



Sommaire | P. 9-13 À l'heure de la reconversion des friches industrielles, deux enjeux majeurs doivent être pris en compte : la santé publique et l'aménagement des territoires (p. 9). L'INERIS peut intervenir en tant qu'expert pour réaliser un état des lieux (p. 10), définir la mise en œuvre de mesures de gestion adaptées (p. 11) et évaluer les risques d'exposition pour l'homme et l'environnement (p. 12).

Les contributeurs



Rodolphe Gaucher, responsable de l'unité Technologies et procédés propres et durables



Corinne Hulot, ingénieur de l'unité Impact sanitaire et expositions



Muriel Ismert, responsable de l'unité Impact sanitaire et expositions



Julien Michel, ingénieur de l'unité Comportement des contaminants dans les sols et matériaux à l'INERIS



Martine Ramel, responsable du pôle Risques et technologies durables

Gérer les pollutions industrielles pour contribuer à l'aménagement urbain

La reconquête des friches industrielles implique de résoudre une problématique importante, celle de leur pollution. Expert en gestion des sites et sols pollués, l'INERIS peut intervenir à chaque étape d'un projet d'aménagement, du diagnostic à la gestion intégrée.

« **C**haque un a le droit de vivre dans un environnement équilibré et respectueux de la santé. » Cette phrase constitue le 1^{er} article de la Charte de l'environnement, texte intégré en droit français depuis 2004⁽¹⁾, et qui vise à renforcer dans notre pays la lutte contre toute forme de pollution, y compris celle du sol et des eaux souterraines.

La France comporte de très nombreux sites et sols pollués, héritage de décennies, voire de siècles d'activités industrielles ou artisanales (mines, usines, dépôts pétroliers, garages, blanchisseries, imprimeries). « Réaménager ces sites est une tâche complexe, car les pollutions sont d'origines et de caractéristiques très diverses : métaux, hydrocarbures, produits chimiques, solvants, etc., explique Martine Ramel, responsable du pôle Risques et technologies durables à l'INERIS. En outre, l'historique de leurs contaminations est souvent mal connu et les responsables pas toujours identifiés... » Autre particularité, la présence de sites pollués soulève des enjeux non seulement de santé publique, mais aussi d'aménagement des territoires. « Ces deux enjeux sont en fait fortement liés : la loi SRU⁽²⁾, qui prévoit de lutter contre l'étalement urbain vers les campagnes, et la loi Grenelle II, qui renforce les dispositions concernant la pollution des sols dans les projets d'aménagement, se conjuguent pour inciter à la reconquête des friches industrielles restées à l'abandon dans les villes mêmes ou à proximité. » L'objectif affiché de

densification urbaine passe alors par la reconversion de ces sites pollués pour y créer, selon les risques identifiés, des logements, des bureaux, des parkings, des écoles, des espaces verts... D'où la nécessité d'évaluer exactement les contaminations du sol et leurs impacts éventuels sur la population et l'environnement.

Une expertise intégrée

L'INERIS dispose à cet égard d'une expertise "intégrée" en matière de gestion des sites. Ses compétences complémentaires permettent de couvrir toute la gamme des études nécessaires à la bonne gestion des sites : mesure des contaminations dans les milieux (eau, air, sol, végétaux, etc.), étude de l'impact sur ces milieux, évaluation des risques pour la santé humaine et les écosystèmes, compatibilité avec l'usage envisagé du site, identification des options de réhabilitation, aide à leur application, surveillance météorologique... « L'INERIS est en mesure d'assurer, dans des contextes variés, une expertise optimale pour accéder à la caractérisation des milieux d'exposition, des risques associés et des moyens de gestion à apporter », poursuit Martine Ramel.

1- Cette charte s'est vu depuis renforcée avec les deux Plans nationaux santé environnement (PNSE I et II).
2- Ou loi Gayssot, relative à la solidarité et au renouvellement urbains.

Zoom sur

CityChlor : une approche intégrée de la question des solvants chlorés

CityChlor est un projet européen qui visait – car il vient de s'achever – à développer une approche intégrée pour la gestion des sites contaminés par les solvants chlorés en milieu urbain, tels que blanchisseries, garages, ateliers de mécanique. Doté d'un budget global de 5,2 m€*, CityChlor a réuni durant plus de trois ans les pouvoirs publics, des instituts de recherche et des municipalités de Belgique, des Pays-Bas, d'Allemagne et de France (INERIS et Ademe). À l'issue de ce programme, un ensemble de guides de bonnes pratiques et de retours d'expérience ont été élaborés pour la caractérisation et la remédiation de ces sites ainsi que des méthodologies pour l'analyse des risques, l'implication des populations, la prise en compte des aspects économiques et d'urbanisme.

* Dont 50% financés par le programme européen INTERREG IV B.



En savoir plus
<http://www.cityChlor.eu/>

Panorama des prestations proposées par l'INERIS

Retrouvez les fiches produits de l'INERIS sur www.ineris.fr

Études historiques et documentaires.

Diagnostics des contaminants présents dans différents milieux (sol, air, eau, végétaux, etc.):

stratégie d'investigations et d'échantillonnages sur site; analyses chimiques; comparaison des concentrations d'exposition aux valeurs de gestion en vigueur (démarche d'interprétation de l'état des milieux).

Modélisation des transferts des polluants vers les différents milieux: évaluation des expositions.

Évaluation quantitative des risques sanitaires liés aux sites pollués.

Bilan coûts/avantages et proposition de mesures de gestion pertinentes.

Phytotechnologies: accompagner la mise en œuvre.

Surveillance métrologique des sites et de leur environnement.

État des lieux

Le diagnostic, première étape de la gestion d'un site pollué



Préalable indispensable à tout aménagement d'un site pollué, la phase de diagnostic consiste à dresser un bilan factuel de l'état du site.

« **L'**objectif du diagnostic, explique Julien Michel, ingénieur de l'unité Comportement des contaminants dans les sols et matériaux, est de connaître les caractéristiques et le niveau de pollution des différents compartiments environnementaux (sources, milieux de transfert, milieux d'exposition) que sont le sol, les eaux souterraines, les gaz contenus dans le sol et l'air intérieur. » L'avenir d'un lieu dépend en effet du niveau de pollution constaté, du risque potentiel et des enjeux. Un terrain contenant des traces d'hydrocarbures, par exemple, ne pourra être utilisé en l'état pour y établir un jardin public – les enfants seraient susceptibles d'y être exposés par contact ou ingestion de la terre contaminée; le problème est moindre si l'on projette d'y bâtir un simple parking. Mais encore faut-il savoir quels polluants sont présents, en quelles quantités et comment ils migrent...

Des campagnes de mesure proportionnées aux enjeux

« Le diagnostic commence par l'examen de l'historique du lieu et se poursuit par une

campagne de mesures sur le terrain ». Les équipes de l'INERIS disposent de toute une panoplie d'outils pour « caractériser non seulement la nature et la quantité des polluants présents dans le sol ou les eaux souterraines, mais aussi leurs interactions et leur transfert au sein des différents milieux qui le constituent et vers la surface », précise Julien Michel. Des échantillons sont prélevés sur site en vue d'analyses qualitatives et quantitatives en laboratoire. En parallèle, peuvent également être déployés sur le terrain des appareils capables de fournir des informations en temps réel. À la suite du diagnostic et de la mise en place des mesures de gestion, ces outils restent précieux pour les opérations de surveillance, qui peuvent s'étaler sur plusieurs années afin de vérifier l'évolution de la contamination au fil du temps (notamment les variations saisonnières). Cette surveillance permet de déterminer – ou de prévoir – les « migrations » et flux des polluants, en s'appuyant notamment sur des modèles mathématiques validés expérimentalement.

CHIFFRES CLÉS

22,6 %

Part de l'activité de l'INERIS consacrée aux industriels (source: RA 2012)

251 000

sites pollués en France, au 30 juin 2010

(source: ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie)

Mesures de gestion

Ni sous-dimensionnées, ni surdimensionnées

À partir des résultats obtenus, une démarche de gestion adaptée peut être proposée. Revue des possibilités d'actions.

Selon les cas de figure, l'INERIS procède à ce que l'on appelle une « interprétation de l'état des milieux » (IEM) ou un plan de gestion. Ces démarches ont pour but de s'assurer que l'état du site est compatible avec les usages constatés (IEM) ou les usages futurs (plan de gestion). Un résultat négatif pourra alors se traduire par des recommandations (mesures constructives), des restrictions d'usage: interdiction de se servir d'un puits, fermeture d'une aire de jeux, etc. S'il s'agit d'un projet d'aménagement sur une friche urbaine, il est possible d'agir aussi bien sur l'état du site que sur ses usages (en adaptant le projet d'aménagement ou en le dépolluant). L'INERIS intervient alors pour définir, en fonction des sources de pollution identifiées, des risques évalués et de la complexité des enjeux, la mise en œuvre de mesures de gestion élaborées.

Des solutions pertinentes

L'« interprétation des milieux » repose sur une gestion sanitaire et environnementale du site en l'état. Elle permet de vérifier la compatibilité des milieux (air, eau, sol etc.) avec les usages fixés ou constatés. Le plan de gestion, quant à lui, consiste à déterminer, sur le site pollué, les opérations de dépollution et/ou les

aménagements à mettre en œuvre afin d'éliminer ou de réduire la pollution et les risques associés. Les recommandations sont déclinées sur la base d'un bilan coût/avantages, au regard des résultats de l'évaluation des risques sanitaires. Les divers types d'actions pertinentes possibles sont proportionnés à la pollution, aux risques et aux enjeux. « La solution choisie ne devra être ni sous-dimensionnée (donc insuffisamment protectrice), ni surdimensionnée (donc inutilement coûteuse); là réside une grande part de la difficulté de l'exercice », souligne Martine Ramel. Selon le cas, on pourra proposer de traiter les sources de pollution, d'excaver le sol pollué et de le remblayer par de la terre saine (solution radicale mais coûteuse), d'établir des spécifications de construction comme l'intégration d'une barrière physique (dalle, vide sanitaire...). Si le projet comporte des espaces verts, les phytotechnologies peuvent constituer une solution innovante. Ces techniques utilisent les propriétés des plantes pour extraire, contenir ou dégrader les polluants présents dans les sols. Elles permettent de gérer dans la durée la pollution sur site et d'éviter ainsi les impacts associés aux terres excavées. L'INERIS mène plusieurs projets de recherche *in situ* sur cet axe prometteur (voir page 13).



Échantillonneur passif introduit dans un piézomètre.

INERIS SOLUTIONS

Des outils innovants pour caractériser les sites pollués



Julien Michel,

ingénieur de l'unité Comportement des contaminants dans les sols et matériaux à l'INERIS

« Ces dix dernières années ont été marquées par des avancées techniques dans le domaine de la caractérisation des sols et des eaux souterraines. Nous disposons ainsi d'outils d'un type nouveau, les échantillonneurs « passifs », qui permettent un prélèvement d'eau souterraine sans transport actif d'eau et sans source d'énergie extérieure. L'identification et la quantification des contaminants se font ensuite par analyse chimique. Ce procédé est plus facile et plus rapide à mettre en œuvre que les prélèvements conventionnels, effectués à l'aide d'une pompe. » Il existe différentes natures d'échantillonneurs. Certains sont intégratifs: ils accumulent les contaminants durant toute la période d'exposition et révèlent une concentration moyenne sur cette période, alors que la technique conventionnelle ne permet qu'une mesure instantanée. D'autres sont dits « à l'équilibre » et donnent une concentration au moment de leur retrait, tout comme les échantillonneurs passifs instantanés. Ces outils présentent aussi l'avantage de donner des concentrations à une (ou des) profondeur(s) donnée(s) d'un aquifère, contrairement au prélèvement à la pompe qui donne une concentration moyenne sur tout l'intervalle crépiné du piézomètre. L'INERIS conduit également un programme de recherche afin d'évaluer la pertinence de l'utilisation d'échantillonneurs « passifs » pour la caractérisation des gaz du sol ou la surveillance, étendue à l'air ambiant. Ces échantillonneurs, encore peu utilisés en Europe, ont été testés notamment lors de campagnes de terrain sur le site atelier du programme CityChlor, et lors de tests en chambre à atmosphère contrôlée.

Zoom sur

L'INERIS accompagne la Ville de Lyon en assistance à maîtrise d'ouvrage

Les collectivités sont de plus en plus intéressées par les solutions de gestion des sols pollués qui permettent de requalifier les sites sans procéder à l'excavation et l'enfouissement de l'ensemble des terres. Les objectifs poursuivis visent à conjuguer cadre de vie agréable – via la réalisation d'espaces verts de proximité – et maîtrise des risques liés au passif environnemental. La Ville de Lyon fait partie des pionnières en la matière. Dans le cadre de sa politique de développement durable, elle conduit actuellement un projet d'aménagement alliant espaces verts de proximité et phytotechnologies dans le 9^e arrondissement, rue Roquette, véritable vitrine expérimentale au cœur de la ville. L'INERIS accompagne la Ville de Lyon dans ce projet pilote en assistance à maîtrise d'ouvrage pour les travaux d'aménagement (choix des plantes...) et la gestion du site, véritable valorisation des enseignements issus des travaux de recherche.

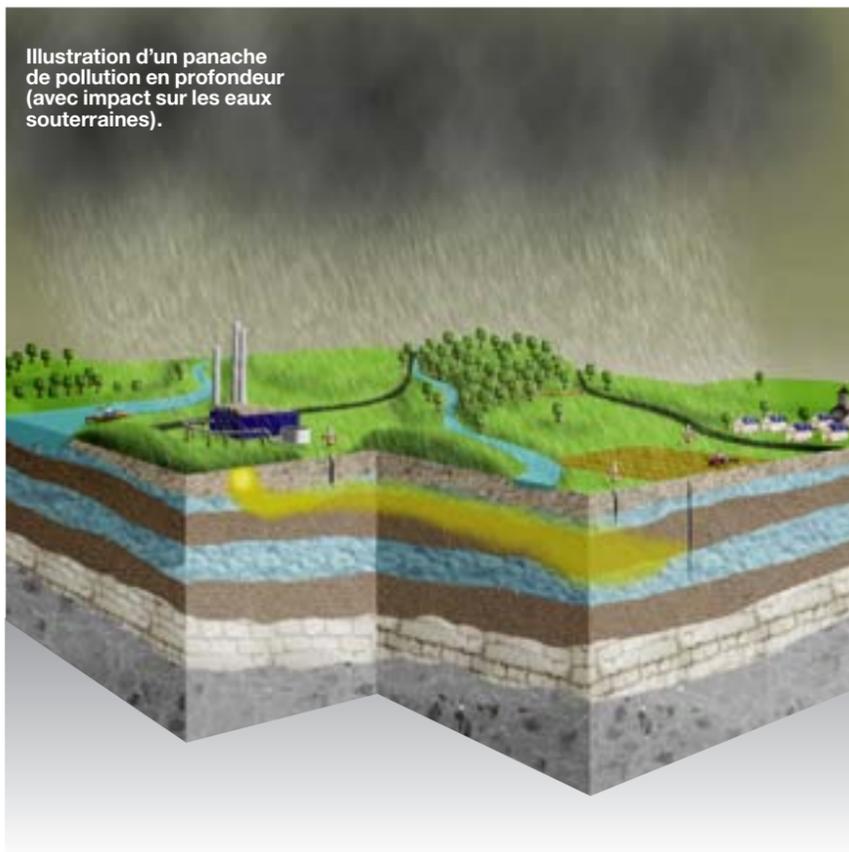


Illustration d'un panache de pollution en profondeur (avec impact sur les eaux souterraines).

Évaluer les risques liés aux expositions

Cette phase, essentielle, vise à estimer les risques actuels ou futurs d'une exposition aux pollutions d'un site.

Une fois le diagnostic réalisé, se pose alors la question de savoir comment et dans quelle mesure les polluants contenus dans le sol peuvent affecter les populations (adultes, enfants, résidents, passants...) et l'écosystème environnants. C'est l'étape de l'évaluation des risques. « Il s'agit d'identifier les différentes voies de transfert et flux des contaminants vers l'air ambiant, les eaux de consommation, les structures en surface... puis d'évaluer leur impact pour l'homme et l'environnement », explique Martine Ramel. Cette notion de risque est complexe: certains polluants enfouis dans le sol peuvent y être durablement "piégés" et ne pas poser de réelle menace pour la santé; d'autres, comme les composés organiques volatils – les solvants d'une installation industrielle par exemple – peuvent contaminer les gaz du sol puis, peu à peu, la surface et être inhalés par les personnes présentes; d'autres

substances encore peuvent se transférer par les plantes, contaminant ainsi la chaîne alimentaire.

Comparaison aux références toxicologiques

Pour évaluer le risque lié au niveau de ces "expositions", les experts de l'INERIS exploitent le panel d'analyses. Les concentrations relevées pour chaque substance sont mises en perspective avec des valeurs toxicologiques de référence, régulièrement mises à jour au niveau international. « Ces valeurs de référence expriment, pour faire simple, le niveau de concentration où l'on est certain de l'absence d'effet toxique. »

C'est à partir de ces évaluations que l'INERIS sera à même, grâce à son expérience acquise dans de nombreux domaines, de se prononcer sur les risques sanitaires pour les populations concernées.

En savoir plus

– Textes relatifs à la prévention et à la gestion des sols pollués: www.developpementdurable.gouv.fr/Lestextesrelatifsala.html

– Journées techniques organisées par l'INERIS sur les substances volatiles (28-29 mai 2013): www.developpementdurable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=32875

– Catalogue formations: <http://www.ineris.fr/dfo/actualites-formation/128>

– Guide Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires (centre de téléchargement sur www.ineris.fr)

– Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués État de l'art et guide de mise en œuvre, Ademe-INERIS, 2012.

Expertises

Dépollution par les plantes: un test grandeur nature dans l'Oise



Rodolphe Gaucher, responsable de l'unité Technologies et procédés propres et durables

L'expérimentation menée à Montataire consiste à appliquer, sur différentes zones, d'une surface totale de 800 m², les techniques de phyto-extraction et de phytostabilisation afin de les tester en situation réelle.

« En concertation étroite avec les équipes d'aménagement (notamment paysager), nous avons planté à l'automne

2012 plusieurs centaines de saules des vanniers, un arbre alliant croissance rapide et capacité à extraire les métaux du sol. Il sera bientôt rejoint par l'arabette de Haller, une herbe sauvage hyper-accumulatrice de cadmium et de zinc. Le Calamagrostis Epigeios, une grande et élégante graminée, est également testé pour stabiliser les métaux dans le sol. »



« C'est dans le cadre de la reconquête d'anciens terrains industriels et leur transformation en "éco-quartiers" que la Communauté de l'Agglomération Creilloise (CAC) a accueilli et soutient activement l'expérience, inédite, de phytoremédiation menée par l'INERIS. »
La CAC souhaitait mettre en place un test à grande échelle pour répondre à ses problématiques de pollution.
« Nous envisageons d'étendre le périmètre de l'expérimentation si les résultats sont satisfaisants. »

Isabelle Seghers, responsable du service Investissement et patrimoine bâti de la Communauté d'agglomération creilloise (CAC)



Soutenu et financé par l'Ademe, qui s'attache à promouvoir la recherche appliquée sur ces techniques, le projet va bien au-delà de la simple plantation. « Durant les quatre années de l'expérimentation, l'INERIS effectuera très régulièrement des observations et mesures pour vérifier l'efficacité attendue de ces techniques, tenter d'améliorer leur "rendement" sur le terrain, étudier la valorisation de la biomasse obtenue tout en maîtrisant le devenir des polluants contenus dans les plantes, préciser le coût global d'une telle opération, etc. Ces résultats, comme ceux des différents projets financés par l'Ademe, visent à confirmer que ces techniques ont toute leur place aux côtés des techniques classiques de dépollution. »

Frédérique Cadière, animateur de secteur, service Friches urbaines et sites pollués, Ademe