

*Projet tutoré*

*DUT 1ère année*



# Le recyclage

*Année 2007/2008*

*Mirakoff Alexandra*

*Eberlin Ludovic*

*Gesnel Corentin*

*Messaraa Cyril*

*Professeur : Mme Marie-Paule Bassez-Muguet*

## Table des matières

I. Introduction.....	5
II. Notions générales.....	5
III. Les marchés établis et les procédés de recyclage maîtrisés.....	7
A. LE VERRE.....	7
i. Traitement, recyclage.....	8
ii. Avantages du recyclage .....	9
iii. Inconvénients du recyclage.....	9
iv. Perspectives.....	10
B. LE PAPIER CARTON.....	11
i. la collecte.....	11
ii. le recyclage .....	12
iii. avantages du recyclage.....	13
v. Perspectives .....	14
C. LE BOIS.....	15
i. recyclage .....	15
D. ACIER ET FERRAILLES.....	16
i. gisement.....	17
ii. La valorisation.....	18
iii. Perspectives .....	19
E. METAUX NON-FERREUX.....	20
i. spécificités.....	20
ii. valorisation.....	21
iii. Perspectives.....	21
F. AUTRES METAUX NON FERREUX.....	22
i. gisements.....	22
ii. perspectives .....	22
G. LES INERTES.....	24
i. gisements.....	24
ii. recyclage.....	24
iii. Perspectives.....	24
IV. Les marchés en développement.....	25
A. Les plastiques.....	25
i. gisements.....	26

ii.valorisation.....	27
iii.Perspectives.....	29
iv.annexe sur le recyclage « chimique ».....	31
<b>B.LES DECHETS FERMENTESCIBLES.....</b>	<b>35</b>
i.gisements :.....	36
ii.produits issus de la valorisation des déchets fermentescibles .....	37
<b>V.Les produits toxiques.....</b>	<b>38</b>
<b>A.LES PILES.....</b>	<b>38</b>
i.traitement des piles.....	38
ii. risques.....	39
<b>B.LES HUILES USAGEES.....</b>	<b>40</b>
i.la collecte.....	40
ii.traitement des huiles.....	40
iii.de la nécessité de la valorisation.....	42
<b>C.LES FLUIDES D'USINAGES.....</b>	<b>42</b>
i.traitements.....	43
<b>D.SOLVANTS USAGES.....</b>	<b>44</b>
i.régénération.....	44
ii.incinération.....	45
<b>VI.Le recyclage de l'eau.....</b>	<b>45</b>
A. L'industrie du papier.....	47
B.L'industrie textile.....	48
C.L'industrie de la volaille.....	48
D.L'industrie Agro-Alimentaire.....	49
E.L'horticulture.....	49
i.traitement à l'ozone.....	50
ii.désinfection UV.....	50
iii.traitement par la chaleur.....	50
iv. filtration lente sur sable.....	51
F. Les eaux huileuses.....	51
G.Les refroidisseurs.....	51
<b>VII. Conclusion .....</b>	<b>54</b>
<b>VIII. Bibliographie.....</b>	<b>54</b>
<b>IX. Remerciements.....</b>	<b>55</b>

L'objectif de ce projet tutoré réalisé par nos soins consiste en l'analyse et l'évaluation du recyclage tel qu'il existe aujourd'hui, ainsi que de ses évolutions au fur et à mesure que l'opinion publique a été sensibilisée aux enjeux qu'il représentait. En dépit de la foudroyante et de la variété des déchets que nous produisons, est-il raisonnable de penser que l'on recycle et réemploie tous ces débris de la même façon, en vrac?

Nos recherches ont pu mettre en évidence que l'industrie dédiée au recyclage et à la valorisation est hétéroclite et rigoureusement structurée en filières dédiées à différents types de déchets, selon la matière qui les compose (bois, plastique, verre...).

Quelles sont les caractéristiques de ces filières? Où se situent les différences d'un point de vue collecte et traitement? Quelles tendances d'évolutions pour chacune d'elle?

**C'est à ces questions que notre projet va tenter d'apporter des réponses.**

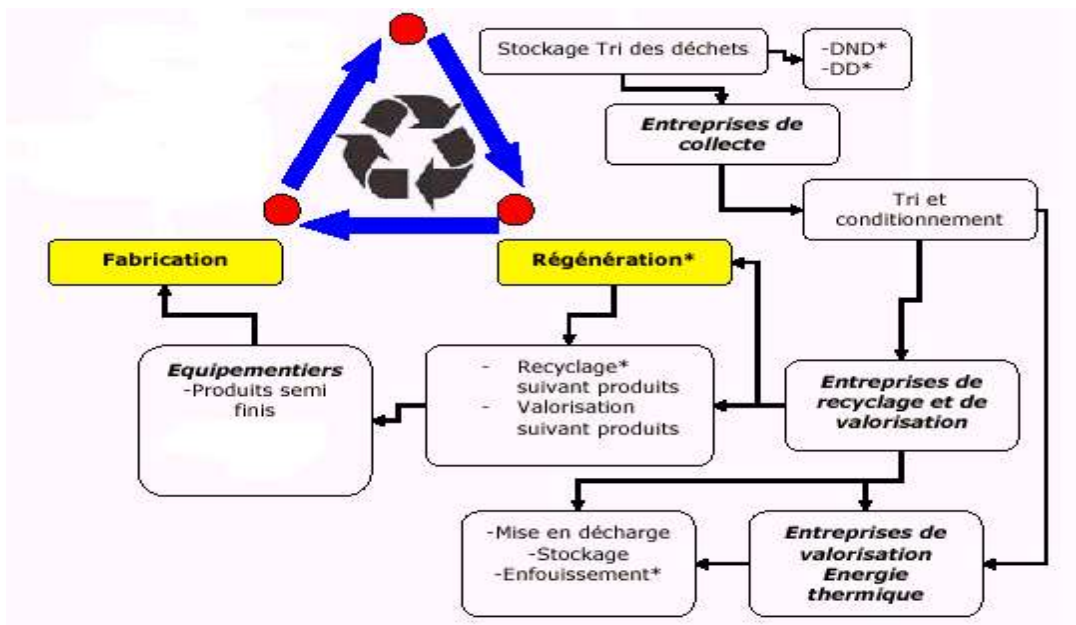
# I. Introduction

Depuis quelques années nous remarquons , que la qualité de l'air et de la terre se détériore en raison de certains paramètres, dont notamment la pollution et l'accroissement du nombre de déchets. C'est pour cela qu' actuellement, de nombreux pays cherchent des alternatives pour pallier à ce problème. C'est ainsi, qu'apparaît la notion de développement durable, avec par exemple sur le plan énergétique, l'apparition des éoliennes ou de la géothermie. Cependant l'aspect du développement durable que nous avons choisi d'étudier est le recyclage, la valorisation des déchets et leur réutilisation.

# II. Notions générales

Le « recyclage » est la création de nouvelles matières, ou le renouvellement des matières initiales, par le biais du traitement des déchets, (cela comprend le recyclage organique mais pas le recyclage énergétique).

Le recyclage des produits en fin de vie passe par l'organisation de filières spécialisées permettant à toutes les entreprises et/ou tous les particuliers de permettre la récupération des déchets. Ci-dessous est représenté un schéma simplifié du processus de recyclage, qui va de la collecte à la fabrication d'un nouveau produit issu des déchets.



source : [www.educauto.org](http://www.educauto.org)

Cependant, pour éviter des problèmes de pollution, le processus de recyclage est soumis à des règles très précises. Ainsi des normes ISO ont été mises en place pour se conformer aux directives européennes qui souhaitent la diminution des déchets ainsi que leur revalorisation. C'est ainsi que des normes, telles que celles de la famille ISO 14000, concernant la gestion de l'environnement, sont mises en place pour réduire les effets dommageables de l'activité des entreprises sur l'environnement. Toutes ces normes dont la liste est très fournie, peuvent s'appliquer à tout type d'entreprises, tout secteur d'activité, ou tout organisme quel que soit le produit ou le service réalisé.

En France, il existe un organisme qui agit pour le respect de l'environnement : il s'agit de l'ADEME ( Agence De l' Environnement et de la Maîtrise de l' Energie ). Il tente, par le biais de la réduction des déchets, du recyclage, du développement des énergies renouvelables et de la réhabilitation des sites pollués, de protéger l'environnement.

En ce qui concerne le stockage des déchets dans les entreprises, il existe deux parties :

- Une aire pour les déchets solides, qui sont stockés dans des conteneurs fermés au sein d'une aire de stockage étanche.
- Une aire pour les déchets liquides, qui sont contenus dans des fûts spéciaux en fonction du produit à récupérer. Ainsi cette aire est étanche, sous abri, avec des moyens de récupération spécifique à chaque produit.

En ce qui concerne le stockage des déchets des particuliers, il y a généralement une aire verre, une aire papier carton, une aire plastique, une aire déchets verts, une aire batterie, une aire fer et métaux...

Il existe plusieurs catégories de recyclage, par exemple : le recyclage mécanique qui permet d'obtenir une matière homogène qui est ensuite remoulée, le recyclage organique ou compostage, fréquemment employé en agriculture, le recyclage dit « chimique », pour lequel des réactions chimiques permettent de séparer les composants.

Les matériaux recyclables sont repérables grâce au célèbre ruban de Möbius, logo universel de ces matériaux depuis 1970.



[sources: fr.wikipedia.org](http://fr.wikipedia.org)

[www.valorplast.com](http://www.valorplast.com)

Le plan de ce rapport suit une trame thématique avec, premièrement les domaines dans lesquels le recyclage est maîtrisé (« les marchés établis »), les domaines plus récents (« les marchés en développement »), les domaines concernant les produits dangereux, et enfin, le recyclage de l'eau.

### III. Les marchés établis et les procédés de recyclage maîtrisés

#### A.LE VERRE

Le verre, à l'exception du verre au plomb, n'est pas un polluant et pourrait même être classé dans les matériaux « inertes » puisqu'il existe à l'état naturel depuis des millions d'années, sous forme d'une pierre volcanique appelée obsidienne.

Parfaitement étanche, dur, résistant à la plupart des agents chimiques, isolant, malléable à l'infini à l'état liquide, le verre est un matériau qui résiste aux très basses comme aux plus hautes températures .

D'abord exclusivement réservé à la fabrication de contenants, son emploi s'est diversifié avec l' apparition de la vitrerie, de la miroiterie, des verres de correction optique, de l'habillage de composants électriques (ampoules, tubes cathodiques...), de la verrerie automobile, de la fibre de verre et de la laine de verre.

Les métiers du verre sont aujourd'hui regroupés en deux types d'activité :

- le verre travaillé à la main, domaine des maîtres verriers, pour aboutir à des pièces uniques

- Le verre industriel produit en grande quantité, subdivisé en trois catégories:
  - Le verre creux : gobeletterie (verres à boires et bocaux), flacons, pots, bouteilles et bonbonnes.
  - La fibre de verre : fibres optiques, isolation.
  - Le verre plat : vitrerie, miroiterie, automobile.

C'est le verre industriel qui produit l'essentiel du tonnage, c'est pourquoi il est concerné par le recyclage.

### **i. Traitement, recyclage**

Le verre peut être produit presque indifféremment à partir de matière minérale vierge (silice), ou de calcin (verre broyé) de récupération. C'est lors du choc pétrolier de 1974, qu'il a été découvert que la fonte du calcin revenait moins cher que la récupération des matières premières traditionnelles. Ce procédé de récupération était déjà utilisé par les verriers, mais personne n'avait envisagé de l'appliquer aux déchets.

Le verre usagé peut être recyclé par réemploi direct (consigne comme dans le système allemand), ou en refabriquant de la matière première (système français). Le verre récupéré, exempt de polluants, se recycle indéfiniment sans perdre ses qualités d'origines. Il doit cependant être traité avant réutilisation, avec les procédés suivants :

-Broyage

-Lavage, élimination des colles, étiquettes et capsules.

-Séparation du verre des métaux ferreux par tri magnétique et des non ferreux par courant de Foucault.

-Élimination des infusibles (porcelaines, cailloux) par tri optique électronique et électrovanne. Les différents fragments passent devant une sorte de caméra. L'image est transformée en un signal électrique selon la transparence et la densité.

En France, le verre de couleur verte (contenant des oxydes ferreux) est de loin le plus utilisé, ce qui permet de collecter les verres teintés ensemble contrairement à l'Allemagne où le tri se fait par couleur de verre. Le recyclage en verre coloré ne nécessite qu'un tri avec élimination des impuretés, et le verre de couleur peut être fabriqué à partir de calcin de toutes les couleurs contrairement au verre blanc, qui nécessite un calcin blanc d'une grande pureté, puisque le verre blanc ne peut être fabriqué qu'à partir de verre blanc lui-même.



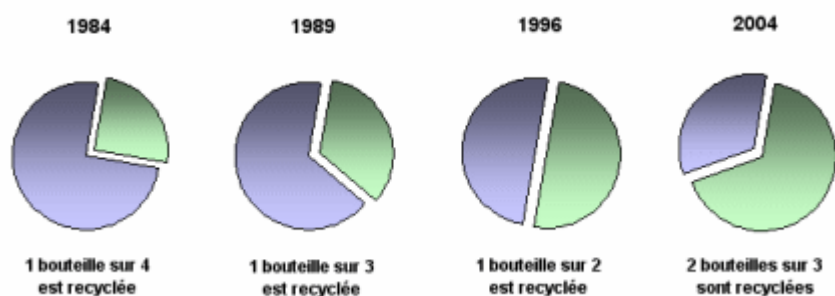
## **ii. Avantages du recyclage**

- Le coup de production est moindre pour plusieurs raisons :
  - Moins de frais de transport : le sable, la chaux et la soude ne sont pas produits sur le même site et la fabrication traditionnelle nécessite au moins trois transports distincts. Dans le cas du recyclage, tous les composants sont présents.
  - Les frais de fusion sont également inférieurs dans le cas du recyclage: le calcin fondant à une température inférieure à celle requise pour les matières premières, la fabrication du verre à partir de ce dernier permet une économie d'énergie de l'ordre de 30%. On estime l'économie de fuel à 100 litres par tonne de calcin traité (40 litres pour la fusion et 60 pour l'extraction et le transport des matières premières).
- Il est générateur d'emploi puisque l'on estime à 10 000 son nombre d'emplois dans la filière.
- La collecte séparative du verre permet aux collectivités locales de réaliser des économies sur le coût de traitement, celui-ci étant partagé avec l'industrie. Ce coût est divisé par cinq par rapport à celui de l'incinération.
- Et surtout l'aspect environnemental : les besoins énergétiques requis pour la fusion étant inférieurs, on estime à 200kg par tonne recyclée la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

## **III. Inconvénients du recyclage**

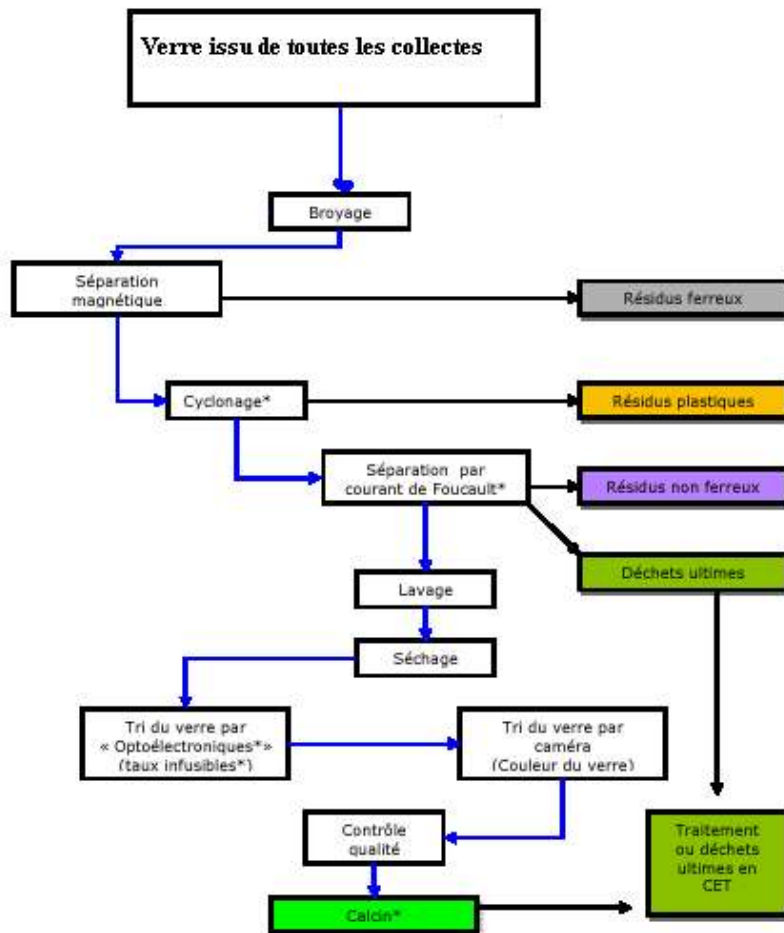
- La concentration en plomb dans les emballages en verre a tendance à augmenter au cours des traitements successifs. Cette propriété à concentrer les métaux lourds est intéressante pour la vitrification des déchets ultimes, mais moins pour les emballages ménagers.
- La collecte du verre fonctionne si bien qu'il ne s'en trouve presque plus dans les déchets destinés à l'incinération. Or la présence de verre dans les mâchefers conférait à ces derniers des propriétés physiques intéressantes.
- Le recyclage du verre demande, de la part du public producteur, un soin particulier lors du dépôt : en effet, la présence d'impuretés comme les bouchons, débris d'autre nature, mais assimilés à du verre (céramique, porcelaine) compromettent la bonne marche de la chaîne de production. Il y a donc des tris automatiques pour séparer les indésirables, mais cela occasionne un surcoût supplémentaire.

### iii.Perspectives



Le taux d'incorporation du verre de récupération dans les bouteilles vertes est de l'ordre de 70 à 80%, et le calcin est devenu la matière première de référence dans l'industrie du verre creux. La France dépasse aujourd'hui le taux de 75 % de verre recyclé : le marché de la récupération du verre est mature.

Des recherches sont effectuées par les industriels verriers pour obtenir un allègement du poids de leur matériau, tout en conservant les propriétés qui lui ont valu son succès dans le domaine des emballages. En une dizaine d'années, le verre s'est déjà allégé de 15%. Néanmoins, face à la concurrence des emballages plastiques, le volume du gisement des emballages en verre est destiné à fléchir.



source : [www.educauto.org](http://www.educauto.org)

## **B. LE PAPIER CARTON**

Sous cette appellation, on regroupe les produits issus de la transformation de fibres végétales naturelles et dont la grande majorité est recyclable : emballages, journaux, papiers de bureau, annuaires, vieux livres etc... La consommation de papiers et de cartons est en règle générale proportionnelle au niveau de développement et de richesse d'un pays.

## i. la collecte

Il y a trois « gisements »:

- 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

93% des fibres récupérées proviennent des deux premiers circuits.

## ii. le recyclage

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

### 1) pré-traitement

Détenteur (grande surface, industriel) => tri sélectif éventuel (papiers/journaux/cartons...) => conditionnement => transport vers une usine de recyclage => deuxième tri => premier traitement physique.

### 2) Premier traitement physique

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

+ grandes que les fibres (plastique, agrafes) par procédé de grilles et densimétrie.

+ lourdes que les fibres (sable, verre) par gravimétrie.

+ légères que les fibres (plastiques, colles) par centrifugation.

L'opération centrale consiste dans le défibrage. Le produit est inséré dans un mixeur 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 ci-dessus.

### 3) 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 différentes fibres, va faire remonter l'encre et les matières ayant des propriétés de surface différentes des fibres. Les boues obtenues à l'issue de ce traitement, ont pu faire douter du bilan écologique du recyclage du papier, mais certaines boues peuvent être valorisées dans l'amendement des sols.

- Les FCR (les fibres cellulosiques de récupération) : A l'issue de ces différents traitements, le produit est lavé et constitue les FCR, qui peuvent être traitées comme des fibres vierges, sans pour autant s'y substituer. 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.

### **a iii. avantages du recyclage**

C'est l'économie de matière première : une tonne de papier-carton permet d'obtenir à quelques kilogrammes près la même quantité de pâte à papier alors que trois tonnes de bois seraient nécessaires. Autre avantage, l'économie réalisée sur les moyens de traitement : les opérations de coupe, de broyage, de cuisson, de défibrage, de lavage et de raffinage, indispensables dans le cas du bois, ne sont pas nécessaires dans le cas du recyclage.

Le papier recyclé se retrouve de plus en plus dans les journaux et les magazines, qui en achètent de grandes quantités à moindre coût. Paradoxalement, pour les particuliers, le papier à écrire recyclé n'est pas moins cher que le papier neuf : cela est lié à leur préférence pour la qualité du second qui entraîne une moindre consommation du premier. Néanmoins, il bénéficie d'une bonne image de marque grâce au symbole du respect de l'environnement.

### **iv. quelques contraintes et spécificités**

- Les papiers d'origines ménagères sont encore souvent jetés avec d'autres déchets et sont souvent souillés. Ils ne peuvent alors être traités que par incinération ou méthanisation.
- Le déchet papier n'est pas toujours homogène : il comporte aussi des indésirables comme les agrafes, les bandes de colle au dos des magazines reliés, les morceaux de plastiques, etc...

- Les journaux posent des problèmes de désencrage (impact environnemental des boues obtenues), mais celui-ci n'est réalisé que si la qualité finale attendue du produit l'exige.
- Le cas des billets de banque usagés est particulier : chaque année, environ 700 millions de billets sont détruits. Pour des raisons de sécurité monétaire, le mode de traitement de ceux-ci est l'incinération, et la chaleur ainsi dégagée permet de fournir 25% de la vapeur nécessaire à la fabrication de nouveaux billets. Or, il a été calculé que le recyclage serait beaucoup plus économique et des solutions en ce sens sont envisagées.
- Les tétra-packs : 95 % de carton, un film d'aluminium et un film plastique extérieur. Il est difficile de séparer ces trois éléments qui ne peuvent être valorisés dans les mêmes filières. Il existe des solutions, mais beaucoup plus coûteuses que pour le carton ordinaire.
- Le compostage : matière d'origine organique, les papiers-cartons sont compostables, mais la mauvaise qualité du compost obtenu n'a pas permis le développement des quelques essais réalisés.
- La perte progressive de qualité : plusieurs recyclages successifs broient totalement les fibres et le papier obtenu est de moins en moins résistant.

### **b v. Perspectives**

Bien que le circuit de traitement soit mature et les filières bien organisées, le gisement est encore sous-exploité dans certains secteurs comme les papiers de bureaux.

C'est un marché dont la physionomie devrait subir quelques modifications :

- Le papier-carton est confronté à la concurrence des plastiques pour les emballages
- Le développement des journaux gratuits va générer une augmentation du gisement ménager, estimée en moyenne à 36 kg par an par foyer, et par conséquent une augmentation du coût de collecte pour les collectivités locales.
- Évolution des techniques de tri et de collecte. Actuellement en France, le tri n'est pas aussi précis qu'en Allemagne. Mais l'augmentation des débouchés émergents va contraindre les acteurs de la filière à revoir leur attitude.
- L'incinération avec récupération d'énergie est une autre voie possible de

traitement. Selon certains experts, l'impact environnemental de ce type de traitement serait inférieur à celui de la filière de recyclage avec le désencrage.

## **C.LE BOIS**

Les déchets en bois ont plusieurs origines :

- L'exploitation forestière : souvent brûlés sur place (branchages, écorces,...), ou laissés à l'abandon (sciures), la nature faisant le reste.
- Les industries de première transformation : chutes de scieries.
- Les industries de deuxième transformation (menuiseries, charpentes,...) où les déchets de bois peuvent avoir été traités et doivent alors entrer dans des circuits de traitements spécifiques.
- Les objets en bois ou partiellement en bois, parvenus ou non en fin de vie et dont le propriétaire se débarrasse : ces déchets peuvent être aussi composés de bois traités.
- La restauration de mobilier ancien, méthode de traitement d'une forme de déchet en bois qui en génère elle-même d'autres. Il peut s'agir également de bois traités.

Les déchets en bois sont classés en trois catégories :

- La biomasse : bois naturel non traité (déchets de l'exploitation forestière et des scieries)
- Les bois faiblement traités (palettes, ameublement)
- Les bois-déchets toxiques pour l'environnement et imposant des traitements spéciaux: bois traités à la créosote, au cuivre, au chrome ou à l'arsenic et bois ignifugés (cf partie sur polluants et toxiques)

### **i. recyclage**

La valorisation des déchets de bois non traités peut se faire de plusieurs manières, selon les besoins des entreprises et les différentes essences de bois :

- compostage des écorces de résineux
- concassage des écorces de résineux pour le paillage couvre-sol en horticulture
- fabrication de panneaux d'agglomérés à partir de sciures et de copeaux

- utilisation en papeteries pour les dosses et délignures d'essence non tanniques
- production d'énergie à partir des écorces et des sciures de feuillus : ce mode de valorisation est souvent réalisé en interne par les entreprises productrices et l'énergie ainsi obtenue, est utilisée pour le chauffage des locaux ou le séchage du bois
- fabrication de charbon de bois pour les dosses et délignures de feuillus
- valorisation en granulés ou briquettes pour servir de combustible

Le marché est mature et les filières bien organisées avec de nombreux débouchés : ainsi , 90% des sciures de résineux sont valorisées en panneaux d'agglomérés, 95% des dosses et délignures sont traités dans les filières auxquelles elles conviennent.

Certains éléments comme les palettes, caisses ou cagettes sont des déchets qui se prêtent facilement à la valorisation matière par le biais du réemploi, avec ou sans réparation.

S'ils ne peuvent être réemployés, ils peuvent être l'objet d'une valorisation énergétique :

- les cagettes, très souvent endommagées, ne sont pas réparables et sont donc assez peu réutilisées; elles sont en revanche brûlées.
- Les caisses et palettes, en revanche sont fréquemment réutilisées plusieurs fois : c'est le cas de près de la moitié des palettes « multirrotations » qui sont consignées et généralement prises en charge par un réparateur sous-traitant pour l'entreprise utilisatrice, ou par un récupérateur qui les répare et les revend. Les déchets générés par cette activité de réparation sont le plus souvent brûlés, sinon ils rejoignent le circuit réglementé des bois traités.
- Les palettes en bois non traitées et non réutilisées peuvent être broyées et le broyat trié et débarrassé des impuretés métalliques (clous et agrafes) et plastiques (reste de suremballages) est dirigé vers l'industrie du panneau.
- La valorisation énergétique de ces emballages est assez peu répandue mais la tendance est au développement de petites unités de chauffage destinées aux bâtiments de collectivités locales.

Le marché est mature. Les professions de récupérateur existent depuis une vingtaine d'années. Les filières sont en places. Il existe un marché international du broyat de palettes pour l'industrie du panneau.



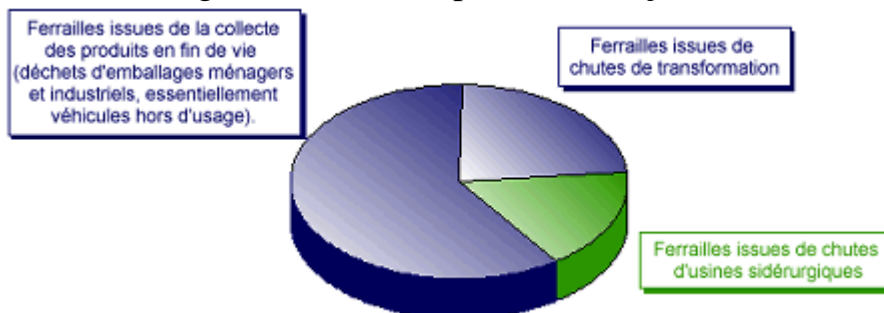
## D. ACIER ET FERRAILLES

Les métaux ferreux et plus particulièrement l'acier sont liés à l'ère industrielle. Ils ont des caractéristiques particulières :

- Une propriété fondamentale, le magnétisme, utilisé pour leur séparation d'un stock de déchets, permet de les récupérer même s'ils ne sont pas triés à la source et quel que soit le mode de traitement de ces déchets, hormis la mise en décharge sauvage.
- La grande quantité produite
- Un traitement de recyclage qui requiert des installations moins importantes que les hauts fourneaux utilisés pour le minerai. L'acier peut, en effet, être fabriqué indifféremment par les aciéries qui traitent le minerai par production de fonte ou par des aciéries électriques estiques, qui traitent les ferrailles à recycler. Cette dernière est plus économique : elle consomme trois fois moins d'énergie que la filière dite de « conversion ». Exclusivement réservée aux ferrailles, elle n'utilise pas de minerai et consomme beaucoup moins d'eau.

### i. gisement

Concernant le gisement il est réparti de la façon suivante :



- Dans les ménages, on le trouve en grande quantité ce qui justifie une collecte séparative au même titre que le verre et les papiers-cartons. Les déchets d'acier sont de natures diverses, le plus récurrent étant la boîte de conserve. Malgré la mise en place de containers spécifiques et l'existence de déchetteries, ils sont encore très souvent mélangés au tout-venant des ordures ménagères, ce qui explique que leur récupération peut se faire de plusieurs autres manières :

traitement des mâchefers des usines d'incinération surtout (l'acier représente 10% des mâchefers), mais aussi tri des déchets avant traitement dans les usines de compostage. La quantité d'acier dans les ordures ménagères est estimée à 9kg par an et par habitant.

Les boîtes de conserve, les cannettes, les bombes aérosols... rejetés dans les ordures ménagères portaient autrefois le nom de « fer blanc ». Ce sont des aciers de faible épaisseur (0,24mm), regroupés aujourd'hui sous l'appellation *aciers pour emballages* et dont les spécificités doivent être prises en compte lors du traitement : en effet, ils sont le plus souvent recouverts d'étain et, pour l'identification commerciale, de vernis. De surcroît, ils peuvent être souillés de débris alimentaires ou de restes toxiques tels que les peintures. Ils peuvent aussi avoir servi de « micro-poubelles » et contenir une quantité notable d'indésirables de natures diverses, gênants pour le traitement.

- Dans l'industrie, il provient des chutes de sidérurgie et métallurgie de transformation, des emballages industriels (fûts, bidons, boîtes de peinture, casse d'automobiles...)

L'acier est un matériau dont le temps de récupération est variable selon ses utilisations, allant de quelques semaines pour les cannettes, à 50 ans et plus pour la construction. Mais même après de longues périodes, l'acier reste récupérable.

Les ferrailles sont classées en une vingtaine de catégories différentes selon leur taille, leur origine, la qualité de l'acier qui les compose et bien d'autres critères. Les exigences de qualité sont fixées par un référentiel européen des ferrailles qui tient compte en particulier, de leur teneur en impuretés métalliques résiduelles (ex, norme maximale pour l'étain : 70 millièmes 500 pour le cuivre...).

## **ii. La valorisation**

L'acier est recyclable à l'infini, d'ailleurs en France, 40% de la production d'acier s'effectue à partir des ferrailles récupérées. Ces dernières sont fondues dans un four électrique cuve garnie de réfractaires dans laquelle sont plongées des électrodes. La chaleur dégagée par les arcs électriques (1600 °!) fait fondre la ferraille. L'acier liquide est récupéré à la sortie du four, et utilisé dans les mêmes conditions que l'acier produit à partir de minerai.

L'acier recyclé représente des avantages et des économies substantielles : chaque tonne d'acier recyclé représente une économie de 1,5 tonne de minerai de fer, 0,5 tonnes de coke, et utilise 40% d'eau (pour le lavage des fumées) par rapport à l'acier issu du minerai.

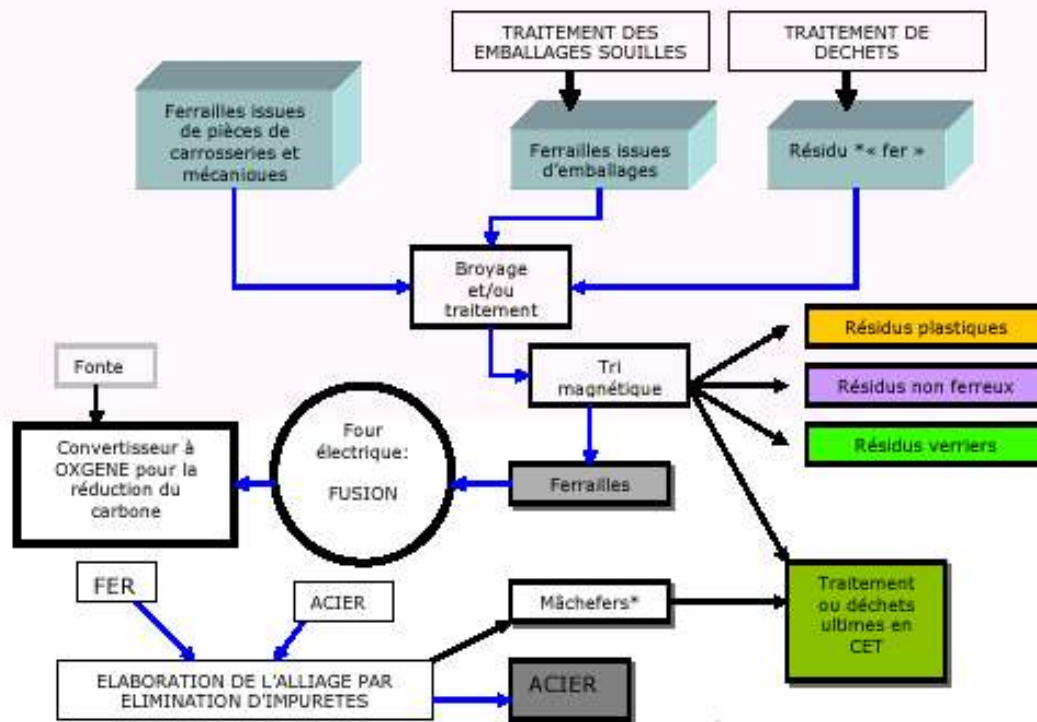
### **iii.Perspectives**

La filière acier a atteint sa maturité. Les perspectives de développement sont liées à la mise en place de filières spécifiques telles que celle de l'automobile et à l'amélioration de la collecte en vue d'augmenter les ressources : en effet, la plupart des sidérurgistes ont opté pour le développement de la filière électrique au détriment du traitement du minerai.

L'acier est dominant dans le domaine des emballages alimentaires, malgré la poussée du plastique, et en représente à lui seul les trois quarts.

Le logo  permet la valorisation de l'acier par un tri à la source.

La matière recyclée est issue des « ferrailles », éléments de tôlerie, acier forgé, aciers divers, fonte GL, GS, acier inox, emballages ou éléments en multi matériaux.



source : [www.educauto.org](http://www.educauto.org)

## E. METAUX NON-FERREUX

Le recyclage des métaux non ferreux est une activité industrielle déjà ancienne, justifiée principalement par le fait qu'il n'existe aucune différence notable entre le métal primaire extrait du minerai (métal raffiné) et le métal secondaire issu des déchets (métal affiné).

En plus d'être beaucoup moins cher que le raffinage, le recyclage permet en outre une économie des réserves mondiales de ces métaux, relativement peu abondantes et pour la plupart épuisées dans moins d'un siècle.

En règle générale, ces métaux n'ont pas d'âge, et leur qualités ne s'altèrent pas avec le temps, hormis quelques phénomènes mineurs d'oxydation : ils peuvent être récupérés à partir d'un produit en fin de vie, même plusieurs décennies après sa mise sur le marché.

## i. spécificités

C'est un métal qui dispose de propriétés physiques intéressantes dans de nombreuses applications et qui ont fait son succès : les plus connues sont sa légèreté et son inoxydabilité, sa résistance, conducteur électrique et facile à façonner.

Le déchet en aluminium présente certaines particularités :

- il est recyclable en fonderie avec pour résultat la production d'une matière première identique à celle d'origine, mais avec un coût de production moins élevé que celui correspondant à l'extraction du minerai : l'économie d'énergie est supérieure à 90 % et les investissements moins importants !
- L'aluminium ayant une forte valeur ajoutée, les coûts de transports du déchet ne sont pas un handicap et son traitement peut se faire aisément, d'une manière industrielle rentable.
- Ses qualités physiques lui confèrent tant d'applications qu'il concurrence le bois (menuiseries alu), le plastique (emballage alimentaire) ou l'acier (industrie auto)

C'est l'aluminium issu des entreprises et de l'industrie qui est surtout recyclé car celui provenant des déchets ménagers est souvent mélangé avec le reste des ordures, pour finir incinéré ou composté : il ne représente que 16% de l'aluminium recyclé.

## ii. valorisation

L'aluminium présente des qualités de recyclage exceptionnelles puisqu'il peut être recyclé à l'infini sans perdre aucune de ses qualités par rapport à la fabrication d'aluminium primaire. Le ration de recyclage (% par rapport à la consommation totale) est de l'ordre de 35%.

A l'issue de la collecte, intervient une phase de tri et de préparation (cassage, broyage, compression) qui permet d'obtenir des matières aptes à la fusion dans un four à haute température. Le métal est alors affiné à l'aide d'un traitement métallurgique approprié, c'est à dire purifié, pour éliminer les impuretés et le soumettre aux normes de son utilisateur final. Il est livré en lingots ou en fusion. Le

métal peut être aussi transformé pour fabriquer des sous-produits. Compte tenu des caractéristiques de l'aluminium récupéré, l'alu recyclé est surtout utilisé en filage ou fonderies (roues, pièces de moteurs), plus qu'en étirage et laminage, mais si le gisement était plus important, rien n'empêcherait de refabriquer des boîtes par exemple.

Une tonne d'aluminium recyclé représente une économie de quatre tonnes de bauxite.

La quasi-totalité de l'aluminium utilisé par les ménages va pour sa part en incinération. L'aluminium dispose d'un pouvoir calorifique élevé qui peut être utilisé. En le chauffant, il s'oxyde et dégage de l'énergie. A 850°C et avec apport d'air, l'oxydation d'un kilo d'alu dégage autant d'énergie que la combustion d'un kilo de charbon, de 0,8 litres de fuel, près de deux fois et demi plus que le papier.

### **iii.Perspectives**

Les perspectives de développement sont liées surtout à l'amélioration de la collecte, où des marges de progression existent encore et à l'exploitation de gisement plus ou moins négligés (par ex récupération de cannettes de boisson avec poubelle spécialisée, comme en Allemagne). Concernant les réserves mondiales de minerai de bauxite, nécessaires à la production d'alu primaire, elles sont estimées à 200 ans d'exploitation.

## **F. AUTRES METAUX NON FERREUX**

Il s'agit du cuivre, or, argent, zinc, nickel, manganèse et le plomb. Comme pour l'aluminium, il n'y a pratiquement aucune différence entre le métal extrait du minerai et celui issu du recyclage.

### **i. gisements**

- chutes de production
- chutes de l'industrie de transformation
- collectes séparatives de produits en fin de vie
- résidus des différents modes de traitement des déchets (incinération surtout)

- et dans une moindre mesure, récupération des composants des piles et batteries.

Les processus de collecte et de traitement sont assez semblables d'un métal à l'autre : collecte, apport à l'industrie, tri, broyage, fusion, affinage.

Le plomb, auparavant largement utilisé dans les peintures et canalisations, batteries, carburants, est devenu un déchet dangereux (risque pathologique : saturnisme). Aujourd'hui l'essentiel se retrouve dans les batteries (70%) et dans les verres techniques spéciaux (tubes cathodiques).

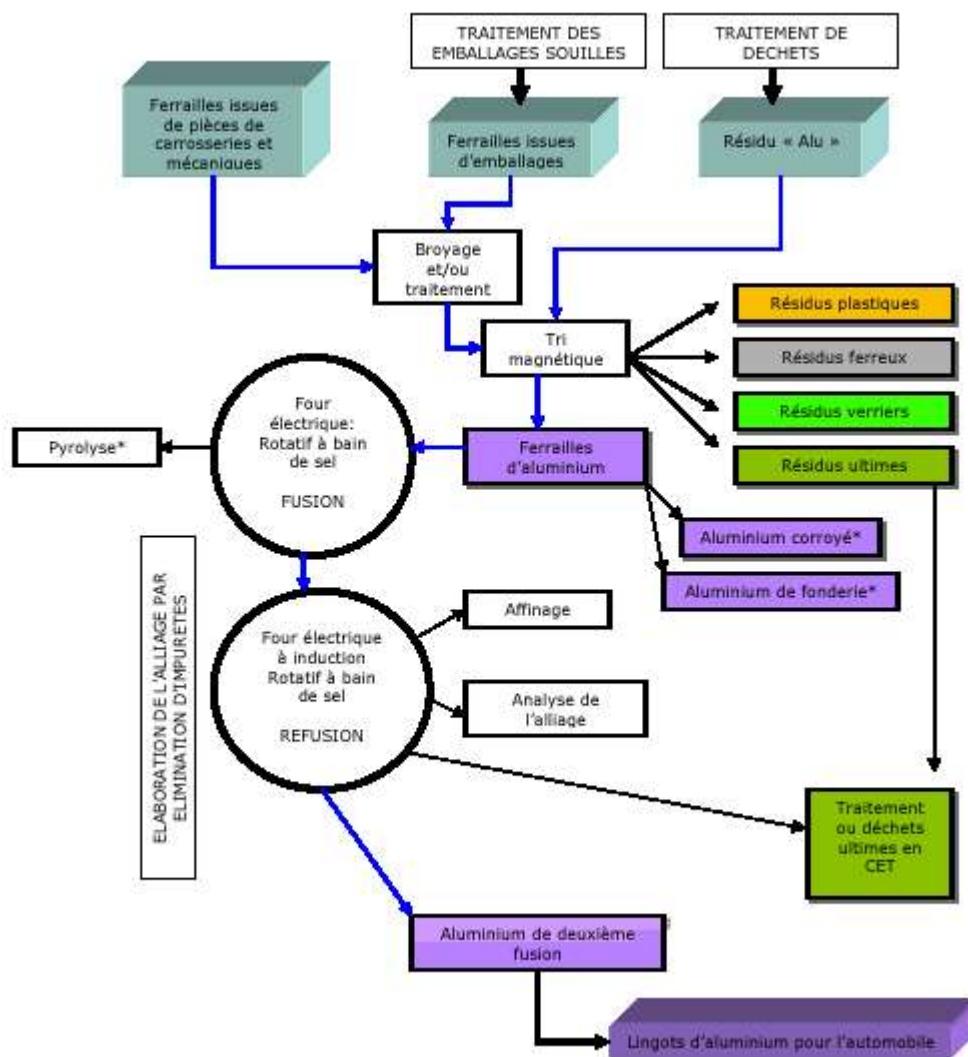
Concernant l'argent, la récupération est plus marginale : il s'agit surtout du traitement dans des filières spécifiques des iodures et des bromures d'argent contenus dans les bains photographiques (révélateurs et fixeurs).

En France, 600 entreprises récupèrent les déchets métalliques et fournissent 50 affineurs. Une trentaine de transformateurs utilisent la matière première ainsi recyclée.

## ii. perspectives

La tendance est au recyclage aussi bien en France qu'au niveau mondial et ce pour plusieurs raisons

- Les réserves mondiales sont réduites et estimées à mois de 30 ans de production pour le plomb, le cuivre et le zinc et de l'ordre de 60 ans pour le nickel.
- Comme l'aluminium, le recyclage coûte beaucoup moins cher que l'extraction minérale et s'accompagne d'une économie d'énergie significative (20 à 90 % selon les métaux)
- Les métaux primaires vont devenir de plus en plus coûteux sous le double effet de leur raréfaction et de la concurrence des produits de recyclage.



source : [www.educauto.org](http://www.educauto.org)

## G.LES INERTES

Les inertes sont des déchets non polluants, chimiquement stables dans le temps et donc neutres pour l'environnement. Mais ils sont produits en grande quantité et leur accumulation pourrait avoir un impact significatif. Ils sont facilement valorisables.

### i. gisements

deux sources principales :

- Le bâtiment et les travaux publics : déchets de démolition, de construction et de terrassement



- Les industries extractives minérales (carrières, mines)

## ii. recyclage

Une partie des déchets issus de la démolition est recyclée dans la filière du BTP elle-même sous forme de matériaux d'occasion réutilisables dans des constructions nouvelles ou rénovations.

Une grande partie des inertes est broyée dans des unités de traitement spécialisées et transformée en granulats. Elle trouve ensuite des solutions de recyclage dans de nombreux domaines : construction des routes, remblais de voirie locale agricole, réhabilitation des emplacements d'anciennes décharges, etc...

En 2002, 9 Mt de granulats ont été recyclés.

Il existe en France une soixantaine de plate-formes dédiées aux déchets de BTP (regroupement, tri et valorisation), traitant chacune au minimum 40 000t/an.

## iii.Perspectives

La grande difficulté pour le bâtiment consiste à éviter de mélanger les différents autres déchets issus de la démolition avec les inertes. On parle ne plus de « démolition », mais de « déconstruction » : un certain nombre de bennes sont disposées sur le chantier afin d'isoler les produits toxiques (DD: déchets dangereux) qui doivent être traités spécifiquement (amiante, plomberie...) et les autres déchets du bâtiment qui peuvent être alors orientés vers d'autres filières (DND : déchets non dangereux).

Le marché des inertes est mature et les filières définies depuis longtemps.

# IV. Les marchés en développement

## A.Les plastiques

Les matières plastiques sont des polymères issus de la pétrochimie. La polymérisation existe dans la nature et est même extrêmement courante puisque le principal polymère naturel est la cellulose, présente dans tous les végétaux. D'autres matières naturelles sont aussi des polymères : la résine, la laine, la soie, les cheveux.

La grande majorité de ces produits sont transformables, modelables et donc dits plastiques.

Par analogie de propriétés et de structures, le terme *matières plastiques* regroupe un ensemble de produits issus de la pétrochimie (distillation puis « craquage » des essences légères), caractérisés par leur structure de polymères, leur légèreté, leur imperméabilité et leur grande résistance

### **polymérisation**

*La polymérisation est une réaction chimique qui crée des liaisons stables entre les molécules d'un même composé de faible poids moléculaire ( monomères). La réaction peut se répéter à l'identique dans de très grandes proportions. Le composé obtenu contient donc un très grand nombre d'atomes : le poids moléculaire est très haut et il s'agit d'une macromolécule.*

*Mais c'est une macromolécule d'un type particulier, puisqu'elle ne comporte qu'un seul type de composants élémentaires : c'est un polymère.*

*Les liaisons créées lors de la polymérisation sont souvent très stables, ce qui explique la faible biodégradabilité de certains de ces composés, malgré leur nature de type « organique ».*

*naturelle : cellulose*

*artificielle : le Nylon*

Les premiers plastiques artificiels étaient issus de la transformation de la cellulose ou de la caséine. Aujourd'hui, les produits de base entrant dans la fabrication des matières plastiques sont issus du pétrole ou du gaz naturel : éthylène, styrène, propylène, acrylonitrile, etc...

On les classe en trois catégories :

- les thermodurcissables, comme la silicone
- les élastomères, dont les propriétés sont proches du caoutchouc
- les thermoplastiques, comme le polystyrène, le polyéthylène, le PVC et le PET.

Seuls les thermoplastiques sont recyclés, d'autant plus que ce sont les plus utilisés.

Les propriétés intéressantes de ces matières plastiques et leur excellent rapport

qualité/prix ont fait leur succès :elles permettent une grande variété de nature physique, de couleurs, formes,... impossible à obtenir avec des matériaux classiques. Toutefois, leur image de marque est ternie par leur très longue durée de vie (plusieurs centaines de vie) lorsqu'ils sont abandonnés dans la nature.

## i. gisements

Trois origine principales

- les matières plastiques présentes dans les déchets sont en grande majorité issues des emballages : bouteilles et flacons, emballage de denrées, conditionnement de produits, etc... Le plastique emballe plus de 50% des marchandises.
- Une autre partie provient des plastiques agricoles (sac d'engrais, films plastiques divers) ou industriels.
- Le reste provient de la récupération des composants des véhicules hors d'usage. Après l'acier, le plastique est le matériau le mieux représenté dans l'automobile : il existe une douzaine de polymères différents sur une même voiture (sièges, tableau de bord, manettes de commandes,...)

Mais le gisement du plastique est loin de se limiter à ces seules sources principales :

- Dans le domaine de l'électricité ménager, tout ce qui n'est pas conducteur est en plastique et il est très présent dans l'électroménager. Cependant ce « gisement » est moins pur que celui des emballages, les moyens de collecte de traitement sont donc plus délicats.
- Dans le bâtiment, le plastique est utilisé, notamment avec les canalisations en PVC, dans les huisseries, les revêtements...
- Dans le marché multimédia, avec des composés qui arrivent rapidement en fin de vie (ordinateurs, téléphones portables,...).La collecte est indirecte à cause des éléments toxiques comme les piles ou les batteries.
- Le plastique a trouvé sa place dans le domaine sportif, où la recherche de la performance passe par la légèreté des matériaux.
- Autre gisement sous-exploité : emballages de médicaments.70% des spécialités pharmaceutiques sont sous emballages plastiques : comme il ne s'agit pas de déchets de soins à potentiel contaminant, leur traitement ne pose pas de problèmes sanitaires. Ce sont des DIND.
- Le secteur de la santé produit d'autres déchets plastiques, liés à l'utilisation de

produits à usage unique. Il s'agit dans ce cas de *déchets d'activité de soins à risques infectieux (DASRI)*, ils ne peuvent être traités que par incinération.

Le principal organisme en charge de la collecte est Eco-emballages.

## ii. valorisation

Trois modes de valorisation possibles

- La valorisation matière : Elle est la seule rentable actuellement et concerne les bouteilles et flacons qui sont compactés après collecte et mis en balle, avant d'être dirigés vers les unités de recyclage. Le tri des différentes sortes de plastiques doit être particulièrement soigneux, le recyclage n'étant possible que par catégories. Actuellement, une bouteille sur quatre est recyclée. Le recyclage en emballages alimentaire est très limité pour des raisons de perte de qualité mais il existe d'autres débouchés intéressants:

-secteur textile (oreillers, couettes, sac,...)

-secteur automobile (moquette, revêtement, pare-choc)

-BTP (étanchéité, isolation)

- Utilisation comme charge : les thermodurcissables ne peuvent être recyclés mais peuvent être utilisés comme charge dans les revêtements routiers ou dans d'autres matières plastiques.
- Valorisation énergétique : tous les plastiques sont valorisables sous forme énergétique sans risques majeurs pour l'environnement : ils ne contiennent pas de soufre, peu de fluor et de chlore, à l'exception du PVC. Une tonne de PVC incinéré produit 584kg d'HCl. Tous peuvent être incinérés, seul le PVC demande un traitement particulier pour séparer le chlore. Parmi les avantages de cette valorisation thermique, citons le pouvoir calorifique élevé du plastique, comparable à celui des énergies traditionnelles (c'est un dérivé du pétrole), et la possibilité de traiter sans inconvénient les emballages souillés par des débris alimentaires, qu'il serait trop coûteux de faire entrer dans une filière de recyclage.

Le pouvoir calorifique des déchets d'emballage				
Matériaux	PCI matériaux purs	PCI déchets emballages	Comparaisons autres matériaux	
PE	46	22	fuel	44
PET	45	13	charbon	29
PP	44	NP	Papier carton	17
PVC	20	12	bois	16
			Ordures ménagères	8
PCI = pouvoir calorifique inférieur				

Source : Centre national du recyclage

- La régénération : elle consiste à retrouver les résines plastiques qui vont 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, Saint-Yorre), après broyage, lavage, donne une poudre. 100 tonnes entrantes donnent 81 tonnes de poudre en sortie.

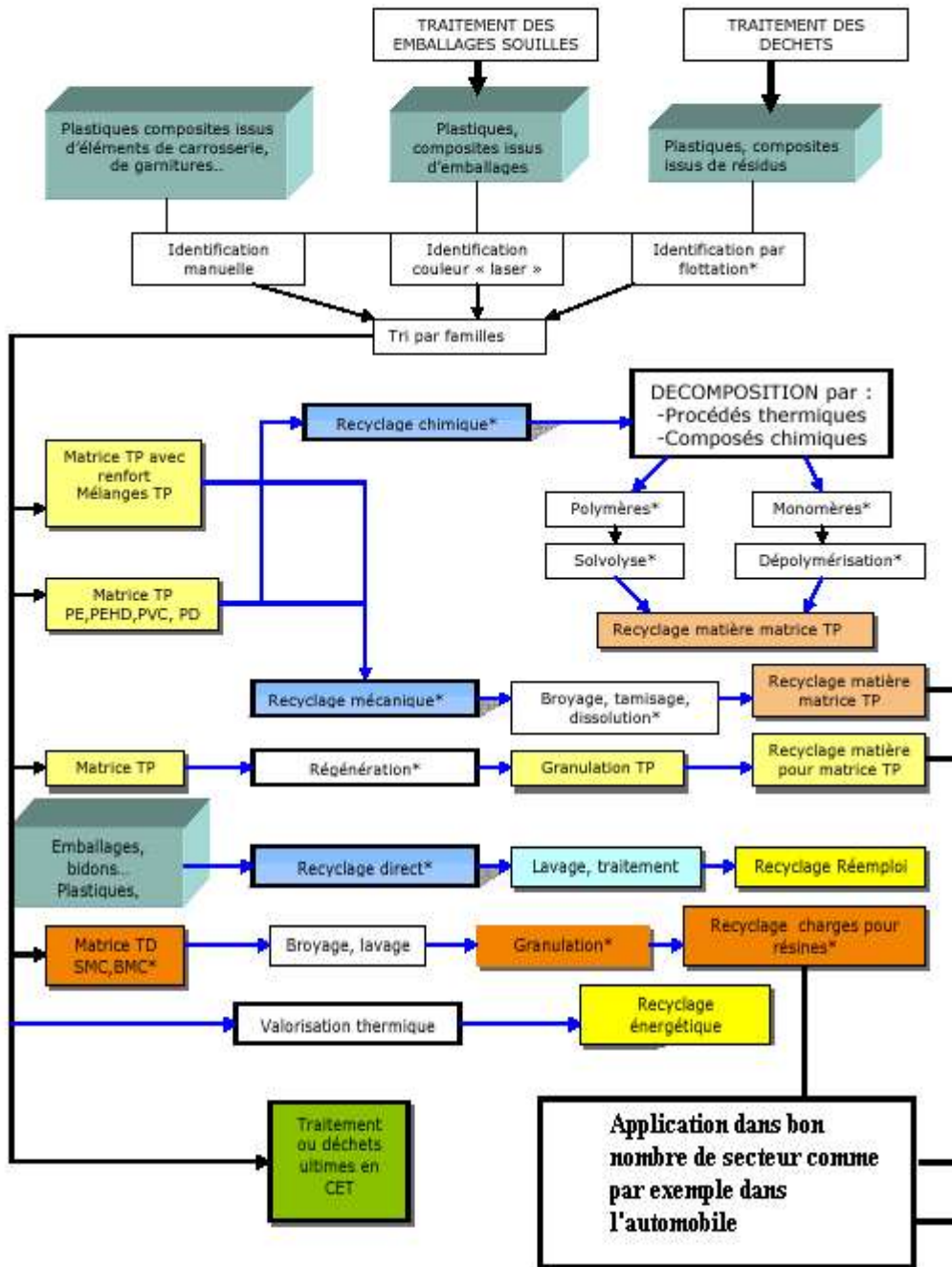
Avec ces résines régénérées on peut fabriquer de nouveaux produits comme des flacons (Pehd), des rembourrages et fibres (PET), des tuyaux, chaussures et fibres textiles pour pulls (PVC).

### iii.Perspectives

Le marché du plastique est loin de la maturité pour plusieurs raisons qui s'imbriquent :

- Le plastique perce de nouveaux créneaux et se renforce sur ceux où il existait déjà : remplacement de certaines parties métalliques dans les voitures, utilisation de plus en plus fréquente de palettes en plastiques, emballages en plastiques préférés par les grandes surfaces qui présentent les marchandises sur palettes, bouteilles et flacons, développement du secteur multimédia, applications nouvelles dans le bâtiment. La concurrence s'exerce aussi contre l'acier, le bois, le papier-carton et le verre. La production de plastique suit une courbe exponentielle depuis plusieurs années et les prévisions sont optimistes. Contre l'acier, la concurrence s'exerce dans le domaine automobile. Contre bois et carton, dans le domaine des palettes et conteneurs pour grande Surface. Contre le verre (vrai concurrent), dans le marché des bouteilles.
- Par voie de conséquence, il y aura de plus en plus de déchets en plastique, or ces déchets ne sont actuellement collectés qu'à hauteur de 15% pour les emballages et assez peu pour le reste.
- La valorisation matière a des débouchés intéressants.
- La valorisation n'a qu'un impact restreint sur l'environnement.
- Le seul gisement exploité aujourd'hui est celui des corps creux propres et homogènes, or comme nous l'avons vu, il ne représente qu'une petite partie du gisement total.
- Les nouveaux plastiques, en particulier le PET, s'imposent de plus en plus, cela aura pour conséquence d'uniformiser le gisement et de réduire les coûts de traitement.
- De nouvelles techniques de recyclages sont à l'étude comme la dépolymérisation qui permet de retrouver les molécules monomères de départ. (cf « d) annexe recyclage chimique »)
- La filière des plastiques mélangés devrait se développer, moins exigeante que la filière des emballages creux quant à la qualité des plastiques à recycler, elle peut exploiter des gisements tels que les plastiques agricoles, les films de suremballages, les sacs de caisse, les tuyaux, etc... même souillés. Son coût de traitement est inférieur à celui de l'incinération.

La matière recyclée est issue d'éléments en thermoplastiques (ABS, PVC), de composites thermoplastiques, d'« alliages de polymères », de composites thermodurcissables, de multi matériaux.



source : [www.educauto.org](http://www.educauto.org)

#### iv.annexe sur le recyclage « chimique »

La valorisation matière première(ou recyclage chimique)c'est la transformation d'un objet plastique usagé en monomères(constitué molécule simple et capable de se combiner avec d'autres molécules), en pétrole, ou en gaz de synthèse réutilisables.

Le recyclage des plastiques, techniquement possible, est difficile à développer, car il nécessite des traitements différents selon le type de plastique récupéré et la mise en place de centres de tri performants.

Néanmoins la valorisation du PET et du polyéthylène est au point.

Pour ces raisons, la valorisation énergétique des plastiques prédomine largement aujourd'hui, mais la mise en place de centres de tri s'accélère.

162000 tonnes de plastiques sont directement collectées à la source, chez les fabricants (74% du tonnage global des plastiques recyclés). La filière du recyclage s'approvisionne principalement avec des déchets de production.

Le recyclage des déchets de consommation plastiques est en fort développement en raison de l'impact environnemental de ceux-ci : ils mettent des décennies à se dégrader en raison de la stabilité des polymères.

Des recherches en pétrochimie ont été faites visant à concevoir des plastiques biodégradables MAIS cela n'est pas rentable.

L'extraction des hydrocarbures nécessaires à leur fabrication est de plus en plus coûteuse puisque les réserves mondiales en matières fossiles tendent à se réduire, la priorité va donc à la valorisation.

Soit on nettoie le matériau pour un réemploi direct

Soit on le coupe en petits bouts que l'on fera fondre pour constituer de nouveaux matériaux.

Ou bien on procède à une dépolymérisation.

Elle permet d'isoler leurs molécules constitutives afin de fabriquer de nouveaux polymères. Ce procédé, qui fait appel à des traitements chimiques complexes (solvololyse) pour revenir au monomère de base, marche très bien pour le PET et le polyéthylène avec un rendement proche des 100% malgré quelques dimères restant, et reste expérimental pour les autres matériaux plastiques.

La difficulté vient du fait qu'un tri en amont est indispensable pour séparer les plastiques car les techniques utilisées et les températures de fusion sont différentes.

La solvololyse consiste à traiter un polymère par un solvant réactif capable de le dépolymériser et de dissoudre les produits de dépolymérisation. Lorsque le solvant utilisé est un glycol on parle de glycololyse, pour l'eau on parle d'hydrolyse...

Bref on coupe les liaisons faibles à l'inverse de la pyrolyse qui, elle, les casse toutes



pour donner des alcanes et des gaz au lieu de monomères.

Types de polymères et procédés utilisés :

POLYMERES DE POLYCONDENSATION PUR : Alcoolyse-glycolyse- hydrolyse

PA : hydrolyse

PET: alcoolyse- glycolyse-saponification

résultat : retour aux monomères

POLYMERES D'ADDITION : PVC, PP, PE

pyrolyse thermique(400°C à 800°)

craquage catalytique (200°C à300°)

gazéification (800°C à 1200°)

résultats : retour aux coupes pétrolières

Le progrès à faire est faciliter l'identification des différents plastiques avec la mise en place de centres de tri efficaces afin de les valoriser séparément.

Tout ceci concerne les thermoplastiques.

Toutefois des voies sont explorées pour les composites thermodurcissables, car ces derniers vont à 90% dans les décharges avec des coût en forte augmentation et la menace d'une interdiction de mise en décharges pour les déchets non considérés comme « ultimes ».

A moyen terme, la pyrolyse à haute température, la pyrolyse en bain de sels fondus et la thermolyse (traitement thermique avec absence d'oxygène).

A plus long terme une dépolymérisation par solvolyse.

<b>Procédé</b>	<b>Produits traités</b>	<b>Produits obtenus</b>
Pyrolyse haute température	Tous types de composites (avec une faible teneur en halogène)	Energie Granulés de verre

Pour un coût du même ordre que l'incinération.

Procédé	Produits traités	Produits obtenus
Thermolyse	Tous types de composites	Energie Solide carboné (combustible) Inerte

88€la tonne

Procédé	Produits traités	Produits obtenus
Pyrolyse en bain de sels fondus	Tous types de composites	Gaz combustibles Produits pétrochimiques Fibres de verre

Coût inconnu puisqu'il n'existe encore pas d'usine utilisant ce procédé.

Procédé	Produits traités	Produits obtenus
Solvolyse	Composite époxy durcis anhydride de diacide / verre	Polyols Fibres de verre

Stade expérimental seulement.

## LE CAS « VHU » (Véhicules Hors d'Usage)

Gros projet en cours de réalisation, il s'agit du traitement des VHU.

L'industrie automobile utilise les matériaux composites thermodurcissables pour la réalisation de différentes pièces telles que des pare-chocs, certaines pièces de carrosserie, les supports de toits ouvrants... On estime qu'entre **1.2 et 1.6 millions de véhicules hors d'usage** (VHU) sont générés chaque année. Un Accord-Cadre a été signé le 10 mars 1993 avec les différents acteurs de la filière afin de limiter

progressivement **le poids de déchets ultimes** issus du traitement des VHU. La directive européenne VHU du 21 octobre 2000 prévoit la réutilisation et la valorisation des différents composants. Elle introduit la responsabilité des producteurs tant en amont de la chaîne de production (éco-conception) qu'en aval (collecte et traitement des VHU). Les principales échéances de cette directive sont les suivantes :

- 2006 : Les véhicules immatriculés devenus VHU seront à valoriser à 85% avec un taux de recyclage et de réemploi de 80%.
- 2007 : Tous les VHU seront à valoriser à 85% avec un taux de recyclage et de réemploi de 80%.
- 2015 : Tous les VHU seront à valoriser à 95% avec un taux de recyclage et de réemploi de 85%.

L'élimination d'un VHU comprend plusieurs étapes : la dépollution, l'extraction de pièces en vue du recyclage ou du réemploi, le broyage et le tri des matériaux valorisables.

### **La dépollution**

Quelle que soit la solution choisie les VHU passent tout d'abord par une étape de dépollution. Cette opération consiste à mettre hors d'état de nuire le véhicule en récupérant l'ensemble des produits polluants pour l'environnement : carburants, huiles, liquides de freins et de refroidissement, batterie, pot catalytique. Cette dépollution doit se faire sur une aire de travail respectant une réglementation précise : tout stockage de VHU sur une surface supérieure à 50 m<sup>2</sup> est soumis à une autorisation préfectorale.

### **La déconstruction**

La déconstruction du véhicule permet de récupérer des pièces et de séparer les différents matériaux afin de faciliter leur recyclage. Les pièces extraites sont soit revendues pour le marché de l'occasion soit rénovées en pièces de réemploi. Cette étape nécessite la mise en place de filières de valorisation et de recyclage pour les différentes pièces ne pouvant pas être réutilisées.

## **Le broyage**

Le broyage peut intervenir à différentes étapes du démontage. Certains véhicules sont broyés intégralement, après dépollution. Après broyage, les fractions métalliques ferreuses et non ferreuses sont triées par différents procédés puis recyclées. Les résidus de broyage (partie non triée) comprennent, en général, des composés organiques (mousse, plastiques, caoutchouc) et minéraux. Leur composition dépend du degré de déconstruction appliqué au VHU. Les résidus de broyage étaient jusqu'à présent enfouis, mais la nouvelle réglementation va imposer leur valorisation.

## **B. LES DECHETS FERMENTESCIBLES**

Le déchet fermentescible est un déchet dont le traitement fait appel à l'activité des bactéries, laquelle activité s'exerce soit en présence d'oxygène (fermentation aérobie qui produit du compost), soit en son absence (anaérobie, qui produit du méthane). On qualifie ces déchets de biodégradables mais tous ne sont pas valorisables par fermentation : en effet, seuls les déchets non pollués peuvent l'être.

Ces déchets peuvent avoir différentes formes:

- Solides : pailles, bois, sciures, écorces broyées, certains déchets ménagers.
- Liquides : lisiers, boues fraîches, effluents d'industries agro-alimentaires, certains déchets ménagers.
- Suspensions : boues de stations d'épuration.

### **i. gisements :**

Ils sont très disparates : tout produit organique est valorisable par méthanisation ou compostage.

Quatre sources méritent d'être mentionnées :

- Ordures ménagères : on estime que les déchets pouvant relever d'un traitement biologique représentent plus de la moitié du volume des ordures ménagères. La part fermentescible représente 29% du poids humide des ordures

ménagères et, dans les déchets municipaux la production est estimée en moyenne à 110 kg par habitant par an. Les papiers-cartons représentent quant à eux, 25% du total.

54% des déchets peuvent donc théoriquement relever d'un traitement biologique. Mais il est économiquement plus rentable de destiner les papiers collectés à un recyclage en papeterie.

- Les déchets verts : Sous ce vocable, on regroupe les déchets verts urbains, les déchets des jardins privés et les sous-produits de l'élevage, de l'agriculture, de la viticulture et de la sylviculture.

Le tonnage total des déchets verts produits en France est à lui seul, supérieur à celui de tous les autres déchets confondus.

- Les déchets industriels : certaines industries produisent dans leurs déchets de grandes quantités de matières fermentescibles : il s'agit essentiellement des industries agro-alimentaires et des papeteries. Les industriels sont responsables des déchets qu'ils génèrent et cette notion se retrouve pour les fermentescibles qui sont souvent traités en interne dans l'entreprise.
- Boues des stations d'épuration et matières de fosses d'aisance: Ces deux types de déchets sont assez comparables. Les boues proviennent de l'épuration des eaux usées domestiques. Elles sont constituées essentiellement d'eau, de minéraux et matières organiques. Les boues sont dans une grande proportion destinées à l'épandage. Elles peuvent aussi subir une dessiccation (par méthode thermique ou par séchage solaire) et être incluses dans des circuits d'incinération.

## **ii. produits issus de la valorisation des déchets fermentescibles**

- compost : Ce produit issu de la fermentation en milieu aérobie existe depuis longtemps en agriculture sous deux formes : le fumier et le compost. La fermentation est un processus naturel lié à l'activité de micro-organismes. Il s'agit surtout de bactéries, de protozoaires, de champignons, d'algues et

d'actinomycètes. Les insectes et les lombrics interviennent, mais à un moindre degré. Les variétés de compost sont nombreuses, selon le mélange initial soumis à la décomposition. Elles contiennent toutes, outre les éléments organiques, du phosphore, de l'azote et de la potasse. Par contre l'ammoniac et l'oxyde de carbone sont des éléments indésirables et leur présence altère la qualité du compost.

Le compost n'est pas un fertilisant au sens habituel du terme : c'est un amendement restituant de la matière organique au sol, améliorant sa structure et renforçant sa résistance à l'érosion. Par ailleurs, il améliore le drainage des eaux de pluie, et agit comme régulateur du Ph et de la température du sol.

Le compostage industriel ne modifie pas le processus naturel mais permet de l'accélérer par différents procédés et d'obtenir, selon les produits de départ, de nombreuses variétés de compost.

- Biogaz : C'est un gaz combustible, mélange de gaz carbonique et de méthane provenant de la fermentation en milieu anaérobie. Les décharges en produisent spontanément car les déchets sont enfouis : une tonne de déchets produit environ 60m<sup>3</sup> de biogaz qu'il est possible de récupérer par captage

## V. Les produits toxiques

### A.LES PILES

Une pile est une source d'énergie électrique obtenue par transformation d'énergie chimique. Celle-ci est libérée par le contact d'électrodes dans un milieu chimique propice (les électrolytes). Si elles sont rechargeables, elles portent le nom d'accumulateurs et les performances sont liées à la qualité de l'électrolyte.

Nous avons les piles salines( électrolytes à base de chlorure de zinc ou d'ammonium, les piles alcalines (avec hydroxyde de potassium), les accumulateurs au plomb, au nickel cadmium, nickel métalhydrure,... qui sont enveloppées dans une gaine de métal et de plastiques : manganèse, zinc, cadmium, plomb, nickel, lithium...

Les piles et accumulateurs sont considérés comme des déchets lorsqu'ils ne répondent plus à l'usage pour lequel ils ont été fabriqués :

-pile déchargée

-accumulateur qui, au delà d'un certain nombre de cycles de charges, n'est plus

utilisable

-batterie qui ne contient plus d'électrolyte.

Les piles et accumulateurs peuvent également être considérés comme usagés alors qu'ils fonctionnent encore : inutilité, dysfonctionnement ou obsolescence de l'appareil.

Les accumulateurs au plomb, les accumulateurs nickel-cadmium, les piles contenant du mercure et les électrolytes de piles et accumulateurs collectés séparément, sont classés déchets dangereux, ce qui n'est pas le cas des piles salines et alcalines

Le risque de toxicité des piles est apparu dans les années 80 avec la multiplication des piles à mercure, hautement toxique.

### **i. traitement des piles**

Il existe 3 types de procédés de recyclage :

- par distillation et pyrolyse (filère thermique) pour traiter en particulier les piles à forte teneur en mercure
- par hydrométallurgie (traitement chimique qui permet de passer les métaux en solution) pour traiter les piles alcalines et salines, Zinc-air et Lithium
- par pyrométallurgie (traitement thermique permettant de récupérer les métaux après incinération) pour les batteries de démarrage, les piles salines et alcalines et Lithium.

Le traitement des piles permet de valoriser, après affinage :

- le nickel
- le cadmium
- le zinc (sous forme oxydée ou métallique)
- le manganèse (sous forme de ferro-manganèse ou d'oxyde de manganèse)
- le fer (sous forme de ferromanganèse ou de ferrailles)
- le mercure (après distillation et affinage, sous forme de métal purifié liquide dans les filières métallurgiques ou filières dédiées.

Les composants métalliques sont récupérés et valorisés, les composants chimiques sont soit détruits dans des installations adaptées, soit réutilisés pour la fabrication d'autres piles, soit recyclés dans l'industrie chimique (notamment les engrais).

Dans le cas des batteries usagées, qui contiennent des substances nocives pour l'environnement :

- l'acide peut être détruit par neutralisation
- le plastique dont le recyclage est bien maîtrisé
- le plomb qui entre dans la composition de nouvelles batteries (une production qui représente 70 % des débouchés du plomb).
- Leur stockage avant enlèvement doit être réalisé en bac étanche.

### **c ii. risques**

Le traitement des piles est une opération coûteuse. Une contribution unitaire, selon le principe du « pollueur payeur » devrait néanmoins assurer l'équilibre de la filière dans des conditions satisfaisantes.

Le coût est réparti entre collecte (répartie sur 150 000 points de vente), récupération (assemblage des collectes individuelles), tri (entre piles dangereuses et autres piles à traiter), et traitement (récupération des métaux et acides.)

## **B. LES HUILES USAGÉES**

L'huile lubrifiante est un mélange d'hydrocarbures (longues chaînes d'atomes de carbone). Dans ces chaînes d'hydrocarbures, la plupart des molécules d'huile lubrifiante auront, en général, entre vingt-cinq et quarante atomes de carbone. L'huile usagée est habituellement un mélange de différents types d'huiles lubrifiantes qui ont été contaminées ou modifiées chimiquement. Les contaminants les plus communs sont les salissures, les particules de métal, l'huile oxydée, les carburants et l'eau. Des changements chimiques peuvent également se produire quand un ou plusieurs atomes d'hydrogène de la chaîne d'hydrocarbures sont remplacés par de l'oxygène, du soufre, ou d'autres éléments ou molécules.



## **i. la collecte**

La collecte est organisée à l'échelon départemental. Tout détenteur d'huiles usagées a pour obligation de les remettre à un ramasseur agréé par la préfecture ou d'assurer lui-même le transport vers un centre d'élimination agréé.

Les ramasseurs sont agréés par la préfecture du département où se situe leur siège social, leur rayon d'actions pouvant s'étendre sur un ou plusieurs départements.

Ils ont l'obligation de collecter gratuitement dans un délai maximum de 15 jours toutes quantités supérieures à 600 litres et de les acheminer vers un centre d'élimination agréé.

Attention toutefois, cette prestation d'enlèvement est gratuite uniquement pour les huiles usagées qui ne sont pas mélangées à d'autres déchets liquides (eau, solvants, hydrocarbures, huiles solubles, huiles de friture, pyralène et autres produits contenant des PCB...).

Plus généralement, les détenteurs d'huiles usagées doivent disposer d'installations étanches accessibles aux véhicules chargés d'assurer le ramassage.

## **ii. traitement des huiles**

- Les huiles usagées peuvent être régénérées par "re-raffinage" : le raffinage sulfurique ou le raffinage au propane. Mais le principal procédé reste la distillation / hydrotraitement sous vide qui comprend deux phases, soit la distillation pour éliminer l'eau résiduaire et le carburant piégés et l'hydrotraitement pour éliminer les impuretés telles le soufre, l'azote et les composés chlorés. La distillation de l'huile usagée comprend quatre étapes. La première étape permet d'éliminer l'eau, la plupart des solvants et la fraction légère (p. ex. l'essence). L'eau résiduaire est traitée par un système d'épuration des eaux usées avant d'être rejetée dans l'environnement, et la fraction organique légère sert de combustible au procédé. L'huile ainsi purifiée passe par une étape de distillation plus poussée qui permet de séparer tout reste d'hydrocarbures par distillation sous vide dans une colonne de stripping. Au cours de ce processus, l'huile est chauffée sous vide à des températures basses. On évite de chauffer à des températures élevées pour empêcher les chaînes d'hydrocarbures de se briser ou de former un résidu solide ressemblant à du coke (matériau solide semblable au charbon). Le produit, qui ressemble au mazout, sert de combustible pour le « réaffinage ».

- Les troisième et quatrième étapes de la distillation sont identiques et sont appelées à des évaporateurs à couche mince. Ces évaporateurs fonctionnent sous un vide moins poussé et à des températures plus élevées que la colonne de stripping, ce qui permet l'évaporation sous forme gazeuse des huiles lubrifiantes et ainsi, leur séparation des salissures et des autres impuretés physiques. Dans les évaporateurs à couche mince, l'huile s'écoule dans un échangeur de chaleur à double canalisation où un jeu de racloirs à lames étend l'huile usagée contre la paroi de la canalisation intérieure, ce qui facilite l'évaporation. Les gaz obtenus sont recueillis et condensés en huile liquide. Le résidu, substance qui ne s'est pas évaporée dans les troisième et quatrième stades d'évaporation, est vendu comme diluant pour le goudron qui sert à la réparation des couvertures et à l'asphaltage des chaussées.
- Après la distillation, l'huile liquide est traitée chimiquement à l'hydrogène dans des conditions de température et de pression élevées, afin de remplacer tout atome d'hydrogène manquant de la chaîne d'hydrocarbures et de catalyser l'élimination efficace du soufre, du chlore, de l'oxygène et de toute autre impureté.  
La régénération permet d'obtenir, à partir de 3 litres d'huiles usagées, 2 litres d'huile de base ayant les propriétés de l'huile de base neuve.
- Les huiles usagées peuvent être également utilisées comme combustible dans les cimenteries autorisées, la température élevée de cuisson du mélange de matières premières minérales nécessaire à la fabrication du ciment (1 450°C) permettant l'incinération de déchets dangereux combustibles.  
Les huiles contiennent des teneurs élevées en métaux et notamment en plomb. Cette particularité rend leur destruction par incinération quasi complète puisque les éléments polluants (soufre, chlore, métaux lourds) sont piégés dans le produit final.

### **iii.de la nécessité de la valorisation**

Il est important de rappeler que les huiles usagées sont peu biodégradables. Elles ont, en effet, une densité plus faible que l'eau : 1 litre d'huile usagée peut

couvrir une surface de 1 000 m<sup>2</sup> d'eau et réduire l'oxygénation de la faune et de la flore du milieu. Les conséquences d'un rejet direct d'huile usagée dans le milieu naturel apparaissent donc évidentes.

Par ailleurs, bien que son pouvoir calorifique puisse être estimé à environ 90 % du fuel lourd et fasse donc de l'huile un combustible intéressant, l'impact lié à sa combustion dans de mauvaises conditions peut être important. En effet, la teneur en composés aromatiques peut entraîner, pour des températures de combustion trop faibles, la formation d'hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP) dont le pouvoir cancérigène a été démontré.

## **C. LES FLUIDES D'USINAGES**

Le travail à froid des métaux requiert l'utilisation de fluides pour le refroidissement, la lubrification des outils et des pièces d'usinage, l'évacuation des copeaux métalliques et la protection anticorrosive par dépôt huileux.

Ces fluides sont constitués d'huiles entières ou de mélanges " eau/huile " formant des émulsions appelées fluides aqueux d'usinage. Au cours de leur utilisation, les fluides d'usinage se chargent progressivement en particules métalliques, en boues de rectification, en huiles étrangères, voire en bactéries.

### **i. traitements**

Il existe deux principaux procédés de traitement des fluides aqueux usés :  
le traitement physico-chimique (cassage, ultrafiltration, centrifugation)  
le traitement thermique (incinération, évapo-incinération).

Dans tous les cas, à l'exception de l'incinération, l'objectif est de séparer la phase aqueuse de la phase huileuse.

Afin de simplifier les traitements et de diminuer les coûts, il est indispensable d'éviter les mélanges de différents fluides.

- Le casage physico-chimique : Il s'effectue à l'aide de composés chimiques (sels, acides, agents organiques démulsiants...) et s'applique sur les émulsions huileuses et parfois sur les solutions contaminées par les huiles.

Un traitement complémentaire de la phase aqueuse séparée (de type

biologique par exemple) peut s'avérer nécessaire.

- La centrifugation : Sous l'action de la force centrifuge, les gouttelettes d'huiles en émulsion dans l'eau se séparent. Ce procédé ne permet pas une séparation efficace des phases mais s'utilise en association avec d'autres techniques.
- L'ultrafiltration qui sépare les macromolécules de l'émulsion à travers une membrane semi-perméable et sous l'influence de la pression. Cette technique est inadaptée pour les produits en mélange avec une phase en solution.
- L'évapo-incinération qui permet de séparer l'eau à l'état de vapeur et de concentrer les composés huileux qui peuvent être incinérés ou valorisés. Cette méthode s'applique à toutes les catégories de fluides aqueux.
- L'incinération est utilisée pour les émulsions et pour les solutions vraies non traitables par la voie physico-chimique, ainsi que pour les résidus de filtration, de décantation ou de cassage. Elle est pratiquée en centre collectif traditionnel ou en cimenterie.
- Les déchets huileux destinés à l'incinération en four de cimenterie doivent répondre aux caractéristiques suivantes :

$$6 < \text{pH} < 10$$

5 % d'huile dans l'eau absence d'odeur forte, absence d'agent flocculant.

Dans la pratique, on recourt à plusieurs techniques pour traiter les fluides d'usinage usagés (ex : précassage suivi d'une ultrafiltration), que ce soit en installation individuelle ou en centre collectif.

Les fluides peuvent aussi être réutilisés après épuration (décantation - déshuilage, filtration...). Ils perdent toutefois de leur efficacité au fur et à mesure de leur réutilisation et doivent être alors incinérés.

## **D.SOLVANTS USAGES**

Les propriétés des solvants de dissoudre, de diluer ou d'extraire d'autres substances sans provoquer de modification chimique de ces substances, et sans se modifier eux-mêmes, expliquent leur utilisation dans de nombreux secteurs d'activité.

Les principaux producteurs de solvants usés sont l'industrie pharmaceutique, la chimie de synthèse, la parfumerie, les ateliers de traitement de surface

(dégraissage métallique), les activités de fabrication de composés électroniques (en particulier de circuits imprimés), la fabrication de peinture et ses applications, la fabrication et l'utilisation du caoutchouc, de certains " plastiques ", des colles et adhésifs, l'impression...On distingue 2 principales catégories de solvants :

-les solvants halogénés : chlorés (trichloréthylène, perchloréthylène, chlorure de méthylène) ou fluorés (HCFC et HFC)

-les solvants hydrocarbonés de type n-pentane, cyclohexane, essence de térébenthine, toluène, white spirit....

### **i. régénération**

La faisabilité de la régénération est fonction de critères techniques et économiques dont :

- le rendement,
- le coût d'élimination des culots,
- le cours du solvant neuf,
- la présence de composés indésirables (silicones, peroxydes, PCB...),
- la pureté dans le cas où l'on recherche un solvant mono-composant

La régénération de solvants utilise la distillation pour séparer les différents constituants des solvants usés. On élève la température du solvant, ou du mélange de solvants, jusqu'à ce qu'apparaissent des vapeurs au sommet de l'appareil de chauffe. Ces vapeurs sont refroidies sur un condenseur où le solvant retrouve sa forme liquide. Il pourra alors être de nouveau utilisé dans un processus industriel identique ou non à celui de la première utilisation.

La régénération des solvants à l'intérieur des entreprises est une opération rentable lorsque les quantités produites sont importantes. La récupération est possible à tous les niveaux des procédés de fabrication. Sous forme vapeur, les solvants sont piégés sur des charbons actifs et le liquide d'entraînement est distillé. Sous forme liquide, ils sont simplement distillés.

Les installations de nettoyage à sec sont, par exemple, équipées de systèmes de régénération du perchloréthylène. D'un point de vu rendement, la régénération d'une tonne de solvant usé donne en moyenne 700 kilos de solvant réutilisable.

## **ii. incinération**

Les solvants non régénérables, ainsi que les boues et culots issus des installations de régénération, doivent être incinérés dans les centres spécialisés ou utilisés comme combustibles dans certaines cimenteries. L'incinération des solvants halogénés nécessite un traitement particulier des fumées, ce qui explique leur coût de destruction élevé.

Précautions à prendre :

Attention à ne pas mélanger les solvants chlorés et les solvants non chlorés car la régénération ou l'incinération des solvants chlorés est plus coûteuse.

Pour mélanger des solvants entre eux, il faut avoir obtenu l'accord préalable du régénérateur ou du centre d'incinération.

Les emballages ayant contenu des solvants sont aussi des déchets

## **VI. Le recyclage de l'eau**

L'eau est un élément indispensable à la vie mais aussi pour bon nombre d'industrie, c'est pourquoi aujourd'hui la question des réserves en eau potable est devenue une préoccupation majeure. Malheureusement la quantité nécessaire à la population mondiale ne cesse d'augmenter et les réserves naturelles ont du mal à se régénérer (nappe phréatique, court d'eau). Depuis plusieurs années ont été mises au point des usines de désalement des eaux de mers mais ceci ne résout pas le problème car ces usines sont très coûteuses et gourmandes en énergie. Se pose alors la question du recyclage des eaux usées pour pouvoir les réutiliser à d'autres fins permettant ainsi de réduire les quantités d'eau puisées à l'heure actuelle.

Le recyclage comme la réutilisation de l'eau sont devenus des questions d'actualité pour les sites industriels. Plusieurs effets liés à ceux-ci expliquent cette nouvelle orientation : Économies liées au coût de l'eau, aux coûts de traitement des effluents et aux coûts d'évacuation; Augmentation de la capacité de production sans avoir à installer une capacité supplémentaire de traitement des effluents; Récupération des matières premières; Réduction de la charge hydraulique sur la station de traitement des effluents; Mise en conformité avec une réglementation de plus en plus stricte; Réduction de la production de boues.

Certains gestes de la vie courante permettent déjà de réduire la consommation en eau. Comme l'installation de filtre spécifique qui réinjecte l'eau de la douche, de

la vaisselle, des éviers et lavabos , après nettoyage, dans les circuit pour les sanitaires ou encore la douche. Ces gestes de la vie courantes auraient un impact fort à condition que ceux-ci soient respecté par tous. Certains pays sont déjà en avance et ont pris les devants.

Outre en réduire la consommation, un autre moyen pour économiser l'eau consiste à la recycler : la même eau peut en effet servir plusieurs fois à des usages différents, voire au même usage. Dans les pays développés, certaines industries recyclent déjà leurs eaux qui circulent en circuit fermé. Le recyclage des eaux domestiques est aussi possible.

Les Japonais, par exemple, ont développé dans les régions où l'eau est rare une technique de recyclage de l'eau domestique des immeubles : ils récoltent les eaux de lavage dans des citernes, les traitent grossièrement et les renvoient dans l'immeuble pour alimenter les chasses d'eau. Ils réduisent ainsi de moitié la consommation. En menant plus loin cette stratégie, certains ont même imaginé des systèmes où l'eau domestique usée est entièrement recyclée sur place à la suite de traitements poussés, les déchets étant éliminés sous forme de boues humides. La consommation est alors quasi réduite à celle d'eau de boisson et aux pertes par évaporation. Ce moyen est déjà utilisé dans les navettes spatiales où, par obligation, la même eau doit être utilisée parfois durant des mois.

Les eaux domestiques usées peuvent aussi être réutilisées pour un tout autre usage, notamment pour l'irrigation, après un traitement assez léger. En Israël, 70% des eaux d'égout sont ainsi recyclées, après traitement partiel dans des étangs d'oxydation et des réservoirs : elles permettent d'irriguer 20 000 hectares de terres, et de subvenir ainsi au total à plus de 16% de l'ensemble des besoins en eau d'Israël. À l'Ouest des États-Unis, des villes comme Los Angeles (Californie), Tucson et Phœnix (Arizona) recyclent également une partie de leurs eaux usées ; Saint-Petersbourg en Floride recycle même la totalité de ses eaux, sans rien jeter à la mer ni dans les fleuves, les eaux recyclées servant à irriguer les pelouses et les parcs urbains.

Cependant les plus grands consommateurs d'eau sont les industries. L'économie de nos ressources dépend majoritairement des ces géants de la production de masse:

## **A. L'industrie du papier**

La conscience environnementale s'étant accrue et la législation devenant plus stricte, l'industrie du papier et de la cellulose sont forcées de réduire leur consommation d'eau. Normalement les eaux usées d'une usine de papier sont traitées de manière biologique, ainsi la qualité de l'effluent est assez bonne pour être rejetée mais pas assez pour une réutilisation dans le processus. Une méthode pour nettoyer l'eau est la filtration membranaire. Les différents types de filtration sur membranes qui peuvent être utilisés sont: Micro Filtration (MF), Ultra Filtration (UF) et Nano Filtration (NF). Il existe aussi une nouvelle technologie de membrane en céramique. Cette membrane est utilisée parce-qu'il est plus facile de nettoyer ce type de filtre par Backflushing comparé à un filtre carbonique. Le Backflushing est un processus dans lequel le perméat est inversé périodiquement. Dans la plupart des cas, cette inversion permet le nettoyage de la membrane en limitant l'encrassement de la surface et des pores. Le **pH** de l'eau est aussi important. À pH acide, des flux plus lents et un encrassement plus important ont été observés comparés à pH neutre.

On peut expliquer cela par le manque de répulsion électrostatique entre la membrane et les solutés à pH acide. À pH neutre, la répulsion électrostatique est établie et ainsi la perméabilité est bien meilleure. Une autre technique qui peut être utilisée est la membrane bio réacteur (MBR). Cette technique est entre autres utilisée pour le traitement des eaux usées lors du processus de blanchiment du papier. L'eau traitée peut être réutilisée comme eau de processus

## **B. L'industrie textile**

L'industrie textile utilise des quantités importantes d'eau. L'eau est utilisée pour nettoyer la matière première et pour de nombreuses étapes de nettoyage pendant la production. Les rejets produits doivent être nettoyés de, la graisse, l'huile, la couleur et d'autres produits chimiques, qui sont utilisés à plusieurs étapes de la production. Le processus de nettoyage dépend de la qualité des rejets (les usines n'appliquent pas le même processus de production) et aussi sur la quantité d'eau utilisée. De plus les usines n'utilisent pas toutes les mêmes produits chimiques, en particulier certaines sociétés, avec certaines normes environnementales, essaient de garder de l'eau propre à chaque étape de la production. Ainsi les méthodes, pour traiter l'eau diffèrent d'une entreprise à l'autre.



Il est tout à fait difficile de définir une norme de qualité générale pour la réutilisation de l'eau à cause des exigences différentes de chaque fibre (soie, le coton, Polyester etc), du processus (par exemple, le décapage, la teinture, le lavage, etc) et des différentes qualités exigées pour le tissu final. Il semble que la filtration sur membrane soit la solution idéale comparée aux techniques classiques de traitements des rejets car la qualité de l'effluent est constante ; à la fois adouci, sans couleurs et surfactants

### **C.L'industrie de la volaille**

Dans l'industrie de la volaille, les carcasses sont rafraîchies dans l'eau. Les carcasses sont immergées dans l'eau froide, avant d'être traitées. Cette eau de refroidissement devient turbide et contaminée avec des micro-organismes comme les E. Coli et la Salmonelle.

Pour être réutilisée, l'eau de refroidissement doit être transparente et sans bactéries. Cela peut être réalisé au moyen d'un traitement à l'ozone et d'une filtration. L'ozone est le deuxième stérilisant le plus puissant dans le monde; il est capable de détruire des bactéries, des virus et des odeurs. Une recherche américaine montre qu'au moyen du traitement à l'ozone, la qualité de l'eau obtenue peut être conforme à la législation américaine sur le recyclage et la réutilisation de l'eau.

### **D.L'industrie Agro-Alimentaire**

L'Agro-Alimentaire nécessite d'énormes quantités d'eau. Un des problèmes principaux est la quantité d'eaux usées continuellement produite dans les usines. L'eau est utilisée comme un ingrédient, un agent nettoyant, pour faire bouillir et rafraîchir, pour le transport et le conditionnement de matières premières.

L'eau de processus utilisée dans l'industrie alimentaire (conductivité électrique < 3000µm/cm dû au sel et la Demande Chimique en Oxygène < 700mgO2/l) peut être dessalée et purifiée des composés des organiques qu'elle contient afin de remplir les exigences sur le recyclage de l'eau. Les Normes des industries Agro-Alimentaire spécifient que, l'eau de processus déjà utilisée et destinée pour la réutilisation (dans la production ou le nettoyage) doit être au moins d'une qualité équivalente à celle de

l'eau potable. Les règlements pour d'autres applications, comme de l'eau de chaudière ou de l'eau chaude de nettoyage, sont encore plus rigoureux.

Il y a eu une étude sur les possibilités de réutilisations des vapeurs de condensation dans une société de production de lait (la production de lait en poudre) tout comme l'eau de chaudière et la réutilisation d'eau de douche pour le rafraîchissement dans une société de production de viande (production de saucisses) tout comme l'eau chaude de nettoyage. Sur la base du traitement de deux flux d'eau de processus faiblement contaminés dans l'industrie Agro-Alimentaire, cette étude montre qu'en appliquant une combinaison de pré-traitements, la filtration sur membrane et la désinfection UV, une eau traitée d'une qualité définie pourrait être obtenue.

Il a aussi été montré, par de nombreuses analyses chimiques et microbiologiques, qu'avec une combinaison de deux étapes de filtration sur membrane de nanofiltration, une eau de processus peut être obtenue avec une qualité assez bonne pour de l'eau de chaudière ou de l'eau chaude de nettoyage.

## **E. L'horticulture**

La production horticole européenne sous serres n'est pas encore aussi efficace qu'elle pourrait être au niveau de l'eau. Les systèmes de cultures hors-sol sont en train de devenir communs dans l'horticulture, dans nombres de pays européens, bien que, par encore sur de grandes échelles. Les avantages des systèmes de cultures hors-sol comparés aux cultures en sol, sont les suivants :

- La croissance et le rendement sont indépendants du type de sol cultivé.
- Meilleur contrôle de la croissance par l'utilisation d'eau de bien meilleure qualité et meilleure fertilisation.
- Qualité accrue des produits.

Les inconvénients de ces systèmes sont :

- La haute qualité exigée d'eau.
- Investissements chers pour le matériel et les engrais.
- Faible quantité d'eau.

Dans la plupart des cas, des systèmes ouverts ou à pertes sont adoptés. Dans de tels systèmes ouverts, la solution nutritive superflue est jetée dans les eaux de

surfaces ou souterraines. Pour des raisons économiques et environnementales, les systèmes fermés hors-sol sont préférables. Ces systèmes fermés sont plus efficaces pour les cultures et causent moins de dégâts à l'environnement. L'inconvénient des systèmes fermés est le risque d'une contamination pathogène du fait de la recirculation de la solution nutritive. Pour éliminer ces pathogènes, plusieurs méthodes de désinfection peuvent être utilisées :

### **i. traitement à l'ozone**

Le traitement à l'ozone peut être utilisé pour désinfecter l'eau d'écoulement. L'ozone est le deuxième oxydant le plus puissant dans le monde et sa fonction est de détruire les bactéries, les virus et les odeurs. Un apport d'ozone de  $10\text{g/h/m}^3$  et une durée d'exposition de 1h sont suffisant pour éliminer tous les pathogènes de l'eau.

### **ii. désinfection UV**

Un autre moyen de désinfecter l'eau d'écoulement est l'utilisation de radiations UV. Les rayons Ultra-violet (UV) permettent de désinfecter l'eau, l'air et les surfaces solides micro biologiquement contaminés. Pour l'élimination des bactéries et des champignons l'énergie à apporter est de  $100\text{mJ/cm}^2$  et de  $250\text{mJ/cm}^2$  pour les virus.

### **iii. traitement par la chaleur**

Quand un traitement par la chaleur est appliqué, la solution est chauffée pendant 30 secondes à une température de  $95^\circ\text{C}$ . A cette température, tous les pathogènes sont éliminés. Les inconvénients de ce traitement sont d'une part la consommation d'énergie et d'autre part la réduction de la quantité d'oxygène dans l'eau d'écoulement.

### **d iv. filtration lente sur sable**

Pendant plusieurs années, les cultivateurs ont utilisé des systèmes de filtration lente sur sable afin d'éliminer les pathogènes. La filtration sur sable est fréquemment utilisée. Elle est une méthode efficace pour éliminer les solides en suspension dans l'eau. La filtration moyenne consiste en de multiples couches de sable avec des tailles de grains et de densité différentes. Les filtres à sable peuvent être fournis dans différentes tailles et matériaux soit pour une utilisation manuelle ou complètement automatisée

## **F. Les eaux huileuses**

Pour l'élimination des huiles minérales dans les eaux de surface et d'égouts, la plupart des gouvernements ont des exigences spéciales sur la qualité de l'eau usée. Les Pays-Bas permettent par exemple une concentration maximale de 20 mg/l en huile minérale et 100 mg/l des particules instables.

Au moyen d'un séparateur d'eau-huile, une grande quantité d'huile peut être enlevée des eaux usées. Cependant, les solutions huile/eau chimiquement stabilisées devraient être gérées d'une façon appropriée. Ces solutions peuvent être purifiées au moyen de la filtration sur membranes. (Ultra Filtration). Pour éliminer les composés organiques qui restent dans le perméat, l'ozone peut être utilisée. La recherche montre que le pré traitement à l'ozone rends possible la réutilisation du perméat pour de l'eau de procédé.

## **G. Les refroidisseurs**

L'industrie hollandaise (à l'exception du secteur énergétique) utilise approximativement 3.1 milliards m<sup>3</sup> d'eau par an. La majorité de cette utilisation concerne de l'eau de surface dans les refroidisseurs autrefois. De cette façon, approximativement 180 PJ d'énergie calorifique sont émis à l'environnement.

Les industries lourdes comme la pétrochimie et l'industrie de raffinerie étaient responsables de 95 % du flux total d'eau avec les refroidisseurs par le passé. De nos jours à cause de la conscience environnementale cette utilisation d'eau est diminuée. Les clients, des actionnaires et des employés s'attendent à un développement durable d'une entreprise.

Quand le refroidissement par eau est appliqué, cela mène à des volumes massifs d'eau. Cette eau est amenée au processus de refroidissement par le contournement d'une partie de l'eau d'une rivière. Le flux d'eau est non seulement une grande perturbation locale de l'écosystème autour du point de prélèvement, mais aussi une source de pollution thermique et chimique qui peut mener à des perturbations locales autour du point de sortie.

L'utilisation d'eau de surface comme eau de refroidissement a plusieurs conséquences : les animaux vivant dans l'eau peuvent périr s'ils sont aspirés dans le circuit de refroidissement; et après utilisation, l'eau de refroidissement, chaude, est relarguée dans l'eau de surface, provoquant une élévation de la température de l'eau autour du rejet. Le poisson n'est pas sensible aux températures entre 10-24°C. Au-dessus de 24°C, les poissons sont stressés et au-dessus de 28°C, les espèces les plus sensibles peuvent mourir.

Lors des étés chauds, comme celui de 2003, la température de l'eau de la rivière peut augmenter à un tel point que les centrales électriques ne sont plus capables de refroidir les circuits de procédés. Quand, à cause du temps chaud continu, la température de l'eau de la rivière atteint par exemple 27 ° C, la capacité de l'eau de refroidissement diminue, en outre limitant les centrales électriques dans leur opérations. A noter que les centrales électriques sont légalement interdit de rejeter des eaux de refroidissement à une température supérieure à 30°C .

Un circuit ouvert de refroidissement recirculant forme un compromis idéal, dans lequel les capacités de refroidissement de l'eau sont préservées et les inconvénients environnementaux sont réduits. À l'intérieur de ces systèmes de refroidissement, l'eau circule dans une tour de refroidissement. L'évaporation d'une petite partie de l'eau circulant, emporte la majeure quantité de chaleur. La consommation d'eau qui est nécessaire pour renouveler cette partie est un facteur 50 à 70 fois plus bas que la consommation d'eau une fois dans le système avec la même capacité de refroidissement. Dans le monde entier, l'avance de ces systèmes a mené à une forte réduction de la consommation d'eau de surface. Cependant, comment un compromis apparemment idéal peut-il conduire à un "cul-de-sac" ?

La réponse à cette questions réside dans la chimie de l'eau. Pendant l'évaporation dans la tour de refroidissement, seule l'eau disparaît. Toutes les particules dissoutes et en suspension restent dans l'eau et augmenteront en concentration. La concentration finale en sel est définie via un blowdown. La plupart des circuits de refroidissement fonctionnent à des taux en sel entre 3 à 8 fois supérieur à la normal. Chaque contamination qui peut être trouvée dans l'eau naturelle peut aussi être trouvée dans l'eau recirculant avec un facteur 3 à 8 supérieur. De la même manière, les substances provenant de possibles fuites de processus et les poussières dans l'air peuvent être accumulées dans l'eau en recirculation. Dans des environnements poussiéreux, une tour de refroidissement de 200 MW peut récupérer de 0.25 - 3 tonnes de poussière dans l'air par jour.

Tous ces composés augmentent non seulement en concentration, mais aussi à cause du blowdown limité, les composés resteront en circulation pendant quelques jours à une semaine. Finalement cette eau est saturée et chauffée à chaque circulation dans le refroidisseur et les échangeurs thermiques. Le résultat est de l'eau dans laquelle tous les composés et les conditions sont présents pour stimuler la formation de tartre, la corrosion et le développement micro biologique. Pour ces systèmes des traitements supplémentaires de l'eau sont exigés.

De nombreux mécanismes ont depuis été mis au point par les industriels dans le souci de préserver les ressources face à la dégradation potentielle des ressources en eau.

Pour répondre à des normes plus strictes en matière de protection de l'environnement, les recherches sur les membranes d'ultrafiltration ont débuté en 1985, dans le cadre des programmes européens Eureka et Esprit, en s'inspirant des technologies mises en oeuvre dans l'industrie agro-alimentaire. La commune d'Amoncourt a été la première au monde en 1988 à avoir appliqué cette technologie avec Lyonnaise des Eaux France et à bénéficier d'une station de traitement d'eau potable utilisant ce procédé unique au monde. En 1992, les membranes d'ultrafiltration recevaient l'agrément du Ministère de la santé pour effectuer la clarification et la désinfection de l'eau.

## **II. VII. Conclusion**

A l'occasion des travaux de recherche menés lors de ce projet tutoré, il a été mis en valeur l'importance du tri et les moyens que requiert la valorisation des déchets. Des filières sont déjà à maturité tant au niveau de la collecte que du traitement, comme celles du verre ou du papier/carton. D'autres, notamment les matières plastiques et les déchets fermentescibles sont amenés à s'améliorer grâce aux recherches et à des nouvelles techniques qui n'en sont encore qu'à leur balbutiement.

L'industrie chimique a un certain rôle à jouer.

Aujourd'hui le recyclage n'est plus une option mais une nécessité. Il n'est plus permis d'enfouir les déchets avant qu'ils ne soient devenus « ultimes », car le problème de la

place pour les stocker commence à se poser. Il n'est pas possible de recycler la totalité de nos déchets...mais un effort de la part des ménages, des communautés urbaines et des industriels peut nous aider à tendre vers cet objectif, car de gros efforts sont encore à faire au niveau de la collecte.

### **III. VIII. Bibliographie**

Guide du traitement des déchets, Damien Alain

Rapport sur les nouvelles techniques de recyclage et de valorisation des déchets ménagers et des déchets industriels banals, Gérard Miquel

[www.eco-emballage.fr](http://www.eco-emballage.fr)

[www.produits-recycles.com](http://www.produits-recycles.com)

[www.agmat.asso.fr](http://www.agmat.asso.fr)

[www.educauto.org](http://www.educauto.org)

### **IV.IX. Remerciements**

Nous souhaitons adresser nos remerciements à Mme Marie-Paule Bassez, professeur de Chimie-Physique, qui nous a orientés vers le sujet du recyclage et à Mr Sylvain Caillol, que nous avons rencontré à l'école supérieure de chimie de Montpellier.