

DÉCHETS ET ENVIRONNEMENT

CONTRIBUTION DE LA STABILISATION

Alain Navarro

Professeur à l'INSA de Lyon, directeur scientifique du Réseau coopératif de recherche sur les déchets (Record)

L'activité de recherche sur la connaissance et le traitement des déchets industriels a été, pour l'Insa de Lyon, initiée en 1973 avec la création du Laboratoire de chimie appliquée (LCA), devenu ensuite, en 1980, Laboratoire de chimie physique appliquée et environnement (LCPAE), puis en 1996 Laboratoire d'analyse environnementale des procédés et des systèmes industriels (Laepsi).

Cette activité ouverte à un très large spectre de possibilités scientifiques a été, dans un premier temps, centrée sur la connaissance analytique des déchets industriels et des résidus de leur traitement dans différentes filières, principalement la « mise en décharge » devenue stockage en Centre d'enfouissement technique (CET) et l'incinération. Le laboratoire a logiquement fait évoluer ses recherches en direction de l'évaluation des impacts sur l'environnement physique (eau, air, sol) mais aussi les milieux vivants (animaux, végétaux, êtres humains), corollaire inévitable de l'état ultime de ces déchets.

En dépit du caractère limité du domaine de recherche couvert par un laboratoire, le LCPAE avait eu l'idée d'organiser trois colloques qui ont fait date dans le domaine des déchets et qui ont été autant de jalons dans le développement de la connaissance sur ce sujet :

1975 : 1^{er} colloque Insa, *Déchets et sous produits industriels : Élimination-recyclage* ;

1978 : 2^{ème} colloque Insa, *Le devenir des résidus industriels non valorisés* ;

1981 : 3^{ème} colloque Insa, *Décharge industrielle et milieu naturel*.

C'est aux alentours de 1975 que s'est développée la technique de stabilisation-solidification dont l'objectif est d'assurer par enrobage ou tout autre mécanisme, une « prison » capable de maintenir les polluants en « captivité ».... Le plus longtemps possible. Cette démarche a surtout été attribuée aux chercheurs du nucléaire sans qu'il soit possible, à travers la littérature scientifique, de deviner une cohérence, ou même une collaboration entre les préoccupations du nucléaire et celles du déchet industriel. On retrouve ainsi trace d'un premier séminaire en

The research activities on the knowledge and the treatment of industrial wastes began at INSA of Lyon, France in 1973, when the Laboratory Of Applied Chemistry was created ; which became the Laboratory of Applied Physical Chemistry and Environnement in 1980 ; which in turn became the Laboratory of Environmental Analysis of Processes and Industrial Systems in 1996.

This activity, open to a very wide spectrum of scientific domains, was at first based on the analysis of industrial waste and the residues of their treatment in different waste management pathways ; principally the work was based on the notion of landfills becoming « technical burial centres » and on incineration. The laboratory has logically orientated its research in the direction of the evaluation of the impacts on the physical environnement (wastes, air, soils) but also on the living environnement (animals, plants and humans), the inevitable corollary of the ultimate stage of these wastes.

1979 à Hawaï qui s'intitulait *Premier séminaire sur la stabilisation solidification*. Il est intéressant de signaler à ce propos, qu'à l'occasion du colloque Insa 1978, plus de 10 procédés de stabilisation, par différents liants ont fait l'objet de présentation détaillée (tableau 1).

Tableau 1 : Procédés présentés au colloque INSA 1978

Matériaux polymérisables	Sealosafe
	Calspan
	Ecopol
	Soliroc
Bitume	Shell
Liants hydrauliques	Chemfix
	Perrier
	Petrifix
	Quienot
	Alcan
Vitrification	CEA

Dans la continuité des colloques Insa, c'est à Nancy que fut organisé en 1995 le congrès international sur les *Procédés de solidification et de stabilisation des déchets*, congrès qui connut un grand succès en dépit de conditions atmosphériques très rudes et ... de la grève des transports. Une des conclusions de ce congrès a été de le prolonger, en 1999, à Lyon, par le thème *Stabilisation des déchets et environnement*. C'est ce qui nous réunit ici aujourd'hui et je me devais de rappeler brièvement cet historique avant de féliciter chaleureusement, tous ceux qui, sous la houlette de Jacques Mehu, ont permis qu'il puisse se tenir.

PLACE DES PROCÉDÉS DE STABILISATION DANS LA CHAÎNE DE TRAITEMENT DES DÉCHETS

Généralement, les procédés de stabilisation-solidification sont effectués sur les résidus, à l'aval des filières de valorisation ou de détoxification par traitement biophysico-chimique ou bien encore d'incinération, et, en tout état de cause à l'amont du stockage définitif. Cette situation n'est pas impérative et l'on observe qu'il est toujours possible d'envisager la mise en œuvre de ces traitements au stade initial du traitement des déchets ou bien encore de les intégrer au sein même du traitement thermique par ajout du réactif et en jouant sur ces paramètres température et composition.

Enfin, compte tenu du coût (souvent très élevé) de ces techniques et de la qualité finale de certains solidifiats stabilisés, il est légitime d'envisager pour certains d'entre eux, le stockage dans des contextes moins contraignants que la classe I voir même leur banalisation ou leur valorisation.

En France, la notion de « déchet ultime » conduit le plus souvent à situer la stabilisation-solidification en fin de chaîne de traitement (Figure 1).

LA STABILISATION-SOLIDIFICATION

Ces procédés, connus depuis longtemps et très étudiés au niveau des déchets nucléaires, connaissent un fort renouveau compte tenu de la sévérité accrue des normes d'acceptation des déchets en décharge.

Leur objectif est :

- d'améliorer les propriétés physiques du déchet,
- de limiter l'interface entre le déchet et le milieu extérieur, principalement l'eau,
- de diminuer la solubilité des constituants et la perméabilité du déchet.

La stabilisation désigne l'ensemble des mécanismes conduisant à la transformation de certaines espèces polluantes en espèces plus stables, en particulier au regard de la solubilisation. Il s'agit d'améliorer la rétention physico-chimique des polluants.

La solidification se traduit par la formation d'une matrice solide peu perméable par réaction (ou non) avec un ou plusieurs réactifs intervenant dans le procédé. La solidification peut être considérée comme une encapsulation (micro ou macro) qui a pour conséquence principale de réduire la solubilité des espèces et de diminuer l'interface entre le déchet et le milieu extérieur. Il s'agit, en outre, d'améliorer les caractéristiques physiques et mécaniques du produit final qui se présente alors comme un solide massif.

• Au plan technique ces objectifs sont généralement atteints par le recours à différents liants qui se différencient par leur nature chimique et les conditions ther-

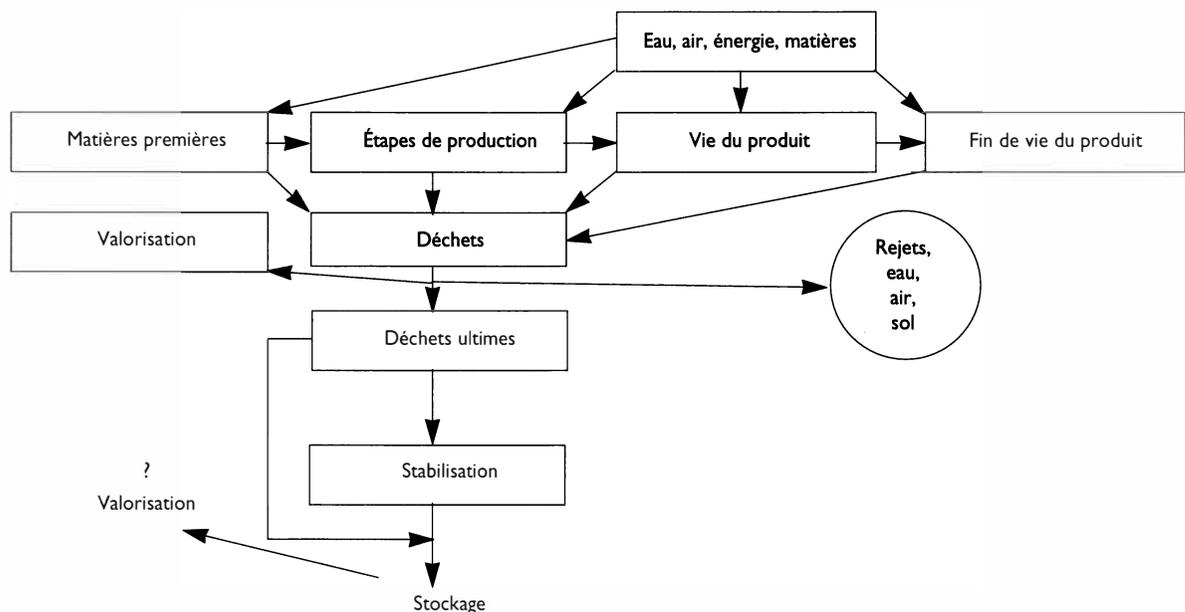


Figure 1

miques de leur mise en œuvre :

- à froid : liants hydrauliques,
- à basse température (110 à 250°C) : bitumes, thermoplastiques, polymères tridimensionnels, etc.),
- à haute température (1200 à 1500°C) : vitrification.
- Au plan de l'impact sur l'environnement les exigences qui s'imposent aujourd'hui aux déchets stabilisés visent au respect des seuils d'acceptation à partir des caractéristiques physicochimiques d'un lixiviat obtenu par un test conventionnel dont le seul objectif est de permettre cette conformité (NF X31-210 pour les déchets pulvérulents et NF X 31-211 et NF X 31-212 pour les déchets initialement massifs ou générés par un procédé de stabilisation).

Les procédures de solidification et de fixation chimique sont bien illustrés, avec leur zone de recouvrement par la figure 2 proposée par Jacques Méhu (Nancy 1995).

Au plan pratique, s'agissant de la France, des directives du ministère de l'Environnement, indiquent, à différentes échéances, les catégories de déchets qui devront être stabilisés avant stockage (tableau 2).

On observera l'étendue du marché « potentiel » proposé à cette technique, sachant que les seuls Refiom (A12 – A13) occupent actuellement, l'essentiel du marché.

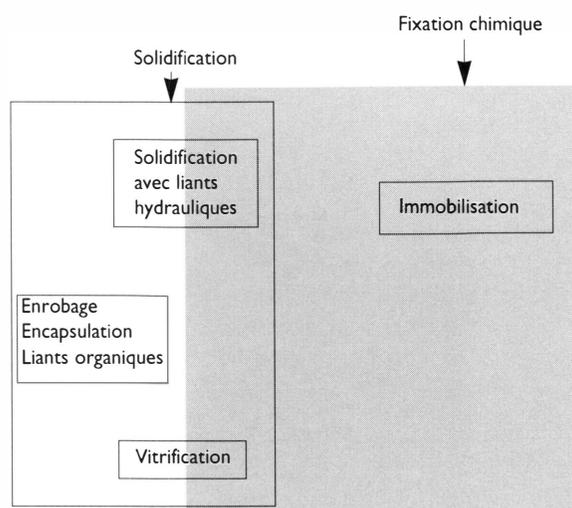


Figure 2 : Solidification et fixation chimique

DÉCHET STABILISÉ ET ENVIRONNEMENT

L'appréciation des impacts potentiels sur l'environnement d'un déchet stabilisé exige une approche d'un

Tableau 2 : Déchets à stabiliser

Le 30/03/95		Le 30/03/98	
Familles de résidus	Types de déchets à inerte	Familles de résidus	Types de déchets à inerte
A1 Résidus de l'incinération	A11 Suies et cendres non volantes C201 A12-A13 Refiom C202 Redifi C202 A13 Résidus des eaux de lavage des gaz C288	B1 Résidus de traitement d'effluents ou de déchets ou de terres contaminées	B11 BHM déshydratées C281 B12 Résidus de STEP industrie C 284 B13 Résines échangeuses d'ions saturés C285
A2 Résidus de la métallurgie	A21 Poussières de fabrication d'aciers alliés A22 Poussières issues de procédés de fabrication de métaux et scories et crasses de seconde fusion de métaux par bains de sels C203 A23 Boues d'usinage contenant moins de 5% d'hydrocarbures C172	B2 Résidus de l'incinération des D.I	B12 Mâchefers résultant de l'incinération des D.I. C201
A3 Résidus de forages résultant de l'emploi de fluides de forages à base d'hydrocarbure C301		B3 Résidus de peinture	B3 Déchets de peinture polymérisés ou solide, de résines, de vernis ou de polymères sans phase liquide C163
A4 Déchets minéraux de traitement chimique	A41 Oxydes métalliques résiduaire solides hors alcalins C261 A42 Sels métalliques résiduaire solides hors alcalins C262 A43 Sels minéraux résiduaire solides non cyanurés C264 A44 Catalyseurs usés C265	B4 Résidus de la métallurgie	B41 Scories, crasses issues de procédés de fabrication de métaux, à l'exception des scories et crasses de seconde fusion de métaux par bains de sels C203 B42 Sables de fonderie n'ayant pas subi la coulée C204
		B5 Résidus d'amiante	Résidus autres que ceux de déflocage C185
		B6 Réfractaires et autres matériaux minéraux usés	

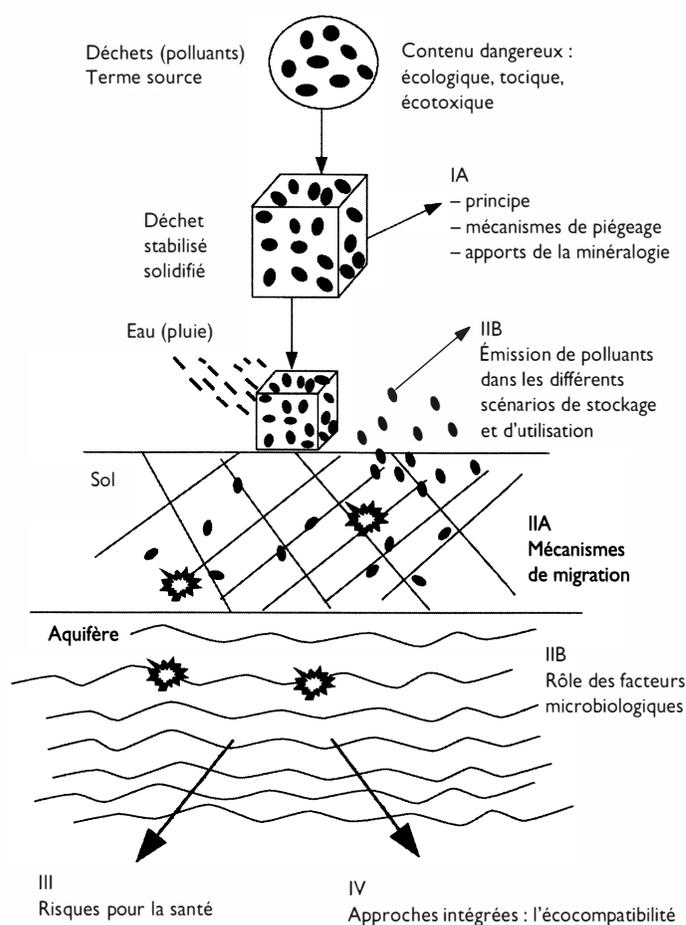


Figure 3 : Architecture du programme du congrès de Lyon

nombre relativement important de caractéristiques et la minimisation de ces impacts se doit de justifier les traitements mis en œuvre. C'est à partir de l'ensemble de ces préoccupations qu'a été défini le contenu de ce programme. Je vais tenter de la schématiser rapidement (figure 3).

Le danger potentiel est représenté, d'une part par le contenu du déchet en éléments polluants (caractérisation chimique) et d'autre part, par la plus ou moins grande facilité de ces polluants à être mobilisés et à atteindre différentes cibles. La mobilisation sous l'action de l'eau est généralement appréciée comme la plus significative (lixiviation et mécanismes de circulation des polluants dans les différents milieux physiques : eau, air sol). Les impacts potentiels qu'il faut prendre en compte sont évalués au regard de trois grandes classes d'impacts :

- les impacts écologiques
- les impacts écotoxiques
- les impacts toxiques.

A partir de cet objectif, on peut décrire l'architecture du programme du congrès de Lyon.

I A : Le déchet qui a été stabilisé réagira aux sollicitations

extérieures en fonction des différents mécanismes de piégeage qui ont été mis en œuvre. Il est important à ce stade d'accorder une place significative aux récents apports de la minéralogie en particulier au niveau de ce que l'on appelle les « analogues naturels ». En effet, la seule nature chimique des polluants n'est pas un élément suffisant au regard des comportements liés à la spéciation, à l'environnement chimique du polluant et à la structure cristallographique du solide étudié.

I B : Sous l'action de l'eau, les différents polluants peuvent être mobilisés et il devient fondamental d'approcher, plutôt de « prévoir », quels seront les polluants (nature, quantité et rythme d'émission) « relargués » dans différents scénarios de stockage ou plus généralement de mise en œuvre.

II A : Une fois les polluants libérés, il est nécessaire de se préoccuper des mécanismes de migration de ces polluants dans les différents milieux solides (sols) ou liquides (aquifères) afin d'estimer les quantités susceptibles d'atteindre les différentes cibles potentielles.

II B : Une attention particulière a été portée sur le rôle, au niveau de ces migrations, des facteurs microbiologiques, ce qui explique la place accordée à ce sous-thème dans l'architecture du congrès.

L'évaluation des risques pour la santé humaine fait l'objet de ce thème. C'est une des originalités fortes de ce congrès d'avoir placé la préoccupation sanitaire au cœur de la réflexion. Bien que difficile à organiser, la réunion de chercheurs de domaines aussi différents que la physicochimie et l'épidémiologie ou la toxicologie, s'inscrit dans une demande forte de la société et apparaît, en dépit des obstacles de tous ordres comme une voie appelée à un grand développement.

IV – Enfin, seconde originalité du congrès, une place importante a été faite à la recherche d'une approche intégrée, sous le vocable « d'Ecocompatibilité » qui sera largement abordée.

ATELIERS THEMATIQUES ET SESSIONS PARALLELES

La figure 4 présente les cinq ateliers thématiques et les deux sessions parallèles qui complètent le programme de ce congrès. Le souci des organisateurs a été d'une part de ne pas négliger les très importantes contraintes techniques, économiques et réglementaires qui sont le lot des acteurs concrets de cette problématique et d'autre part d'assurer les conditions d'un échange de qualité entre ces acteurs et les chercheurs qui, par définition, opèrent dans des champs, parfois très étroits, de la connaissance.

Ateliers thématiques	
AT 1	Gestion des résidus d'incinération des ordures ménagères
AT.2	Valorisation des résidus de process thermiques
AT.3	Étude des matrices cimentières
AT.4	Règlement – normalisation – outils d'évaluation
AT.5	Retour d'expériences industrielles de stabilisation
Sessions parallèles	
→	Neural Network Analysis of Impure Cement Systems
→	Network on Harmonization of Leaching/Extracting Tests

Figure 4 : Ateliers thématiques et sessions parallèles

QUELQUES QUESTIONS EN GUISE DE CONCLUSION

Il est de mon rôle, à l'ouverture de cette manifestation scientifique, de proposer aux participants quelques sujets de réflexion en espérant qu'à l'issue des travaux, quelques réponses auront été apportées :

1. Le « risque zéro » est-il accessible et si non vers quel type de « gestion des risques » nous orientons-nous en matière de gestion des déchets stabilisés ?
 2. Quelle place relative accorder aux effets écologiques écotoxiques et toxiques ? La préoccupation « santé humaine » dominera-t-elle et jusqu'à quel niveau ?
 3. Les polluants minéraux sont au cœur des procédés de stabilisation. Qu'en sera-t-il des polluants organiques au regard de cette technologie ?
 4. Si toute l'attention est très normalement portée sur le « risque résiduel » présenté par le déchet stabilisé, pourquoi ne pas expliciter parallèlement le risque « évité » par la mise en œuvre de la stabilisation ?
 5. L'approche du risque apparaît de plus en plus comme le « produit » de modèles prédictifs qui, par nature, nous éloignent de l'observation de terrain. Comment peut être validée cette approche ?
 6. Dilution et concentration sont alternativement proposées en matière de gestion des déchets. Comment harmoniser ces deux approches, par définition antinomiques ?
 7. La tendance à généraliser une approche globale, tout au long du cycle de vie d'un produit se doit d'intégrer ce stade ultime de la vie que représente la stabilisation. Comment inclure et minimiser les risques liés à ce stade, à l'amont de la réflexion sur les choix des procédés ?
- Je termine enfin en livrant à votre réflexion ce que vient d'écrire le professeur Marian Apfelbaum dans son récent ouvrage *Risques et peurs alimentaires* (Odile Jacob 1999) : «... Seul un process entièrement stable, dont aucun ingrédient, aucun procédé n'auront été modifiés pendant une longue période pourra être affirmé scientifiquement sans risque, ou comportant un risque stable, donc quantifiable ».

Voilà bien du « pain sur la planche » pour la communauté scientifique Et peut être quelques pistes de réflexion pour le prochain congrès, celui du suivant millénaire.

Alain Navarro

Professeur à l'Insa de Lyon - Directeur scientifique du Réseau coopératif de recherche sur les déchets (Record) - Bâtiment 404 - 20, avenue Albert Einstein - 69621 Villeurbanne cedex

