveau local.

Il convient également de citer l'arrêté du 7 janvier 2002 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n° 2170 : "*Fabrication des engrais et supports de culture à partir de matières organiques et mettant en œuvre un procédé de transformation biologique aérobie (compostage) des matières organiques*". Cet arrêté s'applique notamment aux installations de compostage des déchets ménagers et assimilés. Cet arrêté prescrit des valeurs limites qui doivent être respectées en moyenne quotidienne pour 7 éléments traces métalliques (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), la somme de 4 de ces éléments (Cr + Cu + Ni + Zn), la somme des 7 principaux PCB (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) ainsi que 3 HAP (Fluoranthène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(a)pyrène). Aucune valeur instantanée ne doit dépasser le double des valeurs limites en moyenne quotidienne. L'arrêté prescrit également des valeurs limites pour trois agents pathogènes (*salmonella*, entérovirus et œufs de nématode).

L'épandage n'est pas autorisé :

- lorsque l'une des teneurs en éléments, composés indésirables ou agents pathogènes contenus dans le compost à épandre excède ces valeurs limites ;
- lorsque le flux en éléments traces métalliques ou composés organiques indésirables, cumulé sur dix ans et apporté par le compost à épandre, excède certaines valeurs limites.
- lorsque les teneurs en éléments traces métalliques dans les sols dépassent certaines valeurs limites.

L'arrêté souligne que les matières à épandre doivent avoir un intérêt pour les sols ou la nutrition des cultures et leur application ne doit pas porter atteinte, de manière directe ou indirecte, à la santé de l'homme et des animaux, à la qualité et à l'état phytosanitaire des cultures ainsi qu'à la qualité des sols et des milieux aquatiques. Une étude préalable d'épandage doit préciser l'innocuité (dans les conditions d'emploi) et l'intérêt agronomique des matières à épandre, l'aptitude du sol à les recevoir, le périmètre d'épandage et les modalités de sa réalisation. Cette étude comprend notamment les caractéristiques des matières à épandre (quantités prévisionnelles, valeur agronomique, teneur en éléments traces et agents pathogènes...).

### **Evaluation des risques d'épandage des boues de STEP**

L'épandage des boues de station d'épuration encore appelées Matières d'Intérêt Agronomique Issues du Traitement des Eaux (MIATE) fait l'objet d'une réglementation spécifique. Depuis l'arrêté du 8 janvier 1998 qui définit les conditions d'épandage, la circulaire du 18 avril 2005 fixe les recommandations relatives aux contrôles du respect de la réglementation pour les services de police de l'eau et à l'information du public en matière d'épandage agricole des boues de STEP. Cette

circulaire traite notamment de la mise en place des contrôles des épandages et de la prévention des pollutions et de la réduction à la source.

Récemment, deux guides ont été rédigés pour faciliter la mise en œuvre de la réglementation sur les autorisations d'épandage des boues de station d'épuration. Le premier, réalisé par l'INERIS (Institut National de l'Environnement et des Risques Industriels) propose une évaluation quantitative des risques chimiques et une évaluation qualitative des risques microbiologiques liés à l'épandage des boues (il existe deux versions, une pour les boues issues d'eaux usées urbaines et une pour les boues issues d'une station industrielle) [ADEME, 2005a et 2005b]. Cette méthodologie a été appliquée à une filière de boues urbaines dans l'Oise (colloque ADEME, 16 décembre 2005). Les boues en question sont conformes à la réglementation française, voire même respectent les teneurs plus sévères de la future Directive européenne. L'analyse du risque sanitaire dans le cas de l'Oise a montré que les risques étaient acceptables pour les consommateurs adultes (risque de  $10^{-8}$  de développer une pathologie), mais que les agriculteurs, en situation d'exposition directe, étaient soumis aux risques les plus élevés dus principalement à l'exposition au nickel. Toutefois, en raison d'un manque de connaissances scientifiques, le phénomène de bioaccumulation n'est pas pris en compte par la méthode, ainsi que la présence de produits phytosanitaires dans les sols agricoles. De plus, la méthodologie a besoin d'être éprouvée par un retour d'expérience. Enfin, le représentant de l'InVS à ce colloque a souligné ouvertement que la recherche scientifique présentait des lacunes en matière de risques sanitaires, lacunes qui pourront être comblées au fur et à mesure de l'acquisition des connaissances.

Le second guide, élaboré par l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) et l'ENITA (Ecole Nationale des Ingénieurs en Travaux Agricoles), traite des dérogations à l'interdiction d'épandage des boues de STEP dans le cas de sols présentant des teneurs naturelles élevées en éléments traces métalliques [ADEME, APCA, 2005]. En effet, comme cela a été souligné dans un paragraphe précédent, la réglementation impose des flux maximum à ne pas dépasser en fonction de la composition des boues ainsi que des teneurs du sol récepteur en amont de l'épandage. Dans le cas d'un dépassement des teneurs seuils des sols en éléments traces métalliques, une dérogation à l'interdiction d'épandage est possible si le pétitionnaire peut démontrer que le ou les éléments incriminés ne sont ni mobiles ni biodisponibles. Ce guide permet d'apporter des réponses techniques à de telles interrogations.

### Résumé des obligations réglementaires en matière d'impacts environnementaux et sanitaires

Les tableaux suivants résument et comparent les différentes situations réglementaires de la valorisation organique des déchets (teneurs limites acceptables).

ETM mg/kg MS	Projet de norme NF U 44-051	Arrêté du 8 janvier 1998	Arrêté du 2 février 1998	Arrêté du 7 janvier 2002
Zn	600	3000	3000	3000
Cu	300	1000	1000	1000
Ni	60	200	200	200
Cd	3	10	10	10
Pb	180	800	800	800
Hg	2	10	10	10
Cr	120	1000	1000	1000
As	18	-	-	-
Cr + Cu + Ni + Zn	-	4000	4000	4000

<b>Polluants organiques mg/kg MS</b>	<b>Projet de norme NF U 44-051</b>	<b>Arrêté du 8 janvier 1998 (boues de STEP)</b>	<b>Arrêté du 2 février 1998 (épandage ICPE)</b>	<b>Arrêté du 7 janvier 2002 (compostage)</b>
HAP : fluoranthène	4	5 (pâturages : 4)	5 (pâturages : 4)	5 (pâturages : 4)
HAP : benzo-b- fluoranthène	2,5	2,5	2,5	2,5
HAP : benzo-a- pyrène	1,5	2 (pâturages : 1,5)	2 (pâturages : 1,5)	2 (pâturages : 1,5)
7 PCB	-	0,8	0,8	0,8

<b>Agents pathogènes NPP/10 g MS</b>	<b>Projet de norme NF U 44-051</b>	<b>Arrêté du 8 janvier 1998 (boues de STEP)</b>	<b>Arrêté du 2 février 1998 (épandage ICPE)</b>	<b>Arrêté du 7 janvier 2002 (compostage)</b>
Salmonella	0	8	Fixé par l'arrêté d'autorisation	8
Enterovirus	-	3		3
Œufs de nématodes	0	3		3
Coliformes thermotolérants	-	Surveillance	-	-

<b>Flux cumulés maximum sur 10 ans par m<sup>2</sup></b>	<b>Projet de norme NF U 44-051</b>	<b>Arrêté du 8 janvier 1998 (boues de STEP)</b>	<b>Arrêté du 2 février 1998 (épandage ICPE)</b>	<b>Arrêté du 7 janvier 2002 (compostage)</b>
ETM	-	oui	oui	oui
Polluants organiques	-	oui	oui	oui

<b>Valeurs limites en ETM pour les sols récepteurs</b>	<b>Projet de norme NF U 44-051</b>	<b>Arrêté du 8 janvier 1998 (boues de STEP)</b>	<b>Arrêté du 2 février 1998 (épandage ICPE)</b>	<b>Arrêté du 7 janvier 2002 (compostage)</b>
En concentrations	-	oui	oui	oui
En flux cumulés (g/m <sup>2</sup> )	-	oui	oui	oui

Pour les trois arrêtés, on constate une certaine similitude de points de vue. En effet, sont prises en compte non seulement les matières apportées lors de la valorisation, mais aussi le milieu récepteur, ainsi qu'un critère d'accumulation.

## ***b) Les conséquences sanitaires de la valorisation des déchets organiques***

Les éléments rapportés dans ce chapitre sont issus du travail bibliographique présenté lors du congrès de l'ASTEE en 2004<sup>21</sup>. Des compléments sont extraits de publications de l'ADEME. D'autres ont été apportés par la lecture de références internationales issues de la base bibliographique du Réseau Santé Déchets.

### **Utilisations de sous-produits en agriculture**

Pour les utilisations de sous-produits en agriculture, la loi française du 13 juillet 1979 traite de l'organisation du contrôle des matières fertilisantes et supports de cultures ; elle instaure des homologations par le Ministère de l'agriculture, qui a établi des limites de flux en éléments traces métalliques (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, sélénium, zinc). Ces limites sont variables suivant le type de compost.

En 1997, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France a envisagé les risques associés à la présence des divers contaminants qui peuvent être présents dans les boues issues des stations d'épuration des eaux usées urbaines : les éléments traces métalliques (mercure, plomb, cadmium, cuivre, chrome, nickel, zinc) et les micropolluants organiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques, polychlorobiphényles et autres organochlorés), l'origine de ces contaminants, les possibilités de leur élimination dans les filières d'épuration, leur diffusion dans le sol et les voies d'exposition de l'homme.

En ce qui concerne l'utilisation des boues d'épuration des eaux, on peut rappeler quelques résultats d'études sur longue durée :

Pour étudier le devenir des PCBs dans le sol, des échantillons de terres ayant reçu des apports de boues de STEP entre 1942 et 1961 dans la région londonienne ont été prélevés régulièrement jusqu'en 1992 [Alcock, 1995]. La teneur totale en PCBs a considérablement varié au cours de cette période, passant par un maximum en 1972. En 1992, c'est-à-dire 31 ans après le dernier apport de boues, la teneur est encore 5 fois plus élevée que dans un sol témoin. La composition qualitative a évolué vers une augmentation relative des composés lourds, penta et heptachlorés. La demi-vie des PCBs introduits entre 1967 et 1992 serait de l'ordre de 14 à 19 ans. Une grande partie des PCBs présents dans le sol résulte des dépôts atmosphériques et de la volatilisation, qui est probablement un phénomène dominant. Les auteurs considèrent que vingt ans d'apports de boues ont fait passer la teneur en PCBs du sol agricole à celle d'un sol urbain, et que le risque essentiel proviendrait de l'ingestion de terre polluée.

La fixation de métaux lourds par les plantes a fait l'objet de nombreuses études. Les facteurs qui influencent la fixation sont nombreux ; on peut citer : le pH (un pH faible accroît les risques d'absorption de cadmium), la température, le potentiel d'oxydoréduction, la quantité de matière organique disponible, les fertilisants utilisés, la nature des plantes ; ainsi, les laitues sont sensibles au cadmium et au zinc, les métaux lourds tendent à se concentrer dans l'enveloppe du blé, etc.

La circulaire du 28 juin 2001 relative à la gestion des déchets organiques fournit des informations sur la situation des risques sanitaires liés à la pratique de l'épandage des boues d'épuration.

Elle fait notamment référence au dossier technique documentaire sur " l'utilisation en agriculture des boues d'épuration municipales " qui a été réalisé par le Comité Technique sur l'Épandage des boues d'épuration (CTP) ; comité qui regroupe au niveau national une quarantaine d'organismes différents, avec notamment des représentants du monde agricole, de la grande distribution, des associations de consommateurs et de protection de la nature. L'objectif est de diffuser en France un bagage commun de connaissances, dans lequel chacun pourra puiser pour mieux appréhender le sujet. Il est diffusé

---

<sup>21</sup> Présentation de Gérard BERTOLINI, Actes lors du 83<sup>ème</sup> Congrès d'ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement), Aix-les-Bains 24-28 MAI 2004

gratuitement par ADEME Éditions (n° 3802). Il peut aussi être consulté en libre accès sur le site WEB de l'ADEME.

La circulaire présente la teneur des boues en éléments traces métalliques. Les deux éléments les plus présents sont le zinc (teneur moyenne vers 700 g/t de matière sèche) et le cuivre (environ 300 g/t MS). Viennent ensuite des éléments comme le nickel, le plomb et le chrome (de 30 à 100 g/t MS). Enfin, des éléments en très faibles teneurs : le cadmium et le mercure (2 à 4 g/t MS).

Le tableau ci-dessous indique les valeurs moyennes en éléments traces métalliques mesurées en France dans des boues de stations d'épurations d'eaux urbaines comparées aux valeurs-limites réglementaires.

Teneur (g/t MS) (1)	Cadmium	Chrome	Cuivre	Mercure	Nickel	Plomb	Zinc
Limites réglementaires	20	1 000	1 000	10	200	800	3 000
Moyennes observées	2,4	74	339	2,1	33	90	741
En % de la valeur-limite	12%	7%	34%	21%	17%	11%	25%

Source Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 1998) (1) Abréviations : g : gramme ; t : tonne ; MS : Matière Sèche

Quand les boues sont correctement analysées, conformes aux exigences spécifiées, suivies et épandues, la circulaire indique qu'il n'a jamais été observé, en France ou en Europe, d'accident sanitaire en trente ans de pratique. En revanche, si les règles de bonnes pratiques ne sont pas renforcées, des accros peuvent survenir. Ce fut le cas en France en 1987, dans l'Ouest, avec des boues d'abattoir non conformes (épidémies de tuberculose bovine) ; ou un peu plus tard en 1991, dans l'Ouest également, la mortalité d'une jument a été suspectée d'être liée avec un épandage non conforme.

Pour tenir une comptabilité précise de ces cas, et porter un bon diagnostic sur les causes exactes en jeu, l'ADEME et l'École Nationale Vétérinaire de Lyon animent une cellule de veille sanitaire vétérinaire qui édite un rapport annuel d'activité.

Des auteurs relèvent que, de 1986 à 1991, la cellule de surveillance des risques sanitaires liés à l'épandage des boues n'a pu mettre en évidence qu'un seul cas de « pathogénicité » relatif à l'utilisation agricole des boues d'épuration. Il s'agissait d'un cas de contamination directe liée à un stockage de boues d'abattoirs sur des prairies pâturées par des bovins.

Dans un document publié en 2001, l'ADEME indique que, depuis plus de 30 ans, des boues d'épuration municipale sont épandues en France sur des terres agricoles sans qu'un accident portant atteinte à la santé publique n'ait été enregistré ; elle fait état d'un consensus scientifique sur l'innocuité des boues. Les boues épandues seraient donc victimes, à tort, de préjugés défavorables. Des problèmes d'odeurs sont cependant notés.

Lorsque les boues sont de bonne qualité et épandues à des doses agronomiques adaptées (environ 1 à 2 t MS/ha), on n'observe aucune contamination des récoltes.

Des expériences scientifiques, menées au début des années 70 avec des boues très chargées en métaux (5 à 10 fois supérieures aux valeurs-limites autorisées) et des doses très élevées (10 à 15 fois les apports normaux), montrent effectivement une possible contamination des récoltes. Ces expériences extrême ne reflètent pas, heureusement, les situations normales de terrain. Elles montrent cependant la pertinence des mesures réglementaires prises et l'obligation de vigilance qui s'impose aux producteurs de boues. À ce titre, on peut dire que l'épandage des boues est conforme au principe de précaution quand il respecte le cadre réglementaire en vigueur.

Depuis 30 ans, un grand nombre de références ont été produites sur l'épandage des boues d'épuration, non seulement en France mais ailleurs en Europe et dans le monde (USA, Canada, Brésil, Australie, Nouvelle-Zélande,...).

La documentation accumulée est dense (plusieurs milliers de références). Elle souffre d'être mal connue, insuffisamment recensée et synthétisée, trop peu diffusée et utilisée. C'est pourquoi l'ADEME a créé la collection éditoriale " Valorisation agricole des boues d'épuration " qui comprend une quinzaine de titres visant à faire le point des connaissances sur un thème donné (azote, phosphore, éléments traces métalliques, germes pathogènes, ...).

Pour les lisiers, les épandages se traduisent à l'évidence dans certaines régions (comme la Bretagne) par un accroissement des teneurs en nitrates des eaux, ce qui est préoccupant.

La directive européenne 91/676/CEE du 12 décembre 1991 dite directive "nitrates" constitue le principal instrument réglementaire pour lutter contre les pollutions liées à l'azote provenant de sources agricoles notamment en délimitant des zones vulnérables dans les secteurs où les eaux présentent une teneur en nitrates approchant ou dépassant le seuil de 50 mg/l et/ou ont tendance à l'eutrophisation (prolifération des algues).

Au-delà d'un certain seuil de concentration, les nitrates peuvent engendrer, chez les enfants et surtout les nourrissons très sensibles à une absorption trop importante, un empoisonnement du sang appelé méthémoglobinémie, ou encore maladie bleue. Sous l'action d'une bactérie présente dans le corps humain, les nitrates se transforment en nitrites qui oxydent l'hémoglobine du sang qui ne peut plus fixer l'oxygène ce qui perturbe la respiration cellulaire. Même à faible concentration, ils peuvent également favoriser à long terme l'apparition de cancers chez les adultes lorsqu'ils sont associés à certains pesticides avec lesquels ils forment des composés cancérigènes.

En ce qui concerne les composts urbains, des précautions s'imposent : vis-à-vis d'une utilisation en champignonnières, des « fines de verre » (résultant notamment des techniques anciennes de tri-compostage) sont susceptibles de se retrouver dans le corps des champignons. L'industrie du légume exige l'absence de corps piquants ou coupants.

Le compostage de papiers encrés (encres susceptibles de contenir des métaux lourds) est à éviter. Le compostage des couches d'incontinence est à proscrire, en raison des risques de germes pathogènes persistants.

Les questions majeures sont relatives aux métaux lourds. Des analyses de sols réalisées aux Etats-Unis ont révélé que des apports de compost ont entraîné de fortes concentrations en arsenic, mercure, cadmium et chrome.

L'IFEN rappelle également qu'au début du vingtième siècle, l'épandage de composts d'ordures ménagères à Brie-Comte-Robert, Moissy-Cramayel, Coubert et Mormant, en Seine-et-Marne, a généré une pollution par les métaux lourds.

### **Utilisation des sous produits en alimentation animale**

De nombreux sous-produits sont utilisés en alimentation animale [Bertolini, 2004] :

- des sous-produits végétaux : pailles de céréales et autres sous-produits riches en ligno-cellulose, mélasse de betterave, tourteaux d'oléo-protéagineux, sous-produits de fruits et légumes (y compris des conserveries), de la viticulture et de la vinification, de la brasserie (drêches), de la meunerie, etc. ;
- des sous-produits animaux : graisses et farines animales, os, sous-produits de la pêche (y compris conserveries), de l'industrie laitière (lactosérum), etc.

Les « eaux grasses » de la restauration collective (en fait, il s'agit aujourd'hui de reliefs de repas, donc de produits secs) ont largement été utilisées par le passé, notamment pour l'alimentation des porcs. Des cas de *trichinose* ont été enregistrés ; cette maladie, grave chez l'homme, est véhiculée par un parasite du porc, la *trichine*, qui se loge dans les muscles ; la transmission à l'homme résulte ensuite d'une cuisson insuffisante de la viande de porc.

Les graisses et farines animales proviennent de l'activité des abattoirs et – avant 1996 – d'équarrissages. En France, ils représentent près de 3,3 millions de tonnes par an (sur un total estimé



au niveau européen à 12,3 millions de tonnes), dont 1,3 million de tonnes utilisées pour diverses industries (gras de bœuf, ou suif par les industriels de l'oléochimie et de la savonnerie, os de porcs pour les industries de la gélatine, etc.) et, jusqu'en 1996, 2 millions de tonnes pour l'alimentation animale.

Depuis l'affaire de « la vache folle » (l'encéphalopathie spongiforme bovine) et l'arrêté du 29 juin 1996, les carcasses d'animaux malades ou à l'état sanitaire douteux (soit en France 440 000 tonnes par an, 115 000 tonnes sous forme de farines) et les abats à risques (encéphale, yeux, moelle épinière, thymus, amygdales, rate, intestins, crâne, cervelle) doivent être incinérés.

Une évolution en faveur de sous-produits végétaux s'opère, notamment des tourteaux de soja importés des Etats-Unis, ainsi qu'un accroissement des stocks de farines animales à éliminer ; les capacités des installations existantes sont insuffisantes et de nouvelles installations se heurtent à l'hostilité des collectivités d'accueil pressenties.

Après la « vache folle venue d'Angleterre » est survenue en 1999 l'affaire des « poulets belges à la dioxine » : le taux de contamination de lots analysés dépassait plusieurs centaines de fois la norme. La contamination provenait de PCBs (utilisés comme huile isolante dans des transformateurs) qui avaient été malencontreusement mélangés avec des graisses animales entrant dans la fabrication de l'aliment pour bétail. L'incidence sur la santé publique a sans doute été relativement faible, dans la mesure où il ne s'agissait pas de consommations répétées, sur longue durée, de poulets contaminés.

D'autres inquiétudes ont concerné l'utilisation suspectée – notamment en France – de sous-produits d'épuration des eaux en alimentation animale. La décision de la Commission Européenne 91/516 du 14 avril 2000 a fixé la liste des ingrédients dont l'utilisation est interdite dans les aliments composés pour animaux. En particulier, est interdite l'utilisation de tous les déchets provenant des stations d'épuration des eaux urbaines, domestiques et industrielles, à toutes les étapes du traitement (donc quelles que soient l'origine et la transformation ultérieure des eaux usées). Cette disposition répond à des préoccupations d'ordre sanitaire, ainsi qu'à des réactions à caractère psychologique des consommateurs.

Suite à diverses « affaires », l'utilisation de sous-produits, notamment d'origine animale, en alimentation humaine et animale fait donc l'objet de réglementations renforcées ; mais les doutes des consommateurs vis-à-vis des pratiques de recyclage risquent de s'avérer durables.

Des déchets de papier ont été utilisés dans l'alimentation de taurillons de race croisée. Il n'a pas été observé de différence de digestibilité entre les 3 régimes étudiés. Le gain de poids a été inférieur avec la ration alimentaire la plus riche en papier. Malgré son intérêt, les limites méthodologiques de l'étude ne permettent pas de recommander l'incorporation des déchets de papier dans l'alimentation des bovins [Pandya, 1992].

De la sciure et des fragments de journaux ont été utilisés comme litière pour des taurillons. HAP et métaux (Cd, Cu, Pb et Hg) ne sont pas détectés dans le sang de taurillons à l'engrais ayant comme litière de la sciure et des fragments de journaux pendant 140 jours [Comerford, 1992].

Aucune modification sanitaire ou biologique (notamment Cd, Cu, Mo, Pb, Ni, Zn sanguins) n'a été observée chez des bovins élevés sur de la litière de compost. Pourtant, les teneurs en métaux dans le compost étaient relativement élevées. En revanche, les taux de métaux dans les reins étaient significativement plus marqués chez les bovins élevés sur un compost, notamment pour le cuivre et le plomb. Toutefois, ils restaient dans les limites considérées comme normales chez les bovins. Malgré l'originalité de ce travail, l'usage de compost d'OM directement au contact des bovins ne se conçoit guère en Europe à l'heure actuelle [Zehnder, 2000].

### ***c) Conclusion relative à la valorisation des déchets organiques***

De nombreuses études ont été menées au plan international pour juger de l'apport aux sols de polluants, organiques et métalliques, en rapport avec les pratiques d'épandage de composts ou de déchets issus des stations d'épuration des eaux usées.

Si les études indiquent souvent des augmentations des concentrations dans les sols au dessus des valeurs mesurées dans des sols témoins, il ne semble pas en résulter d'effets sanitaires mesurables sur les humains ou les animaux. Dans certains cas, des effets ont pu être observés sur la croissance des végétaux.

Plusieurs textes réglementaires fixent des valeurs limites (en concentrations et en flux) pour les éléments traces métalliques, les polluants organiques et les agents pathogènes dans les matériaux destinés à être épandus sur les sols (valorisation agricole des composts ou des boues de STEP) et dans les sols récepteurs.

Suite à diverses affaires récentes (vache folle, poulets à la dioxine...), des inquiétudes existent en lien avec l'utilisation de sous produits d'origine animale pour l'alimentation du bétail. Des dispositions réglementaires ont été prises pour retirer de ce marché les aliments suspects pour assurer la sécurité sanitaire vis-à-vis des consommateurs.

## X – LES DECHETS GENERES PAR UN PROCEDE INDUSTRIEL ET VALORISES PRINCIPALEMENT EN BTP

### ***a) Généralités***

En France, le total des déchets de chantiers de bâtiment a été estimé à 31 millions de tonnes. Selon les catégories de déchets définies par la réglementation, 65% des déchets de chantiers du bâtiment, toutes origines confondues, sont considérés comme inertes [ADEME, FFB, 1999]. Parmi ces déchets inertes, beaucoup sont potentiellement valorisables : des plateformes réalisent depuis déjà longtemps un prétraitement technique (broyage, calibrage...) en vue de leur valorisation notamment en travaux publics.

Les mâchefers d'incinération représentent une production nationale de près de 3 millions de tonnes dont 65% sont valorisés en technique routière [source ADEME].

Les laitiers de haut-fourneau dont la production française est de l'ordre de quelques millions de tonnes, ou encore les cendres volantes de centrales thermiques au charbon sont des déchets valorisés depuis de nombreuses années en tant que fines ou granulats pour assises de chaussées ou liants hydrauliques.

D'une manière générale, les déchets générés par un procédé industriel et valorisés en BTP sont principalement des déchets minéraux présentant de forts tonnages. Leur domaine de valorisation présente essentiellement trois fonctions de substitution : en tant que liants hydrauliques pour leur capacité à faire prise, en tant que constituants primaires de fabrication, notamment pour le ciment, ou encore en tant que granulats pour les Travaux Publics.

On citera également le cas particulier des pneumatiques, déchets à composante majoritairement organique, pouvant être valorisés de multiples manières, mais dont un des principaux objectifs des responsables de la filière est de les valoriser en TP, notamment pour les quantités utilisées. Des recherches sont actuellement en cours d'expérimentation par INSAVALOR POLDEN pour le compte d'ALIAPUR, éco-organisme créé par les industriels du secteur et chargé de la gestion de la filière des déchets pneumatiques.

Pour tous ces déchets, leur valorisation n'oblige à aucune démarche obligatoire d'étude sanitaire. La valorisation dans le secteur des travaux publics est l'objet de quelques réglementations spécifiques qui présentent de timides mesures d'ordre environnemental et donc indirectement sanitaire. La valorisation dans le bâtiment est essentiellement d'ordre technique et fait l'objet d'un important système normatif.

### ***b) La valorisation dans le domaine du bâtiment (produits de construction)***

Les matériaux et produits de construction font l'objet de la Directive Produits de Construction 89/106/CEE (DPC) approuvée en décembre 1988. Au sens de cette directive (DPC), un produit de construction est défini comme "*tout produit qui est fabriqué en vue d'être incorporé de façon durable dans les ouvrages de construction qui couvrent tant les bâtiments que les ouvrages de génie civil*" (article 1). Les produits de construction sont soit des produits de base, soit des produits finis ou semi finis fabriqués à partir de certains matériaux de base et sont commercialisés sur le marché.

Cette directive demande aux Etats membres de respecter six exigences essentielles relativement aux ouvrages et non aux produits :

- Résistance mécanique et stabilité,
- Sécurité en cas d'incendie,
- Hygiène, santé et environnement,
- Sécurité d'utilisation,

- Protection contre le bruit,
- Economie d'énergie et isolation thermique.

Parmi ces six exigences, trois au moins sont relatives à des préoccupations sanitaires. Toutefois, selon la directive, les Etats membres demeurent libres du choix de réglementer ou non les caractéristiques des ouvrages réalisés sur leur territoire par rapport à l'une ou à plusieurs des exigences essentielles et les conditions de leur réalisation. Ils demeurent également libres de déterminer le niveau de protection apporté par ces réglementations vis-à-vis de ces exigences.

La directive stipule que les produits de construction "*ne peuvent être mis sur le marché que s'ils sont aptes à l'usage prévu, c'est-à-dire que s'ils ont des caractéristiques telles que les ouvrages dans lesquels ils doivent être incorporés, utilisés ou installés puissent, à condition d'avoir été convenablement conçus et construits, satisfaire aux exigences essentielles, ... dans le cas où ces ouvrages font l'objet d'une réglementation contenant de telles exigences*" (article 2.1).

Cette directive a nécessité de traduire les exigences essentielles définies pour les ouvrages, en spécifications pour les produits. Il a donc été prévu de le réaliser de deux manières, d'une part, sous forme de norme européenne harmonisée et, d'autre part, à l'aide de l'Agrément Technique Européen (ATE) pour les produits qui ne font pas ou pas encore l'objet de normalisation.

La norme NF P 01-010 de décembre 2004 (Qualité environnementale des produits de construction - Déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction) précise les règles et spécifications méthodologiques ainsi qu'un modèle type de déclaration des données environnementales relatives aux produits de construction. Elle propose une méthodologie pour évaluer la contribution de ces derniers aux impacts environnementaux d'un ouvrage donné (l'analyse du cycle de vie). À cet effet, elle décrit les informations qui doivent être sélectionnées et les modalités de leur exploitation. Mais la norme n'a pour objectif ni de donner des critères de choix ou de hiérarchisation de l'information, ni de fournir une interprétation a priori de celle-ci. La norme permet de renseigner les données environnementales du produit tout au long de son cycle de vie : consommation de ressources naturelles énergétiques et non énergétiques, consommation d'eau, émissions dans l'air, dans l'eau et le sol, production de déchets. Mais cette norme reste loin d'une évaluation des risques sanitaires des produits de construction et ne prend absolument pas en compte l'incorporation et donc la valorisation de déchets dans les produits de construction.

Dans le cadre de l'exigence essentielle "Hygiène, santé et environnement" de la directive, le Comité Européen de Normalisation (CEN) a reçu un mandat pour étudier la normalisation de méthodes d'évaluation concernant les émissions de substances dangereuses réglementées dans l'air intérieur, le sol, les eaux de surface et les eaux souterraines, à partir des produits de construction. Cette démarche reste pour l'instant prospective.

En France et au niveau européen, s'il existe quelques textes réglementaires vis-à-vis de l'utilisation de substances dangereuses (amiante, plomb, urée-formol...), il n'existe pas de contraintes environnementales liées à l'utilisation ou à la conception de produits de construction, et à fortiori, aucune démarche sanitaire et environnementale particulière relative à la valorisation de déchets dans ce type de matériaux.

### ***c) La valorisation dans le domaine des travaux publics***

Certains déchets industriels font l'objet de textes réglementaires spécifiques définissant des modalités de valorisation notamment vis-à-vis de l'environnement. Il s'agit :

- les mâchefers d'incinération : leur valorisation dépend de la circulaire ministérielle DPPR/SEI n°94-IV-1 du 9 mai 1994 relative à l'élimination des mâchefers d'incinération des résidus urbains. Cette circulaire précise les conditions souhaitables d'utilisation des mâchefers en technique routière afin d'éviter une pollution des sols ou des eaux souterraines. L'estimation du potentiel polluant est basée sur le test de lixiviation conformément à l'ancienne norme NF X31-210. Les paramètres concernés sont les suivants : taux d'imbrûlés (sur contenu total), fraction soluble, mercure, plomb, cadmium, arsenic, chrome VI, sulfates et carbone organique total (sur lixiviat).

- les sables de fonderie : leur valorisation dépend de l'arrêté du 16 juillet 1991 relatif à l'élimination des sables de fonderie contenant des liants organiques de synthèse. Ces déchets

peuvent être utilisés comme remblais si leur teneur en phénols est inférieure à 1 mg/kg de sable rapporté à la matière sèche (mesures réalisées sur le lixiviat). L'utilisation de tels sables est cependant interdite pour le remblaiement de carrières et d'excavations lorsque des interactions avec les eaux souterraines sont possibles.

- les cendres de centrales thermiques au charbon : leur valorisation dépend de la circulaire 96-85 du 11 octobre 1996 relative aux cendres issues de la filtration des gaz de combustion de combustibles d'origine fossile dans des installations classées pour la protection de l'environnement. Les cendres issues des installations de combustion fonctionnant avec du charbon peuvent être utilisées comme constituant du cru de cimenterie, du ciment ou du béton sans faire l'objet de mesures particulières. Les autres usages, tels que l'utilisation en remblais qui représente un des plus forts débouchés pour ces cendres, ne peuvent être autorisés que si le producteur fournit des "*éléments d'appréciation relatifs à l'impact potentiel de tels usages sur l'environnement*".

Egalement, il existe un certain nombre de déchets fréquemment valorisés en technique routière, en tant que liants hydrauliques ou dans la fabrication de ciment. Ces déchets font l'objet de normes techniques françaises et européennes, mais ne sont assujettis à aucune réglementation et à aucune contrainte d'ordre environnemental. Il s'agit :

- Des déchets de mines de potasse ;
- Du phosphogypse ;
- Des laitiers de haut-fourneau ;
- De certaines scories métallurgiques.

Comme on peut le constater, la valorisation en travaux publics des déchets générés par un procédé industriel, déchets de nature essentiellement minérale et produits en forts tonnages, n'est soumise à aucune règle directement liée à un point de vue sanitaire. Les seules règles existantes pour quelques déchets spécifiques, traitent indirectement du problème en fixant des limites de rejets dans l'eau pour quelques polluants selon des procédures de tests peu adaptées.

Afin de combler le manque de règles d'utilisation de ces déchets industriels notamment sur le plan environnemental, le Ministère chargé de l'Environnement a engagé, il y a quelques années, une réflexion en vue de faire évoluer la réglementation concernant la valorisation, et, dans un premier temps, vis-à-vis des résidus de procédés thermiques. Le Ministère et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) ont ainsi constitué un groupe de travail réunissant différents organismes de compétences complémentaires. L'objectif de ce groupe de travail était d'aboutir à une proposition de réglementation unifiée concernant l'orientation des résidus de procédés thermiques vers différents scénarios de valorisation et de stockage. Cette démarche devait comporter une procédure et des tests à mettre en œuvre, ainsi que des seuils associés à ces tests, et servir de base de travail avec les industriels concernés par cette évolution réglementaire. Un important travail a été accompli, mais le Ministère a décidé de suspendre cette élaboration réglementaire d'évaluation de ces déchets en scénario de valorisation.

## XI - ASPECTS SANITAIRES RELATIFS A LA REUTILISATION ET AU RECYCLAGE DE CERTAINS DECHETS

A l'issue de la revue des textes réglementaires en vigueur, une recherche bibliographique devrait permettre d'identifier les domaines où des études ont été effectuées qui contribuent à l'évaluation du risque sanitaire lié à la réutilisation ou au recyclage de matériaux considérés comme des déchets.

Dans le cadre de cette première étape du travail, notre recherche s'est limité au contenu de la base bibliographique mise en place par le Réseau Santé Déchets depuis 1993 avec le soutien de RE.CO.R.D., de l'ADEME et des ministères en charge de la santé, de l'environnement et de l'agriculture.

La recherche dans la base bibliographique du RSD à partir des mots clé recyclage (66 références) et valorisation déchet (69 références) fournit 127 références parmi plus de 2600 références enregistrées dans la base. Les sujets traités sont très divers et se répartissent ainsi :

- boues résiduaires (18 références),
- valorisation agricole (9 références),
- déchet animal, déchet agricole et déchets verts (7 références),
- compost OM (7 références) et compost agricole (3 références),
- déchets particuliers :  
piles, batteries, journaux, peintures, déchets automobile, pneus, plastiques, cendres, DI plomb, DI chrome (1 à 2 références par déchet),  
matériau de construction et routes (6 références),
- travailleurs du recyclage (6 références),
- aspects psychosociaux (5 références).

Si on complète la recherche bibliographique dans la base du RSD par les mots amendement (202 références) et épandage (99 références), un ensemble de 393 références sont extraites de la base (cf. liste des références en Annexe II).

L'examen de ces références indique que 140 ont trait directement ou indirectement aux conséquences de l'utilisation de déchets (boues d'épuration et composts essentiellement) en tant qu'amendement organique. Parmi les références restantes, il ressort 5 ou 6 références sur l'utilisation de boues de papeteries comme amendement organique. Ce dernier sujet pourrait être intéressant à explorer.

### **a) Réutilisation, réemploi**

Les éléments rapportés dans ce chapitre sont principalement issus du travail bibliographique présenté lors du congrès de l'ASTEE en 2004<sup>22</sup>. Des compléments sont extraits de publications de l'ADEME. D'autres ont été apportés par la lecture de références internationales issues de la base bibliographique du RSD.

#### **Pièces automobiles**

La vente d'occasion ou le reconditionnement de certaines pièces automobiles peut également comporter des risques ; là encore, une traçabilité est requise.

Les marchés de l'occasion, ainsi que le souci de faire durer plus longtemps, conduisent à utiliser des équipements qui ne correspondent plus aux normes ou exigences nouvelles (croissantes) de sécurité.

#### **Pneumatiques**

Par le passé, des pneumatiques mal rechapés ont conduit à quelques accidents ; ainsi, suite à un accident survenu en 1966, la RATP n'a plus acheté de rechapés pour ses autobus. La profession a ensuite élaboré un Code du rechapage, comportant une obligation de marquage (mention « rechapé » et nom de la société de rechapage), de nature à assurer la traçabilité. Il reste que des pneumatiques usagés sont exportés dans des pays en développement sous couvert de carcasses à rechapier, alors qu'ils font l'objet dans ces pays d'une monte directe, qui comporte des risques notables d'accidents.

#### **Produits chimiques**

Des pays industrialisés (riches) exportent aussi vers des pays en développement (pauvres) divers produits réformés (par exemple des stocks obsolètes de pesticides et de produits phytosanitaires) ; même si les normes ou exigences sanitaires peuvent être différentes, certaines pratiques sont à proscrire, sinon condamnables.

#### **Vêtements**

Pour les vêtements d'occasion (la *frippe*), la qualité du lavage (de la désinfection) est elle aussi mise en cause par certains. Aux questions sanitaires s'ajoutent des réticences psychologiques. Pour le linge, les établissements hospitaliers se convertissent de plus en plus à l'usage unique, le cas échéant pour des raisons sanitaires mais également pour des raisons pratiques.

### **b) Recyclage**

#### **Recyclage des cendres issues du charbon et de déchets de l'industrie alimentaire dans la restauration des sols**

Des cendres charbonneuses provenant de la combustion du charbon ont été utilisées en association à des déchets issus de l'industrie alimentaire (déchets de volaille) pour contribuer à la restauration d'un sol fortement érodé. Une des conséquences de l'application des cendres charbonneuses qui peuvent contenir de fortes concentrations en Ca, K, Na et des éléments trace tels que As, B, Mo, Se et Sr., est l'augmentation de la salinité du sol et son enrichissement en éléments pouvant être toxiques, ainsi qu'une inhibition de l'absorption racinaire et des interactions sol-plante [Punshon, 2002]. Les applications de déchets de volailles entraînent une élévation de la concentration de certains métaux tels que Cu et Zn ainsi que du C total, de NO<sub>3</sub>-N et de P dans le sol. Dans cette étude, la

---

<sup>22</sup> Présentation de Gérard BERTOLINI, Actes lors du 83<sup>ème</sup> Congrès d'ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement), Aix-les-Bains 24-28 MAI 2004

revégétalisation constatée, l'amélioration générale du site, à la fois visuellement et écologiquement, conforte la possibilité d'utiliser ces déchets combinés comme matériel d'amendement de sols fortement érodés.

### **Recyclage des mâchefers d'incinérateurs en technique routière**

Les mâchefers des incinérateurs d'OM présentent des teneurs en dioxines non négligeables. Une fois valorisés en techniques routières, ils sont susceptibles de relarguer ces dioxines suite à la percolation des eaux météoriques [Badreddine, 2003]. Toutefois, les mâchefers récents ont des teneurs moindres que les plus anciens. Les prétraitements poussés diminuent ces teneurs et certains matériaux sous-jacents comme un sol limono-argileux ou un géotextile retiennent ces molécules à l'inverse des sables qui les laissent passer.

### **Recyclage des cendres d'incinérateurs dans les matériaux de construction**

Un procédé de cristallisation a été développé pour diminuer la capacité de relargage (de dioxines et de métaux) de blocs destinés à la construction et fabriqués à partir de cendres d'incinérateurs de déchets ménagers [Nishida, 2001].

### **Recyclage des boues dans les matériaux de construction**

Pour évaluer la toxicité de matériaux de construction (briques et blocs) élaborés à partir de boues d'épuration, des tests de lixiviation ont été pratiqués [Wiebusch, 1998]. Les procédés de fusion ou de consolidation, réduisent considérablement le relargage de métaux par les matériaux.

### **Recyclage des déchets de construction et démolition**

Les déchets de construction et démolition (C & D) représentent un des flux de déchets solides les plus importants. Une étude de l'EPA a chiffré les quantités produites à 127 Mt en 1996 aux Etats-Unis. Bien qu'ils soient majoritairement mis en décharge, une partie de ces déchets est recyclée. Dans l'état de Floride (Etats-Unis), le recyclage des fines (granulométrie : 0,6 à 5 cm) de déchets de construction et démolition obtenues après des opérations de tri et de concassage pouvaient poser un problème de relargage de l'arsenic en milieu aqueux [Townsend, 2004]. Dans cet Etat, contrairement au nord des Etats-Unis, le plomb ne semble pas être très présent dans ce type de matériau ; les auteurs interprètent cela comme étant causé notamment par la nature des bâtiments de factures nettement plus récentes. Pour l'utilisation de tels déchets, les auteurs préconisent de se reporter au guide établi par l'agence environnementale de Floride.

### **Recyclage des déchets des véhicules**

Parmi les déchets issus de l'automobile, les déchets d'aluminium, les pneus et l'acier représentaient la majeure partie des produits recyclés en 1993 [Tansel, 1995 ; Tansel, 1997]. Les nombreux auteurs cités dans cette revue de la littérature présentent les sources et les modalités de recyclage des différents déchets solides ou liquides sans aborder les effets sanitaires pour les populations. La présence des moustiques dans les tas de pneumatiques est évoquée. Les effets sanitaires en rapport avec les émissions gazeuses des automobiles sont présentés (irritation des yeux et des muqueuses notamment). La responsabilité des émissions automobiles dans la pollution de l'air est abordée par de nombreux auteurs. Concernant les effets toxiques en rapport avec les déchets de l'industrie automobile, les études citées ont été principalement menées chez les travailleurs (exposition aux solvants chez les travailleurs de l'assemblage, exposition aux fumées acides et au plomb des batteries dans les usines de fabrication ou les garages de réparation automobile, exposition aux particules diesel, risque cancérigène dans l'industrie de fabrication des pneumatiques...). Les effets sanitaires liés au recyclage des déchets de l'industrie automobile ne sont pas abordés dans les nombreuses études citées.



## Métaux non ferreux

Le recyclage de divers métaux non-ferreux s'accompagne de risques sanitaires ; dans les pays industriels, les risques de pollution de l'environnement associés au fonctionnement des petites raffineries étaient importants, ce qui a conduit à les fermer progressivement, au profit de grosses unités. Cependant, même dans les pays industriels et dans le cadre de grosses unités, des risques demeurent.

Plusieurs exemples de pollution de l'environnement ont fait la une de l'actualité ces dernières années : Métal Blanc, qui traite des batteries au plomb à Bourg-Fidèle, dans les Ardennes, ou Métaeurop, qui traite également des batteries à Arnas (près de Villefranche-sur-Saône, dans le Rhône).

Un autre exemple est fourni par l'usine de Noyelles-Godault, dans le Pas-de-Calais, qui effectuait le raffinage du zinc. Son fonctionnement s'est traduit par de fortes émissions de zinc, de plomb, d'autres métaux lourds, ainsi que de dioxines. Outre la contamination de la population par le plomb (salariés, riverains et enfants), des prélèvements réalisés dans des productions agricoles, notamment laitières, ont révélé des teneurs en substances nocives incompatibles avec la poursuite de l'activité.

Ces exemples traitent des risques liés au procédé de recyclage par lui-même et non pas des risques liés à la matière recyclée.

La présence de produits radioactifs dans les déchets métalliques est une préoccupation constante des industriels du recyclage des métaux. Plusieurs cas existent lors du recyclage des déchets métalliques où la contamination accidentelle par des composés radioactifs a été montrée. Il s'en est suivi la commercialisation d'un métal contaminé avec pour conséquence, dans au moins un cas, l'exposition sérieuse des travailleurs et du public aux radiations émises [Lubenau, 1995]. La contamination des déchets métalliques par des matériaux naturellement radioactifs est également possible. Le respect de la réglementation relative à la gestion des sources radioactives et la mise en place de détecteurs par les industriels du recyclage des métaux devraient limiter le risque d'accident de contamination.

## Aluminium

Dans divers pays en développement, l'aluminium de récupération est refondu pour fabriquer notamment, de façon artisanale, des marmites ou cocottes. Des problèmes sanitaires sont susceptibles d'en résulter : les rebuts utilisés sont d'origines diverses ; dans ces rebuts, les éléments d'addition à l'aluminium sont variés et s'y ajoutent des impuretés. Des interactions peuvent apparaître lors de la cuisson des aliments dans ces cocottes. En outre, dans le process, l'affinage au PVC est source d'émissions d'acide chlorhydrique à l'état gazeux, dangereux pour la santé.

## Textiles

Pour les textiles, le label (privé) *Oeko-tex* est relatif à la sécurité (protection contre le feu) et à la santé (risques d'irritations, d'allergies, voire de cancers) : absence de colorants cancérigènes dans la teinture, absence d'agents chloriques, pas d'emploi de formaldéhyde, résistance à la transpiration, etc. Les spécifications sont plus ou moins importantes suivant le type d'article ; par exemple, pour les layettes, très faible teneur en métaux lourds et arsenic, pH très proche du neutre et résistance à la salive.

## Ciments

La valorisation – croissante – de divers déchets par l'industrie cimentière pose la question, outre d'éventuelles incidences sur la qualité des bétons (mais les cimentiers sont vigilants à ce sujet), de la dispersion de substances dangereuses (en particulier de métaux lourds) et des possibilités de relargage par lixiviation. Le risque apparaît faible, mais il pourrait augmenter avec le développement du recyclage (moyennant un broyage) de bétons de démolition pour une réutilisation comme granulats (en excluant toutefois leur utilisation dans des bétons « de structure » d'ouvrages). On peut s'interroger à ce sujet, malgré l'absence d'effets constatés, sur l'opportunité de l'application du principe de précaution. La question rejoint en outre la problématique plus générale du choix entre « confiner et concentrer » ou bien « diluer » (qui concerne également la valorisation des mâchefers d'incinération, des matières fertilisantes de récupération, etc.).

Lors du congrès de l'ASTEE en 2004, sur la base de l'analyse de la bibliographique à laquelle il a procédé, Gérard BERTOLINI formulait diverses recommandations relatives à la valorisation des déchets.

La réduction à la source, la réutilisation, le réemploi, la récupération et le recyclage sont de nature à réduire les impacts environnementaux et les risques sanitaires, sous certaines conditions ou réserves :

- au delà de l'évaluation des risques sanitaires associés à telle ou telle filière de gestion ou de traitement des déchets (et étant entendu qu'une absence de risque reste illusoire), une analyse comparative nécessite que les résultats d'évaluation relatifs à d'autres filières soient disponibles.

De plus, la réduction à la source, la réutilisation, la récupération et le recyclage constituent non seulement des alternatives (risques évités) à des solutions d'élimination des déchets, mais également (car ces solutions « font d'une pierre deux coups ») à des productions à partir de matières vierges. L'approche rejoint dès lors celle des analyses de cycle de vie (ACV), non seulement multi-milieux mais multi-stades ;

- pour réduire les risques, le recyclage, de même que la production de biens et l'élimination des déchets, doit bénéficier du développement de technologies (plus) propres et (plus) sûres ;

- l'utilisation de sous-produits en alimentation animale, l'épandage agricole des boues d'épuration et les débouchés de compost constituent des enjeux majeurs vis-à-vis desquels il apparaît nécessaire de rétablir la confiance, sur des bases objectives ;

- des précautions sont indispensables ; à défaut, en cas d'accident notamment, le risque est de compromettre durablement les efforts déployés et les résultats acquis ;

- il faut veiller à l'interface entre types de matériaux récupérés (y compris en fonction de leur « histoire ») et types d'applications ; certaines interfaces sont à éviter ou à proscrire (notamment pour des applications au contact des aliments) ;

- la réduction des risques passe par la traçabilité (qui constitue désormais un « mot d'ordre ») ;

- en outre, au delà d'une analyse risques/avantages, il convient de ne pas ignorer l'identité des bénéficiaires et des victimes potentielles ; actuellement, les problèmes sanitaires et environnementaux associés à la réutilisation et au recyclage concernent en particulier des exportations vers des pays en développement, et ils se doublent de considérations d'ordre éthique ;

- sous ces conditions, le débat déchet/non-déchet pourrait évoluer dans un sens favorable à la récupération.

## XII – CONCLUSIONS

Les travaux de recherche auxquels le Réseau Santé-Déchets s'intéresse traitent plutôt des risques sanitaires en rapport avec les filières d'élimination des déchets que des risques sanitaires liés à la valorisation des déchets (réemploi, réutilisation ou recyclage).

Or, il apparaît que ce domaine a fait l'objet de nombreuses études qui permettent de répondre, au moins en partie, à la question posée par les membres de RE.CO.R.D. vis-à-vis des risques sanitaires liés à la valorisation des déchets.

Le choix a été fait au départ de ne pas retenir les études concernant les risques pour les travailleurs liés au procédé de recyclage proprement dit. Par ailleurs, nous n'avons pas pris en considération la valorisation thermique des déchets. Notre travail est centré sur les risques sanitaires en rapport avec la valorisation matière des déchets.

Sur la base de la typologie que nous avons présentée en introduction à ce rapport, il apparaît que les risques sanitaires peuvent être décrits selon deux grandes modalités de recyclage des déchets.

Une première modalité concerne des déchets dont tout ou partie est recyclé en tant que matière première secondaire dans un procédé industriel. On parlera ici d'un **recyclage en boucle fermée** où l'existence d'un risque sanitaire apparaît peu probable dans la mesure où la matière première secondaire résultant du procédé de recyclage présente des caractéristiques très proches de la matière première vierge habituellement utilisée par les industriels du secteur. L'objet manufacturé issu de cette matière première secondaire présente a priori les mêmes garanties de sûreté vis-à-vis de l'utilisateur que celui qui est manufacturé avec la matière première vierge. Le réemploi et la réutilisation d'objets manufacturés relèvent également de cette première modalité de recyclage.

Une seconde modalité concerne des déchets dont tout ou partie est valorisé par un procédé industriel qui met le matériau issu du recyclage directement en contact avec le milieu environnant ou les usagers. Le matériau en question est différent de la matière ou du produit initial notamment parce qu'il a pu concentrer des polluants ou parce qu'il ne présente plus les caractéristiques du produit initial. On parlera alors de **recyclage en boucle ouverte** où le risque sanitaire apparaît vraisemblable notamment si un contrôle sérieux des émissions du procédé de recyclage n'est pas assuré.

Compte tenu de la réalité des flux de déchets et des volumes recyclés, une même catégorie de déchets pourra être concernée par l'une ou l'autre des modalités de recyclage ou par les 2.

La **première catégorie** des déchets figurant dans notre typologie proviennent d'objets de consommation et permettent le recyclage de matières premières (déchets monomatériaux : verre d'emballage, papiers/cartons, flacons plastiques, PSE, plaques de plâtre... et déchets complexes : DEEE, VHU, piles...). Leur recyclage se fait selon la première modalité et le risque sanitaire résultant du recyclage en boucle fermée est peu probable.

Une partie des déchets d'équipement électriques et électroniques, des véhicules hors d'usage, des piles et accumulateurs subissent un traitement visant à en extraire ce qui peut être recyclé en tant que matière première (matières plastiques et métaux notamment). Les filières de recyclage de ces déchets sont plus ou moins organisées.

La collecte et le traitement sont variables selon les déchets considérés (55% de collecte des emballages par les collectivités territoriales, 30% pour les piles et accumulateurs portables usagés et 90% pour les batteries au plomb par exemple). La filière se met en place pour les DEEE. Une grande partie des piles et accumulateurs est traitée dans divers sites spécialisés.

La présence de métaux peu désirables dans les filières de recyclage du fer et de l'acier, la contamination des métaux par des éléments radioactifs et la présence de certains métaux dans les ciments issus du recyclage de déchets génèrent des préoccupations d'ordre sanitaire. Nous n'avons pas rassemblé de littérature sur ce sujet qui semble avoir fait l'objet de peu d'études scientifiques.

Une partie seulement des déchets de plastiques, verre et papiers cartons sont recyclés (15,2%, 52,5% et 64,5% respectivement). Les déchets non recyclés de ces matériaux sont éliminés en décharge ou incinérés<sup>23</sup>.

Vis-à-vis de ces matériaux, nous avons principalement identifié des études qui traitent de l'aptitude au contact avec les aliments. Les études ont pour but de vérifier l'aptitude d'un matériau à être recyclé puis son aptitude à entrer en contact avec les aliments. Les règles en vigueur pour apprécier l'aptitude au contact avec les aliments ne diffèrent pas selon que le matériau est issu de matière vierge ou de matière recyclée. Sous réserve du respect de cette condition d'aptitude au contact avec les aliments, les risques sanitaires sont considérés comme inexistantes. Ceci est vrai vis-à-vis des substances qui font l'objet d'une réglementation fixant une valeur limite dans les matériaux. Ces valeurs limites ont été établies pour garantir la sécurité sanitaire des consommateurs.

Or le cas des matériaux en contact avec les aliments, nous n'avons pas identifié d'étude traitant d'un risque sanitaire en lien avec le recyclage matière de ces matériaux. Les études portent essentiellement sur les capacités des matériaux à être recyclés et sur les améliorations pouvant être apportées à cette recyclabilité.

Le recyclage matière concerne 58% des déchets de bois. Les déchets de bois sont en partie valorisés comme matière première pour la fabrication de panneaux ou de pâte à papier. Une partie des déchets de bois est incinérée. Les déchets de bois traités sont des déchets dangereux et doivent être traités comme tels (quelques sociétés ont développés des procédés de traitement des déchets de bois traités).

Au plan sanitaire, les études concernent les risques en rapport avec les installations de traitement du bois et leurs conséquences sur leur environnement ou sur l'homme. Elles traitent également des risques sanitaires en rapport avec les émissions toxiques lors de l'incinération des bois traités. Elles peuvent enfin mettre en évidence les risques liés au contact direct ou indirect avec des bois traités, notamment lors des jeux chez les enfants.

Nous n'avons pas identifié d'étude traitant de risque sanitaire en lien avec le recyclage matière du bois.

La **seconde catégorie** des déchets figurant dans notre typologie sont valorisés par réemploi ou réutilisation (équipements électroménagers, emballages réutilisables (écorecharges, consignes)...

Des meubles et des palettes font l'objet de réemploi. Le réemploi ou la réutilisation concerne des bois non ou faiblement traités.

Cette forme de valorisation peut être classée comme une forme du recyclage en boucle fermée qui ne pose pas de problème sanitaire spécifique.

Les déchets de la **troisième catégorie** sont générés par un procédé industriel et valorisés essentiellement en BTP (déchets minéraux : résidus de procédés thermiques, déchets de démolition... et déchets organiques : pneumatiques valorisés en revêtement de sols...).

Le recyclage en boucle ouverte de ces déchets pourrait poser un problème sanitaire lié au relargage de polluants dans l'environnement.

Des études expérimentales en laboratoire et des études de terrain ont été menées à propos de l'utilisation de déchets dans les infrastructures routières ou du recyclage de matériaux dans des produits destinés à la construction. Les connaissances acquises sur le transfert de certains des composés chimiques, notamment les métaux, contenus dans les déchets en direction des milieux (eaux, sous sols), ne permettent cependant pas encore d'établir le niveau du risque sanitaire pour des populations humaines.

---

<sup>23</sup> Bruno MORGAT. Filières déchets. La responsabilité élargie du producteur pour doper le recyclage. Environnement et technique, n°242, décembre 2004.

Les déchets fermentescibles de la **quatrième catégorie** sont à valorisation essentiellement agricole (composts, boues de STEP, boues d'industrie papetière, déchets de l'industrie agro-alimentaire...).

Comme nous nous y étions engagés, nous n'avons fait qu'une présentation synthétique des connaissances (réglementaires et sanitaires) relatives à la valorisation agricole des déchets organiques. La réglementation qui s'applique à eux est soucieuse d'encadrer les pratiques d'épandage de façon à limiter l'apport d'éléments dangereux aux sols récepteurs.

La valorisation agricole des boues issues de station d'épuration ou le compostage de déchets (OM ou déchets verts) sont des domaines où la production d'études scientifiques est abondante. En premier lieu figurent les études des concentrations en polluants dans les sols récepteurs. La croissance des végétaux sur des sols soumis à épandage et la présence de composés chimiques dangereux dans des végétaux destinés à la consommation humaine ont également été étudiées.

La contamination des milieux liée au recyclage en boucle ouverte de ces déchets organiques, notamment la contamination des sols, est avérée. Cependant, cette contamination ne semble pas se traduire par des effets mesurables sur la santé des animaux ou de l'homme. Le risque sanitaire (vis-à-vis de l'homme ou des animaux) devrait faire l'objet d'une évaluation précise à partir de l'abondante littérature sur le sujet. Cette synthèse de la littérature dépassait largement le cadre de notre travail.

Certains déchets de bois sont valorisés dans divers secteurs sous une forme qui s'apparente à cette quatrième catégorie de déchets : nettoyage des sols, fumage des viandes et poissons, dégraissage des pièces métalliques, fabrication d'objets moulés ou de produits composites, fabrication de compost (à partir d'écorces et autres sous-produits broyés), paillage en horticulture (écorces), litières animales (sciures et copeaux), fabrication de charbon de bois.

Nous n'avons pas identifié d'études sanitaires en rapport avec ces pratiques de valorisation des déchets de bois.

## ANNEXE I - BIBLIOGRAPHIE

La recherche effectuée dans la base bibliographique mise en place par le Réseau Santé Déchets depuis 1993 avec le soutien de RE.CO.R.D., de l'ADEME et des ministères en charge de la santé, de l'environnement et de l'agriculture a permis d'identifier des publications d'intérêt dans le cadre du présent travail.

La recherche dans la base bibliographique du RSD à partir des mots clé recyclage (66 références) et valorisation déchet (69 références) fournit 127 références parmi plus de 2 800 références enregistrées dans la base. Les sujets traités sont très divers et se répartissent ainsi :

- boues résiduaires (18 références),
- valorisation agricole (9 références),
- déchet animal, déchet agricole et déchets verts (7 références),
- compost OM (7 références) et compost agricole (3 références),
- déchets particuliers : piles, batteries, journaux, peintures, déchets automobile, pneus, plastiques, cendres, DI plomb, DI chrome (1 à 2 références par déchet), matériau de construction et routes (6 références),
- travailleurs du recyclage (6 références),
- aspects psychosociaux (5 références).

Si on complète la recherche bibliographique dans la base du RSD par les mots amendement (202 références) et épandage (99 références), un ensemble de 393 références sont extraites de la base.

L'examen de ces références indique que 140 ont trait directement ou indirectement aux conséquences de l'utilisation de déchets (boues d'épuration et composts essentiellement) en tant qu'amendement organique. Parmi les références restantes, il ressort 5 ou 6 références sur l'utilisation de boues de papeteries comme amendement organique.

Une recherche bibliographique spécifique sur le bois traité et ses conséquences sanitaires permet de retenir une quinzaine de références bibliographiques complémentaires.

La bibliographie utilisée dans le cadre du présent rapport est présentée dans les pages suivantes.

ADEME. Recyclage chimique des matières plastiques. Erdyn consultants, Rapport à l'Ademe, juin 2002.

ADEME. Glossaire relatif à la valorisation. ADEME Poitou Charente  
<http://www.apcede.com/artisan/gestion/glossaire.html>

ADEME. Gestion biologique des déchets municipaux. Dossier technique, édition n°3802.

ADEME. Bilan du recyclage 1993 / 2003. Coll. : Données et références - Juin 2005, 116 p.

ADEME. Colloque « Déchets et territoires », de la planification à la gestion locale de tous les déchets. PARIS, 22-23 juin 2005

ADEME, APCA : Dérogations relatives à la réglementation sur l'épandage des boues de stations d'épuration. Comment formuler une demande pour les sols à teneurs naturelles élevées en éléments traces métalliques ? Guide technique. J. Béraud et A. Bispo (Coordinateurs), D. Baize, T. Sterckeman, A. Piquet, H. Ciesielski, J. Béraud et A. Bispo (Auteurs). 2005, 142 p.

ADEME, CTBA. Etude de faisabilité : mise en place d'une filière dédiée pour la gestion des bois imprégnés en fin de vie. Centre technique du bois et de l'ameublement (CTBA), décembre 2005

ADEME, FFB, ARENE IDF. Mieux gérer les déchets de chantiers de réhabilitation. ADEME Ile de France, 1999

ADEME, SYPREA, SPDE, INERIS : Evaluation des risques sanitaires des filières d'épandage des boues de stations d'épuration. Application de la méthodologie relative aux substances chimiques à une filière de boues issues d'une STEP urbaine. Novembre 2005a, 200 p.

ADEME, SYPREA, SPDE, INERIS : Evaluation des risques sanitaires des filières d'épandage des boues de stations d'épuration. Application de la méthodologie relative aux substances chimiques à une filière de boues issues d'une STEP industrielle. Novembre 2005b, 178 p.

ALCOCK RE, MCGRATH SP, JONES KC. The influence of multiple sewage sludge amendments on the PCB content of an agricultural soil over time. Environ. Toxicol. Chem., 1995, 14, (4), 553-560 (28 références), LO : 915, RUB : 1996-14-PROD-COM

ARVIN E, FLYVBJERG J. Groundwater pollution arising from the disposal of creosote waste. J. Inst. Water environ. Manage., 1992, 6, (6), 646-652 (10 références), LO : 123, RUB : 1994-03-PROD-CIT

ASTEE. Actes du 83<sup>ème</sup> Congrès d'ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement), Aix-les-Bains 24-28 MAI 2004.

BADREDDINE R, BARTET B, FRANCOIS D, PEPIN G. Impact sur les sols des dioxines de MIOM utilisés en technique routière. Déchets Sci. Tech., 2003, 29, 16-21 (14 références), LO : 2469, RUB : 2004-43-PROC-COM

BARBEE GC, BROWN KW, THOMAS JC, DONNELLY KC, MURRAY HE. Mutagenic activity (Ames test) of wood-preserving waste sludge applied to soil. Bull. environ. Contam. Toxicol., 1996, 57, 54-62 (16 références), LO : 1432, RUB : 1998-24-PROD-COM

BEGLEY T, CASTLE L, FEIGENBAUM A, FRANZ R, HINRICHS K, LICKY T, MERCEA P, MILANA M, O'BRIEN A, REBRE S, RIJK R, PIRINGER O. Evaluation of migration models that might be used in support of regulations for food-contact plastics. Food and Additives Contaminants, 2005, 22, (1), 73-90

BERGERET A, FERRY L, NAIT ALI L. Le PET recyclé et ses applications. Synthèse bibliographique. Ecole des mines d'Alès, 2005.

BERTOLINI G. Actes lors du 83<sup>ème</sup> Congrès d'ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement), Aix-les-Bains 24-28 MAI 2004

BILIMOFF I. Le recyclage, enfin ! Environnement et technique, Tribune, page 3, décembre 2006

BRENDER JD, PICHETTE JL, SUAREZ L, HENDRICKS KA, HOLT M. Health risks of residential exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. Arch environ. Health, 2003, 58, 111-118 (35 références), LO : 2691, RUB : 2005-50-IMP-COM

CHAFFRAIX V. Etude de l'extrusion du polyéthylène téréphtalate et de ses mélanges non comptabilisés avec le polyéthylène haute densité. Application au recyclage. Thèse de doctorat de l'école des mines de paris, spécialité "sciences et génie des matériaux" présentée et soutenue le 16 décembre 2002 (Directeurs de thèse : Jean-Marc Haudin & Jean-Jacques Robin)

CNE (Comité national sur l'épandage des boues d'épuration). L'utilisation en agriculture des boues d'épuration municipales. Dossier technique documentaire. ADEME Éditions, n° 3802

COMERFORD JW. Heavy metal and hydrocarbon residues in tissue and blood of beef steers bedded on waste newspapers. Bull. environ. Contam. Toxicol., 1992, 49, 18-22 (4 références), LO : 241, RUB : 1993-02-PROC-COM

DESOBRY S. Migration dans les emballages alimentaires. (LPGA) Fédération Jacques Villermaux pour la mécanique, l'énergie et les procédés FR 2863 CNRS. Institut National Polytechnique de Lorraine, Université Henri Poincaré – Nancy I, 2005

EDULJEE G. Secondary exposure to dioxins through exposure to PCP and its derivatives. Sci. total Environ., 1999, 232, 193-214 (77 références), LO : 1959, RUB : 2000-31-PROD-COM

FEIGENBAUM A, SCHOLLER D, BOUQUANT J, BRIGOT G, FERRIER D, FRANZ R, LILLEMARCK L, RIQUET AM, PETERSEN JH, VAN LIEROP B, YAGOUBI N. Safety and quality of food contact materials. Part 1: evaluation of analytical strategies to introduce migration testing into good manufacturing practice. Food and Additives Contaminants, 2002, 19, (2), 184-201

FEIGENBAUM A. Alimentarité des Emballages Recyclés : 2002, année de la mise en place d'une réglementation ? Réunion Plénière du Club Agroalimentaire. Paris, jeudi 20 décembre 2001

FOSTER EP, DRAKE D, FARLOW R. Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and polychlorinated dibenzofuran congener profiles in fish, crayfish and sediment collected near a wood treating facility and a bleached kraft pulp mill. Bull. environ. Contam. Toxicol., 1999, 62, 239-246 (13 références) LO : 1843

HAMDANI M, FEIGENBAUM A. Migration from plasticized poly(vinyl chloride) into fatty media: importance of simulant selectivity for the choice of volatile fatty simulants. Food Addit. Contam., 1996, 13, (6), 717-729

HONG MS, HE L, DALE BE, DONNELLY KC. Genotoxicity profiles and reaction characteristics of potassium polyethylene glycol dehalogenation of wood preserving waste. Environ. Sci. Technol., 1995, 29, (3), 702-708 (49 références), LO : 869

KONKOL L. Contaminants levels in recycled PET plastic. Environment and biotechnology centre, Swinburne University of Technology, Victoria 3122, Australia. Thèse, novembre 2004.

KWON E, ZHANG H, WANG Z, JHANGRI GS, LU X, FOK N, GABOS S, LI XF, LE XC. Arsenic on the hands of children after playing in playgrounds. Environ. Health Perspect., 2004, 112, (14), 1375-1380 (42 références), LO : 2645

LEBOSSE R, DUCRUET V, FEIGENBAUM A. Interactions between reactive aroma compounds from model citrus juice with polypropylene packaging film. J. Agric. Food Chem., 1997, 45, (8), 2836-2842

LUBENAU JO, YUSKO JG. Radioactive materials in recycled metals. Health Phys., 1995, 68, (4), 440-451 (28 références), LO : 842

MAROUSEAU G. Développement durable et recyclage : de la panacée à la catastrophe. Economie et sociétés, 2004, 38, (4-5), 885-902

MEGHARAJ M, SINGLETON I, MCCLURE NC. Effect of pentachlorophenol pollution towards microalgae and microbial activities in soil from a former timber processing facility. Bull. environ. Contam. Toxicol., 1998, 61, 108-115 (26 références), LO : 1768, RUB : 2000-30-PROD-COM



- MIQUEL G. Les nouvelles techniques de recyclage et de valorisation des déchets ménagers et des déchets industriels banals. SENAT, rapport de l'OPECST (Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques) numéro 415, 1998-1999.
- MOHAMMED SA, SORENSEN DL, SIMS RC, SIMS JL. Pentachlorophenol and phenanthrene biodegradation in creosote contaminated aquifer material. *Chemosphere*, 1998, 37, 1, 103-111 (13 références), LO : 1778
- NAÏT-ALI KL. Le PET recyclé en emballages alimentaires : approche expérimentale et modélisation. Thèse en cours à l'école des mines d'Alès, 2005 (directrice de thèse : Anne BERGERET, encadrants : Laurent FERRY et Patrick IENNY)
- NISHIDA K, NAGAYOSHI Y, OTA H, NAGASAWA H. Melting and stone production using MSW incinerated ash. *Waste Manage.*, 2001, 21, 443-449 (3 références), LO : 2174]
- ONYX. Quelles propositions pour une acceptation de la gestion durable des déchets ? Colloque à l'assemblée nationale, 07 septembre 2004, organisé par Onyx, l'Association des Maires de France et le Réseau Idéal, sous la Présidence de Jacques PELISSARD, Député Maire de Lons-le-Saunier, et en partenariat avec Valeurs Vertes
- PADMA TV, HALE RC, ROBERTS MH, LIPCIUS RN. Toxicity of creosote water-soluble fractions generated from contaminated sediments to the bay mysid. *Ecotoxicol. environ. Saf.*, 1999, 42, 171-176 (33 références), LO : 1862, RUB : 2001-34-IMP\_ECO-CIT
- PANDYA PR, TALPADA PM. Utilization of paper waste in the complete diet of adult crossbred bullocks for maintenance. *Indian J. Anim. Sci.*, 1992, 62, (12), 1218-1220 (11 références), LO : 129, RUB : 1993-02-PROC-COM
- PARDAL F, TERSAC G. Valorisation des déchets de polyester par solvolysé : évolution physique et chimique du système glycol-polyester. Ecole centrale de Paris, 2005.
- PENNARUM PY, SAILLARD P, FEIGENBAUM A, DOLE P. Experimental direct evaluation of functional barriers in PET recycled bottles: comparison of migration behaviour of mono- and multilayers. *Packaging Technology and Science*, 2005, 18, (3), 107-123
- PENNARUN PY, DOLE P, FEIGENBAUM A. Functional barriers in PET recycled bottles. Part I. Determination of diffusion coefficients in bioriented PET with and without contact with food simulants. *J. Applied Polymer Science*, 2004a, 92, (5), 2845-2858
- PENNARUN PY, NGONO Y, DOLE P, FEIGENBAUM A. Functional barriers in PET recycled bottles. Part II. Diffusion of pollutants during processing. *J. Applied Polymer Science*, 2004b, 92, (5), 2859-2870
- PUNSHON T, ADRIANO DC, WEBER JT. Restoration of drastically eroded land using coal fly ash and poultry biosolid. *Sci. total Environ.*, 2002, 296, 209-225 (52 références), LO : 2317, RUB : 2003-41-PROC-CIT
- SALTHAMMER T, KLIPP H, PEEK RD, MARUTZKY R. Formation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD) and polychlorinated dibenzofurans (PCDF) during the combustion of impregnated wood. *Chemosphere*, 1995, 30, (11), 2051-2060 (20 références), LO : 1055
- SANCHEZ-CADENA LE, TERSAC G, MARMOTANT A, PICHAT A. La solvolysé, une méthode efficace pour améliorer la recyclabilité de polymères métallisés et/ou métaux laqués. Ecole centrale de Paris et Pechiney-Alcan, 2005
- TANSEL B, YING W. Automotive wastes. *Water Environ. Res.*, 1995, 67, (4), 507-517 (121 références), LO : 1056
- TANSEL B. Automotive wastes. *Water Environ. Res.*, 1997, 69, (4), 603-612 (120 références), LO : 1548
- THOMPSON TS, TREBLE RG, MARIASEGARAM M. Determination of atmospheric contamination by pentachlorophenol using pine needles located near treated utility pole storage sites. *Bull. environ. Contam. Toxicol.*, 1997, 59, 548-555 (10 références), LO : 1543

TOWNSEND T, TOLAYMAT T, LEO K, JAMBECK J. Heavy metals in recovered fines from construction and demolition debris recycling facilities in Florida. *Sci. total Environ.*, 2004, 332, 1-11 (25 références), LO : 2611, RUB : 2005-51-PROD-COM

VITRAC O, HAYERT M. Risk assessment of migration from packaging materials into foodstuffs. *AIChE J.*, 2005, 51, 4, 1080-1095 (13 références)

WIEBUSCH B, OZAKI M, WATANABE H, SEYFRIED CF. Assessment of leaching tests on construction material made of incinerator ash (sewage sludge): investigations in Japan and Germany. *Water Sci. Technol.*, 1998, 38, (7), 195-205 (7 références), LO : 1899]

ZEHNDER CM, DICOSTANZO A, THATE K, GILLAND, MURPHY MJ, HALBACH TR. Health and environmental implications of using composted household and yard waste bedding in a cattle feedlot. *J. Anim. Sci.*, 2000, 78, 495-503 (25 références), LO : 2062, RUB : 2001-32-PROC-COM

## ANNEXE II – TRAVAUX DE RECHERCHE

Nous présentons ci-dessous un aperçu des travaux de recherche menés par des équipes françaises sur les aspects sanitaires du recyclage des matières plastiques.

L'équipe de l'**INRA de Reims** a mené au cours des dix dernières années divers travaux qui portent principalement sur l'alimentarité des matières plastiques.

Une recherche a été menée pour déterminer si l'isooctane et l'éthanol se comporte comme l'huile de tournesol en tant que simulant gras pour la migration totale et spécifique depuis le PVC contenant des plastifiants aromatiques (bis-2-ethylhexyl phtalate et tris-2-ethylhexyl trimellitate) [Hamdani, 1996]. Dans ces films, les coefficients de partage des migrants entre simulant et polymère joue un rôle majeur. Les affinités de l'isooctane et de l'huile de tournesol pour tous les migrants sont semblables et l'isooctane peut être considéré comme un simulant gras de substitution pour le PVC plastifié. Par contraste, l'éthanol présente une sélectivité différente et n'est pas un bon simulant gras. Des recommandations pour la sélection des solvants utilisables comme simulant gras pour les tests de migration sont discutées. Le champ des méthodes de spectroscopie (FTIR et 1H-NMR) pour surveiller la migration des plastifiants aromatiques est présenté.

Pour juger des interactions entre les composés aromatiques réactifs du jus de citron et le film de propylène de l'emballage, le film de propylène d'un emballage alimentaire a été immergé dans une solution acide contenant 10 composés aromatiques (par exemple pinènes, limonènes, citrals) [Lebosse, 1997]. L'absorption a été déterminée par 2 méthodes complémentaires : l'extraction du solvant et l'extraction multiple (multiple headspace extraction). Une balance complète de masse des composés aromatiques considérant leur réactivité en condition acide a été établie. L'absorption protège de la dégradation les terpènes les plus réactifs ce qui limite la formation d'odeurs émises (par exemple le  $\alpha$ -terpinol). Les conséquences de cette réactivité sur l'évaluation des coefficients de partition des arômes entre jus de fruit et emballage sont discutées.

Les auteurs présentent les résultats d'un projet de recherche (EU AIR Research Programme CT94-1025) ayant pour objet d'introduire le contrôle de la migration dans les bonnes pratiques de fabrication et le travail d'application [Feigenbaum, 2002]. Les classes de polymères représentatives ont été définies sur la base de la structure chimique de la fonction technologique, du comportement de migration et des parts de marché. Ces classes ont été caractérisées par des méthodes analytiques. Les techniques analytiques ont été étudiées vis-à-vis de l'identification des polluants potentiels. La chromatographie gazeuse haute température s'est révélée une méthode puissante et la résonance magnétique H fournit une empreinte adéquate pour les matières plastiques. Les composés volatils ont été caractérisés par des techniques « headspace », où il est très important de différencier les composés volatils désorbés des composés volatils générés au cours de la désorption thermique elle-même. Pour l'analyse des métaux traces, la minéralisation « microwave » suivie d'absorption atomique a été employée. Ces différentes techniques ont été introduites dans un schéma de test systématique qui est envisagé comme pouvant être mis à disposition du contrôle industriel comme des laboratoires en charge du contrôle réglementaire.

La diffusion des polluants chimiques à partir de la matière plastique vers les aliments et le rôle des barrières de matière vierge font l'objet d'études de la part de cette équipe [Pennarun, 2004a]. Une solution pour prévenir la migration de la contamination des plastiques collectés par des composés chimiques est de recourir à une barrière de polymère vierge, dénommée barrière fonctionnelle, intercalée entre la couche de matériau recyclé et l'aliment. Le but des auteurs est de fournir des valeurs expérimentales de coefficients de diffusion (D) pour des polluants modèles (substitués) dans le polyéthylène téréphtalate (PET) utilisables pour simuler la migration à travers les barrières fonctionnelles. Les coefficients de diffusion d'un grand nombre de substitués à faible concentration dans le PET ont été mesurés dans des conditions variées. Un test de diffusion « solid-to-solid » a été élaboré afin d'éviter d'utiliser un solvant qui pourrait provoquer une plastification du matériau et des effets de partition à l'interface. En utilisant des corrélations [ $\log D = f(\text{poids moléculaire})$ ], les valeurs des coefficients de diffusion et les énergies d'activation des substitués mesurées par cette méthode ont montré une bonne adéquation avec les résultats de la littérature obtenus pour des gaz, dans des expériences de perméation, au cours desquelles aucune plastification n'est apparue. La migration

depuis le PET dans des simulants d'aliment a alors été étudiée. La migration dans un support aqueux est très influencée par la solubilité du substitut, les moins solubles ne sont pas détectés, malgré des valeurs élevées des coefficients de diffusion. Avec l'éthanol, il n'y a pas d'effet de partition, et le haut effet de plastification du PET par l'éthanol augmente considérablement les coefficients de diffusion apparents. Les effets de la température et de la plastification sur la relation entre coefficients de diffusion et poids moléculaire sont discutés.

L'emploi de structures multicouches avec une couche de matière vierge en tant que barrière fonctionnelle peut prévenir la migration des polluants depuis l'emballage fait de matière plastique [Pennarun, 2004b]. Le présent travail étudie la possibilité de diffusion des polluants dans et à travers la couche de matière vierge au cours du procédé de fabrication à haute température. Un test a été élaboré pour mesurer les coefficients de diffusion dans des polymères élastomères et vitreux, à l'état fondu ; la 2,5-diméthoxyacétophénone a été utilisée comme polluant de substitution, et ses profils de concentrations sont surveillés par microscopie UV. Sur la base des coefficients de diffusion et des énergies d'activation, les polymères vitreux apparaissent comme de meilleures barrières que les polyoléfinés (polyéthylène et polypropylène), même dans leur état fondu. Les auteurs se sont focalisés sur les bouteilles préformées en polyéthylène téréphtalate (PET), fabriquées par procédé d'injection. Dans un premier temps, une situation du pire cas a été modélisée par analyse numérique, en utilisant les plus hautes estimations des valeurs de coefficient de diffusion ainsi que les plus basses valeurs d'énergie d'activation. Il apparaît que la migration dans les aliments à travers les barrières fonctionnelles ne peut être observée que dans les conditions irréalistes des coefficients de diffusion élevés et des énergies d'activation basses. Ces résultats ont été confirmés par la détermination expérimentale des gradients de concentration de polluants modèles dans les structures multicouches. Il apparaît que peu de diffusion survient, malgré une très haute température. Les effets de la température et de l'épaisseur sont discutés.

Tester la migration des polluants depuis les bouteilles recyclées repose sur l'emploi de polluants modèles (substituts) [Pennarun, 2005]. Afin de rendre possible la modélisation des cinétiques de migration, chaque étape de l'emploi des substituts a été attentivement examinée dans le cas du PET. En premier lieu, les critères sous tendant la sélection des substituts ont été sérieusement examinés ; avec la volatilité, la polarité et le comportement de diffusion, il a été montré que leur solubilité dans le simulant de l'aliment et leur stabilité chimique influencent grandement les résultats de migration. Pour les tests en milieu aqueux, la 2,4-pentandione et le phénol peuvent être utilisés comme substituts. En second lieu, une procédure a été développée pour imprégner les substituts à de grandes concentrations (plusieurs milliers de mg/kg de PET) qui sont nécessaires pour suivre les cinétiques de migration. Cette procédure, qui utilise le dichlorométhane comme solvant, permet une imprégnation rapide et reproductible, insensible à la température entre 11 et 23°C, facteurs qui favorisent son emploi à l'échelle d'une usine. En troisième lieu, des paillettes imprégnées selon cette procédure sont transformées en bouteilles, leurs propriétés physicochimiques sont comparées à celles de bouteilles du commerce. Enfin, des bouteilles uni couche et tri couches polluées (polluants modèles dans la couche interne) sont testées quant à la migration pour une durée dépassant un an et demi. Avec les multi couches, le délai de migration pour le substitut le plus rapide est de 6 mois avec 3% d'acide acétique et 3 mois avec l'éthanol comme simulant, du fait de la plastification du PET par l'éthanol. La séquence de migration des substituts est différente dans les cas des bouteilles uni couche et des multicouche, ce qui montre que les effets de partition (solubilité) joue un rôle essentiel, spécialement dans le cas de matériaux uni couche.

Une méthode d'évaluation quantitative a été développée par les membres de l'équipe de l'INRA de Reims afin d'évaluer le risque de migration des contaminants chimiques depuis les matériaux d'emballage en direction des aliments [Vitrac, 2005]. La distribution des concentrations dans l'aliment est dérivée de la résolution stochastique d'équations de transport sans dimension prenant en compte les propriétés physiques du produit alimentaire considéré (solide/liquide, volume), du matériau d'emballage (type de polymère, épaisseur) et des migrants possibles (concentration initiale, diffusion, coefficient de partition à la température de conservation). La méthodologie proposée est appliquée à 3 cas de produits alimentaires emballés arbitrairement choisis combinés à 2 scénarios de migration et 3 conditions limites typiques (aliment solide, aliment liquide, absence de résistance externe lors du transport). Au final, des abaques d'analyse des données sont fournies pour évaluer le risque de migration pour les cas les plus habituels.

**A l'Institut National Polytechnique de Lorraine**, les propriétés de migration dans les emballages alimentaires sont étudiées [Desobry, 2005]. Les emballages interagissent avec les aliments au contact

de différentes façons. Un des aspects essentiels concerne la migration moléculaire dans la structure des films. Ces phénomènes, principalement diffusionnels, sont principalement modélisés à partir de la mesure des flux de matière entrante et sortante. Les interactions et les profils cinétiques de migration dans les matériaux sont souvent ignorés ou moyennés. Ceci est de moindre impact pour les matériaux denses mais devient critique pour les matériaux poreux où les flux de matière migrant suivent des voies préférentielles. La migration dans les emballages (eau, molécules organiques, ...) dans les emballages poreux pourrait être évaluée et modélisée à partir d'une observation dynamique non destructive des mouvements moléculaires ou du suivi du front de diffusion des molécules. Par ailleurs, l'observation de la modification de structure ou de dimension de l'emballage au cours du transfert pourrait aider à évaluer les types et l'intensité des interactions.