

SOLS POLLUÉS : EVALUATION DES RISQUES CHIMIQUES **ET SURVEILLANCE DES PERSONNELS.**[◇]

Catherine Nisse

Introduction

La prise de conscience concernant la problématique de gestion des sols pollués est relativement récente. Le Ministère chargé de l'environnement a engagé dans les années 1990 une démarche d'inventaire historique des sites industriels et activités de service potentiellement polluants, encore en activité ou non. La base de données Basiasⁱ rassemble aujourd'hui des informations sur près de 300000 anciens sites en France. En date du 19/12/2007, la base de données Basolⁱⁱ qui recense les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif, comportait 3740 sites montrant une pollution des sols ou des eaux. Les principaux polluants retrouvés sur ces sites sont les hydrocarbures (40,99 %), le plomb (18,13 %), les hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (17,8 %), le chrome (15,8 %), les solvants halogénés (15,37 %), le cuivre (14,8 %), l'arsenic (12,5 %), le zinc (10,36 %), le nickel (10,49 %), le cadmium (6,4 %).

La pollution des sols peut être localisée ou diffuse, elle peut résulter soit d'une contamination accidentelle soit d'un rejet chronique. L'origine est le plus souvent industrielle mais peut aussi être urbaine ou agricole.

Les 3 grands mécanismes pourvoyeurs de pollution des sols sont :

- des décharges (officielles ou sauvages), des dépôts de résidus de production ou de produits chimiques (résidus miniers, scories...),
- des infiltrations ou déversement de substances dans les entreprises dus à des pratiques sommaires d'élimination des déchets ou des déversements accidentels,
- des accumulations dues aux rejets atmosphériques sur plusieurs années voire décennies.

Les circonstances amenant à intervenir sur un site pollué sont :

- la programmation d'investigations en vue d'une étude de risques, ou d'une dépollution
 - sur un site suspect de pollution (décharge..),
 - en fin d'exploitation d'une installation classée,
 - suite à un accident technologique,
 - avant un projet de construction immobilière publique ;

[◇] Catherine Nisse.
Département Universitaire de Médecine et Santé au Travail. Université de Lille2-CHRU.
1 avenue oscar Lambret 59037 Lille cedex.
Catherine.nisse@chru-lille.fr

- un projet de construction immobilière.

Les donneurs d'ordre pour la dépollution des sites sont majoritairement les industriels (55% des cas) puis les aménageurs ou promoteurs (25 %des cas)ⁱⁱⁱ.

Il existe différentes méthodes de traitement des sols : les procédés physicochimiques, thermiques et biologiques ainsi que le confinement. Elles se distinguent par leur mode de mise en œuvre : techniques ex situ (hors site et sur site) ou techniques in situ et dépendent du type de polluant (hydrocarbures, métaux lourds, produits chimiques divers, etc.) et de la nature du terrain (perméable ou non, granuleux, présence d'eau, etc...).
Les traitements in situ peuvent consister en une ventilation forcée des sols, un traitement biologique, une stabilisation physicochimique, un confinement, un lavage in situ, une phytostabilisation.

Les traitements ex situ comportent une phase d'excavation des terres et sont suivis soit

- par un traitement hors site : en installation de traitement biologique, de désorption thermique, d'incinération, de lavage de terres, en cimenterie, ou en site de stockage de déchets dangereux ou non dangereux ;
- par un traitement sur site : ventilation forcée des sols en terre, traitement biologique par terre, stabilisation physicochimique, désorption thermique sur site, lavage de terres sur site, confinement sur site.

Les activités de dépollution de sols tendent donc à se développer et à impliquer des entreprises de cultures industrielles différentes, qui sont amenées à cohabiter sur des sols dont les risques peuvent être mal cernés : professionnels de la réhabilitation de sites pollués, entreprises spécialisées dans la phytoremédiation, entreprises contribuant à l'élimination des terres contaminées ou des déchets, entreprises du bâtiment...

Les situations sont spécifiques de chaque site et les conditions de travail résultent de différents facteurs : le type de site en terme de structure, de terrain et de polluants attendus, la technique de réhabilitation engagée, la coactivité d'entreprises différentes, les mesures prises pour éviter la dispersion des polluants dans l'environnement (confinement) et qui peuvent ajouter des contraintes aux travailleurs.

reglementation

Il n'y a pas de législation spécifique aux chantiers de réhabilitation de sols pollués en matière d'hygiène et de sécurité du travail.^{iv} On se reporte aux règles dictées par le code du travail pour les chantiers temporaires et mobiles, les entreprises sous traitantes, le risque chimique, les CMR...

Dans le cadre de la sécurité et de la protection de la santé, les principes de prévention du bâtiment et génie civil s'appliquent. Ainsi, le maître d'ouvrage doit déclarer les opérations de plus de 500 homme-jours et désigner un coordonnateur de sécurité dont le niveau de

compétence dépend de l'importance du chantier. Parmi les missions qui lui incombent, il doit veiller à la mise en œuvre des principes de prévention, élaborer un plan de coordination établi dès la phase de conception et qui reprend toutes les mesures d'hygiène et de sécurité (circulation, protections collectives, accidents, stockage, définition des zones, organisation des secours...). Un Collège Interentreprises de Sécurité, de Santé et des Conditions de Travail doit être constitué sur les chantiers de plus de 10000 homme-jours et de plus de 10 entreprises intervenantes (opération de bâtiment) ou de 5 (opération de génie civil). En cas d'intervention d'entreprises extérieures un plan de prévention écrit est établi lorsque les travaux excèdent 400 heures.

diversité des risques rencontrés

Chaque site pollué se caractérise par une situation spécifique et la multiplicité des facteurs et des intervenants explique la diversité des risques rencontrés et l'impossibilité de généraliser. Les risques habituellement rencontrés résultent de la présence de polluants chimiques, mais également de risques biologiques ou physique associés (radiations ionisantes, risque électrique, vibrations...) et enfin sont liés aux activités et techniques de remédiation utilisées.

Concernant les risques chimiques, si les principaux polluants rencontrés sont ceux mentionnés en introduction, ils ne reflètent que ceux qui sont effectivement recherchés dans les sols. Un très grand nombre de polluants est susceptible de contaminer les sols, ce qui rend toute démarche de recherche systématique irréalisable. Les substances les plus pertinentes doivent être choisies par rapport à leur toxicité, leur capacité de persistance et bioaccumulation. Ce sont généralement des métaux et métalloïdes, des Composés organiques volatiles (aromatiques : BTEX ou halogénés : solvants chlorés), des hydrocarbures totaux (solvants pétroliers), des Hydrocarbures aromatiques polycycliques, des Polychlorobiphényles, dioxines et furanes, des pesticides (herbicides ou insecticides). La formation de gaz tel que l'hydrogène sulfuré (résultant de l'action des bactéries sur les sols riches en sulfates contaminés par des hydrocarbures) représente également un danger.

Les voies de contamination dépendent des polluants, ainsi la contamination par les métaux se fera le plus souvent par le biais des poussières et les voies de pénétration seront respiratoires mais aussi digestives. Pour ce qui est des polluants organiques, la voie principale sera respiratoire par le biais des vapeurs mais le contact avec les terres souillées peut aussi conduire à une pénétration cutanée. Les dangers inhérents à chaque substance sont ceux retrouvés dans la littérature. Il faut cependant tenir compte de la solubilité et de la forme (spéciation) sous laquelle les substances se présentent dans le milieu : par exemple, lors d'une pollution au chrome, on s'intéresse à l'importance de la teneur en chrome hexavalent (plus toxique et mobile, mais souvent rapidement réduit en

composé trivalent) ou encore lors d'une pollution au mercure, on recherche l'importance de la méthylation (forme plus mobile, absorption et toxicité notamment neurologique plus importante). En cas d'expositions importantes résultant d'une intervention sur site à pollution massive et dans de mauvaises conditions d'hygiène, des signes d'intoxication aiguë ou subaiguë pourraient apparaître. Mais c'est d'avantage l'impact à long terme de ce type d'activité qui est aujourd'hui redouté, en particulier lors de l'exposition à des substances mutagènes ou cancérigènes. Les données de la littérature sur les travailleurs intervenants sur chantier de dépollution sont quasi inexistantes. Elles concernent d'avantage les unités de traitement de déchets que les activités de remédiation de sols pollués. Seules quelques études d'évaluation d'exposition sur sites contaminés par des métaux ou des HAP ont été menées.

Concernant les **risques liés aux activités des entreprises** présentes sur le site on retiendra essentiellement ceux relatifs à l'utilisation d'engins de chantier et aux différentes techniques de rémédiation, ainsi qu'à la coactivité d'équipes d'origines professionnelles diverses.

Les risques d'accident résultent de l'utilisation d'engins et de l'hétérogénéité des sols : explosion, accidents de circulation, chutes dans des fosses, glissement de terrain, ensevelissement...

Les risques chimiques sont également présents ici :

- du fait d'activité d'excavation : exposition aux poussières générées, gaz d'échappement des engins de chantier, COV libérés par des poches de gaz lors de l'excavation,
- ou lors du traitement sur site : émissions de particules et de composés volatiles lors de la désorption thermique sur site, ou de la ventilation forcée, exposition aux substances chimiques utilisées pour les traitements de sol (mobilisation des polluants tels que des pesticides avec des solvants lors du procédé par extraction chimique ; déhalogénéation de composés aromatiques halogénés ou de pesticides avec un Polyéthylène glycol alcalin ; réduction et oxydation chimiques de composés inorganiques par l'ozone, peroxyde d'hydrogène, chlore, hypochlorites...

problématique de l'évaluation des risques chimiques lors d'interventions sur des sites pollués

L'évaluation des risques s'impose ici, comme dans toute autre activité professionnelle. Elle est cependant rendue délicate du fait des incertitudes concernant les polluants et des variations géographiques ou temporelles possibles, de la multiplicité des intervenants, du caractère temporaire du chantier. Comme toute démarche d'évaluation de risque les phases à respecter seront de recenser, identifier et hiérarchiser les

dangers, puis évaluer les expositions et enfin de caractériser les risques pour définir les objectifs et moyens de prévention.

Le repérage des nuisances chimiques doit être élaboré préalablement au démarrage de chantier à partir de différentes données : historique des activités sur le site, inventaire des produits fabriqués, utilisés, rejetés sur le site, évaluation des quantités et de l'ancienneté, connaissance du contexte géologique et hydrogéologique, de la topographie, des modes de transfert des polluants, de la vulnérabilité du site, résultats des rejets atmosphériques, résultats d'investigations et de mesures de concentration de polluants dans les sols et les eaux.

La principale difficulté est de cerner de la façon la plus exhaustive possible les polluants présents. En effet les informations historiques sont souvent parcellaires et les analyses qui objectivent la contamination ne portent généralement que sur un nombre limité de polluants présumés présents, compte tenu des coûts relatifs à ces analyses. En dehors d'une démarche de décontamination de sols où la problématique de la pollution est au centre de l'évaluation de risque, les travailleurs du bâtiment et du génie civil peuvent être confrontés lors d'un banal projet immobilier à la problématique des sols pollués à leur insu, du fait de l'inexistence des informations, l'historique de la pollution étant ancienne, ou l'évaluation de la pollution n'étant pas dictée par une demande administrative.

La phase d'évaluation de risque consiste aujourd'hui le plus souvent à une évaluation a priori amenant à définir un risque potentiel et à déterminer ainsi les équipements de protection individuelle ou collective à mettre en œuvre.

Une évaluation objective, pourtant source d'informations pertinentes est rarement mise en place. Les raisons en sont probablement les difficultés de mise en œuvre et la notion de caractère temporaire.

Une démarche objective s'attardera à cerner tous les éléments qui peuvent faire varier l'exposition :

- connaissance de la localisation de la pollution sur le terrain, travail de cartographie avec sondage et carottages de sols ;
- existence d'un balisage permettant de repérer les zones contaminées et les zones propres ;
- type d'EPI utilisés, modalités de changement et d'entretien, adaptation de ces EPI aux polluants et à la tâche effectuée ;
- type de prévention collective : arrosage ou brumisation pour limiter la dispersion des poussières, captage de polluants (anneaux aspirants, couvercles), travail confiné limitant la dispersion dans l'environnement mais augmentant les niveaux d'exposition pour les opérateurs ;

- travail à proximité directe des polluants (manutention non mécanisée ou travail manuel très exposant tel que récupération et transvasement de futs), proximité des engins de chantier, proximité des unités mobiles de traitement (désorption thermique) ;
- positionnement en tant que piéton ou en cabine d'engin et type de ventilation, de filtration, de pressurisation de cette cabine ;
- organisation du travail : durée, fréquence, ancienneté du travail, rotation des tâches, pauses ;
- organisation de la base-vie et protocoles établis, lave-bottes, décontamination extérieure, vestiaires, douches, sas de décontamination, réfectoire, circulation en zones propre et sale...

L'évaluation objective de l'exposition comporte idéalement des mesures de concentration de polluants. Les concentrations atmosphériques, les frottis de surface et la biométrie apportent des informations complémentaires sur les niveaux d'exposition individuels. Dans tous les cas l'élément limitant est l'incertitude sur les types de polluants présents et la variabilité des expositions d'un jour sur l'autre, en relation avec l'importance de la contamination sur la zone travaillée mais aussi avec les conditions météorologiques. Les concentrations atmosphériques reflètent les concentrations dans l'air ambiant. Elles donnent une information sur les niveaux d'exposition et la nécessité de protections respiratoires par exemple. Elles peuvent aussi renseigner sur l'efficacité des systèmes de filtration des cabines d'engins. Les techniques de prélèvements sont celles habituellement utilisées en milieu professionnel. Les prélèvements passifs peuvent être utilisés si l'on s'intéresse à certains polluants spécifiques. On préférera des prélèvements individuels dynamiques. Ces mesures apportent des informations quantitatives sur les polluants recherchés mais aussi qualitatives grâce aux techniques analytiques (spectroscopie de masse) qui permettent aujourd'hui de pratiquer un screening des molécules piégées (pour les substances organiques en particulier) et d'obtenir ainsi un profil de pollution. L'interprétation des résultats peut se faire pour chaque molécule par comparaison aux Valeurs limites d'expositions professionnelles (VLEP) lorsqu'elles existent et que les durées de prélèvements sont compatibles (VME et VLEP court terme). Toutefois, s'agissant d'exposition à des mélanges complexes, il est utile de calculer l'Indice de toxicité du mélange ($\sum [\text{conc}] / \text{VLEP}$) qui doit être inférieur à 1. Les analyseurs de gaz portables par photoionisation peuvent aussi dans ce contexte être d'une grande utilité. Ils permettent de renseigner sur une pollution globale par exemple aux COV ou à certaines molécules inorganiques (H_2S , AsH_3 , NH_3 , PH_3 ...) et d'identifier les phases de travail les plus exposantes. Ces détecteurs peuvent être portés en permanence par chaque opérateur et être utilisés en fonction alarme pour faire face à des situations d'exposition aigue.

Les frottis de surface peuvent être utilisés pour contrôler la contamination à l'intérieur des EPI (gants, masques), ou des lieux présumés non pollués où les opérateurs évoluent sans protection cutanée par exemple à l'intérieur des engins ou de la base-vie. Les résultats de ces frottis ont un intérêt didactique en matière d'hygiène.

La biométrie est complémentaire à la métrologie atmosphérique, elle mesure la dose interne. Elle a pour intérêt d'intégrer l'ensemble des voies de pénétration et tient donc compte des EPI utilisés, en revanche elle ne peut dissocier les imprégnations d'origine professionnelle et extraprofessionnelle (tabac, source environnementale ou domestique, alimentaire...). Pour les toxiques à demi-vie courte elle renseigne sur l'exposition récente mais garde tout son intérêt pour les toxiques cumulatifs. Les inconvénients en sont le nombre limité de paramètres disponibles, les contraintes de prélèvement à respecter (moment du prélèvement, choix des milieux et des supports de prélèvements, conservation et acheminement des échantillons, absence de contamination, existence de Valeur Limite Biologique recommandée, choix du laboratoire). Les protocoles d'échantillonnage dans ce secteur d'activité sont aussi éventuellement difficiles à établir, toujours en raison de l'incertitude sur les polluants présents et des variations d'exposition possibles. Il peut être utile d'avoir un examen de référence en début de chantier, en particulier pour les opérateurs qui enchaînent des interventions sur des chantiers différents, et pour faciliter l'interprétation des résultats ultérieurs. Le choix des paramètres à doser tient compte des polluants attendus lorsqu'ils sont bien déterminés. On peut, dans certains cas, grâce à l'évolution des techniques analytiques proposer des screenings (par exemple dosage multiélémentaire de métaux par ICP-MS). La détermination de la fréquence et du moment d'échantillonnage doit être déterminée en fonction des polluants attendus, du cycle de travail. Les résultats doivent pouvoir orienter éventuellement la correction des mesures de prévention, et entraînent parfois des modifications d'aptitude, ou des arrêts temporaires de chantier. La mise en place de protocole de suivi biologique de l'exposition nécessite l'implication du médecin du travail en amont du démarrage de chantier, ce qui n'est pas toujours aisé pour les chantiers de courte durée.

Il y a très peu de données publiées sur la surveillance atmosphérique ou biologique de l'exposition de travailleurs sur site pollués et les expériences mises en place émanent plus souvent de l'initiative du maître d'ouvrage. Les résultats dans différents secteurs d'activité (reconditionnements de fûts, dépollutions de terres contaminées par des solvants, par des HAP, par des métaux) montrent pour la plupart des niveaux d'exposition inférieurs aux valeurs limites d'exposition professionnelle, avec parfois des pics d'exposition de courtes durées^{v, vi, viii}.

Surveillance Médicale

Compte tenu des incertitudes sur les types et les niveaux d'exposition lors d'intervention sur des sols pollués, la surveillance médicale reste un élément important de la prévention des risques professionnels, même si ce sont les mesures techniques préventives, l'hygiène et l'organisation du travail qui sont déterminantes. Le médecin du travail doit participer à l'élaboration de ces mesures (choix des EPI, avis sur l'organisation du travail, sur les équipements d'hygiène, vestiaires, décontamination ...). La surveillance médicale comprendra une visite avant l'affectation au poste, la fréquence du suivi ultérieur dépendra de la décision d'une Surveillance Médicale Renforcée, dont les motifs sont nombreux (exposition à des agents CMR, vibrations, bruit, équipes alternantes avec poste de nuit...). Le contenu (clinique et biologique) vise à identifier des contre-indications (dermite favorisant la pénétration, pathologie respiratoire, hépatique ou rénale qui pourrait limiter le métabolisme et l'élimination des toxiques ou pathologie pouvant être aggravée par ceux-ci, limitation au port d'EPI), et à dépister d'éventuels effets en rapport avec les expositions. Les informations seront colligées afin d'assurer la traçabilité des expositions et de les restituer au salarié (attestation d'exposition) en cas de surveillance post-professionnelle ou post-expositionnelle. La difficulté de la mise en place d'une surveillance médicale optimale réside d'une part dans l'obtention d'informations sur l'exposition de bonne qualité et avant le début de l'exposition, afin de prescrire une surveillance biologique adaptée, et d'autre part dans la coordination de cette surveillance. En effet la coactivité de plusieurs entreprises est fréquente sur ce type de chantier, il est alors impératif que l'ensemble des intervenants puisse bénéficier du même niveau d'information et de suivi. Il paraît souhaitable que les médecins du travail des différentes entreprises, puissent s'accorder pour organiser le suivi des salariés. Dans le cas d'entreprises extérieures, c'est le médecin du travail de l'entreprise utilisatrice qui assure les examens entrant dans le cadre de la surveillance médicale renforcée. Le CISSCT, lorsqu'il est mis en place peut être une occasion d'échanges et de concertation entre les médecins.

conclusion

Les interventions sur sols pollués sont amenées à se multiplier et le secteur d'activité de la dépollution est en pleine expansion. La difficulté pour évaluer les risques sur ce type de chantier est réelle, et l'impact sur la santé peut être immédiat ou différé en fonction des polluants présents. La circulation des informations sur les expositions potentielles ou avérées, ainsi que la coordination des actions en matière d'hygiène, de sécurité et de santé au travail sont les éléments fondamentaux de la prévention des risques professionnels dans ce type d'activité.

- ⁱ <http://basias.brgm.fr>
- ⁱⁱ www.basol.environnement.gouv.fr
- ⁱⁱⁱ www.ademe.fr
- ^{iv} Voisin,JC, Aide mémoire BTP. Prévention des accidents et des maladies professionnelles dans le bâtiment et les travaux publics. ED790. INRS. 2009 ; 134p
- ^v Levine SP, Costello RJ, Geraci CL, Conlin KA. Air monitoring at the drum bulking process of a hazardous waste remedial action site. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1985 Apr;46(4):192-6.
- ^{vi} Maison A, Hery M, Mouton C. Protection des travailleurs sur les chantiers de réhabilitation de sites industriels pollués. ED 866. INRS-ADEME. 2002 ; 209p.
- ^{vii} Priha E, Ahonen I, Oksa P. Control of chemical risks during the treatment of soil contaminated with chlorophenol, creosote and copper-chrome-arsenic-wood preservatives. *Am J Ind Med.* 2001 Apr;39(4):402-9.
- ^{viii} Elovaara E, Mikkola J, Mäkelä M, Paldanius B, Priha E. Assessment of soil remediation workers' exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH): biomonitoring of naphthols, phenanthrols, and 1-hydroxypyrene in urine. *Toxicol Lett.* 2006 Apr 10;162(2-3):158-63.