

# VERS UNE PRISE EN COMPTE DE LA NOTION D'IMPACT DANS L'ÉVALUATION DE LA STABILISATION/SOLIDIFICATION DES DÉCHETS

Radu Barna\*, Pierre Moszkowicz\*\*

*Polden Insavalor, Laepsi Insa de Lyon*

**Pour assurer la sécurité à long terme des dispositifs de stockage ou d'utilisation des déchets stabilisés, il faut évaluer les flux de polluants susceptibles d'être émis et transmis jusqu'aux diverses cibles potentielles (faune, flore, ressource en eau potable). Nous présentons ici les premiers résultats concernant l'évaluation du terme source et principalement la solubilisation des polluants en fonction de la variation du contexte chimique. Le pouvoir tampon du matériau joue un grand rôle, notamment en ce qui concerne le relargage des métaux amphotères.**

**In order to ensure a safety long term disposal of the solidified/stabilized wastes it is necessary to evaluate the pollutants release flux to the environment (animal life, flora and drinking water resources). We introduce in this paper the first results of the source term evaluation and mainly the pH dependency on the pollutants solubilization. The buffering capacity of the material plays an important role concerning especially the amphoteric metal release by the waste.**

## INTRODUCTION

La stabilisation par solidification des déchets doit permettre d'assurer le moindre impact environnemental. Dans les cahiers des charges des procédés de stabilisation/solidification figurent déjà les objectifs liés à la stabilité physico-chimique et mécanique des matériaux obtenus. La valorisation des solidifiats obtenus par substitution partielle ou totale de certains agrégats dans les matériaux BTP ne peut être envisagée que si on peut prévoir le devenir à long terme des polluants initialement contenus dans les déchets. L'évaluation environnementale doit alors prendre en compte la notion d'impact sur les milieux récepteurs. Cet impact sera défini à partir de la prévision des flux de polluants émis par le déchet placé dans un certain contexte bio-physico-chimique et hydro-géologique. Pour les déchets solides (massifs ou granulaires) à caractère minéral essentiellement, l'eau est le principal vecteur responsable de l'émission et du transfert de la pollution vers les milieux récepteurs. La normalisation française (X 30-407) et européenne (ENV

12-290) prend en compte la définition du scénario de disposition environnementale du déchet en vue de l'étude de son comportement à la lixiviation. Le scénario est décliné par les facteurs et paramètres qui le définissent, hiérarchisés en fonction de leur incidence sur l'évolution des flux de polluants émis par le déchet, considéré comme le « terme source ». Plusieurs programmes de recherche actuellement en cours ont comme objectif l'étude d'impact de différents déchets. En particulier, le programme « Écocompatibilité » de l'Ademe est destiné à établir la méthodologie de l'évaluation de l'impact sur les milieux récepteurs d'un matériau contenant un déchet dans différents scénarios de stockage ou d'utilisation<sup>(1)</sup>. Notre présentation va décrire l'application de la logique d'impact et plus particulièrement l'étude du terme source pour deux types de déchets.

## MÉTHODOLOGIE GLOBALE

La méthodologie de l'étude d'impact environnemental d'un déchet doit prendre en compte trois termes.

### Le terme source

Défini comme étant le flux des polluants émis à travers une surface d'échange (frontière), le terme source est lui-même fonction du potentiel polluant intrinsèque du déchet, des conditions d'exposition à la circulation de l'eau à l'intérieur et autour du déchet, du mode de disposition dans l'environnement, etc.

### Le transport du flux des polluants

Pendant le transport des polluants entre le terme source et les milieux récepteurs il y a lieu à de nombreuses modifications dans les caractéristiques des flux polluants en fonction des interactions avec les milieux traversés, des caractéristiques hydrodynamiques du transport, des propriétés géochimiques des sols, etc.

### L'action des polluants sur les milieux récepteurs

Les milieux récepteurs peuvent être caractérisés par des niveaux d'acceptation (seuils) de la pollution. Les seuils sont

établis en fonction de différents paramètres, comme par exemple par la dynamique et l'intensité de restitution des flux polluants. Ils dépendent des caractéristiques de la pollution et du milieu cible (faune, flore, ressource en eau potable...). Cette approche systémique de l'étude d'impact environnemental impose la définition du scénario à prendre en compte. Le scénario permet alors de déterminer les principaux facteurs et paramètres qui participent à l'impact environnemental du déchet. Pour le terme source, les études de laboratoire doivent alors permettre d'identifier ces paramètres et de prévoir à long terme les flux de polluants<sup>[2-6]</sup>.

## MÉTHODOLOGIE DE CARACTÉRISATION DU TERME SOURCE

Par exemple, si on considère un scénario où des déchets sont soumis au ruissellement et à la percolation de l'eau de pluie, les facteurs et paramètres composant le scénario peuvent être définis :

- selon la nature du déchet solide : par exemple, déchet massif ou granulaire, déchet poreux ou vitreux, etc.,
- en tenant compte du type de contact eau/déchet : par exemple, percolation ou écoulement en surface (lessivage) ou immersion.

Le terme source peut être caractérisé par plusieurs études :

- étude physico-chimique,
- étude biologique,
- étude écotoxicologique.

Les facteurs complémentaires à chaque type d'étude doivent être précisés, comme par exemple :

- la pluviométrie et, plus généralement, les cycles de température, d'humidification/séchage etc., la nature de la pluie...
- l'apport en nitrates et sulfates et, plus largement, en nutriments organiques et minéraux pour le développement d'un milieu microbiologiquement actif,
- les caractéristiques des organismes testés (type, nombre, âge, santé etc.), les conditions de l'essai (nature, durée et fréquence de l'exposition, facteurs physico-chimiques et microbiologiques, etc.).

Pour chaque étude on peut ainsi limiter le nombre de paramètres à tester expérimentalement par des tests paramétriques spécifiques.

Les études de laboratoire vont pouvoir se dérouler à deux niveaux d'intégration :

- Les tests paramétriques, qui prennent en compte l'influence d'un seul paramètre, les autres étant maintenus constants. Par exemple, la variation de la solubilité d'une espèce en fonction du pH de lixiviation.
  - Les tests de simulation, qui prennent en compte l'influence de plusieurs paramètres sur le flux polluant. Par exemple, la percolixiviation en colonne noyée.
- Les tests sur pilote doivent permettre la calibration et l'assemblage des modèles de comportement déduits par les tests paramétriques. Plusieurs « itérations » entre ces deux

niveaux d'expérimentation ne sont pas à exclure. La validation du modèle global d'impact sera réalisée par un essai à grande échelle.

## ÉTUDE PHYSICO-CHIMIQUE DU TERME SOURCE

Nous présentons par la suite les principales caractéristiques étudiées au laboratoire pour les deux types de scénarios :

- scénario de banalisation : dépôt de déchets poreux granulaires en tas à la surface du sol,
- scénario de valorisation : matériau à base de liants hydrauliques contenant un déchet. Le matériau sert pour la construction d'un réservoir d'eau.

Deux types de déchets sont donc concernés :

- deux déchets granulaires notés déchet A (respectivement A1 et A2),
- un déchet solidifié à base de liants hydrauliques noté déchet B.

L'analyse des deux sous scénarios concernant le terme source de la pollution nous a permis d'identifier les principaux paramètres physico-chimiques qui peuvent influencer l'émission de la pollution. Ces paramètres sont présentés dans le tableau ci-dessous ; on note avec deux étoiles les paramètres qui nous semblent les plus significatifs de la série.

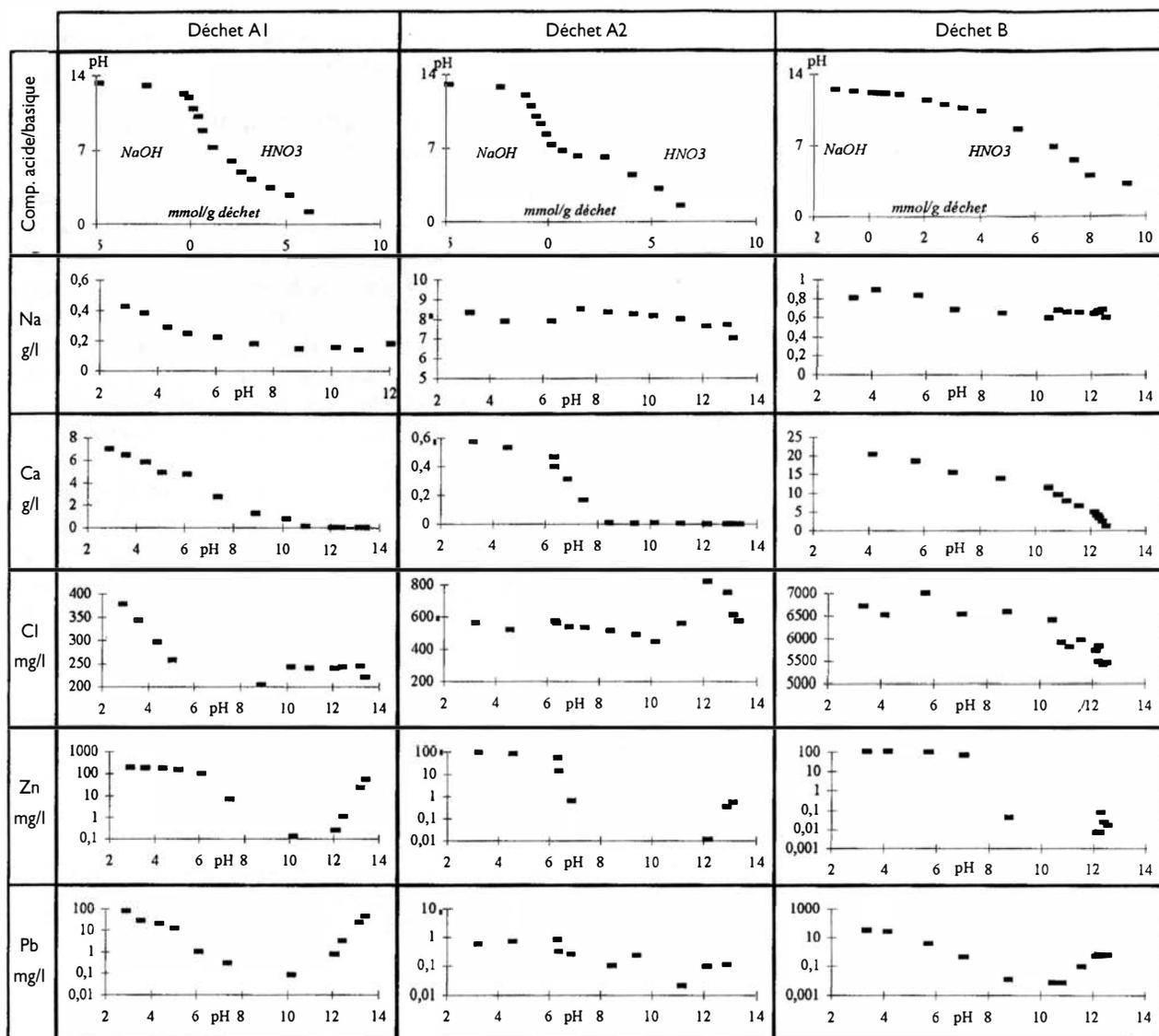
Des tests ou méthodes de mesure spécifiques à chacun des paramètres identifiés dans le tableau sont mises au point. Certains sont déjà normalisés, d'autres sont en cours de normalisation ou pratiqués dans notre laboratoire.

### Identification des principaux paramètres influant sur le relargage des polluants

Paramètres	Déchet	Déchet
	A	B
Composition chimique et minéralogique du déchet	**	**
Fraction soluble	*	*
Homogénéité physico-chimique	*	*
Granulométrie	**	
Porosité	**	**
Perméabilité	*	*
Capacité de neutralisation	*	*
Solubilité des polluants	**	**
Paramètres mécaniques	**	**
Caractérisation de la surface spécifique	*	
Comportement aux cycles lixiviation/séchage	*	*
Sensibilité à la carbonatation	*	*

### Étude de la solubilité en fonction du pH des polluants

Parmi les paramètres identifiés dans le tableau précédent la solubilité des différents a une grande incidence sur le comportement à la lixiviation. En effet, en fonction des propriétés physico-chimiques du lixiviant (surtout le pH pour les espèces minérales à caractère amphotère) la disponibilité des polluants pour le transfert vers les milieux cibles va être modifiée.



**Comportement en fonction du pH de quelques espèces contenues dans les déchets**

L'étude expérimentale de la solubilité des polluants en fonction du pH de la solution de lixiviation est menée sur les matériaux finement broyés pour atteindre le plus rapidement l'équilibre solide-liquide. Le principe de la méthode expérimentale consiste dans la mise en contact d'une quantité de matériau finement broyé (granulométrie < 300 µm) avec un volume de solution de lixiviation à pH fixé. Le processus est réalisé à l'abri de l'air pour éviter la carbonatation, sous agitation continue et à température constante. Une étude préalable permet l'estimation du temps contact solide/liquide nécessaire pour atteindre l'état stationnaire (équilibre). Après filtration (filtre de 0,45 µm) la solution est analysée. La représentation des concentrations (mg/l) des polluants en fonction du pH final correspondant à l'état stationnaire des solutions ainsi que celle de la variation du pH final en fonction de la quantité initiale d'acide ajoutée dans la solution donnent des informations utiles quant à la réponse globale du matériau étu-

dié par rapport à une agression acide/basique du milieu (pouvoir tampon) ainsi que pour chacun des polluants suivis.

Nous avons appliqué la méthode décrite à l'étude de trois déchets différents :

A1 : un déchet granulaire de type mâchefer d'incinération des ordures ménagères,

A2 : un déchet granulaire de type scorie en provenance d'un procédé de récupération du plomb,

B : un matériau massif poreux contenant un résidu de l'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères solidifiés/stabilisés par de liants hydrauliques.

Pour couvrir une large gamme de pH nous avons utilisé comme réactifs l'acide nitrique (acide non complexant, faiblement oxydant) et l'hydroxyde de sodium.

Dans la figure, nous présentons quelques comportements spécifiques observés pour les trois déchets.

On observe que le comportement acide/basique des trois

déchets est différent : si le déchet A1 a une réaction faiblement basique, sa capacité de neutralisation est relativement faible : l'ajout de faibles quantités d'acide a des répercussions immédiates sur le pH d'équilibre. Le déchet A2 montre un pouvoir tampon jusqu'à environ 3 mmol acide/g déchet. Le déchet B a un pouvoir basique beaucoup plus important que les deux autres.

Le comportement du Na, métal alcalin, dont la solubilisation ne dépend généralement pas du pH, est logiquement vérifié dans le cas des déchets A2 et B. Pour le déchet A1, à cause de sa complexité structurale (présence de phases vitreuses), la disponibilité du Na dépend du pH.

Le relargage du Ca devient très faible avec l'augmentation du pH, pour devenir négligeable pour les valeurs supérieures à 12,5 (ce qui est logique par l'effet d'ion commun). La diminution de la solubilisation du Ca avec l'augmentation du pH est spécifique de chaque déchet.

Quant au comportement du Pb et du Zn, leur solubilisation est fortement dépendante du pH, en passant par un minimum situé dans la région des pH alcalins (8 à 10). Le comportement du Pb dans le déchet A2 semble particulier : en effet, celui-ci contient des particules de Pb métallique qui n'ont pas pu être broyées et qui ont été analysées séparément.

## CONCLUSION

Le travail présenté ici n'est que la première partie de l'évaluation du terme source, générateur de flux potentiellement polluants. C'est la solubilité des polluants qui doit d'abord être étudiée en fonction de la variabilité du contexte chimique, et tout d'abord du pH.

Le pouvoir tampon du déchet est un paramètre essentiel, surtout pour le comportement à long terme des métaux amphotères. En effet, la solubilité de telles espèces peut évoluer très fortement, dès que le pH à l'interface solide-liquide évoluera, lorsque le pouvoir tampon commencera à s'épuiser.

### \* Radu Barna,

Polden Insavalor SA - BP 2132 - 69603 Villeurbanne cedex

### \*\* Pierre Moszkowicz,

Laboratoire d'analyse environnementale des procédés et des systèmes industriels (Laepsi), Institut national des sciences appliquées de Lyon - 20, avenue Albert Einstein - 69621 Villeurbanne cedex

## Bibliographie

- [1] V. Mayeux, Y. Perrodin : *Écocompatibilité des déchets : vers une prise en compte de la notion d'impact pour l'élimination et la valorisation des déchets*, dans *Déchets Sciences & Techniques*, n° 3, 1996, p. 10-18.
- [2] R. Barna, P. Moszkowicz, J. Véron et M. Tirnoveanu : *Solubility model for the pore solution of leached concretes containing solidified wastes*, *Journal of Hazardous Materials*, 1994, vol. 37, p. 33-39.
- [3] R. Barna, F. Sanchez, P. Moszkowicz, J. Méhu : *Leaching behaviour of pollutants in stabilized/solidified wastes*, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 52, 1997, p. 287-310.
- [4] F. Sanchez, P. Moszkowicz, R. Barna, J. Méhu : *Modélisation des transferts de matière en milieu poreux : modèle couplé dissolution/diffusion*, *Déchets-Sciences & Techniques*, 1996, n°4, décembre, p. 23-26.
- [5] R. Barna, F. Sanchez, P. Moszkowicz, J. Méhu : *Leaching behaviour of pollutants in stabilized/solidified wastes*, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 52, 1997, p. 287-310.
- [6] P. Moszkowicz, F. Sanchez, R. Barna, J. Méhu : *Pollutants leaching behaviour from solidified wastes : a selection of adapted various models*, *Talanta*, 1998, vol. 46, iss3, p. 375-383.

## APPEL A COMMUNICATIONS

### Techniques de décontamination - Analyse et méthodologies de traitement et de réhabilitation des sols pollués

13-15 avril 1999 - Paris

Dans le cadre de la 1<sup>ère</sup> biennale des technologies et des processus industriels se déroulera cet atelier international. Il aura lieu alors que se déroulera en parallèle une exposition de technologies de pointe dans le domaine de la décontamination. L'atelier fait partie d'un programme de la commission économique des Nations-Unies pour l'Europe (CEE-ONU) concernant le nettoyage des sites pollués par les produits chimiques en Europe centrale et orientale et il se tiendra en même temps et au même endroit que la première Biennale.

L'association Interchimie a été chargée d'organiser cet atelier en collaboration avec l'Ademe, Entreprises pour l'Environnement, l'Ineris, l'UIC, et l'Union professionnelle des entreprises de décontamination de sols. L'Atelier se tiendra sous les auspices de la CEE-ONU et le haut patronage du ministre de l'Industrie et du ministre chargé de l'Environnement.

Les thèmes suivants seront discutés : évaluation des risques, stratégies d'investigation, méthodes de traitement en vue de leur réhabilitation, dispositions pour la suppression de l'exposition, stratégies de dépollution, aspects juridiques, financiers et de la communication. Les personnes désireuses de présenter une communication ou un poster doivent déposer leur proposition avant le 10 juillet 1998 auprès de Vincent Limousin.

Vincent Limousin - Interchimie, F-92038 Paris La Défense cedex : Tél. : 01 47 17 62 91 ou 01 47 17 63 66 - fax : 01 47 17 63 65 - E-mail : [Limousin@worldnet.fr](mailto:Limousin@worldnet.fr)