

Lettre du Pôle Environnement Sud-Aquitain N°3

Octobre 1997

Diagnostic et réhabilitation des sols pollués

Le mot du Président

Lorsque j'ai animé le groupe "Recherche et Développement Environnement Industriel" courant 1995, nous sommes restés régulièrement en contact avec la direction des sciences chimiques du CNRS. Chemin faisant, celle-ci nous avait recommandé de nous positionner sur deux axes : la spéciation des métaux (voir lettre du PESA n° 2) et la réhabilitation des sols pollués.

Je suis heureux de voir que ces recommandations ont été toutes deux prises en compte et mises en oeuvre. Nous consacrons ce numéro aux sols pollués, thème sur lequel l'APESA a organisé un atelier de travail en janvier 1997 et autour duquel s'est mis en place un club animé par Alain Bourg, professeur de l'Université de Limoges. Alain Bourg est depuis la rentrée professeur à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. Nous lui souhaitons la bienvenue et bonne chance au club pour lequel on peut raisonnablement avoir de grandes ambitions.

Franck MÉTRAS, Président de l'APESA

Dépolluer ou laisser en place ?

L'analyse des risques, par Alain Bourg

Avant de décider si un sol contaminé doit être traité, et dans l'affirmative par quelle méthode, plusieurs étapes préalables sont nécessaires. C'est ce que l'on appelle l'analyse de risques.

L'analyse de risques implique de se poser plusieurs questions:

- Quelles sont les teneurs en polluants par rapport au bruit de fond géochimique local (teneurs naturelles, dont la présence est due, pour les éléments métalliques, à l'altération des roches et à la genèse des sols) ? Par exemple, les sols sur roches volcaniques sont naturellement plus riches en arsenic.
- Quelle est la mobilité potentielle du polluant dans le milieu ? Par exemple de faibles concentrations en cadmium dans un sol posent un risque plus grand que pour d'autres métaux car cet élément est très mobile (susceptible d'être remis en solution, lors de faibles variations de la chimie de l'eau induites par les activités humaines).
- Quel est l'usage futur du site ? Les critères de "qualité" du sol seront différents suivant que l'on désire y construire un parking ou une école, que l'on est proche ou loin d'une ressource stratégique en eau souterraine...

La réhabilitation, si elle est jugée nécessaire peut impliquer soit un confinement (membrane, couverture ou paroi étanche, piège hydrogéologique), soit un traitement (sur site ou dans une usine, après excavation). Le traitement peut consister en une remobilisation (les produits toxiques sont entraînés avec de l'eau, qui devra elle-même être traitée), en une transformation (pour modifier le produit en un autre moins toxique ou moins mobile) ou encore en une fixation (pour rendre le polluant moins mobile).

Un certain nombre de connaissances rendent d'ores et déjà possibles des études de réhabilitation. Le travail à réaliser (en volume de sols concerné) est tellement vaste, que ce soit en France ou à l'étranger (par exemple en Europe Centrale, dans les futurs pays membres de l'Union Européenne), qu'il est nécessaire d'enrichir notre compréhension des processus concernés. Il s'agit tout spécialement des phénomènes de solubilisation/insolubilisation et de transformation à l'interface solide-liquide (sol-eau). C'est un des objectifs de l'équipe "Sols Pollués" du Laboratoire Chimie Bio Inorganique et Environnement de l'UPPA.

Le diagnostic des sols pollués

La réhabilitation d'un site pollué est une opération complexe qui intègre plusieurs étapes, à savoir, le diagnostic de pollution, l'évaluation des risques, le choix d'une filière de décontamination, sa mise en oeuvre et le suivi des travaux. Le diagnostic consiste à caractériser l'état du site et doit être le plus détaillé possible. Il comprend essentiellement l'identification des polluants (nature, concentration, origine...) et la détermination des conditions géologiques, physico-chimiques du site. Dans un second temps, il s'agit d'évaluer les risques encourus par la population et l'écosystème. Il faut alors décider s'il est nécessaire ou non d'entreprendre des actions de réhabilitation et, si oui, pour quel traitement opter. Cette décision est complexe, se fait au cas par cas, et doit tenir compte de tous les critères : techniques (nature du polluant, faisabilité etc...), économiques (coût), usage futur du site.

Quand le traitement est mis en oeuvre, un suivi des travaux s'impose (évolution de la contamination, traitement des rejets...). Pour répondre à ces besoins, le laboratoire de génie industriel de l'Ecole des Mines d'Alès développe des outils méthodologiques :

- une méthodologie de diagnostic environnemental des sols pollués par des hydrocarbures
- un outil d'évaluation simplifié des risques
- une méthodologie expérimentale de biorémédiation des sols contaminés par des HAP.

Olivier THOMAS
Ecole des Mines d'Alès

Deux exemples de réhabilitation de sols pollués

Un procédé original dans la dépollution des sols : la combinaison de techniques physiques de drainage avec les techniques de biodégradation.

Le "Drainage Hydropneumatique Bioactif", procédé mis au point par le groupe Elf avec l'appui de l'Institut Français du Pétrole" a été appliqué industriellement pour la première fois sur l'ancien dépôt pétrolier de Saint-Herblain (44). Il s'agissait d'éliminer les essences et les gasoils présents dans le sol. Le sol a d'abord été soumis à un drainage (un "lavage") à l'eau avec des tensio-actifs, ce qui a permis de retirer plus de 50 % des essences et gasoils présents. Ensuite, les bactéries présentes dans le sol ont été nourries avec un produit spécialement mis au point par le groupe Elf : l'INIPOL EAP 22. Elles se sont ainsi développées et ont dégradé les hydrocarbures résiduels.

Jean-Claude SETIER
Elf Aquitaine Exploration Production France
Tél. 05.59.92.28.85

Christian SCHULTZ
CECA
Tél. 05.59.95.44.12

Une technique bien maîtrisée : la dégradation bactérienne des hydrocarbures

TECHNICHEM a réhabilité avec cette technique une ancienne usine à gaz de GDF à Grand Quevilly (76). 2 000 m² de terres contaminées par des hydrocarbures et des HAP ont été excavées et disposées sur une surface d'accueil sur le site. Pour favoriser l'action des bactéries présentes dans le sol, les terres ont été aérées par l'ajout d'éléments structurants (paille) et "nourries" par l'ajout de nutriments contenant azote et phosphate. En 12 mois pour les hydrocarbures et 18 mois pour les HAP, les bactéries ont dégradé la quasi totalité des polluants en CO₂ et H₂O.

Hélène BAHURLET
TECHNICHEM
Tél. 05.59.02.02.37

Quelques recherches menées par le Club "Diagnostic et réhabilitation des sols pollués"

Des bactéries transforment les métaux

Certaines bactéries issues de sédiments non oxygénés ont un impact sur la mobilité des éléments traces. Ainsi, des bactéries dites sulfato-réductrices produisent des sulfures qui se retrouvent piégés dans les sédiments sous forme de FeS₂ ou FeS. Ces composés vont alors être oxydés par d'autres bactéries dites sulfo-oxydantes. Ces processus de transformation des ions métalliques peuvent être appliqués aux sols contaminés.

Pierre CAUMETTE
Laboratoire d'Ecologie Moléculaire
Université de Pau et des Pays de l'Adour

Des champignons à l'assaut des polluants persistants

Certains champignons filamenteux qui assurent naturellement la dégradation de la lignine (composé polyaromatique du bois) sont dotés d'un grand nombre de systèmes enzymatiques, ce qui leur permet de dégrader une large gamme de composés difficilement biodégradables. Parmi ces produits, on peut citer les hydrocarbures polycycliques persistants, des composés aromatiques chlorés ou encore des pesticides. Expérimentés jusqu'à présent dans les procédés de traitement d'effluents aqueux, ces champignons commencent à faire leur apparition dans la dépollution des sols.

Philippe GOULAS
Laboratoire d'Ecologie Moléculaire
Université de Pau et des Pays de l'Adour

Des plantes sur des sols pollués

Lorsqu'un sol est contaminé par des éléments métalliques (arsenic, plomb, chrome...), les plantes peuvent absorber ces polluants et les récoltes s'en trouvent altérées. Une solution, la phytostabilisation, peut être d'apporter sur ce sol des amendements qui réagissent avec ces éléments traces pour empêcher leur migration et les rendent non disponibles pour les processus biologiques. Certaines plantes sélectionnées peuvent ensuite se développer sur cette matrice stabilisée tout en absorbant les métaux libres résiduels.

Michel MENCH
Biogéochimie des éléments traces dans les agrosystèmes
INRA Bordeaux
Tél. 05.56.84.32.77

Transporter les polluants grâce à un champ électrique

L'électromigration est une technique qui permet de traiter un sol contaminé par des métaux. Il s'agit, entre deux électrodes, de créer un champ électrique qui va faire migrer les espèces ioniques contaminantes en solution : les anions se déplacent vers l'anode et les cations (en particulier les ions métalliques) vers la cathode. Les ions traversent ensuite les membranes semi-perméables des électrodes puis sont extraits et traités.

Michel ASTRUC
Laboratoire de Chimie Bio-Inorganique et Environnement
Université de Pau et des Pays de l'Adour – CNRS

Optimiser l'extraction des métaux par voie chimique

Un projet co-financé par l'ADEME et le BRGM apporte de bons espoirs pour la décontamination chimique des sols pollués par les métaux : des métaux tels que le cadmium et le plomb peuvent être extraits des sols par voie chimique avec d'excellents rendements. De plus, grâce à un modèle mathématique développé à cet effet, il est possible de déterminer les conditions optimales de la réhabilitation (nature et concentration de l'élément chimique à utiliser, optimisation du pH, débit de fluide...).

Alain BOURG
Laboratoire de Chimie Bio-Inorganique et Environnement
Université de Pau et des Pays de l'Adour - CNRS

L'eau de javel pour traiter les sols pollués

Certains réactifs permettent de rendre solubles des polluants inorganiques qui, dans les sols, sont souvent liés à d'autres éléments pour former des composés plus stables. Ainsi mis en solution, ces éléments peuvent être récupérés et traités. L'eau de javel s'est avérée être un réactif efficace et de moindre coût.

Michel ASTRUC
Laboratoire de Chimie Bio-Inorganique et Environnement
Université de Pau et des Pays de l'Adour - CNRS

Sols pollués : enjeux environnementaux, économiques et réglementaires

La circulaire du 3 décembre 1993 du ministère chargé de l'Environnement définit une politique globale et systématique dans le domaine des sols pollués. Cette politique comporte trois idées forces : recenser, hiérarchiser, traiter.

Le recensement couvre les sites déjà connus, en activité ou non, et les sites qui auraient pu être pollués, hérités notamment du passé. C'est ainsi qu'un inventaire historique de ces sites a été lancé en Aquitaine en 1996.

La hiérarchisation et le traitement des sites nécessitent que soit défini un cadre technique et méthodologique clair et précis. En France, l'approche retenue privilégie un traitement au cas par cas, en fonction du contexte environnemental et de l'usage du site. Un certain nombre de critères généraux et normatifs doivent cependant guider les décisions. Ainsi, le ministère chargé de l'Environnement a mis au point une méthodologie permettant de conduire une évaluation simplifiée des risques. Cette méthodologie doit être complétée par un volet relatif à l'évaluation approfondie des risques pour les sites le nécessitant. Sur ce volet, elle devra répondre à la question suivante, difficile sur un plan théorique et technique : quel est le niveau de traitement acceptable pour un site pollué ? Autrement dit, quel est le risque résiduel acceptable ?

Le domaine des sites pollués ouvre un vaste champ à la recherche et au développement, tant au niveau de l'identification des polluants et de leur impact, qu'au niveau des solutions de traitement. Les enjeux dans ce domaine sont de taille : ils sont environnementaux avant tout, mais aussi patrimoniaux. En effet, les coûts des traitements liés à ce type de pollution (de l'ordre du million de francs) peuvent obérer significativement le passif d'une entreprise, notamment d'une PME-PMI. Ce passif n'est pas à ce jour explicitement pris en compte dans le bilan de l'entreprise, mais il peut se manifester clairement lors d'une reprise, d'un rachat ou d'une transmission d'entreprise. Enfin, lorsque l'entreprise fait faillite, le site pollué revient, en l'absence d'exploitant et de propriétaire solvable, à la charge de la collectivité. Par conséquent, il convient de garder à l'esprit que la prévention est la première des exigences à mettre en oeuvre en matière de sites pollués. A cet effet, une démarche de management environnemental peut constituer un moyen pratique pour l'entreprise de répondre à cette exigence.

D. SEDES
Chef de la Division Environnement Industriel
DRIRE Aquitaine

Membres du Club "Diagnostic et réhabilitation des sols pollués"

Laboratoire Chimie Bio-Inorganique et Environnement
CNRS - Université de Pau et des Pays de l'Adour
Tél. : 05.59.80.68.80 - Fax : 05.59.80.12.92
[Michel ASTRUC](#) - [Alain BOURG](#) - [Olivier DONARD](#)

Laboratoire Génie de l'Environnement Industriel
Ecole des Mines d'Alès
Tél. : 04.66.78.53.68 - Fax : 04.66.78.53.74
[Olivier Thomas](#)

INRA
Centre de Recherche de Bordeaux
Tél. : 05.56.84.30.42- Fax : 05.56.84.30.54
Michel MENCH

Laboratoire d'Ecologie Moléculaire
Université de Pau et des Pays de l'Adour
Tél. : 05.59.92.31.45 - Fax : 05.59.80.83.11
[Pierre CAUMETTE](#) - [Philippe GOULAS](#)

ZOOM SUR... La journée technique "Odeurs et Environnement"

L'odorat est un des sens les plus sensibles de l'homme. C'est pourquoi les mauvaises odeurs sont souvent au centre des préoccupations des riverains par peur du possible impact sur la santé. D'un autre côté, une réglementation de plus en plus rigoureuse oblige les industriels et les collectivités à limiter leurs émissions d'effluents gazeux. Il est donc nécessaire que ces personnes aient une formation concrète et à jour dans le domaine des odeurs. L'APESA organise une journée technique sur le thème "Odeurs et Environnement" le 2 décembre 1997 à l'IPC. Après une présentation générale des odeurs, des méthodes de mesure et de caractérisation, les interventions porteront sur les procédés de traitement en référence à de nombreux cas correspondant aux préoccupations régionales : papeterie, chimie, traitement des déchets et des eaux usées.

Votre contact : [Laurent DUMERGUES](#) - Tél; 05 59 30 81 83