



Les synergies physico-chimiques, racines de la gestion des déchets

Philippe Pichat et Jean-François Nogrette

Résumé	Les procédés de traitement et de recyclage des déchets toxiques ainsi que les procédés de solidification-stabilisation-stockage (P3S) des déchets ultimes nous rappellent que les synergies physico-chimiques constituent les racines de la gestion des déchets toxiques et dangereux.
Mots-clés	Physique, chimie, recyclage, traitement, déchets, développement durable.
Abstract	Physics and chemistry synergies, the roots of recycling and treatment of wastes, basis of sustainable development The processes of treatment and recycling of toxic wastes together with the stabilization/solidification technologies of ultimate wastes remind us that the synergies between physics and chemistry are the roots of the management of toxic and hazardous wastes.
Keywords	Physics, chemistry, recycling, treatment, wastes, sustainable development.

Un enjeu pour le développement durable

La Nature transforme le gaz carbonique de l'air, l'eau et les minéraux du sol en cellulose $C_6H_{12}O_5$, composant important des végétaux. Ces derniers constituent les bases de la chaîne alimentaire des êtres vivants à condition que des substances toxiques ne polluent pas le sol, l'eau et l'atmosphère et empêchent par là ce processus (*figure 1*).


 Énergie solaire Gaz carbonique Eau Minéraux	Développement durable	Développement non durable			
			Substances toxiques	Faible concentration	Concentration élevée

Figure 1.

Ces substances toxiques peuvent provenir des usines, des villes, des campagnes qui génèrent des déchets. Leur épuration, qui n'est pas anodine, entraîne des « déchets de déchets » ayant souvent un caractère toxique car ces procédés d'épuration de l'air, de l'eau ou du sol ont généralement aussi pour résultat de concentrer les éléments à caractère dangereux dans des boues ou des poussières. Les « déchets ultimes » sont ceux qui ne peuvent pas être valorisés dans les conditions techniques et économiques actuelles. Par contre, lorsque le cours d'une matière première monte (par exemple le nickel), des déchets ultimes peuvent alors trouver un client. Lorsque ce n'est pas le cas, ils doivent être soumis à un procédé de solidification-stabilisation-stockage (P3S) qui les isole de notre environnement.

Ce type de gestion des déchets favorise le développement durable (*figure 2*).

Pour cela, il faut valoriser ou rendre inoffensifs en les isolant de l'environnement :

- des produits toxiques et/ou dangereux dont la manutention, le recyclage, le traitement, nécessitent de grandes précautions sur le plan de la sécurité, de la protection du personnel et de l'environnement ;
- des produits dont certains peuvent être nouveaux car issus de procédés innovants de fabrication, ou de nouveaux produits mis en rebut ;
- des produits dont fréquemment les propriétés physico-chimiques ne sont pas constantes.

Par conséquent, l'industrie de la gestion des déchets a des objectifs techniques et économiques difficiles, qui ne peuvent être atteints que par l'utilisation de synergies physico-chimiques.

Provenance des déchets spéciaux, toxiques et dangereux

Le « continent déchets » est formé d'éléments chimiques, de molécules et de composés les plus variés. Ceux qui ont un caractère dangereux doivent faire l'objet d'une attention particulière. Certains des déchets présentant un danger pour l'environnement ne peuvent pas être valorisés dans les conditions techniques et économiques actuelles : ce sont les « déchets ultimes », qui doivent être envoyés dans un centre de solidification-stabilisation-stockage (P3S).

Il n'y a pas d'activité industrielle prise au sens large, y compris le recyclage de résidus, sans production de « déchets ultimes ».

Pour mieux comprendre la *figure 2*, il faut noter que :

- les usines sont des producteurs de déchets spéciaux, en particulier dans les domaines de la chimie, pétrochimie, pharmacie, mécanique, production, électricité, électronique, activités extractives... ;
- les villes génèrent des déchets qui proviennent des ménages, des artisans, des PMI (acides, bases fortes, solvants,

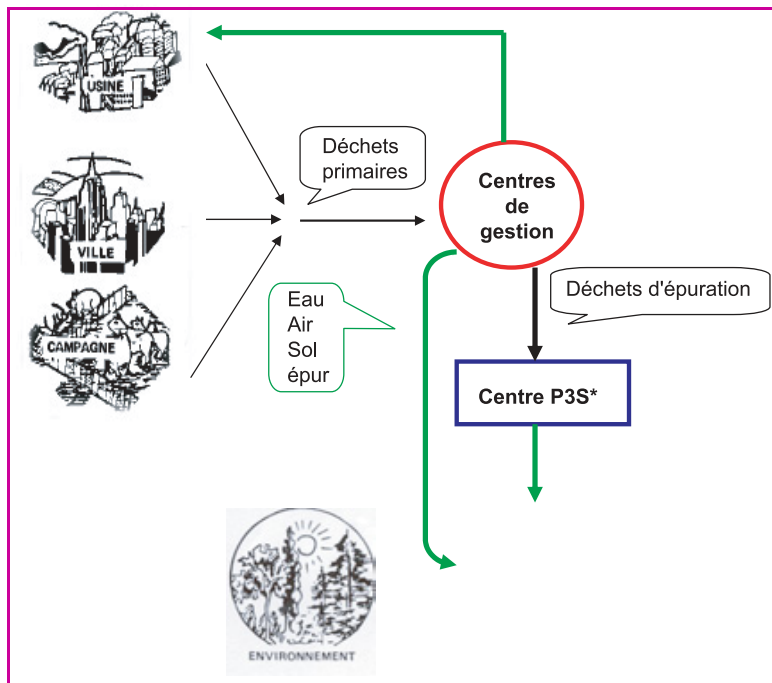


Figure 2 - Exploitation des déchets type développement durable.

*Exploitation de procédés de solidification-stabilisation-stockage de déchets ultimes (P3S).

peintures, laques, colles, produits d'entretien, vernis, lasures, décapants, diluants, tubes fluorescents, piles, insecticides, herbicides, fongicides, détachants...), de leur incinération, des réseaux d'assainissement, des boues de stations d'épuration, des activités de protection de la santé ;

- les campagnes produisent des déchets issus de produits pour la protection des végétaux et des animaux, des déchets généraux...

Pour optimiser la gestion de ces différents déchets, il est nécessaire d'évaluer préalablement leurs caractéristiques physico-chimiques.

Évaluation physico-chimique d'un déchet

Les déchets diffèrent d'une part par leur état physique (solide massif, pulvérulent, pâteux, boue, liquide) et d'autre part par leur conditionnement (vrac, fût de 200 L, petits conditionnements) ; ceci se répercute, on s'en doute, sur les coûts de gestion.

Supposons que vous soyez le responsable technique des déchets d'une usine et que vous deviez gérer un déchet « ultime » : vous en envoyez un échantillon, par exemple à une société du Syndicat des plates-formes de récupération et d'élimination des déchets spéciaux de France (SYPRED, lui-même membre de l'URITS européen), en indiquant le tonnage, le lieu de production et accompagné d'une analyse. A son arrivée, l'échantillon est à nouveau analysé en laboratoire avec les instrumentations les plus performantes existantes. Les mesures physiques se sont substituées bien souvent aux mesures chimiques utilisées initialement dans les années 70 car elles permettent d'obtenir des informations à coût moindre et plus rapidement sur la composition des déchets.

Différentes méthodes sont utilisées :

- La *fluorescence X*, pour déterminer la composition élémentaire des solides.

L'échantillon est soumis à un intense faisceau de rayons X dont l'énergie est de l'ordre de quelques keV ; les éléments chimiques constituant l'échantillon sont excités par l'énergie ainsi déposée au niveau du matériau, notamment par effet photoélectrique. Après excitation électronique, les atomes relaxent cet excédent d'énergie déposée en émettant un rayonnement électromagnétique (raie) caractéristique de chaque élément chimique présent dans l'échantillon (chrome, nickel...). La longueur d'onde des photons d'une raie est supérieure à celle du rayonnement X incident : c'est le phénomène de fluorescence. La direction du rayonnement de fluorescence est différente de celle des rayons X et son analyse spectroscopique est menée à l'aide d'un détecteur à semi-conducteur refroidi par effet Peltier. La teneur de l'échantillon en chacun des éléments est déterminée en mesurant l'intensité des différentes raies caractéristiques du rayonnement fluorescent. Les raies du rhodium sont utilisées comme étalon interne. Cette méthode d'analyse n'est pas ponctuelle, comme par exemple la microsonde ; elle nécessite une dizaine de grammes d'échantillon.

- Pour les liquides, on utilise en général l'ICP (« induction couplé plasma »). Rappelons que le plasma peut être considéré comme un quatrième état de la matière ; celle-ci est alors entièrement à l'état ionisé.

Le plasma utilisé, dit à couplage inductif, est formé à partir d'une décharge électrique créée dans un flux d'argon gazeux circulant à travers une série de tubes quartz concentriques (torche) entourés par une spire (bobine d'induction) reliée à un générateur de haute fréquence (figure 3). Les éléments sont excités par la haute température (> 10 000 °K) donnée par la torche à plasma.

- L'*absorption atomique* pour des quantités encore plus faibles d'éléments tels que le mercure, l'arsenic...

- L'*absorption dans l'infrarouge* pour la mesure du carbone organique total (COT).

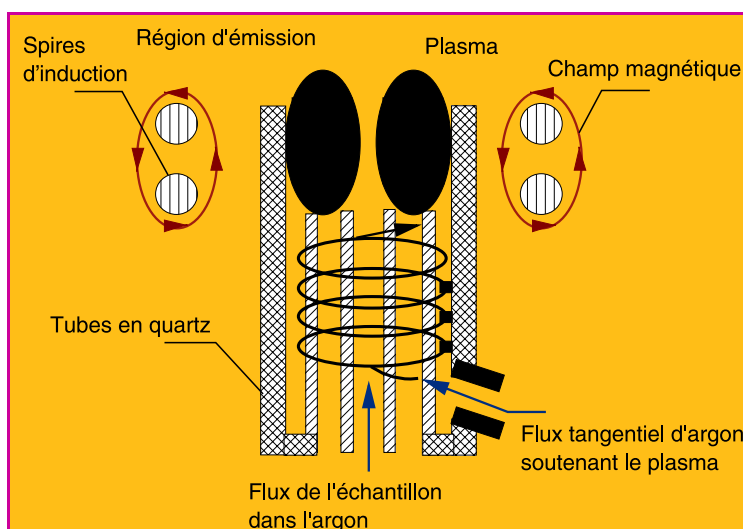


Figure 3 - Schéma de la méthode ICP (« induction couplé plasma »).

L'échantillon liquide à doser est nébulisé puis transmis vers le plasma. Il subit différentes étapes de décomposition, d'atomisation et d'ionisation, conduisant à une excitation des atomes et des ions. Après excitation, les atomes contenus dans l'échantillon émettent de la lumière dont la longueur d'onde leur est caractéristique. La lumière est transmise par l'intermédiaire du système optique (réseau + prisme) vers un détecteur CID (caméra vidéo) qui permet le dosage. Selon l'élément, les limites de détection varient de la dizaine de ppb au ppm.

On oxyde dans un courant d'oxygène l'échantillon placé dans un four. La matière organique se transforme en dioxyde de carbone CO_2 , qui est dosé par spectroscopie infrarouge. Rappelons que chaque substance (par exemple le CO_2) possède des bandes caractéristiques dans la région infrarouge du spectre optique.

- Le *granulomètre à laser* : un faisceau laser est envoyé dans une poudre mise en suspension dans un liquide ; la diffraction du faisceau donne des informations sur la composition granulométrique des poudres (0,1 à 500 μ).
- La *diffraction de RX* sur des poudres, utilisée plus particulièrement dans le domaine de l'inertage des déchets pour connaître leur forme cristalline.
- Le *pouvoir calorifique*, avec une bombe calorimétrique utilisée aussi pour la mesure de la DCO (demande chimique en oxygène).

En fonction des résultats de ces analyses, une décision est prise quant à la valorisation ou au moyen de traitement choisi. Une proposition technique est faite au producteur de déchets, accompagnée d'une offre commerciale et d'une date possible pour la réception du déchet.

Si la proposition commerciale convient au producteur de déchets, le jour J, un prélèvement est fait dans le camion accrédité transportant le déchet lorsqu'il à l'usine de traitement. L'échantillon est soigneusement analysé de façon à vérifier sa conformité avec l'échantillon initial, et ceci rapidement (en environ une heure) car l'immobilisation d'un camion coûte cher. Une équipe spécifique et expérimentée vérifie le PCI (pouvoir calorifique intérieur) et la présence de toxiques (CN-Cr⁶⁺, phénols, etc.).

Après cette vérification, en supposant que la composition du résidu transporté est conforme à l'échantillon, le chargement du camion peut être géré à l'échelle industrielle en fonction de sa composition.

Deux grandes filières

Les procédés physico-chimiques

Les déchets contenant essentiellement de l'eau, des métaux lourds, des acides ou des bases minérales sont traités par des procédés physico-chimiques. Ils sont majoritairement acides et généralement neutralisés au moyen de chaux. Peu solubles, les métaux lourds précipitent sous la forme d'hydroxydes métalliques ; après décantation, la boue recueillie est envoyée sur un filtre de façon à pouvoir recycler dans l'environnement le maximum d'eau. On recueille ainsi un gâteau d'hydroxyde d'environ 60 % de matière sèche (figure 4) qui, par précaution, bénéficie d'un procédé de solidification-stabilisation-stockage (P3S).

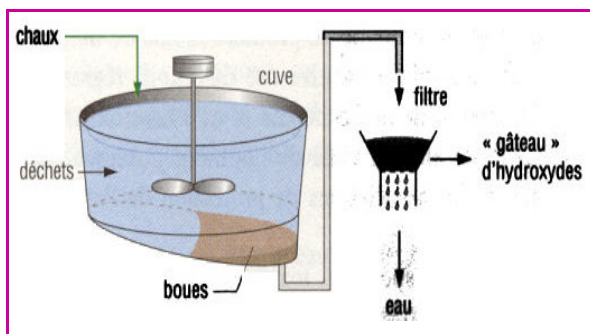


Figure 4.

Tous les quarts d'heures, des contrôles sont effectués au niveau des rejets d'eau recyclés provenant du traitement physico-chimique ; et tous les jours, un échantillon moyen est analysé en prenant en compte les paramètres suivants : 12 éléments, pH, phénol, cyanure, chrome 6, matières en suspension, COT, DCO. Des contrôles identiques sont effectués sur le rejet des eaux pluviales. Les principaux résultats obtenus sont notés dans le tableau ci-dessous :

Période	1996	2004
DCO (mg/L) (limite = 1 500)	947	562
COT (mg/L) (limite = 500)	197	145
MES (mg/L) (limite = 40)	28	26
Métaux (mg/e) (limite = 10)	2,3	0,9

La valorisation thermique

La seconde filière de traitement physico-chimique est celle de l'oxydation à haute température (la racine du mot incinérer vient de « réduire en cendres »). La majorité des déchets de provenance industrielle contiennent des matières organiques difficilement biodégradables. Ces matières doivent être oxydées par combustion et sont ainsi transformées en gaz carbonique, en vapeur d'eau et en énergie thermique. Les fumées de la combustion doivent être elles-mêmes traitées pour retenir et désactiver l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique, l'acide nitrique, des métaux lourds et des particules qui peuvent être présents dans les fumées.

Rappelons que de tels polluants sont aussi produits lors de l'utilisation de fioul comme combustible et comme carburant (moteurs thermiques).

Dans les années 70, les précurseurs de la profession ont dû de concevoir et construire leurs réacteurs d'oxydation à haute température. En effet, on ne trouvait essentiellement en vente que des incinérateurs non polyvalents, incapables de résister à la corrosion provenant de la combustion de déchets à teneur en chlore nettement plus élevée que celle des ordures ménagères.

On peut distinguer quatre phases principales dans ce traitement : l'oxydation, la récupération de la chaleur ainsi produite, le traitement des fumées, puis le traitement ultime des déchets de l'épuration des fumées.

On utilise généralement comme réacteur des fours tournants, compte tenu de leur flexibilité. Ils permettent en effet d'oxyder les déchets quel que soit leur état : physique, solide, pulvérulent, pâteux, liquide... Un four à lit fluidisé ne serait utilisable que dans le cas où les déchets se présenteraient sous la forme de liquides ou de fines particules solides. De surcroît, la teneur élevée en sels de certains déchets inhiberait son emploi.

Dans le four tournant est donc envoyé un mélange de déchets calculé de telle façon qu'il n'y ait pas besoin d'un apport de calories extérieures et de telle sorte que la température de la surface du four ne soit pas trop élevée (environ 1 100 °C). Dès 1965, l'un de nous a acquis l'expérience d'un four à plasma. Ce dernier rappelons-le, est dit le 4^e état de la matière ionisée. L'utilisation de températures très élevées n'apporte généralement pas d'avantages significatifs, voire



Figure 5 - Où le déchet toxique... se transforme en électricité. Dans cet incinérateur européen, les déchets les plus toxiques sont brûlés et produisent de l'électricité sans apport d'énergie extérieur (photo ©Merex).

même plutôt des inconvénients économiques et écologiques ; par exemple, plus la température est élevée et plus la formation des oxydes d'azote NO_x est favorisée. Les gaz qui sortent du four tournant continuent à s'oxyder dans un four dit de post-combustion. On refroidit ce flux gazeux dans une chaudière, ce qui permet de fabriquer de la vapeur. Celle-ci est utilisée sur place, vendue (par exemple à Limay, à l'EDF voisin pour réchauffer les cuves de fioul lourd n° 2) ou utilisée pour fabriquer de l'électricité comme dans le cas de Merex à Fos-sur-Mer (figure 5). Les gaz ainsi refroidis sont neutralisés avec de la chaux éteinte $\text{Ca}(\text{OH})_2$. La filtration du gaz se fait sur des manches, en polymères fluorés par exemple. Le traitement est complété par une adsorption sur du charbon actif. Les rejets dans l'atmosphère d'un incinérateur de déchets spéciaux devant respecter les conditions d'un arrêté préfectoral, ils sont surveillés au moyen d'analyseurs en continu. La moyenne annuelle est supérieure à 1 400 000 mesures par four (voir les résultats pour le chlore dans le tableau ci-dessous).

Période	1996	2004
Acide chlorhydrique (mg/Nm^3) (limite = 10)	24,0 (limite = 60)	1,1 (limite = 10)

D'autre part, des analyses externes sont effectuées par des organismes indépendants rémunérés par les autorités compétentes.

Initialement, les analyses de gaz rejetés dans l'atmosphère n'étaient effectuées qu'en discontinu et par des moyens chimiques traditionnels (titrimétrie acide base). Les températures sont mesurées au moyen de thermocouples et par pyrométrie.

Les valorisations matières

Elles concernent les solvants, carburants, réactifs, résines échangeuses d'ion, métaux, matières premières, verre... La condition préalable à ces opérations industrielles est de trouver non seulement

des marchés, mais aussi des clients solvables, et ceci sur une période suffisamment longue pour amortir au moins les installations et les frais de recherche et développement. Nous donnons ci-après quatre exemples de valorisation.

Régénération de solvants

Il s'agit de cétones, d'hydrocarbures aliphatiques (white spirit...), d'hydrocarbures aromatiques (toluène...), d'esters, de glycols et de solvants chlorés (trichloroéthane...) issus d'activités industrielles légères (ateliers de réparation automobile...) ou lourdes (métallurgie, construction automobile...). Les solvants usés doivent être transportés dans des conditionnements offrant de grandes garanties de sécurité. Pour régénérer ces solvants, on utilise soit une distillation simple, soit une distillation fractionnée pour séparer les différents constituants des solvants usés sur colonne. La distillation simple permet de séparer des composants seulement dans le cas où ils ont des points d'ébullition bien différents, comme par exemple les solvants des résines des pigments de peinture. La distillation qui fonctionne sur colonne ou rectification permet de séparer les solvants de points d'ébullition voisins et d'obtenir des produits d'une grande pureté.

Valorisation d'hydrocarbures

Généralement, c'est de l'eau contenant éventuellement des sels qui est mélangée à des hydrocarbures. Ces résidus sont collectés par exemple lors du nettoyage d'un fond de bac de fioul ou ce sont les déchets des liquides utilisés pour refroidir et nettoyer les machines outils (émulsions eau-huile...). Avant d'être introduits dans une centrifugeuse, les résidus traversent un réchauffeur, puis un filtre qui retient les particules grossières. De la centrifugeuse, sortent trois fractions : les hydrocarbures recyclés, la phase aqueuse (épurée ultérieurement par voie biologique) et les sédiments humides.

La phase aqueuse peut être traitée par Evapo-incinération^R, technique qui a été décrite par ailleurs, et les sédiments humides sont dirigés vers une unité d'incinération (figure 6).

Tubes fluorescents

40 millions de tubes par an sont hors d'usage en France, soit environ 10 000 t de matières qui contiennent des métaux lourds (mercure).

La figure 7 montre les quatre étapes de recyclage. Les tubes sont d'abord identifiés par un dispositif de reconnaissance qui permet de les positionner, après coupure des extrémités par choc thermique, devant la buse de soufflage correspondant à la nature de la poudre qu'ils contiennent. Les culots métalliques rejoignent une filière de valorisation adaptée. La poudre et l'air injecté par l'unité de soufflage sont séparés par cyclonage : la poudre fluorescente (contenant la majorité du mercure de la lampe) est recueillie dans

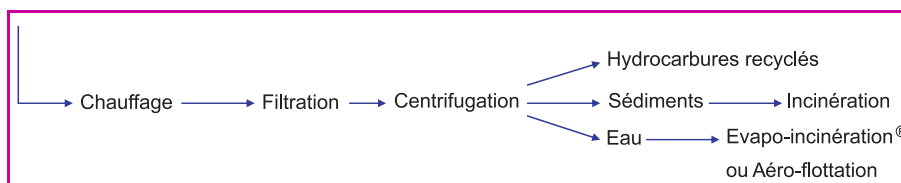


Figure 6.

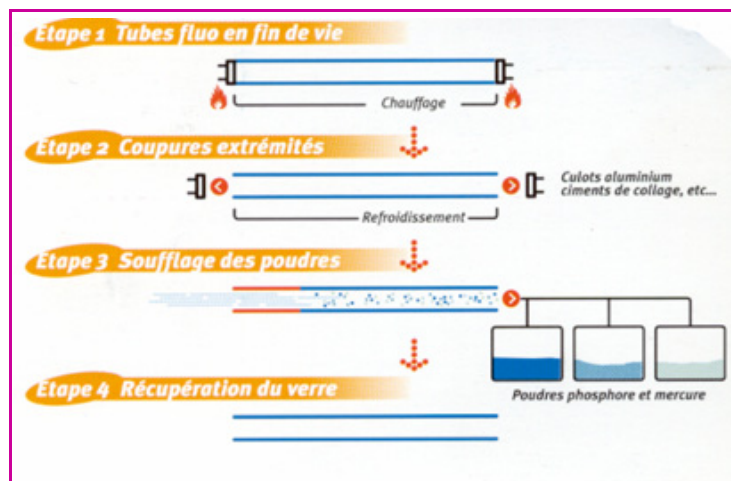


Figure 7 - Valorisation des tubes fluorescents.

un conteneur hermétique et l'air est purifié par différents filtres avant rejet dans l'atmosphère. Le verre est également récupéré par Philips Lighting.

Fabrication de plaques de nickel

La forte demande de nickel en provenance de Chine en a fait monter les cours et a rendu cette valorisation économiquement possible en 2003.

Le déchet très acide contient 30-40 g/L de nickel. Le procédé électrochimique consiste à réduire à la cathode le cation Ni^{2+} en nickel métal qui se dépose sous forme de plaques de plusieurs m^2 . La réaction peut être représentée par l'équation $Ni^{2+} + 2 e \rightarrow Ni^0$. La teneur en nickel des plaques est supérieure à 99 %. Un redresseur fournit un courant continu sous 0-20 V jusqu'à 3 000 A. La production de l'unité est de 15-20 t/an.

Les procédés de solidification-stabilisation-stockage (P3S) des déchets ultimes

En 1975, dans la Manche, un atelier de traitement de surfaces stockait ses déchets ultimes (nickel, chrome, cuivre...) dans une lagune et causa une pollution des ressources en eau potable de la commune. Cet incident rappela qu'il était nécessaire, sans tarder davantage, de pousser plus loin la dépollution « jusqu'au bout » en mettant en place la stabilisation-solidification physico-chimique des déchets ultimes : transformer la matière (liquide, boue, pulvérulent) en un monolithe insolubilisé non biodégradable et incombustible.

La transformation procède de plusieurs mécanismes physico-chimiques : intégration des composants du résidu à traiter dans le réseau cristallin solide, réactions d'absorption et de complexation, formation de silicates et d'aluminates hydratés et insolubles. Le modèle scientifique utilisé par exemple pour le procédé ECOFIX^R est celui du ciment romain dont la stabilité a fait ses preuves puisque des ouvrages ayant plus de 2 000 ans sont encore exploités (réservoir, ponts...).

Cette stabilisation ne génère pas de rejet solide, liquide ou gazeux et ne consomme pas d'énergie thermique. Le tableau ci-après montre la diminution considérable de la solubilité des résidus ainsi inertés.

Tableau I - Lixiviation de résidus ultimes avant stabilisation (mg/kg).

	Résidus ménagers	Résidus industriels	Seuils d'admission en centre de stockage des résidus ultimes stabilisés
Fraction soluble	25-40 %	15-50 %	< 10 %
DCO	900-20 000	2700-16 000	< 2 000
Cd	0,01-10	0,01-5	< 25
Pb	1-800	0,5-200	< 50

Le test utilisé par l'AFNOR n'est pas optimiste quant aux conditions de stockage puisqu'il consiste à traiter un échantillon dans 10 fois son poids d'eau et ceci pendant trois fois 16 heures, l'eau étant renouvelée chaque fois.

Conclusion

Les résultats d'ores et déjà obtenus sont basés sur les synergies physico-chimiques, racines du recyclage et du traitement des déchets qui sont résumées dans le tableau II.

Ces synergies sont exploitées dans des usines de valorisation et de traitement de déchets fonctionnant tous les jours de l'année, réparties sur tout le territoire français. De plus, les équipes de ces sociétés se déplacent dans les ateliers des producteurs de déchets pour les aider à effectuer un tri à la source. Le traitement ultérieur des déchets en est facilité et les coûts de traitement sont minimisés. Des procédures d'autocontrôle et des mesures à intervalles réguliers ou inopinés par des organismes tiers sont effectuées afin de garantir le respect de toutes les normes exigées. Plusieurs milliers de données sont ainsi accumulées et permettent aux techniques mises en œuvre de progresser. Cette situation est privilégiée par rapport à la situation internationale.

Le potentiel d'amélioration réside en particulier dans l'optimisation du tri et de la préparation physique plus



L'unité de valorisation thermique de Sotrenor (Courrières).

Tableau II.

* qualité, hygiène, sécurité ; ** déchets, bruts, matières intermédiaires, effluents, leur environnement ; *** dans un souci de concision.
P : physique ; C : chimie.

Physique***	Analyses* Mesures**		Procédés physico- chimiques		Valorisations thermiques		Valorisations matières		P3S		Chimie***
	P	C									
Structure, états de la matière	P	C								C	Hydrogéologie
Changements d'état, mélanges	P	C		C	P	C		C		C	Inorganique
Transport de la matière (aérodynamique, hydraulique...)	P	C	P		P	C	P	C	P	C	Organique
Thermodynamique		C	P	C	P	C	P	C	P	C	Chimie-physique
Mécanique	P	C		C		C	P	C	P	C	Thermodynamique chimique
Mécanique des sols	P	C		C		C		C	P	C	Cinétique chimique
Thermique	P	C			P	C					Chimie des hautes températures
Électricité	P		P		P		P			C	Géochimie
Électronique	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	Chimie en solution aqueuse
Optique	P		P	C	P	C		C		C	Génie des procédés (génie chimique)
Géophysique						C			P		Réfractaires
Physique du solide	P			C				C			Chimie des polymères
Science des matériaux	P	C		C	P	C	P	C	P	C	Chimie analytique
Minéralogie	P			C	P		P	C	P		Électrochimie
Cristallographie	P			C	P	C	P	C	P	C	Chimie du solide
		C		C		C		C			Chimie en phase gazeuse

poussée des déchets grâce à l'utilisation de nouvelles méthodes physiques d'analyses ; en d'autres termes, davantage de synergies entre physique et chimie.

Bibliographie

- Pour en savoir plus sur les techniques de fluorescence X : *X-ray spectrometry : recent technological advances*, K. Tsuji, J. Injuk, R. Van Grieken (eds), John Wiley & Sons, **2004**, dont deux articles en particulier : Cesaro R., Brunetti A., Castellano A., Rosales Medina M.A., Portable equipment for X-ray fluorescence analysis, p. 307-341 et Nakai I., High-energy X-ray fluorescence, p. 355-372.
- *Technical symposium EURITS*, 1^{er} déc. **2003**, Roissy en France.
- Dossier du service communication du Groupe SI, **2004**.
- La gestion des déchets à l'étranger (CEE, USA) : comparaison, efficacité, coût des méthodes françaises et étrangères, Bertrand Gontard (président fondateur du SYPRED), Séminaire EFE, Paris, 24-25 juin **1992**.
- Pichat P., *La gestion des déchets*, Collection Domino Flammarion, 2^e éd., **1997**.



P. Pichat

Philippe Pichat

est expert national, agréé par la Cour de Cassation*.

Il a reçu l'insigne d'officier de l'ordre national du Mérite en mars dernier, des mains de Pierre Potier.

Jean-François Nogrette

est directeur du pôle Nord-Est de Sotrenor**.

* 18 rue des Tournelles, 75004 Paris.

Tél. : 01 48 04 51 66. Fax : 01 48 04 89 42.

Courriel : philippe.pichat@wanadoo.fr

** Sotrenor, route d'Harmes, 62710 Courrières.

Tél. : 03 21 74 74 74. Fax : 03 21 74 74 70.

**Vous avez un article, une information, un courrier... à nous proposer ?
N'hésitez pas à contacter la rédaction.**

• Courriel : ac@sfc.fr. Tél. : 01 40 46 71 64. Fax : 01 40 46 71 61.

Recommandations aux auteurs disponibles en format pdf sur le site SFC, rubrique L'Actualité Chimique, les auteurs.