

# Urbanisme et santé

La problématique des sites et sols pollués  
dans vos projets d'aménagements



Ressources disponibles pour instruire  
et mener à bien vos projets de construction

## Vous êtes une collectivité territoriale, un aménageur ou le promoteur d'un projet urbain

Vous analysez un permis de construire ou un projet d'aménagement. L'Agence Régionale de Santé (ARS) d'Île-de-France attire votre attention sur la prise en compte de la pollution des sols et des sites (industriels ou non), parfois méconnue, qui peut avoir un impact sur la santé humaine.

- En Île-de-France, région au lourd passé industriel, la prise en compte de la contamination des sols est un enjeu environnemental et sanitaire majeur ces dernières années. La forte pression foncière et la forte démographie de la région, le développement urbain ont conduit à construire des équipements et des logements sur des parcelles potentiellement polluées. Ces situations sensibles sont l'héritage du passé et certaines sont découvertes tardivement, à l'occasion de nouveaux chantiers par exemple. La situation n'est pas nouvelle mais elle est encore souvent mal ou pas évaluée.

Un sol ou un site pollué ne désigne pas systématiquement un site industriel. Ces pollutions peuvent être issues d'anciennes activités d'élimination des déchets, de fuites ou d'épandage de produits chimiques (accidentels ou non) ou de retombées de rejets atmosphériques passés accumulés pendant des années. Ces pollutions historiques peuvent présenter un risque, réel ou potentiel, pour la santé humaine.

Les polluants les plus fréquemment constatés dans ces sols sont les hydrocarbures (HC), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), certains métaux (plomb, arsenic, cadmium, chrome) et des solvants halogénés, seuls ou en mélange.

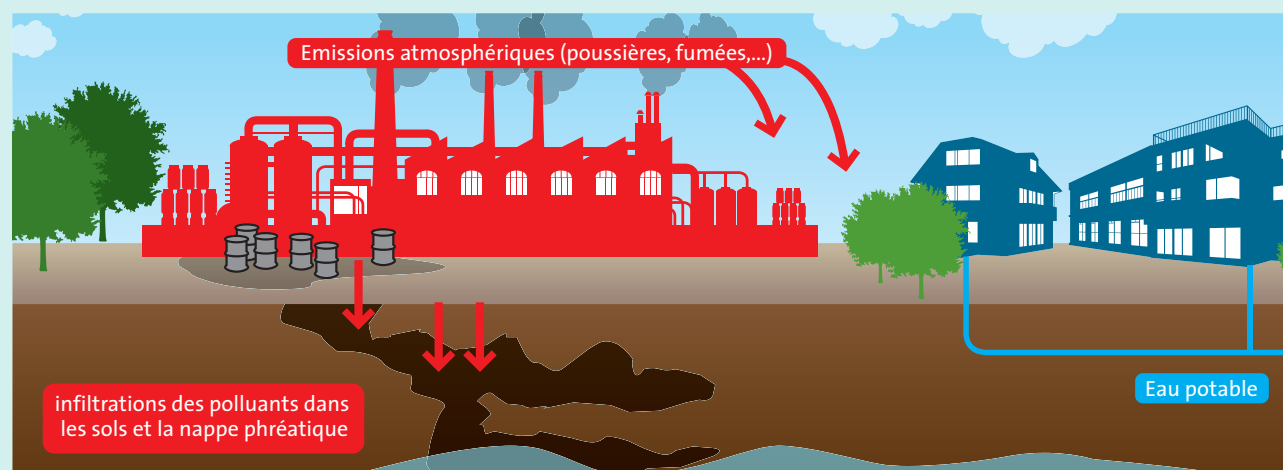
Ces contaminations ne sont pas détectable par nos sens : elles sont invisibles et/ou inodores mais peuvent affecter l'homme et son milieu de vie.

La réglementation actuelle impose que des études soient réalisées pour évaluer et gérer les risques sanitaires pour les populations qui fréquenteront ou vivront sur ces parcelles. Pour faire appliquer cette réglementation, le Préfet de département s'appuie sur : la DRIEE<sup>1</sup>, lorsqu'il s'agit d'un site ayant accueilli une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE), le service de la préfecture qui veille à la légalité des décisions de l'Etat sur le plan juridique, et l'ARS<sup>2</sup> chargée d'expertiser l'évaluation des risques pour la santé. Les DDT<sup>3</sup>, UT-DRIEA<sup>4</sup> ou les services de la Mairie veillent à la compatibilité du milieu avec l'usage envisagé dans le cadre de l'instruction du permis de construire.

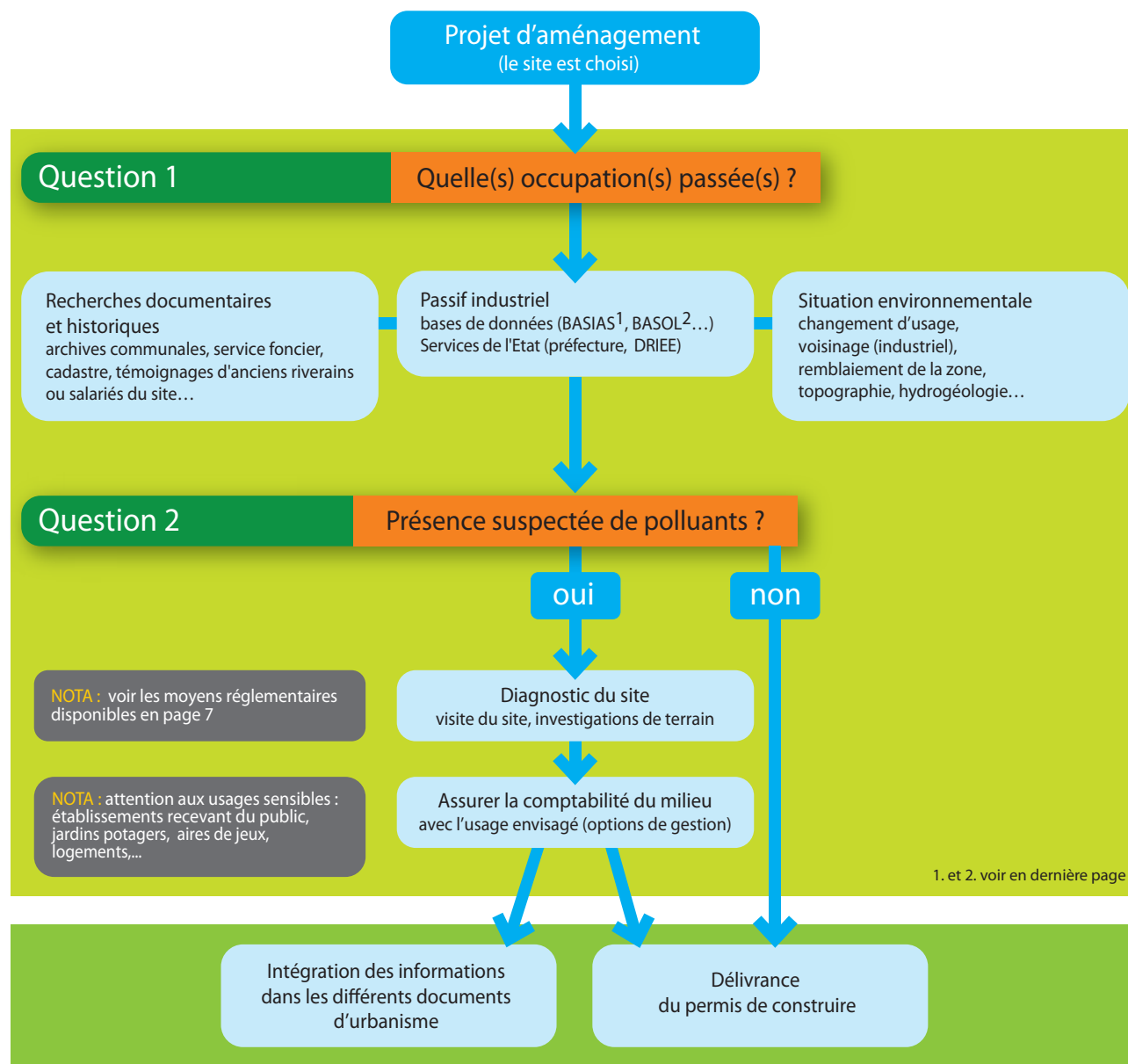
- 1 DRIEE: Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie  
2 ARS: Agence Régionale de Santé  
3 DDT: Direction Départementale des Territoires (en grande couronne)  
4 UT-DRIEA : Unité Territoriale Equipement Aménagement (à Paris et en petite couronne)

### Avant projet

Fonctionnement passé d'une activité industrielle

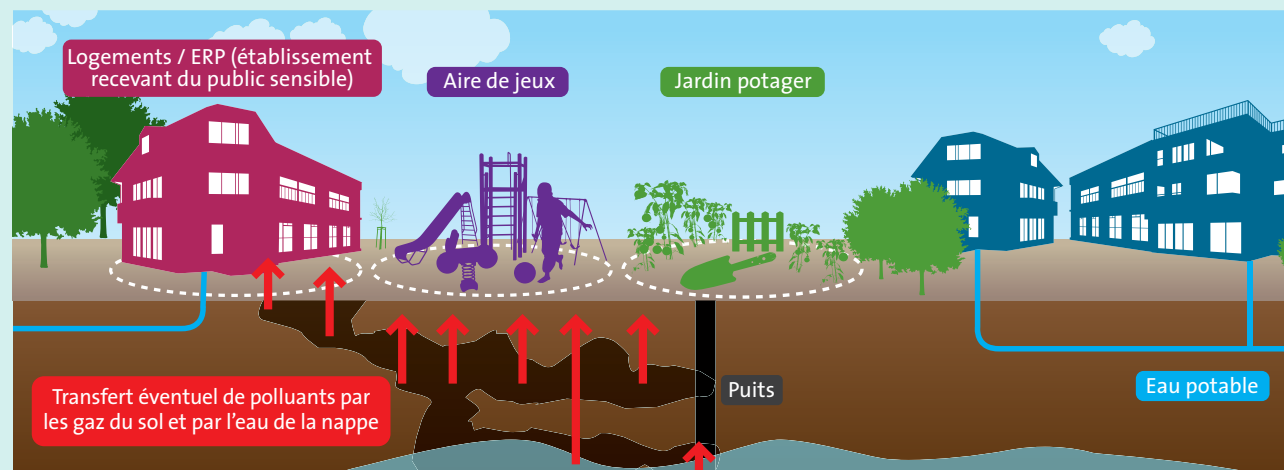


## Quelques questions à se poser :



### Avec le projet

Remplacement de l'activité industrielle par une zone avec des établissements et/ou des usages sensibles



# La démarche de gestion des sites et sols pollués en France

Cette démarche est à adapter en fonction de la situation rencontrée.

Pour plus d'information sur les outils réglementaires, consulter les notes et circulaires du 8 février 2007

relatives à la gestion des sites et sols pollués en France @ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Sites-et-sols-pollues-.html>

## Schéma conceptuel : constater la pollution

Le maître d'ouvrage doit déterminer si le sol et/ou la nappe sont contaminés. En cas de suspicion de pollution, le maître d'ouvrage doit faire réaliser des analyses. Les services instructeurs vérifient que cette recherche a été conduite dans les règles de l'art et analysent les résultats.

## Interprétation de l'état des milieux : déterminer l'impact éventuel de cette pollution sur la santé des riverains et des usages constatés hors site

Dans le cas où des populations vivent à proximité du site, le maître d'ouvrage étudie avec l'appui d'un bureau d'études spécialisé si les polluants présents, aux concentrations constatées, dépassent les

valeurs habituellement rencontrées et les valeurs réglementaires ou à défaut, celles susceptibles de porter atteinte à la santé des riverains (en cas d'extension de la pollution).

## Plan de gestion : traiter la pollution et rendre compatible l'état des milieux avec les usages existants ou futurs

Le maître d'ouvrage doit proposer des solutions afin de réduire, voire supprimer la pollution, lorsque cela est possible. Si l'élimination totale de la pollution n'est pas envisageable et en fonction des résultats de l'étude technico-économique, le maître d'ouvrage devra proposer des solutions pour réduire, voire supprimer l'exposition.

Les solutions retenues par le maître d'ouvrage devront faire l'objet d'une validation par une Analyse des Risques Résiduels (ARR), en tant que de besoin, afin de prouver l'absence de risques sanitaires ou l'acceptabilité des expositions résiduelles pour les futurs occupants ou les riverains.

## Surveillance et mémoire des pollutions

Si des contaminations restent en place, le maître d'ouvrage doit proposer un programme de surveillance de l'évolution des pollutions restantes et en informer les futurs occupants. Lorsque la pollution ne peut être suffisamment réduite dans certaines zones du site ou que certaines activités ne peuvent être autorisées (ex : pas de potager) du fait de la pollution

résiduelle, des documents doivent garantir la mémoire de ces pollutions et des activités proscrites. Ces documents peuvent être de droit privé ou nécessiter la mise en place d'une servitude (servitude d'utilité publique, projet d'intérêt général, servitude conventionnelle au profit de l'État, servitudes d'usage conventionnelles instituées entre deux parties ...).



## Le cas particulier des établissements accueillant des populations sensibles

La circulaire du 8 février 2007 des Ministères en charge de la santé, de l'environnement et de l'équipement apporte des précisions afin de limiter, ou le cas échéant, de gérer l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles.

Cette circulaire précise que les projets d'aménagement des établissements accueillant des populations sensibles doivent être évités sur les sites pollués, indépendamment de toute évaluation du risque sanitaire.

### Les établissements accueillant des populations sensibles

Les établissements accueillant des populations sensibles sont définis comme l'ensemble des établissements accueillant des personnes de 0 à 18 ans et les aires de jeux et espaces verts attenants.

- Compte tenu des contraintes urbanistiques et sociales, il peut cependant s'avérer impossible de trouver un site alternatif non pollué.

Dans le cas où il n'est pas possible d'éviter la construction sur un sol pollué, le maître d'ouvrage doit mettre en oeuvre les mesures suivantes :

- Diagnostic préalable ;
- opérations de dépollution, complétées par des contraintes de construction lorsque des pollutions résiduelles persistent (par exemple : vide-sanitaire systématique si les polluants sont susceptibles de dégager des vapeurs toxiques) ;
- évaluation quantitative des risques sanitaires, concluant à l'acceptabilité des risques liés aux pollutions résiduelles ;
- plan de surveillance ;
- instauration de servitudes si des pollutions résiduelles subsistent après traitement, que ces pollutions soient confinées ou non ;
- information pertinente et ciblée auprès des hypothèques, services de l'État, futurs acquéreurs...

Lors de la délivrance des permis de construire ou des autorisations de travaux pour ces établissements, le maître d'ouvrage peut demander l'avis de la DRIEE pour les sites ayant accueilli des installations classées, ou de l'ARS dans les autres cas.



## Quels risques pour la santé ?

Le sol est un milieu de l'environnement en lien étroit avec les autres milieux (eau, air) et les populations qui séjournent dessus. Il existe de multiples voies d'exposition au sol, que ce soit par ingestion ou par inhalation<sup>1</sup> :

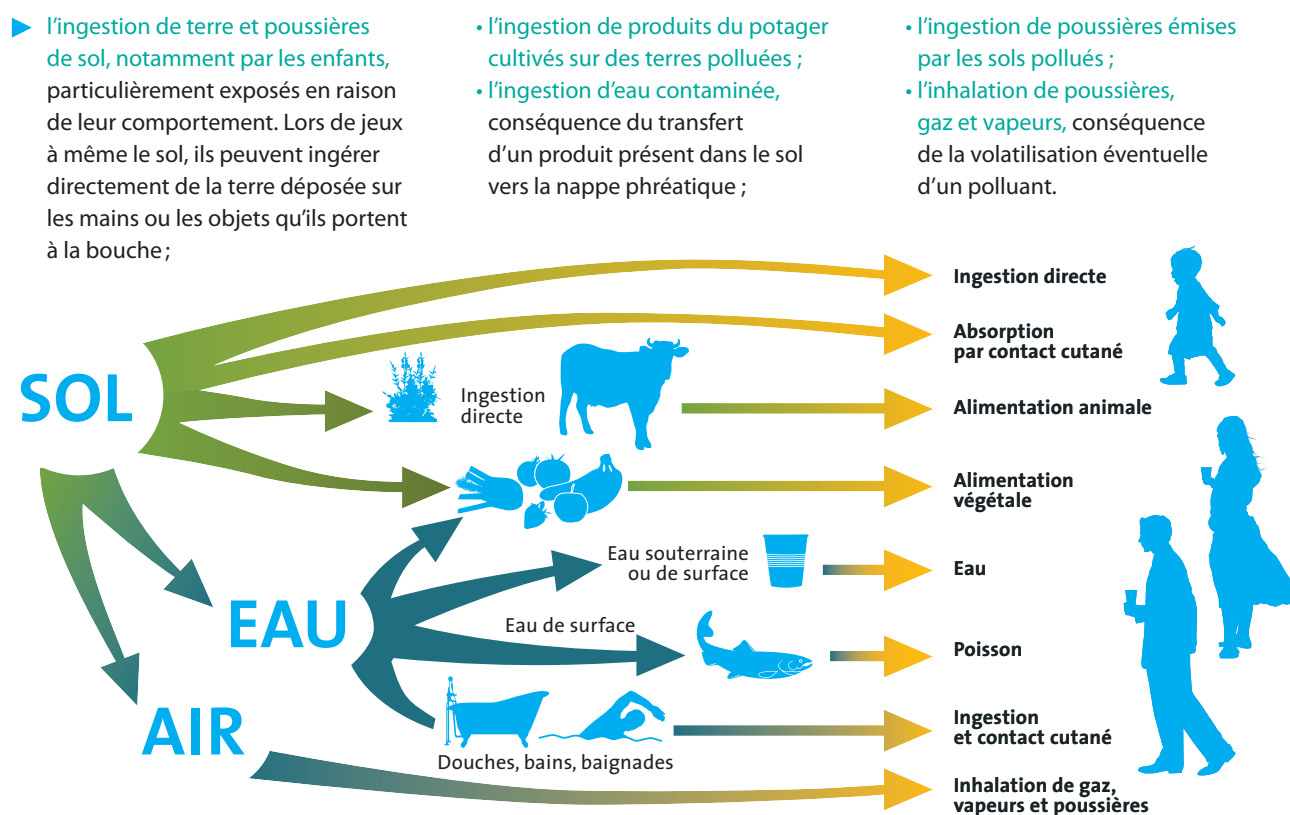
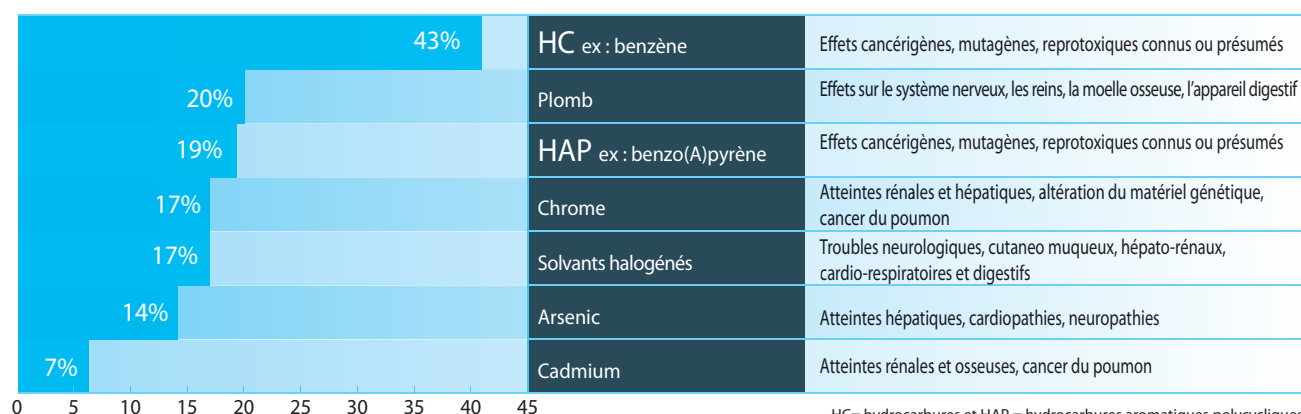


illustration d'après source Comrisk : [http://www.comrisk.fr/pages/pdf/supports\\_com/ComriskSupports\\_com\\_mars08vf.pdf](http://www.comrisk.fr/pages/pdf/supports_com/ComriskSupports_com_mars08vf.pdf)  
1. source : [http://www.invs.sante.fr/surveillance/sols\\_pollues/introduction.htm](http://www.invs.sante.fr/surveillance/sols_pollues/introduction.htm)

De nombreuses substances chimiques mesurées dans des sols pollués génèrent des effets multiples sur la santé. Le diagramme ci-dessous liste les polluants les plus couramment rencontrés dans les sols français. Ils présentent quelques effets sanitaires de chaque contaminant.

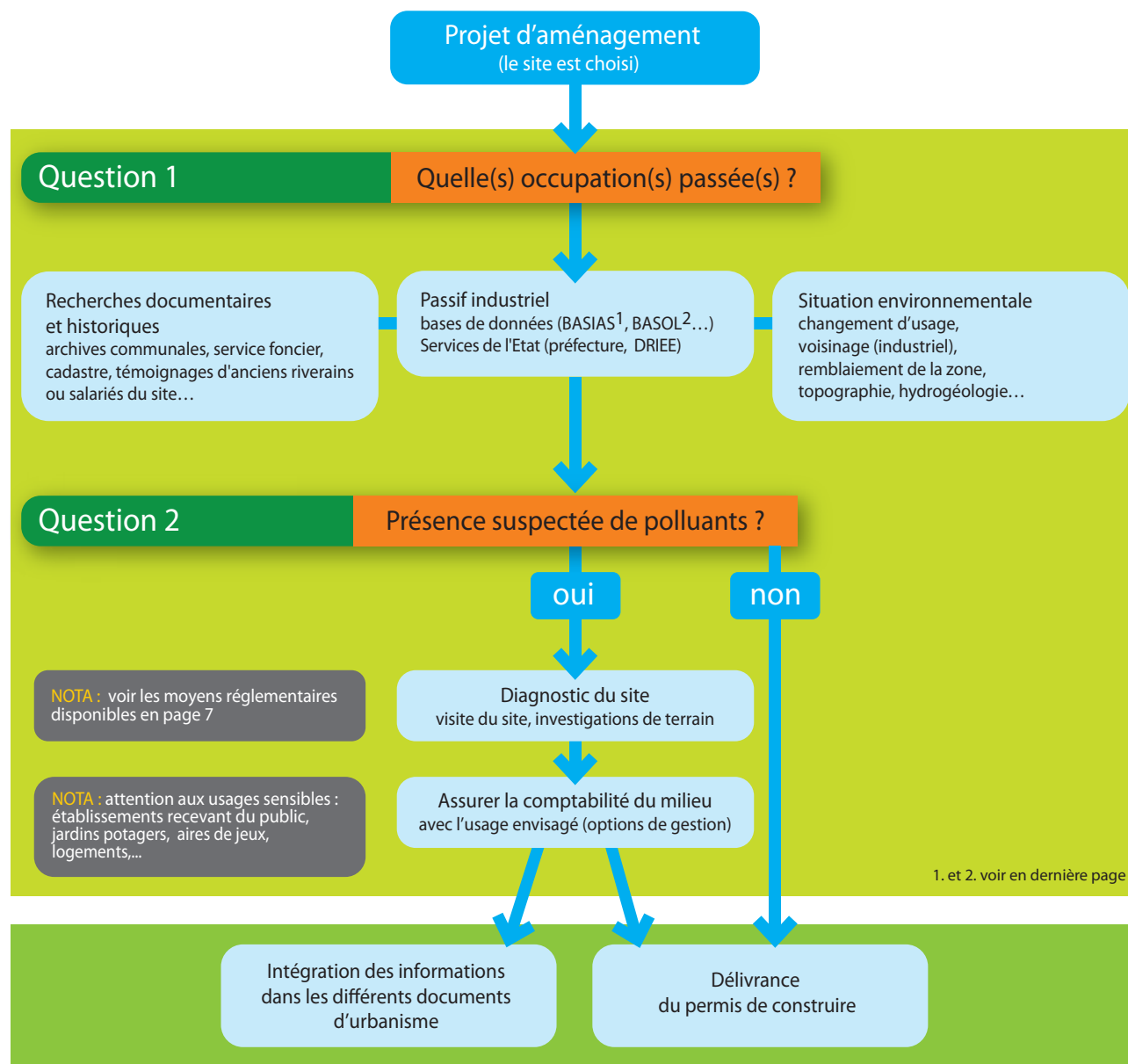
Ces effets sont à adapter au contexte étudié (voies d'exposition, population d'étude, qualité des milieux, temps d'exposition, concentration, ...)

Nature des principaux polluants rencontrés en France sur les sites pollués et effets sanitaires associés.



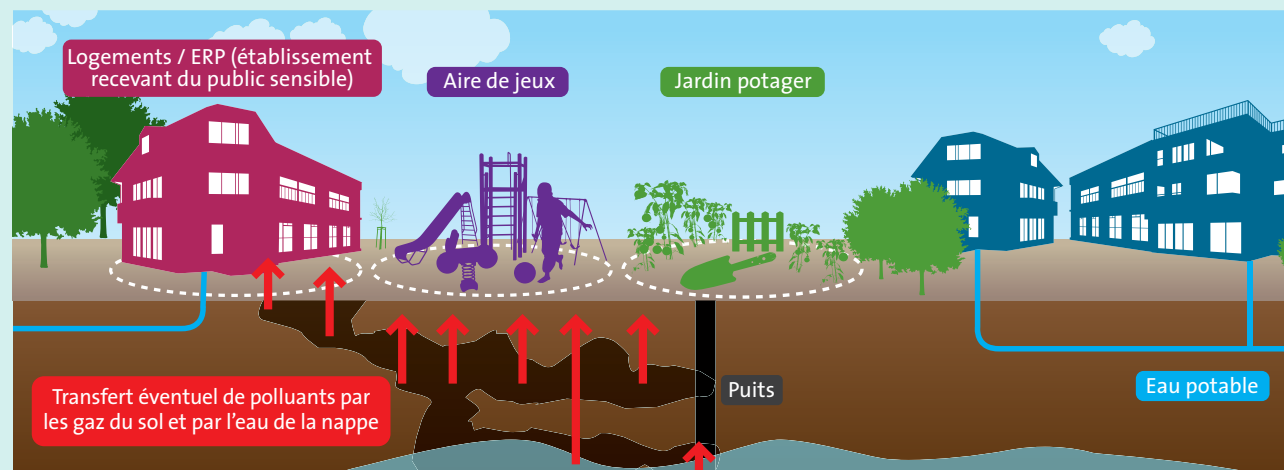
HC= hydrocarbures et HAP = hydrocarbures aromatiques polycycliques  
source chiffrée BASOL, juin 2012 et AFSSET (2005) Santé et environnement, enjeux et clés de lecture

## Quelques questions à se poser :



### Avec le projet

Remplacement de l'activité industrielle par une zone avec des établissements et/ou des usages sensibles



# La démarche de gestion des sites et sols pollués en France

Cette démarche est à adapter en fonction de la situation rencontrée.

Pour plus d'information sur les outils réglementaires, consulter les notes et circulaires du 8 février 2007

relatives à la gestion des sites et sols pollués en France @ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Sites-et-sols-pollues-.html>

## Schéma conceptuel : constater la pollution

Le maître d'ouvrage doit déterminer si le sol et/ou la nappe sont contaminés. En cas de suspicion de pollution, le maître d'ouvrage doit faire réaliser des analyses. Les services instructeurs vérifient que cette recherche a été conduite dans les règles de l'art et analysent les résultats.

## Interprétation de l'état des milieux : déterminer l'impact éventuel de cette pollution sur la santé des riverains et des usages constatés hors site

Dans le cas où des populations vivent à proximité du site, le maître d'ouvrage étudie avec l'appui d'un bureau d'études spécialisé si les polluants présents, aux concentrations constatées, dépassent les

valeurs habituellement rencontrées et les valeurs réglementaires ou à défaut, celles susceptibles de porter atteinte à la santé des riverains (en cas d'extension de la pollution).

## Plan de gestion : traiter la pollution et rendre compatible l'état des milieux avec les usages existants ou futurs

Le maître d'ouvrage doit proposer des solutions afin de réduire, voire supprimer la pollution, lorsque cela est possible. Si l'élimination totale de la pollution n'est pas envisageable et en fonction des résultats de l'étude technico-économique, le maître d'ouvrage devra proposer des solutions pour réduire, voire supprimer l'exposition.

Les solutions retenues par le maître d'ouvrage devront faire l'objet d'une validation par une Analyse des Risques Résiduels (ARR), en tant que de besoin, afin de prouver l'absence de risques sanitaires ou l'acceptabilité des expositions résiduelles pour les futurs occupants ou les riverains.

## Surveillance et mémoire des pollutions

Si des contaminations restent en place, le maître d'ouvrage doit proposer un programme de surveillance de l'évolution des pollutions restantes et en informer les futurs occupants. Lorsque la pollution ne peut être suffisamment réduite dans certaines zones du site ou que certaines activités ne peuvent être autorisées (ex : pas de potager) du fait de la pollution

résiduelle, des documents doivent garantir la mémoire de ces pollutions et des activités proscrites. Ces documents peuvent être de droit privé ou nécessiter la mise en place d'une servitude (servitude d'utilité publique, projet d'intérêt général, servitude conventionnelle au profit de l'État, servitudes d'usage conventionnelles instituées entre deux parties ...).



## Le cas particulier des établissements accueillant des populations sensibles

La circulaire du 8 février 2007 des Ministères en charge de la santé, de l'environnement et de l'équipement apporte des précisions afin de limiter, ou le cas échéant, de gérer l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles.

Cette circulaire précise que les projets d'aménagement des établissements accueillant des populations sensibles doivent être évités sur les sites pollués, indépendamment de toute évaluation du risque sanitaire.

### Les établissements accueillant des populations sensibles

Les établissements accueillant des populations sensibles sont définis comme l'ensemble des établissements accueillant des personnes de 0 à 18 ans et les aires de jeux et espaces verts attenants.

► Compte tenu des contraintes urbanistiques et sociales, il peut cependant s'avérer impossible de trouver un site alternatif non pollué.

Dans le cas où il n'est pas possible d'éviter la construction sur un sol pollué, le maître d'ouvrage doit mettre en oeuvre les mesures suivantes :

- Diagnostic préalable ;
- opérations de dépollution, complétées par des contraintes de construction lorsque des pollutions résiduelles persistent (par exemple : vide-sanitaire systématique si les polluants sont susceptibles de dégager des vapeurs toxiques) ;
- évaluation quantitative des risques sanitaires, concluant à l'acceptabilité des risques liés aux pollutions résiduelles ;
- plan de surveillance ;
- instauration de servitudes si des pollutions résiduelles subsistent après traitement, que ces pollutions soient confinées ou non ;
- information pertinente et ciblée auprès des hypothèques, services de l'État, futurs acquéreurs...

Lors de la délivrance des permis de construire ou des autorisations de travaux pour ces établissements, le maître d'ouvrage peut demander l'avis de la DRIEE pour les sites ayant accueilli des installations classées, ou de l'ARS dans les autres cas.





## Quels risques pour la santé ?

Le sol est un milieu de l'environnement en lien étroit avec les autres milieux (eau, air) et les populations qui séjournent dessus. Il existe de multiples voies d'exposition au sol, que ce soit par ingestion ou par inhalation<sup>1</sup> :

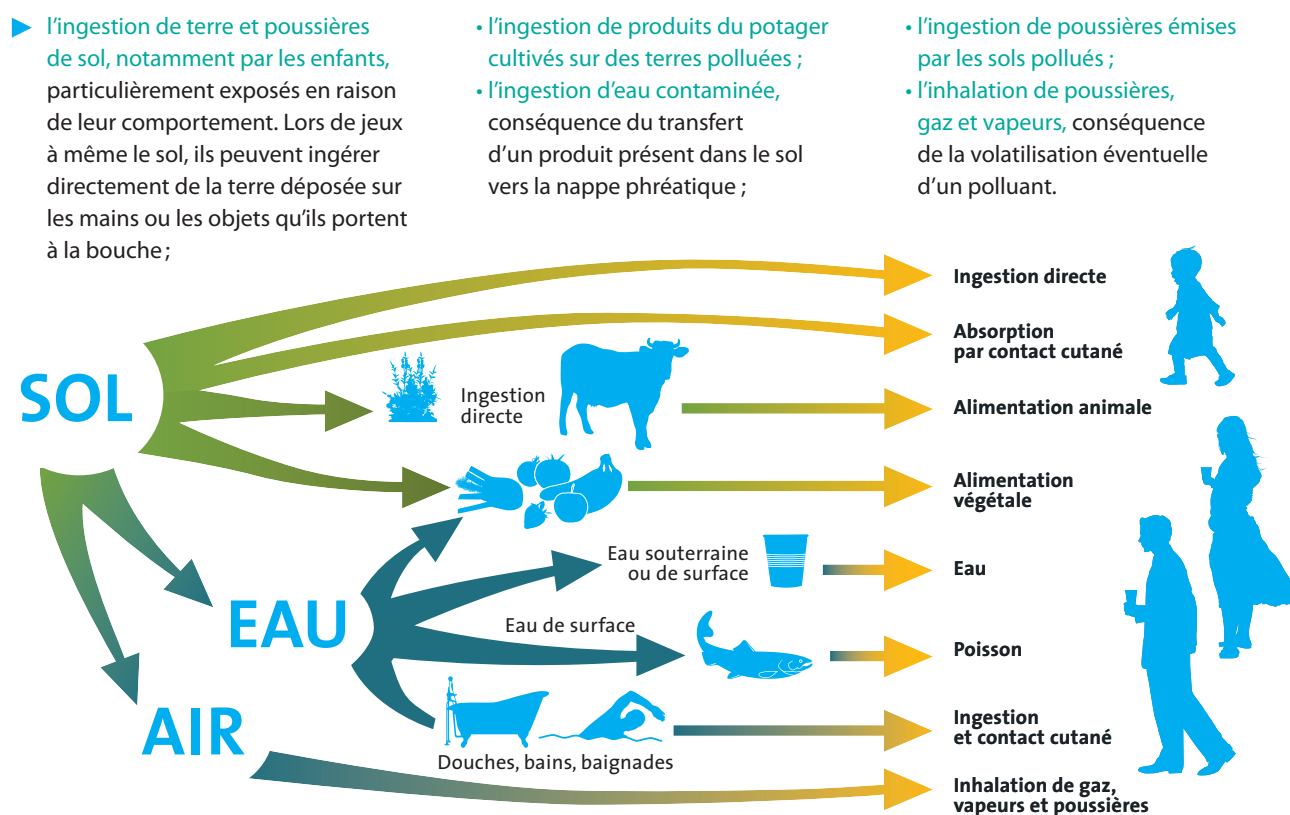
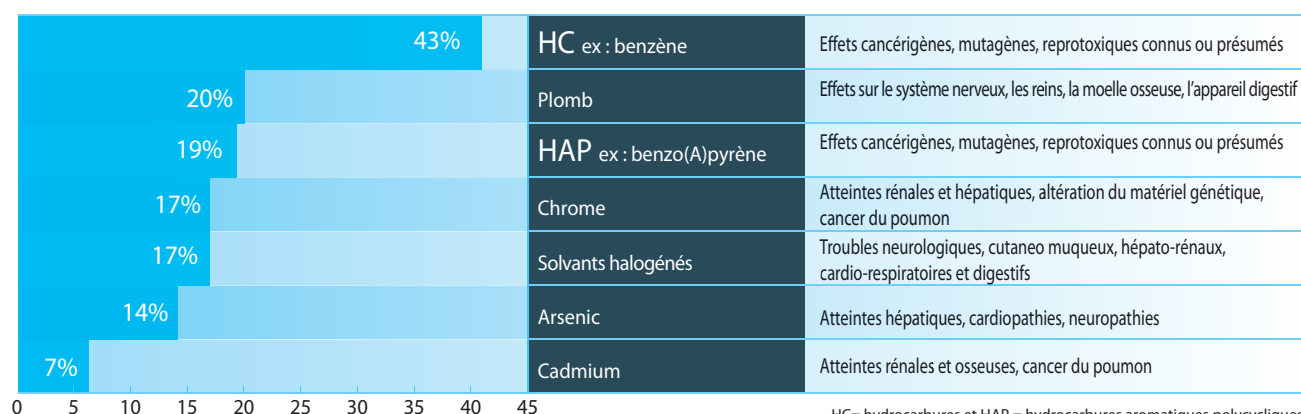


illustration d'après source Comrisk : [http://www.comrisk.fr/pages/pdf/supports\\_com/ComriskSupports\\_com\\_mars08vf.pdf](http://www.comrisk.fr/pages/pdf/supports_com/ComriskSupports_com_mars08vf.pdf)  
1. source : [http://www.invs.sante.fr/surveillance/sols\\_pollues/introduction.htm](http://www.invs.sante.fr/surveillance/sols_pollues/introduction.htm)

De nombreuses substances chimiques mesurées dans des sols pollués génèrent des effets multiples sur la santé. Le diagramme ci-dessous liste les polluants les plus couramment rencontrés dans les sols français. Ils présentent quelques effets sanitaires de chaque contaminant.

Ces effets sont à adapter au contexte étudié (voies d'exposition, population d'étude, qualité des milieux, temps d'exposition, concentration, ...)

Nature des principaux polluants rencontrés en France sur les sites pollués et effets sanitaires associés.



HC= hydrocarbures et HAP = hydrocarbures aromatiques polycycliques  
source chiffrée BASOL, juin 2012 et AFSSET (2005) Santé et environnement, enjeux et clés de lecture

## Retours d'expériences

### Pollution aux hydrocarbures détectée chez des riverains d'une station-service (94)

En 2010, le Laboratoire Central de la Préfecture de Police (LCPP) alerte l'ARS de la présence d'hydrocarbures, de type essence automobile à des teneurs anormalement élevées dans l'air intérieur de deux pavillons d'une commune.

Des investigations sont menées afin de caractériser la source de pollution. Une station-service, un garage automobile et une casse automobile, situés dans l'environnement proche des plaignants font l'objet d'une inspection. L'hypothèse d'une pollution ancienne des sols situés sous la sta-

tion-service est avancée. La lentille de pollution située dans les sols a migré vers le réseau d'assainissement qui a véhiculé des vapeurs d'essence à l'intérieur des maisons.

Suite à la découverte de cette pollution, il est demandé à l'exploitant de la station-service :

- de prendre des mesures d'urgence permettant de retrouver des teneurs en hydrocarbures acceptables dans les logements ;
- de réaliser des investigations pour connaître l'extension de la pollution à l'extérieur de la station-service et

de définir les mesures de dépollution.

La délégation territoriale du Val-de-Marne organise une large campagne d'analyses d'air intérieur dans chaque pavillon du quartier (35 au total).

Toutes les familles (une centaine de personnes) sont informées des risques.

Ces analyses révèlent la présence de benzène qui est cancérigène. Un comité d'experts est réuni (hématologues, toxicologues, cellule de l'Institut de Veille Sanitaire en région) et recommande un suivi sanitaire des riverains assuré par l'ARS.

#### Les éléments réglementaires

Lorsque le service instructeur suspecte que le projet en lui-même, peut, de par sa localisation, être exposé à des nuisances graves (cas par exemple d'un permis de construire pour la réalisation de logements sur des sols pollués), il peut refuser le projet ou l'accepter sous réserve du respect de prescriptions spéciales au titre du R111-3 du code de l'urbanisme.

L'article L. 2212-2 du CGCT confie au maire des pouvoirs de police générale en ce qui concerne la salubrité publique. Lorsque la pollution dont le maire a connaissance provient d'une ICPE existante ou ancienne, le maire doit en informer le préfet.

Les maires disposent aussi de pouvoirs de police spéciale en ce qui concerne les déchets (L. 541-2 et 3 du code de l'environnement) qui

#### La jurisprudence

CE 9 mai 2001 Commune de Saint Chéron n°209991 210626 :

« Il résulte de l'instruction que le maire de Saint-Chéron, qui connaissait l'état du site et avait d'ailleurs, sollicité l'avis du préfet avant de délivrer l'autorisation de lotir demandée par la SNC (...), a commis une faute en accordant cette autorisation sans au moins l'assortir de prescriptions spéciales, en application des dispositions combinées de l'article R. 325-28 et R. 111-2 du code de l'urbanisme (...) que cette faute est de nature à engager la responsabilité de la commune. »

### Étude de l'exposition au plomb d'enfants fréquentant un quartier résidentiel (93)

Dans le cadre du projet de construction d'un établissement d'enseignement d'une commune de Seine-Saint-Denis en août 2002, les diagnostics environnementaux mettent en évidence une contamination des sols, en plomb, arsenic et cadmium. Les recherches historiques sur le quartier concerné permettent d'identifier des causes possibles : dépôts d'eaux usées et d'ordures ménagères.

Une campagne de dépistage du saturnisme infantile est mise en place en 2004. L'étude des facteurs d'exposition montre l'existence d'une relation entre la fréquentation des espaces extérieurs de la cité (pelouses collectives ou jardins privés) et le niveau de plomb dans le sang des enfants.

## @ Sites internet ressources

Site BASIAS  
(inventaire d'anciens  
sites industriels et activités  
de services) :  
<http://basias.brgm.fr>

Site BASOL  
(base de données sur  
les sites et sols pollués  
ou potentiellement pollués) :  
<http://basol.ecologie.gouv.fr>

Portails « sites pollués » :  
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/amenagement-et-sites-pollues/accueil.html>

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Sites-et-sols-pollues-.html>

ARS ÎLE-DE-FRANCE :  
<http://www.ars.iledefrance.sante.fr/>

InVS  
<http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Sols-pollues-et-sante>

## Coordonnées utiles en région

### Vos correspondants

ARS Île-de- France (Siège)  
Millénaire 2  
35, rue de la Gare  
75935 Paris Cedex 19  
Tel.01 44 02 00 00

Délégation Territoriale de Paris  
Millénaire 1  
35, rue de la Gare  
75935 Paris Cedex 19  
Tel. 01 44 02 09 00

Délégation Territoriale de Seine-et-Marne  
Centre Thiers Galliéni  
49-51, avenue Thiers  
77011 Melun Cedex  
Tel. 01.64.87.62.00

Délégation Territoriale des Yvelines  
143, Bd de la Reine  
78007 Versailles Cedex  
Tel. 01.30.97.73.00

Délégation Territoriale de l'Essonne  
Immeuble France-Evry  
Tour Lorraine, 6/8 rue Prométhée  
91000 - Evry  
Tel. 01.69.36.71.71

Délégation Territoriale des Hauts-de-Seine  
Le Capitole  
55 avenue des Champs Pierreux  
92012 Nanterre Cedex  
Tel. 01.40.97.97.97

Délégation Territoriale de Seine-Saint-Denis  
Immeuble l'Européen  
5 à 7, promenade Jean Rostand  
93000 Bobigny  
Tel. 01 41 60 70 00

Délégation Territoriale du Val-de-Marne  
38 à 40, rue St-Simon  
94000 Créteil  
Tel. 01 49 81 86 04

Délégation Territoriale du Val-d'Oise  
2, avenue de la Palette  
95011 Cergy-Pontoise Cedex  
Tel. 01 34 41 14 00

Plateforme de signalement  
Tel. 0 825 811 411

InVS : Institut National de Veille Sanitaire  
ARS IDF : Agence Régionale de Santé d'Île-de-France



La Ministre

Paris, le **8 février 2007**

A

Messieurs les préfets de région  
Mesdames et Messieurs les préfets  
de département

**Objet** : Sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués

**PJ** : trois annexes

Le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable a la charge de la définition des politiques publiques en matière de sols pollués, que les pollutions soient d'origine naturelle ou anthropique et qu'elles dépendent ou non de la police administrative des installations classées.

Ainsi, depuis une dizaine d'années, différentes instructions ministérielles ont été diffusées et des outils de gestion, conçus sous forme de guides méthodologiques, ont été mis à la disposition des différents acteurs du domaine.

Une évaluation de la politique relative à la gestion des sites pollués sur la base d'un retour d'expérience de l'utilisation des outils méthodologiques a été réalisée par mes services, tenant compte des bonnes pratiques dans le domaine. L'historique, le retour d'expérience et les évolutions proposées sont présentés à l'annexe 1 au présent courrier.

Cette évaluation a conduit à adapter les outils et à les détailler dans un guide que vous trouverez joint en annexe 2. L'élaboration de ce guide, désormais reconnu comme l'état de l'art dans le domaine, a fait l'objet d'une très large concertation avec l'ensemble des acteurs concernés.

Enfin, les outils et documents élaborés ou réactualisés, utiles pour une bonne gestion dans ce domaine, figurent en annexe 3 au présent courrier.

Je vous invite à faire une très large diffusion auprès de l'ensemble des acteurs locaux concernés de ce guide.



Nelly OLIN



# **ANNEXE 1**

**La politique et la gestion des sites  
pollués en France**

**Historique, bilan  
et nouvelles démarches  
de gestion proposées**





## Sommaire

<b>1</b>	<b>De la politique de recensement et de hiérarchisation des sites à la politique de gestion des risques suivant l'usage .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Le bilan de l'évaluation de la politique en matière de sols pollués .....</b>	<b>5</b>
2.1	Des outils reconnus et appréciés	5
2.2	La prescription systématique des outils est cependant parfois inadaptée	6
2.3	Les limites de la circulaire du 10 décembre 1999	6
2.4	La nécessaire intégration de la politique de gestion des sols pollués dans une politique plus large de prévention des risques chroniques	7
<b>3</b>	<b>Les évolutions proposées .....</b>	<b>7</b>
3.1	La gestion des risques suivant l'usage est pérennisée mais assortie de règles de cadrage	7
3.2	Un mode d'emploi des outils méthodologiques a été défini	7
3.3	Les outils méthodologiques ont été actualisés	8
3.4	L'évaluation des risques sanitaires est désormais assortie de modalités de mise en œuvre encadrées et raisonnées	8
3.5	Le plan de gestion est désormais un document structuré et lisible	9
3.6	Une organisation chargée du contrôle de la mise en œuvre du plan de gestion est prévue	9
3.7	Des modalités pour la gestion des terres excavées sont proposées	9
3.8	La prévention de la pollution des milieux est replacée au cœur de l'action des pouvoirs publics	9



## 1 De la politique de recensement et de hiérarchisation des sites à la politique de gestion des risques suivant l'usage

Largement adossée à la législation sur les installations classées et aussi à celle relative aux déchets, la politique française en matière de sols pollués s'est attachée dès les années 90, sous l'égide du ministère en charge de l'environnement, à cerner l'ampleur des enjeux par une succession d'inventaires de sites. Ces inventaires ont conduit à définir deux bases désormais accessibles à tous par Internet :

- Basol (<http://basol.ecologie.gouv.fr>), qui répertorie aujourd'hui environ 3 900 sites faisant l'objet de mesures de gestion pour prévenir les risques pour les populations riveraines et les atteintes à l'environnement ;
- Basias (<http://basias.brgm.fr>) qui répertorie d'ores et déjà environ 180 000 sites qui ont accueilli par le passé une activité industrielle ou de service.

Pour permettre un recensement et une hiérarchisation harmonisée des sites pollués, la circulaire ministérielle du 23 avril 1996 a présenté les premières versions des outils méthodologiques élaborés sur lesquels s'appuyer :

- les études historiques ;
- le diagnostic initial et l'évaluation simplifiée des risques (ESR).

L'objectif était alors **une réhabilitation systématique** de l'ensemble des sites identifiés comme sensibles, les sites classés en catégorie I, en considérant leur seul niveau de pollution intrinsèque.

Suivant en cela les avancées des autres pays dans ce domaine, la politique de réhabilitation et de traitement des sites s'est infléchie à la fin des années 1990 vers **une politique de gestion des risques en fonction de l'usage**. A cet effet, la circulaire du 10 décembre 1999 a introduit les outils méthodologiques appropriés que sont le diagnostic approfondi et les évaluations détaillées des risques (EDR).

Fondée sur l'examen et la gestion du risque plus que sur l'attachement au niveau de pollution intrinsèque, cette politique nécessite de garder la mémoire des pollutions et des actions de réhabilitation mises en œuvre, mais aussi de fixer les usages des sols compatibles avec les pollutions résiduelles.

## 2 Le bilan de l'évaluation de la politique en matière de sols pollués

### 2.1 Des outils reconnus et appréciés

Il apparaît tout d'abord que les outils développés sous l'égide du ministère en charge de l'environnement, sont reconnus et appréciés par l'ensemble des acteurs, qu'il s'agisse des administrations, des industriels, des bureaux d'études, des associations de protection de l'environnement ou des agences de l'eau.



## 2.2 La prescription systématique des outils est cependant parfois inadaptée

En revanche, la structure des textes et des outils conduit à une utilisation linéaire et successive des outils, quelles que soient les caractéristiques de la situation à gérer, sans que les enjeux à protéger soient clairement identifiés. Une logique de "prescription systématique d'outils" peut parfois prévaloir en lieu et place d'une réflexion pour identifier les enjeux sanitaires et environnementaux à protéger.

Ces éléments ne font que renforcer la nécessité pour l'administration de formuler des demandes proportionnées aux sujets traités et imposant des objectifs plus que des moyens pour les atteindre.

- la politique de gestion des risques suivant l'usage n'a plus pour finalité de recenser et hiérarchiser les sites et l'évaluation a confirmé la nécessité de mettre fin à l'outil de recensement et de hiérarchisation, c'est à dire à l'ESR ;
- par ailleurs, pour pallier une utilisation linéaire des outils, la définition d'un « mode d'emploi des outils » est apparue nécessaire.

## 2.3 Les limites de la circulaire du 10 décembre 1999

En premier lieu, il apparaît que « le diagnostic approfondi », étape préliminaire essentielle pour pouvoir apprécier les risques, correspondant à la connaissance de l'état des milieux et la connaissance des usages de ces mêmes milieux, est souvent négligé.

Ensuite, si la circulaire du 10 décembre 1999 permet la définition de seuils de dépollution basés sur des calculs de risques sanitaires en tenant compte de l'usage futur des sites, elle réduit bien souvent l'examen de la gestion des sites pollués aux seuls résultats de calcul de risques sanitaires et oublie d'autres facettes de tels projets.

Ainsi, par exemple, la comparaison des techniques de dépollution et leur coût économique, la prise en compte des valeurs de gestion réglementaires en vigueur pour l'eau, les aliments, l'air extérieur, la gestion des terres polluées, le devenir des terres excavées et les caractéristiques précises du projet urbanistique sont des aspects qui ne sont pas assez souvent pris en compte ou explicités.

Par ailleurs, les calculs de risques sanitaires sont souvent basés sur des scénarii d'usage des sols bien peu réalistes qui conduisent à considérer comme inutilisable un terrain dépollué à un certain niveau alors que l'utilisation de scénarii plus adaptés aux usages montrerait une compatibilité de l'état du terrain avec lesdits usages. La politique de gestion des risques suivant l'usage a également été trop souvent le prétexte pour proposer des mesures de gestion conduisant à laisser en place des sources de pollution qui devaient, à l'évidence, être évacuées vers la filière de gestion appropriée.

Pour finir, le retour d'expérience des chantiers de réhabilitation montre parfois des dysfonctionnements dans la réalisation effective des travaux de dépollution qui peuvent s'avérer, au final, non conformes aux objectifs initialement définis par des études de très bonne facture.

Ces éléments montrent la nécessité d'une politique réfléchie, progressive et proportionnée :

- en rappelant l'importance des moyens à mettre en œuvre pour réaliser des diagnostics et pour connaître les usages des milieux ;
- en rappelant les bases de la politique de gestion des risques suivant l'usage, et surtout la nécessité de fixer des règles pour sa mise en œuvre ;
- en définissant des modalités de mise en œuvre de l'évaluation des risques sanitaires ;
- en prévoyant la mise en œuvre d'un contrôle des opérations de dépollution.

## 2.4 La nécessaire intégration de la politique de gestion des sols pollués dans une politique plus large de prévention des risques chroniques

La préoccupation de l'état des sols intervient souvent tardivement, parfois seulement au moment de la cessation de l'activité de l'installation. Dans bien des cas, cette préoccupation se limite d'ailleurs au seul périmètre du site qui est mis à l'arrêt.

Cette évaluation a ainsi montré la nécessité de rappeler qu'une grande partie de la politique de gestion des sols pollués repose sur les actions, en amont, de prévention de la pollution.

## 3 Les évolutions proposées

### 3.1 La gestion des risques suivant l'usage est pérennisée mais assortie de règles de cadrage

Les règles de cadrage suivantes sont désormais fixées :

- rechercher et traiter les sources de pollutions ;
- se baser sur la gestion sanitaire en place pour l'ensemble de la population française pour apprécier les risques ;
- gérer en prenant en compte le bilan environnemental global ;
- justifier les choix techniques retenus sur des critères explicites, argumentés et transparents.

Par ailleurs les bases de la politique de gestion des risques suivant l'usage ont été rappelées.

### 3.2 Un mode d'emploi des outils méthodologiques a été défini

Une réflexion sur la typologie des situations rencontrées en pratique a permis de distinguer deux grands types de situation de gestion à mettre en oeuvre :

- **La démarche d'interprétation de l'état des milieux (IEM) :** Comparable à l'étude d'une photographie de l'état des milieux et des usages, **il s'agit de s'assurer que l'état des milieux est compatible avec des usages présents déjà fixés.** La démarche d'interprétation des milieux (IEM) permet de différencier les situations qui permettent une libre jouissance des milieux de celles qui sont susceptibles de poser un problème. Elle peut être mise en œuvre pour apprécier l'acceptabilité des impacts hors site d'une installation classée en fonctionnement ;
- **Le plan de gestion :** il intervient lorsque la situation permet d'agir aussi bien sur l'état du site (par des aménagements ou des mesures de dépollution) que sur les usages qui peuvent être choisis ou adaptés. Il peut être utilisé pour des projets de changement d'usage sur des sites pollués (liés à une installation classée ou non). Il est également requis pour une installation classée relevant du régime de l'autorisation lors de la cessation d'activité et de la remise en état pour un usage comparable ou non à celui de la dernière période d'activité.

Selon le cas, ces deux démarches peuvent être mises en œuvre indépendamment l'une de l'autre, simultanément ou successivement. Par exemple, à l'issue d'une démarche d'interprétation de l'état des milieux, et dès lors que des actions simples de gestion ne sont pas suffisantes, un plan de gestion peut être nécessaire pour rétablir la compatibilité entre l'état de milieux et les usages constatés.

A l'inverse, la mise en œuvre d'un plan de gestion pour la réhabilitation d'un site peut conduire à découvrir des pollutions hors des limites du site objet du projet. A l'extérieur du site, une démarche d'interprétation de l'état des milieux pourra alors permettre d'examiner la compatibilité entre les usages constatés et l'état des milieux pollués.

Les modalités de mise en œuvre de ces deux démarches constituent un mode d'emploi des outils méthodologiques déjà connus et complétés.

## 3.3 Les outils méthodologiques ont été actualisés

La réécriture des outils méthodologiques ne constitue pas une évolution majeure en soi. Il s'agissait d'harmoniser de manière concertée les meilleures pratiques actuelles.

- Les guides méthodologiques existants ont été complétés et actualisés.

## 3.4 L'évaluation des risques sanitaires est désormais assortie de modalités de mise en œuvre encadrées et raisonnées

Des modalités de mise en œuvre de l'évaluation quantitative des risques sanitaires ont été définies pour chacune des deux démarches de gestion.

### 3.4.1 Dans le cadre de la démarche d'interprétation de l'état des milieux (IEM)

L'état naturel de l'environnement et les valeurs de gestion réglementaires pour les eaux de boisson, les denrées alimentaires et l'air extérieur en vigueur deviennent désormais les **références premières pour l'appréciation des risques et la gestion**.

En l'absence de valeurs réglementaires de gestion, **une évaluation quantitative des risques sanitaires** est réalisée suivant des modalités fixées et cohérentes avec la gestion en place pour l'ensemble de la population.

Ces choix conduisent à ce que cette démarche de gestion privilégie le recours à la mesure pour connaître l'état des milieux.

### 3.4.2 Dans le cadre du plan de gestion

S'agissant d'une démarche de « nettoyage de milieux pollués », les moyens appropriés doivent être mis en œuvre pour traiter les sources de pollution et dépolluer les milieux. Une évaluation quantitative des risques sanitaires est réalisée pour valider l'adéquation « du nettoyage » au regard des usages choisis ou constatés.

Lorsque les usages peuvent être choisis, les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires menés sur les expositions résiduelles – il s'agit de l'analyse des risques résiduels (ARR) – doivent être satisfaisants. Dans le cas contraire, la démarche conduit à dépolluer de manière plus poussée ou à choisir des usages moins sensibles.

Lorsqu'il s'agit de milieux où les usages sont déjà fixés, si les actions ne sont pas suffisantes pour permettre une libre jouissance des milieux, des restrictions d'usage doivent être mises en œuvre.

Dans les deux cas, les critères d'acceptabilité des risques sont ceux usuellement retenus au niveau mondial par les organismes en charge de la protection de la santé.

# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

## 3.5 Le plan de gestion est désormais un document structuré et lisible

Le plan de gestion devra expliciter l'ensemble de la démarche de gestion en justifiant, sur la base d'un bilan « coûts-avantages », les choix retenus. Il comprend notamment :

- une synthèse à caractère technique et non technique, l'ensemble des contrôles à réaliser au cours des opérations de dépollution ;
- les résultats et les conclusions de l'organisme en charge du contrôle des opérations de dépollution ;
- les éléments nécessaires à l'information et à la mise en oeuvre des restrictions d'usage.

## 3.6 Une organisation chargée du contrôle de la mise en œuvre du plan de gestion est prévue

Il est proposé que les mesures du plan de gestion soient contrôlées au fur et à mesure du déroulement des opérations par une entité indépendante des prestataires en charge des opérations de dépollution. **L'inspection des installations classées pourra ainsi s'appuyer sur des éléments tangibles pour établir le procès verbal constatant la fin des travaux, lorsqu'il est requis en application des dispositions du décret du 13 septembre 2005.**

## 3.7 Des modalités pour la gestion des terres excavées sont proposées

Les projets d'aménagement de toute nature conduisent très souvent à excaver et à devoir gérer d'importants volumes de terre, dont les modalités de gestion vont le plus souvent constituer un enjeu majeur, au point de conditionner la mise au point du projet.

Aussi, le retour d'expérience a très rapidement montré la nécessité de séparer deux problématiques qui sont distinctes tout en étant complètement interdépendantes :

- l'élaboration d'un plan de gestion d'un site pollué ;
- le devenir des excédents de terre « hors site » et les conditions de leur éventuelle réutilisation.

Un groupe de travail spécifique a été constitué par le MEDD dans l'objectif de définir les conditions sous lesquelles certaines terres excavées pourraient être réutilisées en travaux publics ou dans des "applications spécifiques".

Ses travaux ont conduit à proposer des modalités de gestion des terres excavées raisonnées et maîtrisées dans l'objectif de permettre l'emploi de ces matériaux qui pourront, par exemple, se substituer à des granulats nobles, en tenant compte des caractéristiques actuelles des matières déjà employées en la matière et en conservant la mémoire de l'utilisation de ces terres.

## 3.8 La prévention de la pollution des milieux est replacée au cœur de l'action des pouvoirs publics

Les dispositions de la circulaire relative aux installations classées replacent la prévention de la pollution des sols en tant que composante à part entière de la politique de prévention des risques chroniques et cela en application des dispositions réglementaires déjà en vigueur. Des modalités de recours à l'analyse critique sont désormais proposées.











Ministère de l'Écologie et du Développement Durable  
20, avenue de Ségur – 75302 Paris 07 SP  
Tél : 01 42 19 20 21 – [www.ecologie.gouv.fr](http://www.ecologie.gouv.fr)

## **ANNEXE 2**

**Comment identifier un site  
(potentiellement) pollué**

**Comment gérer un problème de site  
pollué**

**Modalités de gestion et de  
réaménagement des sites pollués**





## Sommaire

<b>1 Introduction .....</b>	<b>7</b>
1.1 Deux démarches bien distinctes	7
1.2 Un point de départ commun : le schéma conceptuel	8
1.3 Du schéma conceptuel au modèle de fonctionnement : le bilan quadriennal	9
<b>2 Construire le schéma conceptuel .....</b>	<b>10</b>
2.1 Les objectifs du schéma conceptuel	10
2.1.1 Dans le cadre d'une démarche d'interprétation de l'état des milieux (IEM)	11
2.1.2 Dans le cadre d'un plan de gestion	11
2.2 Identifier les enjeux à protéger	12
2.2.1 Les populations et les modes d'exposition aux pollutions	12
2.2.2 Les ressources et les milieux naturels	13
2.3 Diagnostiquer l'état des milieux	14
2.3.1 Les différentes études possibles	14
2.3.2 Les études historiques et documentaires	14
2.3.3 La caractérisation des polluants	16
2.3.4 Identifier les pollutions attribuables au site	19
2.4 Evaluer les risques	20
2.4.1 Les trois composantes du risque	20
2.4.2 Les modes et les durées d'exposition	20
2.5 Prendre des premières mesures de protection des populations et des milieux	21
<b>3 Interpréter l'état des milieux.....</b>	<b>22</b>
3.1 Les objectifs	22
3.2 Le périmètre	22
3.3 Les caractéristiques de la démarche	24
3.3.1 L'identification rigoureuse des voies et des milieux d'exposition pertinents au regard des usages constatés	24
3.3.2 Une démarche progressive et réfléchie	24
3.3.3 La mise en œuvre de campagnes de mesures appropriées pour caractériser l'état des milieux d'exposition	25
3.3.4 Les critères de gestion du risque	26
3.4 Les actions à engager	30
3.4.1 Les milieux qui permettent la jouissance des usages constatés	31
3.4.2 Les milieux qui nécessitent un plan de gestion	32

# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

3.4.3 Interpréter dans la zone d'incertitude	32
3.4.4 La conservation de la mémoire	33
3.5 Synthèse	33
<b>4 Elaborer un plan de gestion .....</b>	<b>35</b>
4.1 Les objectifs	35
4.1.1 La maîtrise des sources de pollution	35
4.1.2 La maîtrise des impacts	35
4.1.3 Du bon sens avant tout	36
4.2 Le périmètre	36
4.3 Les caractéristiques du plan de gestion	37
4.3.1 Un processus généralement progressif, itératif, évolutif et interactif	37
4.3.2 La prise en compte du bilan « coûts-avantages »	39
4.4 Les différentes mesures de gestion	41
4.4.1 Les techniques de dépollution	41
4.4.2 Les mesures de confinement	42
4.4.3 La régénération ou l'atténuation naturelle	43
4.4.4 La gestion des terres excavées	44
4.4.5 La prévention des impacts des chantiers de dépollution	45
4.4.6 La prise en compte des risques accidentels et la protection des travailleurs sur un chantier de dépollution	45
4.5 L'action sur les voies de transfert	46
4.5.1 Une composante à part entière du plan de gestion	46
4.5.2 La combinaison de deux mesures différentes et complémentaires	46
4.6 L'Analyse des Risques Résiduels (ARR)	47
4.6.1 Une évaluation quantitative des risques sanitaires sur les expositions résiduelles	47
4.6.2 La prise en compte des dispositions constructives et de scénarii d'usage réalistes ou constatés	48
4.6.3 Les niveaux de risques de référence	48
4.6.4 La comparaison aux risques d'un environnement témoin	50
4.6.5 Les scénarii de consommation de denrées alimentaires auto-produites	51
4.6.6 La restitution des résultats de l'ARR	52
4.7 La restitution du plan de gestion	52
4.7.1 Une synthèse technique	52
4.7.2 Une synthèse non technique	53
<b>5 Le contrôle de la mise en œuvre des mesures de gestion .....</b>	<b>54</b>
5.1 Une organisation chargée du contrôle	54
5.2 Un rapport et une synthèse des contrôles réalisés	54

## Tableaux

Tableau 1 : Intervalles de gestion des risques dans le cadre de l'IEM	30
Tableau 2 : Grille d'analyse du bilan « coûts-avantages »	41
Tableau 3 : Mesures sur les voies de transfert	46



## Figures

<b>Figure 1 : Les deux démarches de gestion possibles</b>	<b>7</b>
<b>Figure 2 : La démarche d'interprétation de l'état des milieux</b>	<b>23</b>
<b>Figure 3 : Les critères de gestion du risque de l'IEM</b>	<b>26</b>
<b>Figure 4 : Les intervalles de gestion donnés par la grille de calculs de l'IEM</b>	<b>31</b>
<b>Figure 5 : L'élaboration du plan de gestion</b>	<b>39</b>
<b>Figure 6 : Principe d'élaboration et de validation des seuils de dépollution</b>	<b>50</b>



## 1 Introduction

### 1.1 Deux démarches bien distinctes

En application des principes de la politique de gestion des risques suivant l'usage et en considérant les potentialités d'action sur les usages et sur l'état des milieux, deux démarches de gestion sont désormais définies (Figure 1).

On distingue :

- la démarche d'interprétation de l'état des milieux (IEM) : il s'agit de s'assurer que l'état des milieux est compatible avec des usages déjà fixés, c'est à dire les usages constatés ;
- le plan de gestion : lorsque la situation permet d'agir aussi bien sur l'état du site (par des aménagements ou des mesures de dépollution) que sur les usages qui peuvent être choisis ou adaptés.

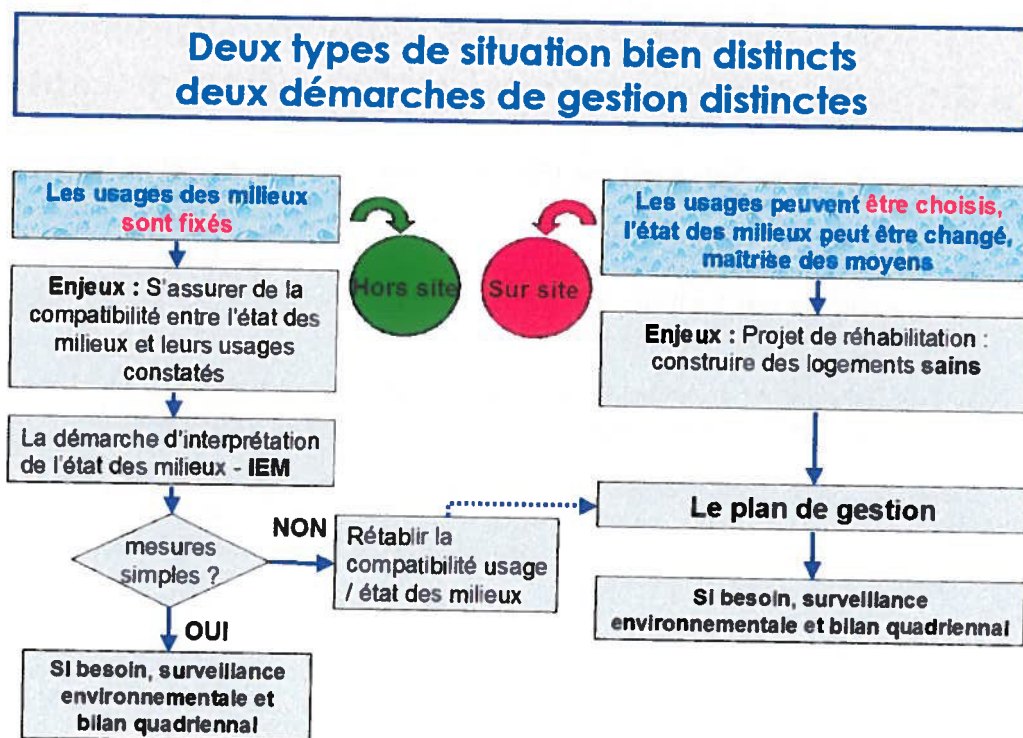


Figure 1 : Les deux démarches de gestion possibles

Ces deux démarches ne sont pas nécessairement exclusives l'une de l'autre : selon le cas, elles peuvent être mises en œuvre indépendamment l'une de l'autre, simultanément ou successivement, selon les modalités et les limites explicitées dans la suite de ce document.

# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

Par exemple, à l'issue d'une démarche d'interprétation de l'état des milieux, et dès lors que des actions simples de gestion ne sont pas suffisantes, un plan de gestion peut être nécessaire pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages.

A l'inverse, la mise en œuvre d'un plan de gestion pour la réhabilitation d'un site peut conduire à découvrir des pollutions hors des limites du site objet du projet. A l'extérieur du site, une démarche d'interprétation de l'état des milieux pourra alors permettre d'examiner la compatibilité entre les usages constatés et l'état des milieux pollués.

Dans la suite de ce texte, les conventions suivantes seront utilisées :

- le terme « milieu » désignera le périmètre concerné par une démarche d'interprétation de l'état des milieux ;
- le terme « site » désignera, quant à lui, le périmètre réservé au plan de gestion. Lorsque ce dernier est élaboré à la suite d'une IEM, le site correspond alors à l'aire sur laquelle la démarche l'IEM aura conclu à l'incompatibilité entre l'état des milieux et les usages constatés ;
- la locution « démarche de gestion » désigne l'ensemble du processus mis en œuvre pour démontrer ou rétablir l'adéquation de l'état des milieux ou des sites, aux usages constatés – dans le cadre d'une IEM – ou choisis dans le cadre d'un plan de gestion.

## 1.2 Un point de départ commun : le schéma conceptuel

Une démarche de gestion, que ce soit une IEM ou un plan de gestion, se décline en deux temps bien distincts.

- il s'agit dans un premier temps de réaliser un bilan factuel de l'état du milieu ou du site étudié. Cet état des lieux, appelé schéma conceptuel, constitue les fondations sur lesquelles toute démarche de gestion doit reposer.

Il doit permettre de véritablement appréhender l'état des pollutions des milieux et les voies<sup>1</sup> d'exposition aux pollutions au regard des activités et des usages constatés ou choisis selon le cas.

Dépendant dans certains cas des conditions climatiques, cette première étape de diagnostic peut nécessiter plusieurs mois, voire quelques années, pour appréhender de manière correcte les différents paramètres qui concourent à la réalisation de diagnostics exploitables nécessaires à la constitution du schéma conceptuel.

Par exemple, la caractérisation de l'état des eaux souterraines doit tenir compte du comportement des eaux souterraines, c'est-à-dire des conditions hydrodynamiques et des battements de nappe, phénomènes qui peuvent nécessiter une, voire deux années d'observation selon le cas, avant de pouvoir appréhender le comportement de la nappe.

De même, les campagnes de mesures qui peuvent s'avérer nécessaires pour connaître l'état des milieux confinés, susceptibles d'accumuler des vapeurs toxiques provenant d'une nappe souterraine polluée, doivent tenir compte des conditions de mesure (variations climatiques saisonnières, variations de pressions atmosphériques, vitesses du vent, températures ambiantes,

---

<sup>1</sup> Une voie d'exposition inclut une source, un point d'exposition et une voie d'administration/de transfert

conditions de ventilation et de chauffage...) et des caractéristiques de la nappe (variations de niveaux en fonction du régime hydrique).

Le temps consacré à cette première étape ne doit par conséquent pas être considéré comme une période d'inaction mais, au contraire, comme une étape à part entière et essentielle du processus de gestion.

- dans un second temps, sur la base du schéma conceptuel, et en toute connaissance de cause, il s'agit ensuite de définir, le cas échéant, les actions appropriées à engager.

## 1.3 Du schéma conceptuel au modèle de fonctionnement : le bilan quadriennal

Lorsque des mesures de gestion sont mises en œuvre, l'état des lieux « statique » délivré par le schéma conceptuel, complété par les résultats de la surveillance en place lorsqu'elle est requise, permet de construire le modèle de fonctionnement du site. Ce dernier donne une vision dynamique de l'efficacité de la gestion mise en place.

Dans la mesure où les nappes sont souvent la voie de transfert principale pour les polluants, la mise en place d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines autour des sites susceptibles d'être à l'origine de pollutions est primordiale pour disposer des signaux d'alerte en temps opportun.

Le retour d'expérience, acquis sur la surveillance des eaux souterraines au droit de sites et sols pollués, montre généralement qu'une fois la source primaire de pollution traitée ou tarie, le panache impactant la nappe, après une période d'extension ou de dispersion due à l'étalement du front de pollution, se stabilise dans un premier temps, puis, dans de nombreux cas, se résorbe lentement. Cette résorption témoigne également, dans le milieu souterrain préalablement impacté, de phénomènes actifs dénommés également "phénomènes de l'atténuation naturelle". Ces phénomènes regroupent des processus hydrodynamiques et physico-chimiques tels que la convection, la dispersion, la sorption, la dégradation chimique ou biologique des substances polluantes... , ayant pour effet de réduire, avec le temps, la masse et le volume d'un panache polluant ou la concentration d'une pollution.

Ce retour d'expérience montre également qu'une substance chimique peut, dans le milieu souterrain, se dégrader dans le temps pour former des produits de nature physique différente, et parfois des produits de décomposition, ou métabolites de dégradation, plus toxiques que les produits initiaux (ex : processus de dégradation anaérobie du tétra (PCE) et/ou trichloroéthylène (TCE) en chlorure de vinyle (CV)).

Aussi, lorsqu'une surveillance environnementale est en place, il est recommandé de procéder à des bilans des résultats de cette surveillance, par exemple, tous les quatre ans. Il ne s'agit en aucune manière de modifier les modalités de la surveillance déjà en place pour les ramener à une fréquence de prélèvement quadriennale, mais bien d'analyser et d'exploiter régulièrement les résultats de la surveillance environnementale lorsqu'elle est requise et en place, pour l'adapter aux évolutions constatées.

Par ailleurs, ce bilan ne dispense en aucun cas d'un examen des résultats obtenus lors de chaque campagne de surveillance, ni de prendre les mesures appropriées en cas de constats d'anomalies.

- ce bilan élaboré par les exploitants serait adressé au Préfet au plus tard dans les six mois suivants son achèvement pour aboutir, le cas échéant, à de nouvelles modalités de surveillance avant la fin de la cinquième année. Ainsi, à l'issue de deux campagnes successives, les bilans pourraient être joints, pour les installations qui y sont assujetties, aux bilans de fonctionnement requis par l'arrêté ministériel du 29 juin 2004 ;



- s'agissant des réaménagements qui vont conduire à modifier les usages des sols, l'objectif est avant tout de construire, dans des délais raisonnables, des aménagements qui préservent leurs occupants des effets des pollutions résiduelles éventuelles. Les mesures de surveillance éventuellement à mettre en œuvre dans le cadre du projet de réhabilitation, visent à vérifier que les pollutions et les expositions résiduelles sont effectivement celles qui sont attendues.

Ces mesures n'ont généralement pas vocation à perdurer, et ce type de situation n'est en principe pas concerné par le bilan quadriennal, sauf dans le cas où des mesures de confinement ont été mises en œuvre.

## 2 Construire le schéma conceptuel

### 2.1 Les objectifs du schéma conceptuel

Véritable état des lieux du milieu ou du site considéré, le schéma conceptuel doit, d'une manière générale, permettre de préciser les relations entre :

- les sources de pollution ;
- les différents milieux de transfert et leurs caractéristiques, ce qui détermine l'étendue des pollutions ;
- les enjeux à protéger : les populations riveraines, les usages des milieux et de l'environnement, les milieux d'exposition, et les ressources naturelles à protéger.

La construction du schéma conceptuel repose sur une collecte d'informations pouvant nécessiter des recherches documentaires, des enquêtes auprès des utilisateurs du site ou du milieu, et/ou des campagnes de mesures réalisées sur place.

Les moyens à mettre en œuvre doivent être cohérents avec les milieux d'exposition en relation avec les usages constatés. S'agissant de milieux dont on ne maîtrise pas les usages, ces diagnostics doivent être réfléchis, proportionnés et progressifs selon le processus précisé plus loin (cf. § 3.3.2).

Selon la démarche de gestion considérée (IEM ou plan de gestion), le schéma conceptuel peut, soit être une action ponctuelle, soit, au contraire, s'inscrire dans un processus itératif qui le fera évoluer au cours du temps.

- s'il s'agit du schéma conceptuel d'une démarche d'interprétation de l'état des milieux, les usages à considérer sont les usages qui sont constatés ;
- s'il s'agit d'un projet de réhabilitation, les usages qui peuvent être choisis ou adaptés sont identifiés par la représentation du projet dans sa configuration souhaitée, qui, elle-même, peut être amenée à être précisée à la suite de l'analyse du schéma conceptuel.

Bien que communs aux deux démarches de gestion, les schémas conceptuels d'une IEM et d'un plan de gestion comportent ainsi des spécificités qui leur sont propres. En effet, suivant le type de démarche adoptée, les acteurs, les contraintes, les méthodes et les moyens à mettre en œuvre pourront différer et il convient donc de s'inscrire d'emblée dans l'une ou l'autre de ces démarches.



# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

## 2.1.1 Dans le cadre d'une démarche d'interprétation de l'état des milieux (IEM)

S'agissant de la démarche d'interprétation de l'état des milieux (IEM), le schéma conceptuel s'attache à connaître les voies ou milieux d'exposition pertinents au regard des usages constatés, puis à les caractériser.

Si l'IEM conclut à une compatibilité totale entre l'état des milieux et leurs usages, alors aucune mesure de gestion n'est nécessaire et le schéma conceptuel n'est pas amené à évoluer.

Si une démarche d'IEM a conclu à une incompatibilité entre l'état des milieux et les usages, la mise en œuvre d'un plan de gestion peut alors être nécessaire pour rétablir cette compatibilité.

Le schéma conceptuel va ainsi évoluer d'une configuration initiale, constat d'une situation où l'utilisation des milieux est susceptible d'exposer les populations à des risques sanitaires inacceptables, vers une configuration finale dans laquelle les usages devront être compatibles avec l'état des milieux. Le cas échéant, une surveillance adéquate des milieux et/ou des voies de transferts devra être mise en place pour s'assurer de l'efficacité et de la pérennité des actions mises en place.

## 2.1.2 Dans le cadre d'un plan de gestion

Le schéma conceptuel évolue d'une configuration initiale, qui consiste à caractériser l'état du site concerné avant le projet de réaménagement, vers la représentation du projet dans sa configuration finale.

Le schéma conceptuel va donc être amené à évoluer de manière itérative à la suite d'interactions entre les différents projets de réhabilitation et les résultats des diagnostics réalisés sur le site.

Dès ce stade, les différentes études doivent permettre de concevoir un projet de réaménagement qui tienne compte des caractéristiques des pollutions et dont les niveaux de risques sanitaires sont obligatoirement acceptables lorsque des expositions aux pollutions résiduelles subsistent.

Ainsi, des zones susceptibles d'émettre des vapeurs provenant des sols ou des eaux souterraines pourront être réservées à des usages non sensibles (espace à l'air libre, jardins non cultivés, jardins d'agrément, modelages paysagers, parking, caves ventilées...).

La configuration finale du schéma conceptuel intègre donc l'ensemble des mesures de gestion dont la réalisation conditionnera l'acceptabilité du projet, c'est-à-dire la compatibilité totale entre l'état des milieux et les usages envisagés. Complété par les données de la surveillance des milieux lorsqu'elle est requise, il devient le modèle de fonctionnement du site.



L'outil intitulé « Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement » détaille les éléments nécessaires à l'élaboration du schéma conceptuel.

## 2.2 Identifier les enjeux à protéger

### 2.2.1 Les populations et les modes d'exposition aux pollutions

Il faut en premier lieu identifier la présence de personnes susceptibles d'être affectées directement ou indirectement par les pollutions.

L'exposition directe à des substances polluantes se fait soit par inhalation de poussières ou de gaz provenant des sols, soit par ingestion d'eau ou de sols pollués. L'exposition indirecte se fait, par exemple, par consommation de végétaux, de produits d'animaux d'élevage ou de produits de la pêche qui, au contact de terres polluées ou arrosées par des eaux polluées, sont susceptibles d'être eux-mêmes pollués.

La présence des personnes n'est donc pas le seul élément à considérer. Ce sont surtout les types d'usages des milieux par ces personnes qui vont déterminer les modes potentiels d'exposition.

La réalisation du schéma conceptuel devra donc s'attacher à identifier l'ensemble des voies d'administration pertinentes :

- la consommation d'eau de la nappe, si des captages ou des puits sont présents ;
- l'ingestion de légumes exposés aux polluants (par l'air, l'eau ou le sol) ;
- l'ingestion de terres par les enfants ;
- l'inhalation de poussières ;
- l'exposition à des vapeurs de polluants provenant du sol ou de la nappe, dans des milieux confinés.

Ainsi, dans le cas de substances présentes dans les eaux souterraines pouvant émettre des vapeurs toxiques, la situation sera très différente selon que l'on considère des locaux d'habitation construits sur des vides sanitaires ou des caves ventilées ou que l'on considère des locaux construits à même le sol.

De même, l'ingestion directe de terres par les jeunes enfants peut se produire et induire rapidement, c'est-à-dire au bout de quelques années, voire quelques mois seulement, des effets sur la santé, alors que pour les adultes ce mode d'exposition est moins problématique.

Enfin, les risques liés à l'exposition à des lieux, fréquentés de manière permanente, sont d'une toute autre importance que ceux correspondant à des lieux susceptibles de n'être fréquentés que de manière occasionnelle.

Les modes d'exposition potentielle conjugués aux temps d'exposition conduisent ainsi à construire les différents scénarii d'expositions à considérer. Il convient de veiller, pour chacun des scénarii identifiés, à ne retenir que ceux qui sont effectivement pertinents pour les populations étudiées. Les scénarii d'exposition retenus permettent alors d'orienter la stratégie de diagnostic de l'état des milieux.

# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

## 2.2.2 Les ressources et les milieux naturels

La préservation des ressources et des milieux naturels fait l'objet de dispositions spécifiques aux niveaux européen, national ou local.

La Directive « Habitats » (92/43/CEE) mise en place avec la Directive « Oiseaux » (79/409/CEE) définit un cadre commun pour la conservation des plantes et des animaux. Elle prévoit ainsi la mise en place d'un réseau de « zones spéciales de conservation » baptisé « Natura 2000 » dont l'objectif est de promouvoir une gestion adaptée des habitats naturels, de la faune et de la flore sauvages, tout en respectant les exigences économiques, sociales et culturelles, ainsi que les particularités régionales et locales de chaque Etat membre.

Les zones nationales d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) et les zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO) ont pour objectif d'identifier et de protéger les zones particulièrement intéressantes sur le plan écologique. Sans imposer de contraintes réglementaires particulières, ces zones constituent des espaces naturels exceptionnels ou représentatifs à protéger particulièrement.

Il en va de même en ce qui concerne les zones humides qui sont des milieux de vie remarquables pour leur diversité biologique. Ainsi, les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE), qui définissent les orientations nécessaires pour une gestion équilibrée de la ressource en eau, intègrent la protection et la mise en valeur de ces zones.

D'autres instruments juridiques, adaptés au contexte local et à l'importance de la zone à protéger, assurent la conservation des zones humides : réserves naturelles, arrêtés de protection de biotope, réserves naturelles volontaires, zones de protections spéciales, sites Natura 2000, réserves biologiques domaniales, réserves de chasse, de pêche, schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE)...

Il apparaît ainsi que les contraintes réglementaires sont suffisamment fournies et précises pour que l'on s'attache en premier lieu à les connaître et à les prendre en compte en tant que référentiels premiers et à les respecter, ceci avant de vouloir s'engager dans des études de risques remettant en cause les valeurs de gestion réglementaires existantes.

L'identification de ces contraintes réglementaires passe avant tout par le dialogue avec l'administration. Ainsi, les dispositions de la circulaire du Ministère du Développement durable du 18 avril 2005, tout en réaffirmant les principes de la circulaire du 25 septembre 2001 sur la distinction des rôles et des responsabilités dans le cadre de l'instruction d'une demande d'autorisation, incitent-elles à un dialogue entre les administrations et le demandeur pour s'assurer de l'identification des enjeux du projet le plus en amont possible. Les dispositions de ces circulaires doivent également s'appliquer au domaine des sols pollués lorsqu'il s'agit d'identifier les enjeux à protéger. Il en va notamment des projets qui relèveraient des dispositions de la directive Natura 2000.



Pour s'informer : Site Internet du Ministère du Développement durable  
([www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)).



## 2.3 Diagnostiquer l'état des milieux

### 2.3.1 Les différentes études possibles

Qu'il s'agisse d'identifier les populations riveraines et les ressources naturelles à protéger ou de procéder au contrôle de l'état des milieux, les recherches bibliographiques, documentaires et de vulnérabilité des milieux sont nécessaires pour déterminer les premières orientations.

### 2.3.2 Les études historiques et documentaires

Les études historiques ont pour but de reconstituer, à travers l'histoire des pratiques industrielles et environnementales du site, d'une part, les zones potentiellement polluées et, d'autre part, la nature et la quantité (en ordre de grandeur) des polluants potentiellement présents sur ces zones. Elles permettent d'identifier les activités exercées, la localisation des installations et les polluants susceptibles de se retrouver dans les milieux et les différentes zones d'effet potentiel.

Sur le volet des outils de recherche historique, il apparaît essentiel de rappeler que la base BASIAS<sup>2</sup> ne renseigne en aucune manière sur l'état de pollution des sites qui y sont recensés. En revanche, cette base de données doit permettre d'orienter et d'optimiser les études historiques à mener sur les sites qu'elle recense dans le cas d'un changement de leur usage.

BASIAS peut donc contribuer au devoir d'information des acheteurs prévu à l'article L514-20 du Code de l'environnement. A cet égard, il est rappelé que la base BASIAS est un outil mis à la disposition du grand public (<http://basias.brgm.fr>).

De même, des recherches documentaires devront être menées. Parmi les différentes sources à investiguer, la consultation des documents d'urbanisme apparaît essentielle, autant pour la connaissance des usages des sols (identification des ERP<sup>3</sup>...) que pour la connaissance de contraintes qui seraient imposées par le biais de restrictions d'usage (Servitudes d'Utilités Publiques – SUP –, Projet d'Intérêt Général – PIG –). S'agissant des autres mécanismes de restrictions d'usage telles que les servitudes de droit privé ou les restrictions d'usage conventionnelles au profit de l'Etat, leur existence est portée à la connaissance des acquéreurs au moment de la transaction foncière du fait de leur publication à la conservation des hypothèques.

Par ailleurs, la France a fait l'objet d'intenses bombardements au cours des deux dernières guerres mondiales. Sur les régions les plus concernées, il est ainsi recommandé de se préoccuper des risques liés à la présence possible d'engins explosifs (encore actifs) dans les sols lors de la réalisation d'études de sols.

Sur certaines zones particulièrement concernées, cette problématique devra être considérée au stade de l'étude historique et documentaire et, pour ce faire, l'exploitant de l'installation classée ou le maître d'ouvrage se rapprochera du centre de déminage territorialement compétent.

Le service du déminage pourra :

- faire état d'un retour d'expériences de ses interventions sur le terrain concerné et informer sur les risques significatifs le cas échéant ;

2 BASIAS : base de données des inventaires historiques (<http://basias.brgm.fr>)

3 Etablissement Recevant du Public

- recommander la mise en œuvre de bonnes pratiques en cas d'opérations de fouille dans les sols.

Rappelons que le service du déminage (ou le Laboratoire Central de la Préfecture de Police dans le cas de Paris et de la petite couronne) est, dans le domaine civil, le seul organisme habilité à procéder aux opérations de déminage.

Par ailleurs, en cas de découverte d'engins explosifs, il convient en premier lieu de délimiter un périmètre de sécurité et d'informer le service de la protection civile de la préfecture de département (le centre de déminage territorialement compétent ne doit en effet pas être directement contacté).

Enfin, il convient d'être particulièrement vigilant quant aux risques spécifiques à la filière des explosifs. Dans la filière de fabrication des explosifs, les sols peuvent en effet avoir été pollués par des matières explosives. Cette pollution « pyrotechnique » représente un cas très particulier de pollution des sols qu'il conviendra néanmoins de considérer. Tous les sites de la filière de fabrication mais également les sites d'essais des explosifs sont potentiellement concernés par cette problématique.

### 2.3.2.1 Les études de vulnérabilité des milieux

Elles permettent de déterminer les premiers éléments des processus de transfert de substances potentiellement dangereuses vers les récepteurs. Y sont abordés, pour chacun des quatre milieux (sol, flore, eaux souterraines et superficielles, air) les paramètres physico-chimiques qui ont une influence sur le transfert et le devenir des polluants. Par exemple, pour les eaux souterraines, on recherchera des données sur l'épaisseur et la nature de la zone non saturée, l'épaisseur, la nature et la perméabilité de l'aquifère, les caractéristiques hydrauliques de la nappe...

### 2.3.2.2 La visite des lieux et le recours à la mémoire

Une démarche de gestion ne peut être basée sur les seules études historiques et documentaires, aussi complètes soient-elles. Il est impératif de visiter le site une ou plusieurs fois, le plus tôt possible dans le déroulement des études, afin :

- d'orienter la recherche documentaire, d'en vérifier certaines informations ou de les compléter ;
- d'orienter la stratégie de contrôle des milieux ;
- surtout, de dimensionner à leur juste proportion les premières mesures de précaution et de maîtrise des risques quand elles sont nécessaires.

Par ailleurs, le recours à l'analyse d'anciennes photographies aériennes (Institut Géographique National) ou d'anciens plans, ainsi qu'à la mémoire des populations riveraines et surtout à celle des personnes ayant été employées sur le site, peut permettre de recueillir des informations précieuses, complémentaires aux informations documentaires recherchées par ailleurs.



« La visite du site » propose des modalités pratiques pour la réalisation d'une visite de site.

## 2.3.3 La caractérisation des polluants

Les pollutions en cause peuvent être des substances organiques, minérales ou radioactives d'origine anthropique ou naturelle.

### 2.3.3.1 Du bon usage des mesures et de la modélisation

Une caractérisation de l'état des milieux correctement réalisée consiste avant tout à mettre en œuvre des campagnes de mesures appropriées, c'est-à-dire à réaliser des prélèvements et des analyses de terres, d'eaux superficielles et souterraines, de végétaux, de poussières ou d'air, en cohérence avec la nature des polluants, les milieux d'exposition identifiés et les voies de transfert mis en évidence dans le schéma conceptuel.

La mesure directe de la qualité des milieux d'exposition est à privilégier. Ceci vaut en particulier lorsque des polluants susceptibles d'émettre des vapeurs toxiques (pollutions par des hydrocarbures chlorés par exemple) sont en cause. En effet, les modélisations empiriques utilisées pour évaluer de manière prédictive la diffusion des polluants dans les lieux confinés et leur bio-accumulation dans les végétaux peuvent conduire à estimer des niveaux de pollution des milieux qui ne reflètent pas la réalité, et orienter la suite de la démarche vers des actions de gestion inutiles ou inefficaces.

En revanche, les modélisations réalisées à partir d'un état des lieux consolidé, c'est-à-dire à partir de données directement mesurées dans l'environnement, peuvent, selon les configurations, constituer des outils qui vont permettre de construire les différents scénarii possibles de gestion du site.



Le document « Mesures et Modèles : enjeux, avantages et inconvénients en contexte de gestion de sites pollués » - Publication Ministère du Développement durable, ADEME, BRGM, INERIS - 2006 constitue une synthèse sur cette problématique.



« Diagnostics du site » version 0. 2007

Cet outil constitue un support technique permettant d'aider les opérateurs à définir un programme de collecte de données pour caractériser l'état des milieux et décrire des enjeux liés à l'exposition chronique des populations vis à vis des sites et des environnements potentiellement pollués par des activités industrielles.



# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués



.....  
Les guides ou documents utiles pour la réalisation de diagnostics :

« Guide méthodologique pour l'analyse des sols pollués »  
- Éditions BRGM Réf. DOC 298 - 2001

« Guide d'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux » - Document élaboré par un groupe de travail piloté par l'ADEME et l'INERIS, version 0. 2007.

« Retour d'expérience sur la gestion des sites pollués en France - Propositions pour la prise en compte des limites de détection ou de quantification dans les milieux sources - Rapport d'étude » - INERIS Réf. N°DRC-05-57278-DESP/R01a - 26 Avril 2005

« Inventaire des normes relatives à la qualité des sols - Descriptions et domaines d'application » - Éditions AFNOR - Mise jour annuelle.

« Guide sur le comportement des polluants dans le sol et les nappes » Éditions BRGM Réf. DOC 300 - 2008

« Stratégie et technique d'échantillonnage des sols pour l'évaluation des pollutions » - Association RECORD Réf. 04-0510/1A- Mars 2006

« Protocole d'échantillonnage des sols urbains pollués par du plomb » - Éditions BRGM Réf. RP-52928-FR - Mars 2004

« Couplage de mesure géophysiques et d'analyses de gaz pour la détection de polluants organiques sur deux anciennes cokeries - Programme National CRITERRE » - Editions BRGM Réf. RP-51726-FR - Juin 2002

« La pollution des sols liée aux activités de préservation du bois » Éditions ADEME Réf. 2460 - 1998.



.....  
Les documents utiles relatifs à la modélisation :

« Modèles de transfert sol-plante des polluants organiques. Tome 1 : Revue bibliographique - Rapport d'étude » - INERIS Réf. N°02-41200/DESP-R21a

« Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques - Guide méthodologique - Acquisition des données d'entrée des modèles analytiques ou numériques de transferts dans les sols et les eaux souterraines - Rapport d'étude » - INERIS Réf. N°DRC-66244-DESP-R01 - Août 2005

« Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques - Données d'entrée des modèles analytiques ou numériques de transferts dans les sols et les eaux souterraines : Synthèse bibliographique relative aux paramètres  $K_d$  (sorption) et  $T_{1/2}$  (biodégradation) - Rapport d'étude » - INERIS Réf. N°DRC-66244-DESP-R02 - Septembre 2005

« Eléments Traces Métalliques - Guide méthodologique - Recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines - Rapport d'étude » - INERIS Réf. N°DRC-06-66246/DESP-R01a - Août 2006

« HESP - Human Exposure to Soil Pollutants - Rapport d'étude » - INERIS Réf. N°DRC-02-41200/DESP-R30a - Octobre 2002

« RBCA TOOL KIT - Rapport d'étude » - INERIS Réf. N°DRC-02-41200/DESP-R32a - Octobre 2002

« Soil Screening Guidance - Rapport d'étude » - INERIS Réf. N°DRC-02-41200/DESP-R31a - Octobre 2002

« Le logiciel de calcul CALTOX - Rapport d'étude » - INERIS Réf. N°DRC-04-45959-RBn-n°097/calttox3 - Juin 2004

« Modélisation du transfert de vapeurs du sous-sol ou du vide sanitaire vers l'air Intérieur - Rapport d'étude » - INERIS Réf. N°DRC-05-57278-DESP/R03a - Avril 2005

## 2.3.3.2 Les paramètres à étudier

Avant toute autre considération, les caractéristiques physico-chimiques ou radioactives des polluants ou des substances identifiées méritent une attention particulière.

La densité, la solubilité et la miscibilité dans l'eau, le degré d'affinité de la substance avec différents types de solvants (eau, solvants organiques naturels ou non...), la volatilité et le caractère biodégradable, la faculté à migrer ou à rester piéger dans les sols, sont des paramètres fondamentaux nécessaires à la compréhension du comportement des substances polluantes dans les sols ou les eaux. Ils sont tout aussi importants que la connaissance de la toxicité des substances polluantes sur le plan de la santé humaine et environnementale.

Par exemple, les actions à engager lorsque le contrôle des eaux souterraines conduit à constater des pollutions par des substances non solubles, plus denses que l'eau et non volatiles, sont différentes de celles à engager lorsque les polluants en cause sont moins denses que l'eau et à l'origine d'émissions de vapeurs toxiques.



## 2.3.3.3 Anticiper les évolutions

Les réactions susceptibles de se produire dans le milieu naturel par interaction avec d'autres polluants, ainsi que l'évolution des polluants dans le temps, sont également des notions essentielles. Une substance peut se dégrader dans le temps pour former des produits de nature physique différente ou des produits de décomposition plus toxique ou plus mobile que le produit de départ. Il en va par exemple du trichloréthylène qui, par dégradation, va donner du mono-chlorure de vinyle ou bien du radon qui donne lieu, avec le temps, à des émissions de radon.

## 2.3.3.4 Tenir compte de la spéciation

Pour certains polluants, tels que les substances métalliques ou métalloïdes, et dans certaines configurations, la caractérisation de la spéciation, c'est-à-dire la connaissance de l'espèce ou de la forme moléculaire précise du polluant en cause dans le milieu considéré, apparaît également nécessaire. En effet, pour un même polluant, la toxicité peut être très différente d'une espèce à une autre (il en va notamment des différentes formes du chrome, de l'arsenic, du plomb ou des cyanures). La connaissance de la spéciation du polluant en cause peut s'avérer nécessaire aussi bien pour comprendre le schéma conceptuel à l'issue des premiers éléments de l'état de lieux que pour mettre au point un plan de gestion du site.

## 2.3.3.5 Tenir compte des atteintes aux ouvrages de génie civil

Les substances polluantes contenues dans les sols et les eaux souterraines, qui peuvent être amenées à entrer en contact avec des ouvrages, des éléments de génie civil et, de manière plus générale, avec des matériaux de construction, peuvent avoir sur ceux-ci des effets néfastes tels que la corrosion et/ou l'altération des caractéristiques mécaniques ou d'étanchéité. Ces éléments doivent être pleinement pris en considération lors de l'exploitation des données de l'état des lieux.

On peut citer, par exemple, le cas de solvants en phase organique qui peuvent dissoudre des joints d'étanchéité en PVC, ou encore le cas d'infrastructures comme les réseaux de distribution d'eau potable qui peuvent être perméables aux pollutions contenues dans les sols lorsque les matériaux des canalisations ne sont pas adaptés.

## 2.3.4 Identifier les pollutions attribuables au site

L'interprétation des résultats acquis par les diagnostics doit permettre d'identifier les pollutions attribuables au site, pour les différencier à la fois des pollutions anthropiques n'impliquant pas le site et des pollutions naturellement présentes dans les sols ou les eaux souterraines.

Une caractérisation des éventuelles pollutions anthropiques locales proches du site ou de sa zone d'effet, mais ne l'impliquant pas, ainsi que celle d'un milieu représentatif de l'état initial de l'environnement (fonds géochimiques naturels, qualité des eaux superficielles ou souterraines exemptes de toute pollution anthropique) peuvent, dans certaines situations, s'avérer nécessaires.

Cette caractérisation permet ainsi de ramener à sa juste dimension la gestion du site dans l'environnement qui lui est spécifique.

Dans le cas où des pollutions anthropiques n'impliquant pas le site seraient mises en évidence, il convient de porter ce constat à connaissance auprès des autorités, en particulier si cet état de fait peut conduire à des risques d'exposition des riverains. Il faut pour cela disposer de données tangibles, reposant sur un schéma conceptuel correctement documenté.

## 2.4 Evaluer les risques

### 2.4.1 Les trois composantes du risque

Un site ou un milieu pollué présentera un risque, seulement si les trois éléments suivants sont présents :

- une source de polluants mobilisables ;
- des voies de transfert : il s'agit des différents milieux (sols, eaux superficielles et souterraines, cultures destinées à la consommation humaine ou animale) qui, au contact de la source de pollution, sont devenus à leur tour des éléments pollués et donc des sources de pollution. Notons que dans certains cas, ces milieux ont pu propager la pollution sans pour autant rester pollués ;
- la présence de populations, de ressources et/ou d'espaces naturels à protéger, susceptibles d'être atteints par les pollutions.

Si cette combinaison n'est pas réalisée, la pollution ne présente pas de risque dans la mesure où sa présence est identifiée et conservée dans les mémoires.

En effet, un tel constat ne peut suffire et des actions de gestion doivent être mises en œuvre pour conserver la mémoire de la présence des pollutions et définir les actions appropriées à engager si des modifications des usages des milieux intervenaient.

Si cette combinaison (concomitance des trois éléments : source de pollution – voies de transfert – populations susceptibles d'être atteintes et/ou ressources et espaces naturels à protéger) est réalisée, il convient alors, pour apprécier les risques, d'examiner les voies d'exposition possibles et la durée de mise en contact.

### 2.4.2 Les modes et les durées d'exposition

Les modes et les durées d'exposition possibles des populations aux polluants constituent des paramètres essentiels à l'appréciation des risques. Leur connaissance relève d'investigations à mener au niveau de chacun des sites et des milieux avoisinants.

Les modes d'exposition peuvent être directs (ingestion de sols et de poussières, ingestion d'eau, inhalation de gaz provenant du sol ou de la nappe, ou de poussières) ou indirects (ingestion de produits de consommation susceptibles d'être eux-mêmes pollués, comme les produits du jardin).

Les durées d'exposition généralement considérées, avant que les effets sanitaires potentiellement redoutés ne se manifestent, sont de plusieurs années (des durées de plus de 30 ans sont usuellement considérées pour les effets cancérogènes). La problématique des sites et sols pollués relève en effet, pour la population générale, du domaine des risques chroniques et non des risques accidentels dont les effets potentiels sont, par contre, très rapidement observables.

Cependant, des modes d'exposition tels que l'ingestion de terres par les jeunes enfants peuvent conduire à observer rapidement, c'est-à-dire au bout de quelques années, voire même de quelques mois seulement, des effets sur la santé.

« **CIBLEX : Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué** » - Co-édition ADEME-IRSN Réf. 4773 - Novembre 2003.

CIBLEX compile les paramètres descriptifs de la population française (âge, sexe, budgets espace-temps, consommations alimentaires...) en fonction de l'occupation des sols (zones continentales, surfaces en eau...) et de l'usage type (résidentiel, professionnel, récréatif...) des zones potentiellement concernées par la pollution d'un site.

## 2.5 Prendre des premières mesures de protection des populations et des milieux

Lorsqu'elles s'avèrent nécessaires, les premières mesures conservatoires de maîtrise des pollutions et de protection des personnes doivent être mises en place sans attendre l'aboutissement de la caractérisation de l'état des milieux. Ces mesures doivent viser à :

- éviter que des populations soient en contact avec des pollutions, dont à ce stade on ne connaît pas forcément la gravité des effets ;
- prévenir, autant que faire se peut, toute aggravation de l'état des milieux d'exposition.

Par exemple, dans le cas d'une pollution aux poussières de plomb, les premières mesures consisteront à :

- clôturer les zones les plus contaminées et les recouvrir pour éviter les disséminations des pollutions ;
- recommander le nettoyage humide des cours d'école ou des espaces où les poussières peuvent s'accumuler ;
- préconiser des mesures d'hygiène individuelle telles que le lavage des mains ;
- inciter à un lavage soigné des légumes voire interdire leur consommation, en attendant, si ci-dessous).

La définition de telles recommandations relève au premier chef des prérogatives des autorités sanitaires. Il convient alors d'examiner l'opportunité d'organiser, en concertation avec les élus, une campagne d'information auprès des personnes concernées (populations riveraines, associations ...).

**Dans tous les cas, la gestion de la communication en ce domaine représente une tâche particulièrement cruciale, qui nécessite de recourir à des données tangibles et compréhensibles du public, et qui doit être menée sous l'autorité des pouvoirs publics.**



## 3 Interpréter l'état des milieux

### 3.1 Les objectifs

La démarche de gestion de sites et sols pollués n'ayant pas vocation à être appliquée sans discernement et systématiquement sur l'ensemble du territoire français, la question de la compatibilité entre l'état des sols et des milieux et leurs usages constatés ne se pose qu'à certaines occasions.

- la démarche d'interprétation de l'état des milieux a pour objectif de distinguer :
- les milieux qui ne nécessitent aucune action particulière, c'est-à-dire ceux qui permettent une libre jouissance des usages constatés sans exposer les populations à des niveaux de risques excessifs ;
- les milieux qui peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et leurs usages constatés ;
- les milieux qui nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion. La zone concernée devient alors un site au sens du plan de gestion.

Les objectifs de cette démarche sont de pouvoir distinguer les situations qui ne posent pas de problème particulier de celles qui sont susceptibles d'en poser et donc de faire l'objet de mesures de gestion appropriées.

Le principe est de s'assurer que les milieux étudiés ne présentent pas d'écarts par rapport à la gestion sanitaire mise en place pour l'ensemble de la population française. Pour le milieu étudié, l'état naturel de l'environnement et les valeurs de gestion réglementaires en vigueur deviennent désormais les références premières pour la gestion des risques.

### 3.2 Le périmètre

Typiquement, plusieurs situations peuvent être à l'origine d'une telle question et donc de la réalisation d'une démarche d'IEM :

- la découverte d'un milieu suspect, c'est-à-dire un milieu où la mise en évidence d'une pollution conduit à se poser la question des risques pour les populations riveraines. Une telle situation n'implique pas nécessairement la présence d'une installation relevant de la législation sur les installations classées ;
- pour des installations classées en fonctionnement, les dispositions réglementaires en vigueur peuvent conduire à réaliser un contrôle ponctuel ou à mettre en œuvre une surveillance dans l'environnement d'un site en activité au sens de l'étude d'impact défini à l'article 3-4 b du décret du 21 septembre 1977 modifié. Il s'agit alors d'apprécier l'acceptabilité des impacts pour les populations à l'extérieur du site, du fait de son fonctionnement passé ou actuel ;
- lorsque l'état initial de l'environnement n'a pas été réalisé ou qu'une évolution défavorable est constatée par comparaison à l'état initial réalisé au moment de la demande d'autorisation, cette démarche peut être mise en œuvre pour apprécier l'acceptabilité des impacts ;

# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

- dans le cadre de la réalisation de l'état initial de l'environnement prévu par le décret du 21 septembre 1977 lors de la constitution d'un dossier de demande d'autorisation d'exploiter une installation classée.
- à la suite d'un signal sanitaire, comme la découverte d'un groupement de cas pour une pathologie donnée, la mise en œuvre d'une IEM peut être engagée sous l'autorité des pouvoirs publics.

La démarche d'IEM n'a pas lieu d'être :

- lorsqu'un plan de gestion est d'emblée requis ;
- à l'issue d'un plan de gestion, pour vérifier l'efficacité des mesures mises en œuvre (la définition des modalités de surveillance, éventuellement nécessaires, relève du plan de gestion) ;
- sur l'emprise d'un site industriel en exploitation pour apprécier l'acceptabilité des expositions des personnels qui relève des seules dispositions du code de travail.

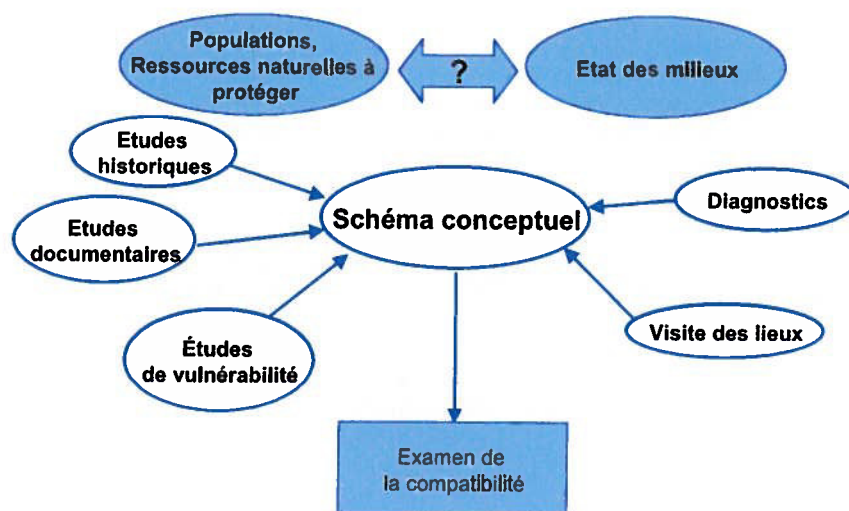


Figure 2 : La démarche d'interprétation de l'état des milieux



L'outil « **IEM** » précise les modalités et les limites pour la mise en œuvre de cette démarche de gestion.

## 3.3 Les caractéristiques de la démarche

### 3.3.1 L'identification rigoureuse des voies et des milieux d'exposition pertinents au regard des usages constatés

Au regard des usages constatés des milieux concernés, la réalisation du schéma conceptuel (cf. § 2) devra donc s'attacher à identifier l'ensemble des modes d'exposition pertinentes, notamment :

- la consommation d'eau de la nappe, si des captages ou des puits sont constatés ;
- l'ingestion de légumes exposés aux polluants (par l'air, l'eau ou le sol) ;
- l'ingestion de terres par les enfants ;
- l'inhalation de poussières ;
- l'inhalation de substances toxiques émises par les nappes ou les terres polluées ;
- le contact cutané.

Comme cela est précisé au § 2.4.2 ces modes d'exposition permettent une réelle appréciation des risques potentiels.

Lorsque des scénarii d'ingestion de produits de consommation susceptibles d'être eux-mêmes pollués, comme les produits du jardin, sont identifiés, il apparaît alors souhaitable de s'assurer que les modes d'exposition et les quantités de produits consommés ne diffèrent pas notablement de ceux généralement observés pour la population générale.



« **CIBLEX : Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué** » - Co-édition ADEME-IRSN Réf. 4773 - Novembre 2003.

CIBLEX compile les paramètres descriptifs de la population française (âge, sexe, budgets espaces-temps, consommations alimentaires...) en fonction de l'occupation des sols (zones continentales, surfaces en eau...) et de l'usage type (résidentiel, professionnel, récréatif...) des zones potentiellement concernées par la pollution d'un site

### 3.3.2 Une démarche progressive et réfléchie

Qu'il s'agisse de caractériser l'état des milieux d'exposition, d'interpréter le schéma conceptuel et d'analyser les risques liés aux usages des milieux, la démarche d'interprétation de l'état des milieux est progressive et réfléchie à toutes ses étapes.

La localisation des investigations pourra commencer par les zones les plus facilement accessibles (jardins ou bâtiments publics...), dans la mesure où elles seront représentatives des milieux d'exposition des populations susceptibles d'être concernées.

Lorsque cette démarche a été retenue et que des premiers résultats acquis sur ces zones conduisent à se préoccuper de l'état des milieux, des investigations plus ciblées au droit des milieux d'exposition des populations devront être menées sans tarder. La mise en œuvre des modalités appropriées de gestion et



# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

de communication est de la responsabilité du demandeur ; cependant, l'administration doit apporter son soutien lorsque celui-ci est nécessaire.

Ainsi, s'agissant des eaux souterraines, des mesures sur la qualité de ce milieu seront d'abord privilégiées. Si les résultats du contrôle mettent en évidence des anomalies pour des substances volatiles par exemple, de nouvelles campagnes de contrôle au plus près des habitations pourront ensuite avoir lieu avant d'engager, en ultime recours, des analyses de l'air intérieur des habitations.

Une information des populations et des élus peut être un préalable nécessaire pour connaître les usages des sols et des milieux et pour accéder aux milieux d'exposition afin d'y réaliser les diagnostics appropriés. Il s'agit d'un aspect important qu'il ne faut surtout pas négliger. Lorsque de telles campagnes d'information sont décidées, celles-ci seront menées sous l'autorité des pouvoirs publics.

Outre l'analyse des caractéristiques physico-chimiques, toxicologiques ou radioactives des polluants eux-mêmes qui permet la compréhension et l'interprétation du schéma conceptuel, la démarche consiste à analyser les risques en partant du milieu source de la pollution pour progresser vers les milieux susceptibles d'être pollués, directement ou indirectement.

Ainsi, si l'état des milieux est comparable à celui d'un milieu naturel ou à l'état initial de l'environnement, il n'est pas pertinent de poursuivre une démarche de gestion (Figure 2). De même, si la qualité des eaux souterraines au droit des milieux étudiés est comparable à celle de l'environnement naturel, voire des critères de l'eau potable, il apparaît également peu pertinent de caractériser l'état des milieux confinés, l'état des sols ou des végétaux.

S'agissant des risques liés aux usages des milieux, si un sol pollué ne présente pas de risques par ingestion directe, il apparaît peu pertinent de caractériser l'état des végétaux qui y sont cultivés pour évaluer les risques liés à leur ingestion.



**« Orientation des actions à mettre en œuvre autour d'un site dont les sols sont potentiellement pollués par le plomb » - INERIS Réf. N°DRC-57282/DESP-R030f - 27 Septembre 2004.**

Ce guide illustre la progressivité aujourd'hui recommandée par la démarche IEM.

### 3.3.3 La mise en œuvre de campagnes de mesures appropriées pour caractériser l'état des milieux d'exposition

La démarche d'IEM se base sur une caractérisation de l'état des milieux par des campagnes de mesures adaptées, réalisées sur le terrain, représentatives, autant que faire se peut, et proportionnées aux seules voies d'expositions pertinentes identifiées au travers du schéma conceptuel. Ces campagnes de mesures doivent être adaptées au site, aux conditions environnementales et météorologiques et aux milieux concernés conformément au schéma conceptuel.

Même si la réalisation de campagnes de mesures peut sembler, par rapport à une modélisation, retarder la décision à prendre dans le cadre d'un plan de gestion, il faut garder à l'esprit que les situations en cause existent souvent depuis de nombreuses années, voire des décennies, et que rares sont les cas où l'urgence se justifie.

Lorsque des milieux d'exposition ne sont pas directement accessibles pour y réaliser des mesures in situ, la question de l'utilisation d'un modèle permettant de calculer les concentrations de polluants dans ces milieux à partir des données disponibles sur d'autres milieux se pose alors. Cela concerne

# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

notamment les milieux confinés susceptibles d'être pollués par des vapeurs provenant des eaux souterraines polluées ou des sols.

Les modélisations empiriques utilisées pour évaluer de manière prédictive la diffusion des polluants et leur accumulation dans les végétaux ou les lieux confinés, peuvent conduire à estimer des niveaux de pollution des milieux qui ne reflètent pas la réalité.

En revanche, l'utilisation des modèles de dispersion peut permettre d'identifier les zones susceptibles d'avoir été impactées et sur lesquelles il sera nécessaire de réaliser des campagnes de mesures. Une fois les campagnes réalisées, l'état des lieux obtenu pourra servir à alimenter des modèles dont les résultats pourront contribuer à construire ou à valider différentes options possibles de gestion du site.



L'outil « Diagnostique du site » explicite le processus itératif qui permet de connaître l'état des milieux et les enjeux pour définir une stratégie de gestion propre au site et aux milieux environnants.

## 3.3.4 Les critères de gestion du risque

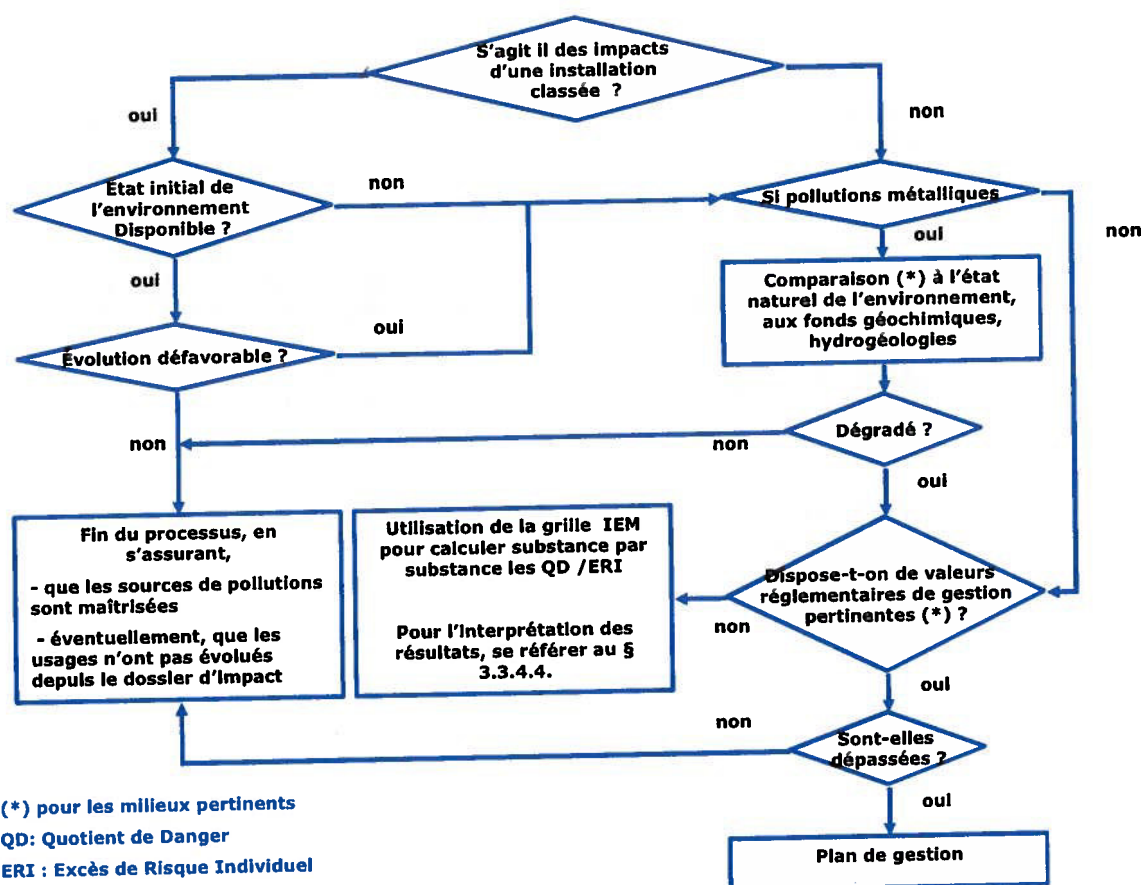


Figure 3 : Les critères de gestion du risque de l'IEM

# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

La démarche d'IEM s'appuie sur la gestion effective des risques mise en œuvre par les pouvoirs publics pour la population française.

Elle conduit ainsi à comparer l'état des milieux :

- à l'état des milieux naturels voisins de la zone d'investigation, à l'état initial de l'environnement pour les installations classées ;
- aux valeurs de gestion réglementaires mises en place par les pouvoirs publics. Ces valeurs de gestion réglementaires correspondent au niveau de risque accepté par les pouvoirs publics pour l'ensemble de la population française.

## 3.3.4.1 La comparaison à l'état initial de l'environnement (installations classées)

Pour les installations classées qui en disposent, la comparaison des résultats à ceux donnés par l'état initial de l'environnement, permet de connaître l'évolution des milieux hors site depuis la mise en service des installations.

Lorsque qu'aucune évolution n'est constatée, dans la mesure où les usages des milieux sont comparables à ceux de l'étude d'impact, la démarche n'a pas lieu d'être poursuivie.

Lorsqu'une dégradation est constatée, il convient alors de comparer les résultats aux valeurs de gestion réglementaires (cf. § 3.3.4.2) et, le cas échéant, de réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires (cf. § 3.3.4.3).

## 3.3.4.2 La comparaison aux milieux naturels

La démarche conduit à comparer l'état du milieu considéré à l'état des milieux naturels voisins de la zone d'investigation.

Pour ce faire, la connaissance des fonds géochimiques naturels, notamment des anomalies géochimiques locales et la connaissance de la qualité des eaux superficielles ou souterraines du lieu considéré comme exempté de toute pollution anthropique, sont des éléments essentiels.

De même, la caractérisation des pollutions attribuables au site, pour les distinguer des pollutions anthropiques n'impliquant pas le site, est un élément essentiel complémentaire à la connaissance de l'environnement naturel du lieu.

En cohérence avec la gestion des terres excavées, une terre (ou une nappe) est considérée comme non polluée dès lors que ses caractéristiques sont cohérentes avec le fond géochimique/hydrogéologique naturel local.

## 3.3.4.3 La comparaison aux valeurs de gestion réglementaires

Pour les voies et les scénarii d'exposition pertinents identifiés dans le schéma conceptuel, la démarche d'IEM va alors s'appuyer sur les valeurs de gestion réglementaires et les objectifs de qualité des milieux en vigueur, que ces valeurs concernent la protection de la santé des populations ou la préservation de la biodiversité. Ces valeurs de gestion, précisées dans l'outil IEM adossé à cette démarche, sont notamment les suivantes :

- les contraintes fixées par les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) ou le cas échéant sous forme de valeurs réglementaires nationales, qui définissent les orientations nécessaires pour une gestion équilibrée de la ressource en eau, intégrant par ailleurs les mesures nécessaires à la préservation de la biodiversité ;



# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

- les critères de qualité des eaux à usage agricole ou d'abreuvement des troupeaux ;
- les critères de potabilisation des eaux, s'il s'agit d'évaluer un site par rapport à une ressource non encore utilisée mais destinée à être préservée en vue d'un usage d'eau potable ;
- dans la seule mesure où un usage pour la consommation humaine est constaté, les critères de potabilité des eaux ;
- les critères de qualité de l'air extérieur : les valeurs limites et les valeurs cibles sont toutes les deux des valeurs réglementaires (cf. directive 96/62/CE du Conseil du 27 septembre 1996, 12 février 2002, 15 décembre 2004). Cette directive ne comporte pas de valeur de gestion réglementaire (voir décrets du 15/02/02, du 12/11/03). Il convient au cas par cas, de mettre en perspective les résultats des mesures des milieux d'exposition avec les valeurs cibles ;
- les critères de qualité des denrées alimentaires destinées à la consommation humaine fixés par les règlements européens ou nationaux.

En tout état de cause, la caractérisation de la population effectuée dans le cadre du schéma conceptuel permettra la mise en évidence de comportements locaux particuliers. Dans ce cas, une réflexion plus approfondie peut s'avérer nécessaire.

Dans le cas où une substance détectée dans de l'eau destinée à la consommation humaine ne possède pas de limite de potabilité, un plan de gestion sera requis dès lors que cette substance est toxique pour la santé humaine. En revanche, une eau saumâtre qui n'est pas potable mais qui n'est pas toxique ne nécessitera pas de plan de gestion.



Le document de l'INERIS-DRC-09-103753-13176A intitulé « Synthèse des valeurs réglementaires pour les substances chimiques, en vigueur dans l'eau, l'air et les denrées alimentaires en France au 1er novembre 2009 » a été élaboré à la demande du ministère du Développement durable en appui à cette démarche.

Le document de l'INERIS DRC-06-75999/DESP-R1b précise quant à lui les modalités d'élaboration des valeurs de gestion réglementaires et leurs limites d'utilisation.

### 3.3.4.4 Interpréter en l'absence de valeur de gestion réglementaire

Lorsque la comparaison à l'état des milieux naturels voisins du site ou à l'état initial de l'environnement (cas des installations classées qui en disposent) montre une dégradation des milieux et que des valeurs de gestion ne sont pas disponibles, la question de savoir dans quelle mesure cet état dégradé des milieux peut compromettre ou non son usage se pose alors.

Dans ce cas, l'outil IEM qui est adossé à la démarche comporte une grille de calculs permettant une évaluation quantitative des risques sanitaires pour les substances et les milieux qui n'ont pu être comparés aux milieux naturels ou à l'état initial de l'environnement ou à des valeurs de gestion réglementaires.

# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués



La grille de calcul de l'outil IEM est disponible sur le site du ministère du Développement durable



Le rapport d'étude INERIS-DRC-06-75999/DESP-R03a rappelle l'origine, les objectifs et les postulats de la démarche d'évaluation des risques sanitaires telle qu'elle a été mise au point par l'Académie des sciences aux Etats-Unis.

Basée sur les scénarii et les modes d'exposition identifiés dans le schéma conceptuel, la grille est proposée pour apporter des éléments de jugement quand on ne dispose pas de critères de comparaison pertinents.

Pour effectuer les calculs, les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR<sup>4</sup>) seront choisies conformément aux instructions de la circulaire du 30 mai 2006 du ministère en charge de la santé.



La circulaire de la DGS/SD.7B n°2006-34 du 30 mai 2006 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des Valeurs Toxicologiques de Référence prévoit qu'en l'absence de VTR pour une substance, une quantification des risques n'est pas envisageable même si les données d'exposition sont exploitables. Cette situation n'interdit pas de proposer des mesures de gestion appropriées.

En outre, en l'absence à ce jour de procédure établie pour la construction d'une VTR pour la voie cutanée, il ne peut pas être envisagé une transposition pour cette voie à partir de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire.

Pour rester cohérent avec la gestion effective des risques mise en œuvre par les pouvoirs publics pour la population française, l'utilisation de cette grille conduit à considérer les substances isolément :

- sans procéder à l'additivité des risques liés aux différentes substances d'une même voie d'exposition ;
- ni à l'additivité des risques entre les différentes voies d'exposition.

En effet, le retour d'expériences montre que l'additivité des risques peut faire varier d'un ordre de grandeur les résultats des niveaux de risques calculés. Ceci intervient lorsque la démarche d'évaluation quantitative des risques est menée suivant la démarche scientifique et les règles de l'art adoptées par les organismes spécialisés, tant sur les aspects toxicologiques que sur les aspects calculatoires liés aux modèles d'exposition.

Aussi, pour résoudre le problème de l'additivité des risques et en cohérence avec les objectifs mêmes de la démarche d'interprétation des milieux, des intervalles de gestion des risques ci-dessous sont fixés pour interpréter les résultats des calculs de niveaux théoriques de risques.

---

<sup>4</sup> VTR : Valeur Toxicologique de Référence. La VTR est une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques qui permettent d'établir une relation entre une exposition et un effet.

# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

L'appréciation de l'acceptabilité des risques de part et d'autre des limites relève toujours du bon sens et du professionnalisme.

Les intervalles de gestion ci-dessous ont été définis pour interpréter les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires menée dans le seul cadre de cette démarche. Ces intervalles ne sont pas adaptés au plan de gestion.

Intervalle de gestion des risques		L'interprétation des résultats	Les actions à engager	
Substances			Sur les milieux	Sur les usages
à effet de seuil	sans effet de seuil			
Inférieur à 0,2	Inférieur à 10 <sup>-6</sup>	L'état des milieux est compatible avec les usages constatés	S'assurer que la source de pollution est maîtrisée	la mémorisation des usages peut être nécessaire pour s'assurer de la pérennité des usages actuels qui sont compatibles avec l'état des milieux
Compris entre 0,2 et 5	Compris entre 10 <sup>-4</sup> et 10 <sup>-6</sup>	Zone d'incertitude nécessitant <b>une réflexion plus approfondie</b> de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion	Le retour d'expériences  La mise en œuvre de mesures de gestion simples et de bon sens  La réalisation d'une évaluation quantitative des risques réfléchie peut permettre de gérer la situation sans mener des actions lourdes	la mémorisation des usages peut être nécessaire pour s'assurer de la pérennité des usages actuels qui sont compatibles avec l'état des milieux
Supérieur à 5	Supérieur à 10 <sup>-4</sup>	L'état des milieux n'est pas compatible avec les usages	La définition et la mise en œuvre d'un plan de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages	
Dans tous les cas, il convient de s'assurer que la source de pollution est maîtrisée				

Tableau 1 : Intervalles de gestion des risques dans le cadre de l'IEM

## 3.4 Les actions à engager

Une démarche d'interprétation de l'état des milieux permet ainsi de distinguer :

- les milieux qui permettent la jouissance des usages constatés sans exposer les populations à des niveaux de risques excessifs ;
- les milieux qui peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion ;
- les milieux qui nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion. La zone concernée devient alors un site au sens du plan de gestion.



# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

En tout état de cause, dans le cas où la source de pollution ne serait pas encore maîtrisée, même si les impacts se révélaient acceptables au regard des usages constatés, un plan de gestion apparaît tout de même nécessaire pour maîtriser, voire supprimer la source en question.

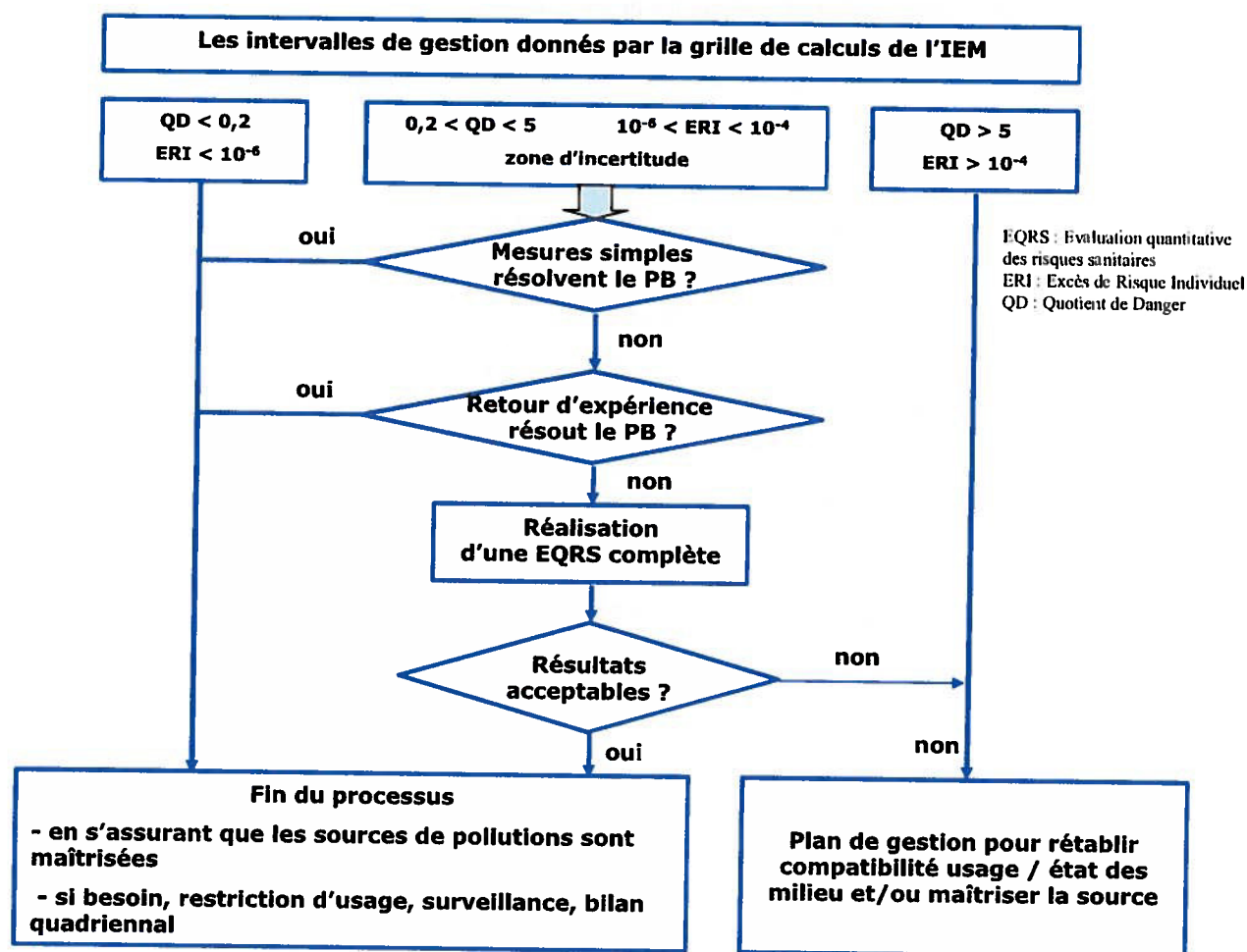


Figure 4 : Les intervalles de gestion donnés par la grille de calculs de l'IEM

## 3.4.1 Les milieux qui permettent la jouissance des usages constatés

Si l'état des milieux est comparable à celui d'un milieu naturel ou à l'état initial de l'environnement, ou qu'il répond aux exigences réglementaires pour l'usage qui en est fait et dès lors que l'on est assuré que la source de pollution est tarie ou maîtrisée, le processus conduit à conclure que le site ne pose pas de problèmes particuliers.

De même, en l'absence de valeurs de gestion, l'évaluation quantitative des risques sanitaires définie par l'outil IEM peut conclure à la compatibilité des usages du site et des milieux.

Dans certain cas, la mise en place d'une surveillance environnementale, voire des voies ou des milieux d'exposition, pour vérifier une absence d'évolution ou une évolution favorable de la situation peut s'avérer nécessaire.

## 3.4.2 Les milieux qui nécessitent un plan de gestion

La démarche peut mettre en évidence une incompatibilité manifeste entre l'état des milieux et leurs usages nécessitant alors l'élaboration d'un plan de gestion.

Il s'agit des cas où :

- l'état des milieux, dégradé par rapport à l'état initial ou à l'environnement témoin, ne respecte pas les valeurs de gestion réglementaires en vigueur sur les milieux d'exposition ;
- des substances non réglementées, mais toxiques pour la santé, sont présentes dans de l'eau destinée à la consommation humaine (cf. § 2.3.3.2) ;
- les niveaux de risques théoriques calculés sont manifestement inacceptables.

La comparaison avec l'état naturel de l'environnement peut conduire à démontrer que les actions de gestion à mettre en œuvre peuvent ne pas se limiter à la seule zone étudiée et ne pas relever de la seule responsabilité du site ou de l'exploitant à l'origine des études.

## 3.4.3 Interpréter dans la zone d'incertitude

Cette zone d'incertitude a pour objectif de permettre, par une réflexion approfondie, de résoudre le problème sans avoir à s'engager nécessairement dans un plan de gestion.

### 3.4.3.1 Les mesures de gestion simples et de bon sens

Des mesures simples et de bon sens telles que :

- l'enlèvement de taches de pollution concentrées ;
- le recouvrement de terres ;

peuvent être suffisantes pour contrôler un état stabilisé ou une évolution favorable de l'état des milieux et pour résoudre le problème identifié avant toute investigation plus conséquente.

Bien évidemment, ces mesures n'ont de sens que si les sources de pollution sont maîtrisées.

S'agissant des milieux dont l'état est dégradé mais pour lesquels les risques restent acceptables, en référence aux valeurs de gestion réglementaires ou aux niveaux de risques théoriques calculés, la mise en place d'une surveillance environnementale limitée dans le temps (une seule période quadriennale) peut être envisagée pour vérifier la maîtrise de la source de pollution et l'évolution favorable des impacts.

### 3.4.3.2 Le retour d'expériences

Le retour d'expériences dans le secteur industriel concerné et la réalisation d'une étude des incertitudes peuvent permettre de justifier la compatibilité entre l'état des milieux et les usages (le retour d'expériences sur les EDR<sup>5</sup> réalisées sur les sols pollués au plomb en est un exemple).



### 3.4.3.3 La réalisation d'une évaluation quantitative des risques sanitaires plus approfondie

S'agissant de lever les doutes dans la zone d'incertitude, une évaluation quantitative des risques sanitaires plus approfondie peut être menée en améliorant, tout en les justifiant, les paramètres qui seront utilisés par rapport à ceux retenus dans la grille IEM.

Les niveaux de risques sont alors calculés en pratiquant l'additivité des risques selon les recommandations des instances sanitaires émises au niveau national. Les critères d'acceptabilité des risques calculés sont alors ceux qui sont usuellement retenus au niveau mondial par les organismes en charge de la protection de la santé : quotient de danger<sup>6</sup> inférieur à 1 (pour les effets à seuil), excès de risque individuel théorique inférieur à  $10^{-5}$  (pour les effets sans seuil).

Lorsque cela est pertinent, la comparaison des résultats avec ceux donnés par un environnement témoin (cf. § 4.7.2.) peut permettre d'apporter des éléments d'appréciation.

Ainsi, cette évaluation plus approfondie pourra permettre de démontrer l'acceptabilité de la situation ou, au contraire, la nécessité de mettre en œuvre un plan de gestion.

Les résultats de cette évaluation peuvent également conduire à identifier des mesures de gestion simples qui peuvent s'avérer suffisantes.

### 3.4.4 La conservation de la mémoire

En tout état de cause, lorsqu'un plan de gestion n'est pas engagé, la conservation de la mémoire de l'état des milieux, par la mise en œuvre de servitudes ou de restrictions d'usage, peut s'avérer nécessaire pour garantir la pérennité de l'adéquation entre les usages constatés à un moment donné et l'état des milieux.

La mise en œuvre de dispositifs de restriction d'usage ne peut être instaurée de manière pérenne à l'issue d'une démarche d'interprétation de l'état des milieux, lorsque les sources de pollution ne sont pas encore maîtrisées.



**Le Guide de mise en œuvre des restrictions d'usage** a été actualisé pour tenir compte de retour d'expérience.

## 3.5 Synthèse

Les choix retenus confèrent à la démarche d'IEM un caractère robuste destiné à garantir la santé humaine et à préserver les ressources naturelles, notamment :

- l'élaboration du schéma conceptuel qui permet véritablement d'appréhender l'état des pollutions des milieux et les voies d'exposition pertinentes au regard des activités et des usages qui existent sur le site étudié et dans son environnement ;

<sup>6</sup> Le quotient de danger, appelé abusivement indice de risque, correspond au rapport entre la dose ou la concentration d'exposition par la dose ou la concentration de référence.

# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

- en priorité, la mesure des milieux d'exposition ;
- la prise en compte d'hypothèses et de scénarii réels et explicites ;
- et, en tant que de besoin, la conduite d'une évaluation quantitative des risques à part entière (outil intrinsèquement conservatoire) basée sur l'utilisation de valeurs toxicologiques pertinentes pour les scénarii constatés.

Sur le plan de la santé humaine, l'IEM est une démarche de gestion raisonnablement prudente qui repose aussi bien sur la gestion effective des risques mise en œuvre par les pouvoirs publics pour la population française que sur la comparaison à l'état naturel de l'environnement voisin du site. A défaut de ces valeurs de référence, les intervalles d'interprétation des risques, étendus de part et d'autres des valeurs cibles généralement retenues, permettent d'identifier les situations susceptibles de nécessiter des mesures de gestion.

S'agissant des ressources et des milieux naturels, les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE), les zones nationales d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) et les zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO) définissent à la fois les zones naturelles à protéger et les mesures éventuelles à mettre en œuvre pour assurer leur pérennité.

Dans ce cadre, les contraintes et les dispositions réglementaires en vigueur sont suffisamment fournies et précises pour que la démarche d'IEM s'attache à les prendre en compte en tant que référentiels premiers avant de s'engager dans des études de risques.

## 4 Elaborer un plan de gestion

### 4.1 Les objectifs

#### 4.1.1 La maîtrise des sources de pollution

La maîtrise des sources de pollution est un aspect fondamental du plan de gestion car :

- elle participe à la démarche globale de réduction des émissions de substances responsables de l'exposition chronique des populations ;
- elle participe à la démarche globale d'amélioration continue des milieux.

Aussi, en tout premier lieu, les possibilités de suppression des sources de pollution et de leurs impacts doivent être dûment recherchées. Sans maîtrise des sources de pollution, il n'est pas économiquement ou techniquement pertinent de chercher à maîtriser les impacts.

La politique de gestion des risques suivant l'usage ne s'oppose en aucune manière à rechercher les possibilités de suppression des sources de pollution compte tenu des techniques disponibles et de leurs coûts économiques.

Ainsi, lorsque des pollutions concentrées sont identifiées (flottants sur les eaux souterraines, terres imprégnées de produits, produits purs...), la priorité consiste d'abord à extraire ces pollutions concentrées, généralement circonscrites à des zones limitées, et non pas à engager des études pour justifier leur maintien en place.

Il apparaît cependant nécessaire, quand la suppression totale des sources de pollution n'est pas possible - après avoir réalisé une démarche "coûts/avantages" et passé en revue les meilleures techniques disponibles à un coût raisonnable - de garantir que les impacts provenant des sources résiduelles sont effectivement maîtrisés et acceptables tant pour les populations que pour l'environnement.

Sur ce point, l'arbitrage entre les différentes options de gestion possibles (dépollution in situ ou confinement versus mise en décharge de terres polluées par exemple) doit se faire au regard des perspectives de développement durable et de bilan environnemental global.

#### 4.1.2 La maîtrise des impacts

Quand il est démontré qu'il n'est pas possible de supprimer la totalité des sources dans des conditions techniquement ou économiquement acceptables, il s'agit alors de garantir que les impacts des émissions provenant des sources résiduelles ou « expositions résiduelles » sont acceptables pour les populations et l'environnement.

Si la maîtrise des sources permet de limiter le processus de dégradation des milieux, elle peut s'avérer insuffisante pour autoriser leur utilisation sans exposer les populations à des risques excessifs. Dans ce cas, il convient d'y remédier, d'abord en améliorant la qualité des milieux par un plan de gestion approprié et, si ce n'est pas suffisant, en restreignant les usages des milieux ou en prévoyant des mesures de précaution adaptées en cas de changement d'usage. Cette caractéristique du plan de gestion est essentielle lorsque celui-ci concerne les situations où les usages des milieux sont fixés.

## 4.1.3 Du bon sens avant tout

Au-delà de toutes les démonstrations d'acceptabilité des risques par le calcul, les mesures de gestion basées sur le bon sens méritent d'être rappelées.

### 4.1.3.1 La gestion des pollutions accidentelles

Lorsque des produits ou des substances ont été déversés accidentellement, l'action consiste à prendre les mesures appropriées pour nettoyer les lieux souillés, évacuer les matières récupérées et les terres souillées vers les filières de gestion appropriées. L'action doit se placer dans une logique de réparation, l'ensemble étant encadré par le dispositif réglementaire adéquat, en vue de remettre les milieux dans leur état initial.

La gestion de telles situations ne relève pas de la politique relative aux sols pollués. Ainsi, des études produites pour évaluer les risques sanitaires liés à une flaque d'hydrocarbures accidentellement déversés ou pour évaluer les risques liés à des substances toxiques remplissant un bassin de rétention n'ont aucun sens.

### 4.1.3.2 Des mesures de gestion proportionnées aux situations

D'une manière générale, le plan de gestion doit être d'une ampleur proportionnée aux pollutions et à leur étendue. Par exemple, quelle que soit la nature des polluants, lorsque les volumes de terres polluées en cause sont limités et accessibles, le bon sens conduit à excaver les terres et à les évacuer vers les filières de gestion appropriées et non à s'engager vers des études lourdes et coûteuses qui devraient aboutir finalement à cette option de gestion.

Le plan de gestion se limitera alors à justifier la pertinence des mesures de gestion retenues.

### 4.1.3.3 L'enlèvement des pollutions concentrées et leur gestion dans les filières appropriées

De même, lorsque des pollutions concentrées sont identifiées (flottants sur les eaux souterraines, terres imprégnées de produits, produits purs, déchets...), la priorité consiste d'abord à extraire ces pollutions concentrées, généralement circonscrites à des zones limitées, et non pas à engager des études pour justifier leur maintien en place en faisant état de la qualité déjà dégradée des milieux ou de l'absence d'usage de la nappe.

## 4.2 Le périmètre

Le plan de gestion est mis en œuvre :

- lorsqu'une installation classée est mise à l'arrêt définitif, et que l'arrêt libère des terrains susceptibles d'être affectés à un nouvel usage, tel que précisé à l'article 34-3 du décret du 21 septembre 1977 ;
- sur l'environnement du site lorsqu'une démarche d'IEM aura conclu à la nécessité de mettre en œuvre des mesures de gestion ;
- à l'occasion de projets de réhabilitation d'anciens terrains industriels, qu'il s'agisse d'anciennes installations classées ou non.

Le plan de gestion concerne généralement l'emprise du site mis à l'arrêt définitif, du site objet du projet de réhabilitation ou de la zone problématique identifiée au travers de la démarche d'IEM.



Lorsque les diagnostics réalisés sur l'emprise du site objet du plan de gestion conduisent à découvrir ou à suspecter une pollution de l'environnement extérieure au site, attribuable aux activités passées du site, la question de l'étendue de cette pollution et des risques pour les populations voisines du site peut se poser.

Au regard des usages constatés des sols et des milieux, une démarche d'interprétation de l'état des milieux doit alors être engagée pour analyser la compatibilité entre les usages constatés et l'état des milieux. Si l'IEM conclut à une incompatibilité entre l'état des milieux à l'extérieur du site et leurs usages, alors la notion de site et la portée du plan de gestion doivent s'étendre et prendre en compte toutes les zones d'influence de l'installation.

Selon le cas, les mesures du plan de gestion sur le site à l'origine des sources de pollution peuvent parfois être suffisantes pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux (hors du site) et leurs usages constatés, en particulier par la maîtrise des sources.

## 4.3 Les caractéristiques du plan de gestion

### 4.3.1 Un processus généralement progressif, itératif, évolutif et interactif

Dans beaucoup de cas, il apparaît illusoire de prétendre construire d'emblée un plan de gestion exhaustif qui soit, de plus, définitivement figé.

#### 4.3.1.1 Dès la conception du projet de réaménagement

Pendant des décennies, l'urbanisation des espaces autrefois situés à la périphérie des villes, alors zones d'activités industrielles, s'est faite sans outil d'évaluation complexe. Pour autant, il ne faudrait pas en déduire que les risques sanitaires n'étaient pas pris en compte : les immeubles comportent en général des caves ou des vides sanitaires ventilés naturellement qui séparent le sol des locaux habités. Des terres « propres » recouvrent les espaces extérieurs, ne serait-ce que pour pouvoir y réaliser des plantations ornementales.

De telles mesures de bon sens méritent d'être rappelées. Il ne s'agit en aucun cas de promouvoir l'urbanisation sur les zones industrielles désaffectées sans les dépolluer mais, lorsque des projets urbanistiques sont réalisés sur des sols pollués :

- de réserver d'emblée les lieux susceptibles d'émettre des vapeurs toxiques provenant des sols ou des eaux souterraines à des usages non sensibles (espace à l'air libre, parking, caves ventilées...);
- ou de prévoir d'emblée des vides sanitaires ventilés naturellement ou mécaniquement pour les immeubles de plain-pied.

Elles ne s'opposent bien sûr pas à une dépollution des sols tenant d'abord compte des performances permises par les techniques de dépollution et des coûts associés, puis de la démonstration de l'acceptabilité des risques sanitaires par des calculs menés suivant les règles de l'art.

#### 4.3.1.2 Dans la définition des mesures de gestion

Le processus d'identification des populations, des milieux et des ressources naturelles à protéger et d'acquisition de connaissances de l'état des milieux est généralement progressif, itératif, évolutif tout en étant interactif avec les mesures ou les projets déjà engagés. Ces itérations et interactions conduisent,



# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

selon les configurations, à confirmer, à améliorer ou à infléchir le plan de gestion du site au fil du temps ou à adapter le projet de réaménagement.

Ainsi, l'ensemble de la démarche proposée repose-t-elle sur un processus itératif entre (Figure 5) :

- la connaissance des milieux, l'acquisition de connaissances sur les populations, sur les ressources naturelles à protéger ainsi que le choix des usages dans le cas d'un projet de réhabilitation ;
- les contraintes réglementaires ;
- les mesures de maîtrise des sources de pollution et les mesures de maîtrise des impacts ;
- le devenir et la gestion des terres excavées : dans les zones urbanisées, les projets d'aménagement conduisent nécessairement à excaver et à devoir gérer d'importants volumes de terre. Les modalités de cette gestion constituent dans la plupart des cas un enjeu majeur du projet, bien plus problématique que la seule appréciation des risques sanitaires présentés par les installations dans leur configuration finale ;
- les différentes mesures de gestion : le traitement des terres polluées sur site ou hors site, les mesures constructives actives ou passives, les mesures de confinement, les possibilités de régénération ou d'atténuation naturelle ;
- les outils de conservation de la mémoire et de restriction d'usage ;
- le contrôle et le suivi de l'efficacité des mesures de gestion.

Ce processus progressif, itératif et interactif d'acquisition de connaissances va permettre successivement d'identifier les différentes options de gestion pertinentes, de les valider puis de contrôler leur efficacité dans le temps.



## Exemple

### Un cas simple : celui des pollutions métalliques

Dans certains cas, les possibilités d'action peuvent être relativement simples. Par exemple, si les substances en cause sont uniquement des substances métalliques, non volatiles et non susceptibles d'être solubilisées, des mesures de gestion simples telles que le recouvrement des terres polluées par des épaisseurs suffisantes et justifiées de terres non polluées peuvent apparaître adaptées **dès lors que la mémoire de ces pollutions est conservée.**

En cohérence avec la gestion des terres excavées, une terre est considérée comme non polluée dès lors que ses caractéristiques sont cohérentes avec le bruit de fond naturel local.

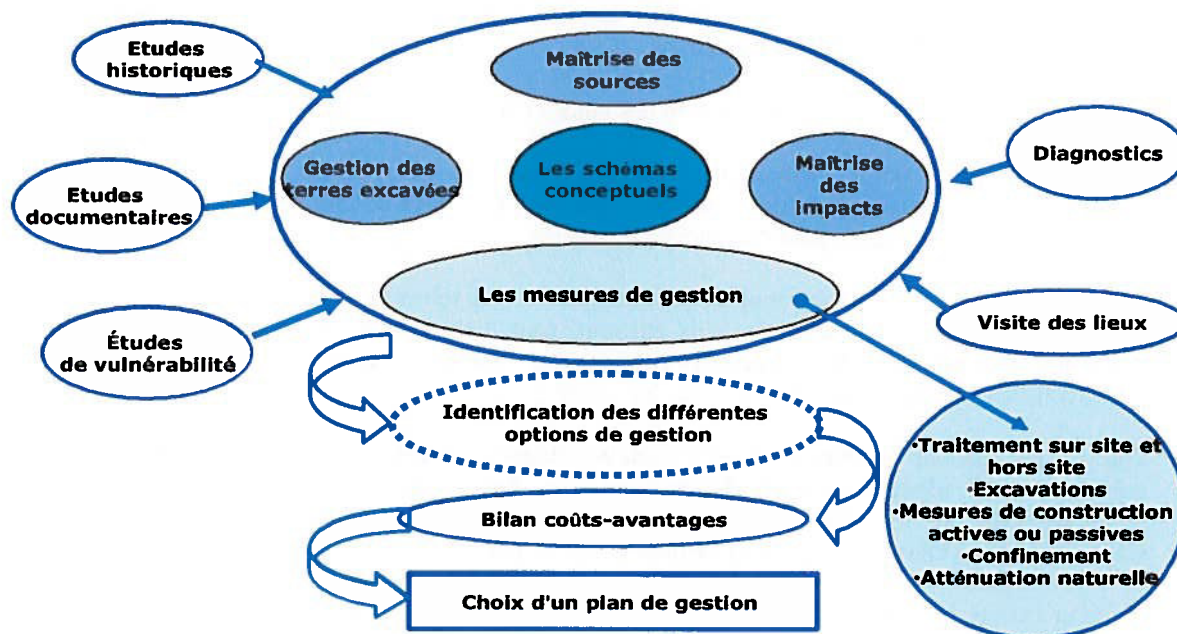


Figure 5 : L'élaboration du plan de gestion

## 4.3.1.3 Dans le suivi de l'efficacité des mesures de gestion

Lorsqu'une vérification de l'efficacité des mesures de gestion doit être réalisée par une surveillance environnementale appropriée, le plan de gestion est alors évolutif au cours du temps et non définitivement figé.

L'analyse régulière des résultats de cette surveillance doit ainsi conduire à réexaminer, non seulement la pertinence des mesures de gestion, mais également les modalités mêmes de la surveillance :

- une dégradation des résultats conduisant à reconsidérer les mesures de gestion ;
- une stabilisation, voire une amélioration des résultats entraînant une fréquence de contrôle et des paramètres de surveillance allégés.

Pour cela, l'état des lieux « statique » délivré par le schéma conceptuel doit être complété par les résultats de la surveillance pour construire le modèle de fonctionnement du site (cf. § 1.3.). Ce dernier permet une vision dynamique de l'efficacité de la gestion mise en place.

## 4.3.2 La prise en compte du bilan « coûts-avantages »

Compte tenu des options de gestion identifiées, la démarche se base sur une approche « coûts-avantages » prenant en compte les critères d'appréciation suivants :

- les mesures de nature techniques et les coûts économiques correspondants ;

# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

- les perspectives de développement durable et de bilan environnemental global ;

Le plan de gestion retenu correspond au bilan « coûts – avantages » le plus favorable, tant au plan sanitaire qu'environnemental, en veillant à privilégier les options qui permettent :

- en premier lieu, l'élimination de la source de pollution (ex : traitement, enlèvement de taches de pollutions concentrées...) ;
- en second lieu, la désactivation des voies de transfert.

S'agissant d'une pollution historique, il s'agit d'atteindre le meilleur niveau de protection de l'environnement, humain et naturel, à un coût raisonnable, tout en évitant de mobiliser des ressources inutilement démesurées au regard des intérêts à protéger.

Ainsi, par exemple, il n'est pas toujours utile d'excaver des terres polluées présentes sur un site alors que les impacts environnementaux, s'ils existent, sont bien souvent déjà établis et connus depuis longtemps. Des solutions alternatives à l'excavation des sources peuvent être proposées (traitement sur place, confinement des pollutions...).

Pour les installations classées, le bilan « coûts-avantages » est défini à l'article 34-3 du décret du 21 septembre 1977, modifié pour prendre en compte les dispositions de la loi du 30 juillet 2003. Elles reflètent le fait que les options prises en matière de gestion d'un site pollué par un acteur, doivent s'appuyer sur des éléments tangibles justifiant les choix retenus.

Le bilan « coûts – avantages » ne consiste pas à produire une étude détaillée mais à fournir des éléments factuels de comparaison de chacune des solutions pertinentes. Il doit permettre d'instruire et d'asseoir la discussion sur des critères objectifs entre :

- les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre, les bureaux d'études et les entreprises de dépollution ;
- les exploitants et l'administration lorsque le plan de gestion doit être soumis à cette dernière.

Quoi qu'il en soit, la justification des choix techniques et la définition des mesures de gestion doivent s'appuyer sur des critères explicites, argumentés et transparents.

Le tableau suivant recense la plupart des points pouvant être pris en considération dans une telle analyse, avec quelques exemples.

Sujet	Coûts	Avantages	Points à examiner
Etudes	<input type="checkbox"/> Etudes complémentaires	<input type="checkbox"/> Economies réalisées sur les opérations de traitement éventuelles <input type="checkbox"/> Amélioration du niveau de fiabilité ou d'acceptabilité de la solution proposée	<input type="checkbox"/> Des mesures simples et de bon sens (enlèvement de taches concentrées) ne sont-elles pas moins coûteuses ?



Sujet	Coûts	Avantages	Points à examiner
Travaux de dépollution	<input type="checkbox"/> Traitements <input type="checkbox"/> Surveillance <input type="checkbox"/> Ressources naturelles ou énergétiques consommées par les solutions de traitement <input type="checkbox"/> Transport et stockage de terres excavées	<input type="checkbox"/> Performances des techniques <input type="checkbox"/> Niveau de pollution résiduel, voire suppression des pollutions <input type="checkbox"/> Diminution des contraintes résiduelles (restrictions d'usage, surveillance...)	<input type="checkbox"/> Les opérations de dépollution intégrale ne conduisent-elles pas à des impacts importants en termes de traitement (rejets ...) ou de transport et de stockage de terres ? <input type="checkbox"/> Des expositions résiduelles subsistent-elles ? Quels sont les risques ? <input type="checkbox"/> Nature et volume de déchets générés par l'opération de traitement ? <input type="checkbox"/> Risques et nuisances lors d'un traitement in situ ?
Mesures de confinement	<input type="checkbox"/> Etudes <input type="checkbox"/> Dispositif de confinement <input type="checkbox"/> Contrôle de la pérennité du confinement dans le temps <input type="checkbox"/> Surveillance associée	<input type="checkbox"/> Optimisé, le chantier peut être producteur de terres non polluées <sup>7</sup> <input type="checkbox"/> Réduction notable des coûts de réhabilitation	<input type="checkbox"/> Acceptabilité sociale des mesures de confinement ? <input type="checkbox"/> Impacts socio-économiques des restrictions d'usage (servitudes pour garder la mémoire) ? <input type="checkbox"/> Justification de la maîtrise des impacts sanitaires et environnementaux ? <input type="checkbox"/> Coût de la maintenance ?
Contraintes résiduelles (restrictions d'usage, surveillance, permanence de traitements...)	<input type="checkbox"/> Impacts socio-économiques des restrictions d'usage (limitation d'usage de terrains, d'aquifères) à mettre en balance avec l'intérêt de ceux-ci <input type="checkbox"/> Surveillance	<input type="checkbox"/> Diminution de l'ampleur de traitement de la pollution ; intérêt de solutions privilégiant le suivi de la dégradation naturelle des polluants (options de régénération naturelle)	

Tableau 2 : Grille d'analyse du bilan « coûts-avantages »

## 4.4 Les différentes mesures de gestion

Parmi les différentes mesures de gestion envisageables, certaines nécessitent de respecter des règles de mise en œuvre particulières ou de considérer, au-delà des seules performances intrinsèques, les impacts secondaires potentiels.

### 4.4.1 Les techniques de dépollution

Pour une situation donnée, différentes techniques de dépollution peuvent permettre de réduire les niveaux de pollution et donc de réduire les risques au regard des performances intrinsèques de chacun

<sup>7</sup> En cohérence avec la gestion des terres excavées, une terre est considérée comme non polluée dès lors que ses caractéristiques sont cohérentes avec le fond géochimique naturel local.

# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

des procédés. Cependant, dans une logique de développement durable et de bilan environnemental global, il convient également de prendre en compte les impacts secondaires éventuels.

En effet, une solution appropriée en termes d'efficacité de réduction des niveaux de pollution peut, par exemple, présenter des impacts :

- de par la consommation de matière active, les émissions spécifiques au procédé de traitement (effluents gazeux ou aqueux, gaz à effet de serre ...), la production de déchets... ;
- ou de par la contribution à l'encombrement des décharges lorsqu'une solution d'excavation et de mise en centre de stockage de déchets a été choisie.

Notons que la prise en compte des impacts secondaires doit faire partie du bilan « coûts-avantages » pour l'élaboration du plan de gestion.



## Outil : « Quelles techniques pour quel traitement - Analyses coûts-avantages »

Cet outil présente les différentes techniques de traitement sur site, hors site et in situ avec leurs avantages, leurs inconvénients, leurs coûts, l'applicabilité par rapport au couple polluants-contextes hydrogéologiques, caractéristiques, déchets produits.

## Autres documents



« Techniques de traitement par voie biologique des sites pollués » - Éditions ADEME  
Réf. 2468 - 1998

« La désorption thermique des sols pollués - État des techniques en 1998 » -  
Éditions ADEME Réf. 3283 - Décembre 2001

Site internet de l'ADEME (www.ademe.fr) - Domaines d'intervention « Sites pollués et sols » - Rubrique « Techniques de traitement »

« Traitabilité des sols pollués : Guide méthodologique pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances » - ADEME.

La **BASE ASTRES** regroupe toutes les technologies de dépollution des sols, des sédiments et des eaux de nappe disponibles en France.

## 4.4.2 Les mesures de confinement

Dans une logique de développement durable et de bilan environnemental global, il n'apparaît pas toujours souhaitable d'excaver des terres polluées présentes sur un site. Un projet de réhabilitation abouti peut donc consister à définir des usages ou des configurations d'aménagement qui, combinés à des actions sur les voies de transfert, conduisent à laisser des pollutions en place tout en les confinant.

Dans ce cas, il ne peut s'agir que de sols pollués déjà présents sur le site objet du projet de réhabilitation ou de son environnement proche, et en aucun cas de sols ou matières pollués provenant d'autres sites et amenés pour y être confinés.

Par ailleurs, de telles mesures de confinement doivent être pérennes dans le temps et adaptées aux usages du site. Les impacts potentiels, qu'ils soient sanitaires ou environnementaux, doivent être parfaitement identifiés et définitivement maîtrisés.



# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

Pour ce faire :

- le plan de gestion doit apporter des éléments démonstratifs tangibles sur les performances du confinement et sur leur pérennité dans le temps ;
- un contrôle initial suivi d'une surveillance environnementale appropriée doit être réalisé pour vérifier l'absence d'impact ou évaluer les impacts résiduels sur les milieux lorsqu'une telle solution a été décidée ;
- une vigilance pérenne sur les changements d'usage à venir et une information systématique des acquéreurs par le biais des documents d'urbanisme ou fonciers (Conservation des hypothèques) sont nécessaires. La mise en œuvre de dispositifs de restrictions d'usage précisant les modalités d'exploitation et d'entretien éventuellement nécessaire au maintien de leur pérennité dans le temps est donc essentielle.



« Procédés de confinement appliqués aux sites pollués » - Éditions ADEME Réf. 2461 - 1999

## 4.4.3 La régénération ou l'atténuation naturelle

Dans certains cas, notamment lorsque les pollutions des milieux sont diffuses et les niveaux de concentration des polluants, généralement bas, sont stabilisés ou en régression, les options de gestion reposant sur la régénération ou l'atténuation naturelle sont alors envisageables.

Cette option est retenue :

- lorsque l'impossibilité de suppression des pollutions a été démontrée ou qu'il n'apparaît pas souhaitable, dans une logique de développement durable et de bilan environnemental global, de poursuivre plus en avant les opérations de dépollution ;
- lorsqu'il est démontré que les niveaux résiduels de pollution sont compatibles avec les usages constatés ou envisagés des milieux ;
- à condition d'être accompagnée d'une surveillance appropriée des milieux.

Selon le cas, une vigilance sur les changements d'usage à venir et une information systématique des acquéreurs par le biais des documents d'urbanisme ou fonciers (Conservation des hypothèques) peuvent également être nécessaires.



## **Guides du projet de recherche ATTENA – ATTEnuation Naturelle**

« **Protocole opérationnel de gestion de sites par ATTEnuation Naturelle dans le contexte réglementaire français – Projet ATTENA – Phase 2** »  
ADEME – Janvier 2013

« **État des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures** » –  
BRGM/RP Réf. 53739 FR – avril 2005 – Janvier 2006, Réf. 53789-FR (rapport d'avancement) et **Réf. 54183 FR** – Janvier 2006.

« **Organo-chlorés aliphatiques - Caractérisation d'une zone source dans les aquifères** » Programme R&D MACAOH (Modélisation, Atténuation, Caractérisation dans les Aquifères des Organo-Halogénés) - ADEME Avril 2007

« **Organo-chlorés aliphatiques - Atténuation naturelle dans les aquifères** » Programme R&D MACAOH (Modélisation, Atténuation, Caractérisation dans les Aquifères des Organo-Halogénés) - ADEME Avril 2007

« **Organo-chlorés aliphatiques - Modélisation de leur devenir dans les aquifères** » Programme R&D MACAOH (Modélisation, Atténuation, Caractérisation dans les Aquifères des Organo-Halogénés) - ADEME Avril 2007

Les guides méthodologiques sont aussi accessibles sur le site de l'ADEME ([www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)).

## **4.4.4 La gestion des terres excavées**

Les terres excavées devront être gérées dans le respect des priorités d'action rappelées au § 4.4 et suivant les conclusions du bilan « coûts-avantages » (cf. § 4.3.3 ).

Compte tenu des caractéristiques des sols, les terres polluées excavées seront préférentiellement réutilisées sur site (le plan de gestion définit alors les modalités de réutilisation de ces terres dans le cadre du projet global de réhabilitation du site). Les terres polluées excavées qui sortent du site sont gérées comme des déchets en cohérence avec les dispositions du titre IV du livre V du code de l'environnement.

Cependant, en particulier lorsqu'un site est réhabilité, les nécessités de l'aménagement du site peuvent conduire à excaver des terres non polluées, afin de respecter les cotes du projet de réaménagement. Dans ce cas, les terres non polluées excavées ne constituent pas un déchet. Les dispositions du plan de gestion doivent cependant de mettre en place les contrôles nécessaires afin de justifier du caractère non pollué de ces terres.



Un groupe de travail spécifique a été constitué par le Ministère du Développement durable dans l'objectif de définir les conditions sous lesquelles certaines terres excavées pourraient être réutilisées en travaux publics ou dans des "applications spécifiques".

Ses travaux ont abouti à la réalisation d'un Guide qui propose **des modalités de gestion des terres excavées raisonnées et maîtrisées** dans l'objectif de permettre l'emploi de ces matériaux qui pourront se substituer à des granulats nobles.

« **Guide de réutilisation hors site des terres excavées en techniques routières et dans des projets d'aménagement** »  
MEDDTL, BRGM, INERIS – BRGM/RP-60013-FR – Février 2012

## 4.4.5 La prévention des impacts des chantiers de dépollution

Lorsque les opérations de dépollution sont à l'origine de nuisances et de risques pour les populations riveraines ou l'environnement, le plan de gestion devra alors comporter une étude d'impact proportionnée aux enjeux. A cette fin, les éléments de l'article 3-4° du décret du 21 septembre 1977 modifié constituent une référence pour élaborer et mettre en œuvre les mesures de prévention appropriées.

## 4.4.6 La prise en compte des risques accidentels et la protection des travailleurs sur un chantier de dépollution

Les risques pour la santé des travailleurs liés à des expositions aiguës ou chroniques susceptibles d'être générés par la présence de certaines substances polluantes dans les sols ou les eaux, de même que les risques accidentels, sont également à considérer.

On peut citer par exemple le risque d'incendie ou d'explosion en cas de diffusion et d'accumulation de vapeurs d'hydrocarbures dans des espaces clos confinés tels que des égouts ou des caves. Ces risques peuvent ne se présenter que dans le cas de survenance d'événements extérieurs temporaires et exceptionnels, dont la nature et la probabilité d'occurrence doivent être examinées. En cas de doute sur la potentialité d'incendie ou d'explosion, il convient de contacter les services de la protection civile.

La conduite d'un chantier de dépollution peut également engendrer une exposition temporaire des ouvriers du chantier à des substances volatiles (vapeurs de solvants, hydrogène sulfuré,...) ou toxiques. Les modalités de gestion à mettre en œuvre relèvent des dispositions du code du travail.



« Protection des travailleurs sur les chantiers de réhabilitation de sites industriels pollués » - Co-éditions ADEME / INRS Réf. ED 866 - Juin 2002 - nouvelle édition.



## 4.5 L'action sur les voies de transfert

### 4.5.1 Une composante à part entière du plan de gestion

L'action sur les voies de transfert fait partie intégrante d'une démarche de gestion. Il convient alors d'être attentif à la fiabilité des mesures mises en place.

Dans les cas suivants (cf. tableau 3) et sous les réserves précisées ci-après, la voie de transfert peut être considérée.

Dans la situation suivante	Si les mesures suivantes sont prévues dans le plan de gestion	Alors la voie de transfert suivante pour la partie du site concernée est à considérer comme désactivée
<input type="checkbox"/> Ré-envoi de terres contaminées  <input type="checkbox"/> Ingestion de terres polluées causées par la présence occasionnelle ou permanente de personnes sur le site	<input type="checkbox"/> Couverture par des terres non polluées <sup>8</sup> (épaisseur justifiée au regard des usages) + dispositif réglementaire de restriction d'usages (SUP...) indiquant les risques, les usages possibles et les mesures à prendre en cas de travaux sur le site + surveillance appropriée du confinement	<input type="checkbox"/> Ingestion et inhalation liées au ré-envoi  <input type="checkbox"/> Contact cutané  <input type="checkbox"/> Ingestion de végétaux
<input type="checkbox"/> Ressources en eau polluées et scénario d'utilisation d'eau à des fins alimentaires ou d'arrosage de cultures	<input type="checkbox"/> Interdiction d'usage de la nappe à ces fins par des dispositifs réglementaires de restriction (SUP...) + surveillance des eaux souterraines	<input type="checkbox"/> Ingestion d'eau, consommation d'aliments  <input type="checkbox"/> Contact cutané  <input type="checkbox"/> Ingestion de végétaux
<input type="checkbox"/> Présence dans les sols et/ou les eaux souterraines de substances susceptibles d'émettre des vapeurs toxiques	<input type="checkbox"/> Aménagements non sensibles (parking, aménagements de plein air...)  <input type="checkbox"/> Immeuble sur vide sanitaire ventilé naturellement ou mécaniquement ou comportant des dispositions constructives équivalentes	<input type="checkbox"/> Inhalation de gaz provenant des sols ou des eaux souterraines

Tableau 3 : Mesures sur les voies de transfert

### 4.5.2 La combinaison de deux mesures différentes et complémentaires

Outre la justification des caractéristiques des mesures retenues, le tableau ci-dessus permet de constater que la pérennité des options de gestion repose systématiquement sur la mise en oeuvre simultanée de deux types de mesures de gestion différentes et complémentaires entre elles :

- les mesures de restrictions d'usage qui permettent à la fois d'adapter les usages à l'état des milieux et de conserver la mémoire des pollutions ;

<sup>8</sup> En cohérence avec la gestion des terres excavées, une terre est considérée comme non polluée dès lors que ses caractéristiques sont cohérentes avec le fond géochimique naturel local.



# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués



Le Guide de mise en œuvre des restrictions d'usage a été actualisé pour tenir compte de retour d'expérience.

- la mise en place d'une surveillance environnementale, voire des milieux d'exposition, qui a pour objectif de vérifier que la situation ne se dégrade pas davantage (surveillance de l'étendue de la zone polluée et caractérisation des polluants en cause).



« Suivi de la qualité des eaux souterraines relative aux installations classées et sites pollués : état des lieux et méthodologie de bancarisation des données » - Éditions BRGM Réf. RP-53784-FR - Juin 2005.

« Maîtrise et gestion de l'impact des polluants sur les eaux souterraines (ESO) » - Éditions BRGM - 2009.

Lorsque le plan de gestion ne permet pas de supprimer tout contact possible entre les pollutions et les personnes, alors les risques liés aux expositions résiduelles doivent être appréciés par les outils permettant une évaluation quantitative des risques résiduels : l'analyse des risques résiduels (ARR).

## 4.6 L'Analyse des Risques Résiduels (ARR)

La question de l'évaluation quantitative des risques sur les expositions résiduelles ne se pose plus lorsque le plan de gestion permet, de façon pérenne d'éliminer les sources de pollution ou de supprimer les voies de transfert entre les sources de pollution et les populations.

De même, lorsque les valeurs de gestion réglementaires ont été retenues en tant qu'objectifs de dépollution pour les milieux ou qu'il est démontré que les pollutions résiduelles ou les expositions résiduelles sont inférieures aux valeurs de gestion réglementaires, alors la question de l'analyse des risques résiduels ne se pose plus.



L'outil « **ARR** » définit les modalités de mise en œuvre de l'évaluation quantitative des risques sanitaire dans le contexte du plan de gestion.

### 4.6.1 Une évaluation quantitative des risques sanitaires sur les expositions résiduelles

Lorsque les voies de transfert ne peuvent toutes être désactivées, c'est-à-dire lorsque des expositions résiduelles aux polluants subsistent, alors l'acceptabilité des risques sur le plan sanitaire doit être vérifiée.

L'analyse des risques résiduels est une évaluation quantitative des risques menée sur le projet de réhabilitation défini dans le cadre du plan de gestion, c'est-à-dire du schéma conceptuel dans sa phase finale.



.....  
**Le rapport d'étude INERIS-DRC-06-75999/DESP-R03a rappelle les origines, les objectifs et les postulats de la démarche d'évaluation des risques sanitaires.**

## **4.6.2 La prise en compte des dispositions constructives et de scénarii d'usage réalistes ou constatés**

De nombreuses contraintes de conception sont fixées pour la construction des immeubles. Il en va par exemple des taux de ventilation des locaux en fonction de leur usage et des usages des locaux situés en sous-sol ou au contact des sols. La démarche de gestion, notamment s'il s'agit de projets de réhabilitation, doit pleinement prendre en compte ces contraintes pré-existantes et doit conduire à les modifier si leur insuffisance était démontrée par l'ARR.

De même, lorsque les usages envisagés sont assujettis au code du travail, les temps d'exposition dans les locaux doivent se baser sur les dispositions réglementaires en vigueur.

Lorsque le plan de gestion est mené dans le prolongement d'une IEM, les scénarii à prendre en compte se basent sur les usages constatés des milieux concernés.

D'une manière générale, l'évaluation quantitative des risques étant une méthode intrinsèquement conservatoire, il conviendra de veiller à se baser sur des scénarii réalistes ou réels.

## **4.6.3 Les niveaux de risques de référence**

Les critères d'acceptabilité des niveaux de risques calculés sont ceux usuellement retenus au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé :

- pour les effets à seuil, le quotient de danger (QD<sup>9</sup>) théorique doit être inférieur à 1 ;
- pour les effets sans seuil, l'excès de risque individuel théorique (ERI<sup>10</sup>) doit être inférieur à 10<sup>-5</sup>.

### **4.6.3.1 Le choix des VTR et les règles d'additivité des risques**

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR<sup>11</sup>) seront choisies conformément aux instructions du ministère en charge de la santé. La circulaire du 30 mai 2006 fixe désormais les règles en la matière. Cette circulaire prévoit qu'en l'absence de VTR pour une substance, une quantification des risques n'est pas envisageable même si les données d'exposition sont exploitables. En outre, en l'absence de procédures établies pour la construction d'une VTR pour la voie cutanée, il ne doit être envisagé aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire.

---

<sup>9</sup> Le quotient de danger, appelé abusivement indice de risque, correspond au rapport entre la dose ou la concentration d'exposition par la dose ou la concentration de référence.

<sup>10</sup> L'excès de risque individuel (ERI) est la probabilité de survenue d'un danger, au cours de la vie entière d'un individu, compte tenu de sa dose journalière d'exposition et de l'excès de risque par unité de dose de l'agent étudié.

<sup>11</sup> VTR : Valeur Toxicologique de Référence. La VTR est une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques qui permettent d'établir une relation entre une exposition et un effet.

Cette situation n'interdit pas de proposer des mesures appropriées de gestion.

L'additivité des risques liés aux différentes substances et/ou aux différentes voies d'exposition sera réalisée selon les recommandations des instances sanitaires au niveau national. En l'état actuel des connaissances, ces recommandations conduisent :

- pour les effets à seuil : à l'addition des quotients de dangers uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible ;
- pour les effets sans seuil : à l'addition de tous les excès de risques de cancer.

#### **4.6.3.2 Cas des sites réhabilités pour un usage industriel ou pour une activité économique**

Dans le cas d'une réhabilitation d'un site pour un usage industriel, les futurs travailleurs sont considérés comme une population générale avec un budget espace-temps approprié. Ainsi, l'évaluation des risques résiduels, lorsqu'elle est requise, se base sur les VTR définies pour la population générale.

#### **4.6.3.3 Une finalité : aboutir à des niveaux de risques acceptables**

En tout état de cause, lorsque le résultat des calculs conduit à des niveaux de risques résiduels théoriques inacceptables au regard des critères généralement retenus par les organismes en charge de la protection de la santé, le dossier ne peut être transmis en l'état à l'administration :

- un plan de gestion qui conduirait à des calculs de niveaux de risque résiduels inacceptables témoigne en effet d'un projet non abouti qui ne peut être considéré comme valide. Les mesures de gestion doivent donc être reconsidérées et le projet est donc à reprendre (plus de dépollution ou usages moins sensibles) ;
- en revanche, certaines situations de par les apports environnementaux extérieurs au projet peuvent s'avérer déjà problématiques en considérant les seuls résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires.



# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

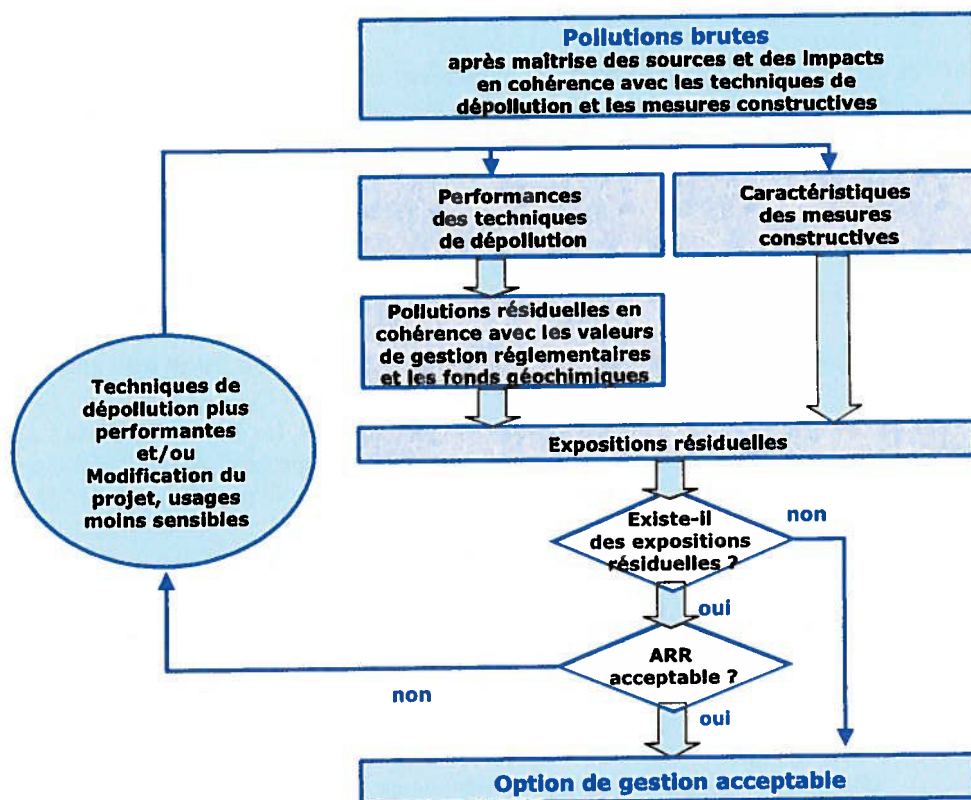


Figure 6 : Principe d'élaboration et de validation des seuils de dépollution

## 4.6.4 La comparaison aux risques d'un environnement témoin

Les différents référentiels relatifs à la mise en œuvre de la démarche d'évaluation quantitative des risques recommandent dans l'évaluation des expositions, donc dans le calcul des niveaux de risques, de tenir compte des apports notamment environnementaux, notamment alimentaires, ceci pour évaluer les expositions cumulées pour les populations.



**Le rapport d'étude de l'INERIS-DRC-06-75999/DESP-R10 de juin 2006 « Exercice d'évaluation (2004) d'un site non impacté par une activité industrielle particulière - Conséquences en terme de fixation de critères génériques de qualité des sols »** présente et discute un exercice générique d'évaluation des risques sanitaires sur un site non impacté par une activité industrielle, pour diverses substances et suivant trois scénarios d'usage et/ou de bruit de fond : ferme, résidentiel avec potager, résidentiel avec pelouse seule.

Le retour d'expériences permet ainsi de constater que les niveaux de risques correspondant aux apports environnementaux et alimentaires peuvent déjà être potentiellement problématiques, alors que la contribution de la seule installation ou du seul projet en cause est mineure voire négligeable.

La démarche qui est ici proposée consiste donc, quand cela est pertinent pour la gestion du site ou des milieux pollués en cause, à réaliser :



# La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

- une évaluation quantitative des risques sanitaires correspondant aux expositions résiduelles du plan de gestion du site ou des milieux concernés ;
- une seconde évaluation quantitative des risques sanitaires menée sur une situation témoin.

La différence entre les deux évaluations (différences voies à voies) permet ainsi de connaître la part de risque attribuable au cas étudié.

Dans le cas où les éléments sur l'état initial de l'environnement requis par le décret du 21 septembre 1977 ne seraient pas disponibles, il s'agit de déterminer un environnement témoin représentatif de cet état initial de l'environnement.

Cet environnement témoin, situé à proximité des installations étudiées, à l'abri des zones d'effet des installations ou des milieux concernés par les pollutions, devra comporter un fond géochimique naturel comparable à celui de la zone du projet ou des installations.

Au regard des résultats d'une caractérisation des différents milieux (eaux superficielles et souterraines, air, sols...) et des scénarii pertinents d'exposition identifiés par le schéma conceptuel, une première évaluation quantitative théorique des risques sanitaires ou « évaluation quantitative témoin » sera alors réalisée.

On apprécie ainsi, par le biais des résultats de cette « évaluation quantitative témoin », les niveaux de risques auxquels un individu « témoin », situé à proximité serait exposé, tout en n'étant pas affecté par le projet ou les installations en cause.

Cette démarche permet ainsi d'identifier les milieux et les voies d'exposition qui contribuent de manière prépondérante au niveau global d'exposition et qui nécessitent des actions de gestion appropriées ne relevant pas, dans certains cas, de la seule responsabilité des gestionnaires du site ou du projet en question.

Cela ne doit néanmoins pas conduire à en conclure que les niveaux d'expositions résiduelles liées aux usages du site doivent systématiquement s'aligner sur ces niveaux d'exposition environnementaux anormaux. En effet, ceux-ci peuvent avoir vocation à s'améliorer, en particulier s'ils peuvent conduire à des expositions chroniques susceptibles d'altérer la santé publique.

## 4.6.5 Les scénarii de consommation de denrées alimentaires auto-produites

L'ingestion de denrées alimentaires peut constituer la voie d'exposition qui contribue de manière prépondérante au niveau global d'exposition.

Aussi, dans la zone d'effet du projet ou des installations concernées, lorsque des cultures potagères, des pratiques d'élevage ou de pisciculture sont identifiées par le schéma conceptuel, l'évaluation quantitative témoin sera basée sur l'ingestion de denrées alimentaires provenant du commerce. A cette fin, les données bibliographiques disponibles seront utilisées.

Une autre évaluation quantitative théorique des risques sanitaires liés aux expositions résiduelles du projet ou des installations sera alors menée en considérant par ailleurs l'ingestion de denrées alimentaires auto-produites.

L'analyse comparative des résultats de ces différentes évaluations quantitatives théoriques des risques sanitaires doit permettre une juste appréciation des niveaux de risques théoriques liés aux seules expositions résiduelles du projet.

## 4.6.6 La restitution des résultats de l'ARR

En conclusion de l'ARR, dont les résultats ne peuvent être qu'acceptables, les paramètres et les mesures de gestion dont la réalisation conditionne l'acceptabilité du projet, doivent être identifiés pour être contrôlés lors de la réalisation du projet (phase chantier).

## 4.7 La restitution du plan de gestion

Les dossiers qui se limiteraient à l'affichage des résultats de calculs de risques théoriques sont considérés à l'évidence comme incomplets pour apprécier la pertinence du plan de gestion dans sa globalité.

L'ensemble de la démarche précédemment explicitée, en particulier le bilan « coûts-avantages », justifiant les choix retenus doit en effet apparaître accompagné des deux synthèses suivantes.

### 4.7.1 Une synthèse technique

#### 4.7.1.1 Les éléments pour l'organisation chargée du contrôle des mesures de gestion

En cohérence avec les conclusions de l'ARR ci-dessus précisées, le plan de gestion doit comporter une synthèse technique récapitulant l'ensemble des paramètres et les mesures de gestion, dont la bonne réalisation conditionne l'acceptabilité du projet et qui doivent, par conséquent être contrôlés lors de la réalisation du projet (phase chantier).

#### 4.7.1.2 Les éléments nécessaires à la mise en œuvre d'une surveillance environnementale

Lorsque l'efficacité des mesures de gestion doit être évaluée par une surveillance environnementale appropriée, il s'agit alors de plans de gestion qui peuvent être évolutifs au cours du temps et non définitivement figés : la synthèse technique récapitule les éléments nécessaires à la mise en œuvre de la surveillance environnementale.

L'analyse régulière des résultats de cette surveillance est recommandée selon les dispositions décrites ci-après (cf. § 6.2).



« Suivi de la qualité des eaux souterraines relative aux installations classées et sites pollués : état des lieux et méthodologie de bancarisation des données » - Éditions BRGM Réf. RP-53784-FR - Juin 2005

#### 4.7.1.3 Les éléments nécessaires à l'information et à la mise en œuvre des restrictions d'usage

Lorsque les mesures de gestion retenues nécessitent une vigilance pérenne sur les changements d'usage à venir et une information systématique des acquéreurs par le biais des documents d'urbanisme ou fonciers (Conservation des hypothèques), la synthèse technique reprend les éléments utiles à ces fins. Les modalités d'exploitation et d'entretien éventuellement nécessaires au maintien de la pérennité des mesures de gestion, à reprendre dans les restrictions d'usage, sont également rappelées.

En l'absence de pollutions résiduelles nécessitant de pérenniser des actions de gestion, de telles restrictions d'usage ne s'avèreront naturellement pas nécessaires.

## 4.7.2 Une synthèse non technique

Une synthèse à caractère non technique décrivant les différentes phases du plan de gestion et précisant les mesures de maîtrise des pollutions, les techniques de dépollution mises en œuvre, les mesures de confinement, la gestion des terres excavées..., doit également faire partie du dossier de restitution des résultats.

## 5 Le contrôle de la mise en œuvre des mesures de gestion

Le retour d'expériences des chantiers de réhabilitation montre parfois des dysfonctionnements dans la réalisation effective des travaux de dépollution qui peuvent s'avérer, au final, non conformes aux options et aux objectifs de gestion initialement définis.

### 5.1 Une organisation chargée du contrôle

La mise en œuvre d'un suivi apparaît nécessaire pour contrôler, au fur et à mesure de leur avancement, que les mesures de gestion sont réalisées conformément aux dispositions prévues. Ce suivi doit être réalisé par une entité indépendante des prestataires en charge des opérations de dépollution.

Sur la base de ce suivi, des actions correctives pourront être mises en œuvre lorsque des écarts seront constatés.

S'agissant des terres excavées, cette organisation devra s'assurer du respect des modalités définies par le le Ministère du Développement durable.

### 5.2 Un rapport et une synthèse des contrôles réalisés

A l'issue des travaux, un rapport final accompagné d'une synthèse récapitulant l'ensemble des contrôles réalisés doit être établi. Il doit préciser, pour chacune des substances identifiées dans les études, les valeurs de dépollution effectivement atteintes et les comparer à celles qui étaient prévues. Il en va de même en ce qui concerne la bonne réalisation des mesures de gestion.

Si les contrôles réalisés au cours du chantier montrent des variations sur les paramètres et les mesures de gestion dont la réalisation conditionne l'acceptabilité du plan de gestion, le responsable doit alors apprécier et justifier si ces variations sont susceptibles de remettre en cause l'acceptabilité du plan de gestion et en particulier les résultats de l'ARR. Le cas échéant une nouvelle ARR, basée sur les mesures de gestion effectivement réalisées, doit alors être menée.

Ces éléments doivent permettre la finalisation, si celui-ci est nécessaire, du programme définitif de surveillance environnementale qui doit être mis en œuvre dès l'achèvement des aménagements.







Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie  
Grande Arche - Tour Pascal A et B  
92055 La Défense CEDEX  
Tél : 01 40 81 41 22 – [www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)

## **ANNEXE 3**

**Les outils en appui  
aux démarches de gestion**

**Documents utiles  
pour la gestion des sites pollués**





## Sommaire

<b>1</b>	<b>Correspondance entre les anciens et les nouveaux textes et outils .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Les outils actualisés .....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Les nouveaux outils en appui aux nouvelles démarches de gestion .....</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Liste des documents élaborés à la demande du Ministère du développement durable en appui aux démarches de gestion .....</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>Autres documents pour la gestion des sites pollués.....</b>	<b>23</b>
5.1	Les risques et la protection des travailleurs	23
5.2	Les documents relatifs au diagnostic et à la surveillance des milieux	27
5.3	Les documents relatifs à la modélisation	44
5.4	Les techniques de traitement et de dépollution	51
5.5	Communication et concertation avec les parties prenantes	55
<b>6</b>	<b>Les approches sectorielles harmonisées .....</b>	<b>57</b>



## Avertissements

Les outils et les documents mentionnés dans la présente annexe figurent sous la rubrique « Sites et sols pollués » du site du ministère du Développement durable : [www.developpement-durable.gouv.fr/-sites-et-sols-pollues-.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/-sites-et-sols-pollues-.html)

Les versions de référence de ces outils sont celles qui figurent sur ce site.

Au sens de la présente annexe :

- **un outil** est un document élaboré par le Ministère du développement durable qui permet, en fonction de la situation rencontrée, la mise en œuvre des démarches de gestion proposées ;
- **un guide** est un mode opératoire décrivant les protocoles, les techniques et les normes existantes permettant la mise en œuvre des démarches de gestion proposées par les présentes dispositions.





# 1 Correspondance entre les anciens et les nouveaux textes et outils

Anciens guides et outils	Nouveaux guides et outils
<b>Eléments de cadrage</b>	
<u>Exposé de la politique nationale et mode d'emploi des outils méthodologiques</u>	<p><u>Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués</u> Annexe 2 de la Note Ministérielle du 08 02 2007</p> <p>La politique est inchangée. Toutefois, une évaluation de la politique relative à la gestion des sites pollués sur la base d'un retour d'expériences de l'utilisation des outils méthodologiques a été réalisée. Elle a conduit à définir de nouvelles démarches de gestion après une prise en compte des bonnes pratiques dans le domaine et une très large concertation avec l'ensemble des acteurs concernés.</p>
<b>Guides de gestion des sites potentiellement pollués</b>	
<u>Évaluation Simplifiée des Risques</u>	L'ancien classeur a été abrogé excepté certaines parties reprises ci dessous.
<u>Visite préliminaire</u>	<p><u>La visite du site</u></p> <p>L'ancien guide a été repris et actualisé.</p>
<u>Diagnostic initial</u>	<p><u>Diagnostics du site</u></p> <p>L'ancien guide a été repris et actualisé</p>
<u>Schéma conceptuel</u>	<p><u>Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement</u></p> <p>L'ancien guide a été repris et actualisé.</p>
<u>Evaluation Détaillée des Risques</u>	L'ancien classeur a été abrogé excepté certaines parties mentionnées ci-dessous qui ont été reprises et actualisées.
<u>Diagnostic Approfondi</u>	<p><u>Diagnostics du site</u></p> <p>L'ancien guide a été repris et actualisé.</p>
<u>Evaluation Détaillée des Risques pour la santé humaine</u>	L'évaluation des risques sanitaires fait partie intégrante des deux démarches de gestion désormais proposées (la démarche d'interprétation de l'état des milieux - IEM - et le plan de gestion).
<u>Évaluation Détaillée des Risques sur les eaux souterraines</u>	<p><u>Maîtrise et gestion des impacts des polluants sur la qualité des eaux souterraines (ESO)</u></p> <p>L'évaluation Détaillée des Risques sur les eaux souterraines fait partie intégrante des deux démarches de gestion désormais proposées (la démarche d'interprétation de l'état des milieux - IEM - et le plan de gestion). Toutefois, ce guide précise l'ensemble des enjeux liés à la préservation et à la gestion des eaux souterraines.</p>

<p><u>EDR sur la faune et la flore</u></p>	<p><u>EDR sur la faune et la flore</u></p> <p>L'ancienne version du document, qui n'a jamais été finalisée pour être rendue opérationnelle, sera reprise et accompagnée de modalités de mise en œuvre. La préservation de la biodiversité fait partie intégrante des deux démarches de gestion désormais proposées (la démarche d'Interprétation de l'état des milieux - IEM - et le plan de gestion).</p> <p>En concertation avec les acteurs concernés, sur la base du retour d'expériences de l'EDR sur la faune et la flore, un outil sur la préservation et la gestion de la faune et la flore sera, dans le cadre de la politique nationale, mis au point et accompagné de modalités de mise en œuvre.</p>
<p><u>EDR sur les bâtiments</u></p>	<p>Les points traités par l'ancien guide sont intégrés dans le nouveau guide :</p> <p>« Aide à l'élaboration du plan de gestion ».</p>
<p><u>Guide pour la mise en œuvre des servitudes</u></p>	<p><u><a href="#">Guide pour la mise en œuvre des restrictions d'usage applicables aux sites et sols pollués</a></u></p> <p>Ministère du Développement durable. Janvier 2011</p> <p>Le guide de mise en œuvre des restrictions d'usage a été actualisé en janvier 2011 afin de tenir compte des évolutions des démarches de gestion des sites et sols (potentiellement) pollués mises en place en février 2007.</p> <p>La restriction d'usage en matière de sols pollués est une limitation du droit de disposer de la propriété d'un terrain. Cette limitation attachée à une parcelle consiste en un ensemble de recommandations, de précautions, voire d'interdictions sur la manière d'utiliser, d'entretenir, de construire ou d'aménager, compte tenu de la présence de substances polluantes dans les sols.</p> <p>Pour informer durablement les propriétaires successifs d'un terrain pollué, ces règles ont vocation à être transcrites dans les documents habituellement consultés au moment de l'acquisition ou de l'aménagement des terrains : la conservation des Hypothèques et les documents d'urbanisme tels que le plan local d'urbanisme (PLU) notamment.</p> <p>Le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement a identifié cinq outils permettant de conserver la mémoire de ces pollutions, soit au niveau de la conservation des Hypothèques, soit au niveau des plans locaux d'urbanisme (PLU) ou plans d'occupation des sols (POS).</p> <p>Ces outils sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la servitude d'utilité publique (SUP) ;</li> <li>- le porter à connaissance (PAC) et le projet d'intérêt général (PIG) ;</li> <li>- la restriction d'usage conventionnelle au profit de l'Etat (RUCPE) ;</li> <li>- la restriction d'usage entre parties (RUP).</li> </ul> <p>Ces divers outils ont des bases juridiques très différentes, mais ont en commun de permettre la conservation de l'information sur la présence de substances polluantes.</p>



Guide à l'attention des mandataires judiciaires et de l'inspection des installations classées

Guide à l'attention des administrateurs judiciaires, mandataires judiciaires et de l'inspection des installations classées

Ministère du Développement durable  
Ministère de la Justice  
Conseil National des Administrateurs Judiciaires et des Mandataires Judiciaires (CNAJMJ)  
Association pour la gestion du régime de Garantie des créances des Salariés (AGS)  
Mouvement des Entreprises de France (MEDEF)  
Version 2. Juin 2012

Ce guide, élaboré en concertation entre le ministère du développement durable, le ministère de la justice, le conseil national des administrateurs judiciaires et des mandataires judiciaires, l'AGS et le MEDEF, a été réactualisé en juin 2012 afin de tenir compte des évolutions du code du commerce ainsi que celles du code de l'environnement.

Le guide a vocation à faciliter les relations entre les mandataires de justice désignés dans le cadre d'une procédure collective et l'inspection des installations classées, en présentant les missions, objectifs et contraintes de chacun. Il a pour objectif de clarifier des situations complexes.

L'administrateur judiciaire, en effet, exerce des fonctions qui concernent la gestion de l'entreprise ; mais ses missions peuvent varier de la surveillance à la représentation du débiteur. Le mandataire judiciaire exerce, quant à lui, des fonctions différentes selon la nature de la procédure ; s'il s'agit d'une procédure de liquidation judiciaire, il aura pour mission de réaliser les actifs du débiteur et d'en répartir le prix entre les créanciers, tout en représentant le débiteur. Dans ce cadre, il sera l'interlocuteur de l'inspecteur des installations classées.

Pour faciliter la compréhension de ce contexte particulier, le guide expose successivement :

- la politique nationale des sites et sols pollués et les missions de l'inspection des installations classées ;
- les différentes procédures collectives et les missions des administrateurs judiciaires et mandataires judiciaires ;
- les obligations environnementales des administrateurs judiciaires et mandataires judiciaires dès l'ouverture d'une procédure collective ;
- le sort des créances en matière d'installation classée pour la protection de l'environnement ;
- les cessions et ventes dans les procédures de sauvegarde, redressement et liquidation judiciaires.

Gestion des sites industriels potentiellement contaminés par des substances radioactives

Gestion des sites potentiellement pollués par des substances radioactives

MEDDTL - IRSN - ASN - 2011

La gestion des sites et sols pollués est l'objet d'actions continues des pouvoirs publics depuis maintenant plusieurs décennies. Dans le domaine spécifique des sites pollués par des substances radioactives, la démarche de gestion était jusque-là définie dans un guide publié en 2001. Afin de prendre en compte le retour d'expérience et les évolutions réglementaires en matière d'environnement et de santé, le ministère chargé de l'écologie et l'Autorité de sûreté nucléaire ont confié à l'IRSN la révision de ce guide méthodologique.

Un projet a ainsi été mis en consultation publique du 18 novembre 2010 au 31 janvier 2011. Cette première version a ensuite été complétée et améliorée afin

de prendre en compte l'ensemble des commentaires reçus, aboutissant ainsi à la version définitive du guide et de ses annexes publiée aujourd'hui. Les modifications apportées ont notamment permis d'améliorer la lisibilité des documents en vue de faciliter l'appropriation de la démarche par l'ensemble des acteurs.

Ce guide s'adresse, en premier lieu, aux acteurs directement responsables de la mise en œuvre des différentes étapes de gestion des sites pollués par des substances radioactives : les exploitants industriels et les propriétaires des sites, les bureaux d'étude, l'administration, les collectivités locales et territoriales. Il peut également être utilisé par les autres acteurs et en particulier les associations et usagers des sites afin de renforcer leur implication effective tout au long du processus de décision et notamment lors de la définition des actions d'assainissement et d'aménagement à engager.



## 2 Les outils actualisés

### La visite du site

#### Objectifs

La visite du site doit permettre :

de procéder à une analyse préliminaire des enjeux liés à la présence des polluants en brossant un premier état des lieux,

de mettre en place les premiers éléments du schéma conceptuel,

de mettre en œuvre les actions jugées nécessaires au niveau des sources, des transferts ou des usages pour, si nécessaire, réduire les risques immédiats et organiser les actions ultérieures.

#### Limites

Celles relatives à la collecte d'information en visuel, ou par contact avec des personnes travaillant ou vivant à proximité du site à visiter.

#### Contenu

Questionnaire type à remplir lors de la (les) visite(s) du site et de ses alentours pour rassembler de manière la plus exhaustive possible :

des informations sur le site et son environnement,

des informations relatives aux pollutions et à la vulnérabilité des milieux,

des propositions d'action.

Lien : [La visite du site](#)

## Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement

### Objectifs et contenu

Identique au document précédent mais adapté aux deux démarches de gestion désormais définies, la démarche d'interprétation de l'état des milieux d'une part et le plan de gestion d'autre part.

La construction du schéma conceptuel constitue l'étape préliminaire indispensable à toute démarche de gestion.

S'agissant de la démarche d'interprétation de l'état des milieux, le schéma conceptuel s'attache à caractériser l'état des différents milieux d'exposition qui sont susceptibles de poser problème au regard de leurs usages constatés.

S'agissant du plan de gestion, le schéma conceptuel évolue de manière itérative d'une configuration initiale, qui consiste à caractériser l'état du site et des milieux concernés par le projet de réaménagement, vers la représentation du projet dans sa configuration finale.

Le schéma conceptuel comprend deux nouveautés, le modèle de fonctionnement et le bilan quadriennal :

Lorsque l'efficacité des mesures de gestion mises en œuvre doit être vérifiée par une surveillance environnementale appropriée, le modèle de fonctionnement intègre les résultats de cette surveillance. Il permet ainsi de passer de l'état des lieux « statique », délivré par le schéma conceptuel, à une vision dynamique de la gestion mise en place en intégrant les résultats de la surveillance environnementale.

Le bilan quadriennal a pour objet, sur la base d'une analyse des résultats de la surveillance environnementale mise en œuvre sur la période quadriennale écoulée, d'asseoir les modalités de surveillance pour les quatre années suivantes.

Lien : [Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement](#)

## Les outils de diagnostics

### Objectifs

Expliciter le processus itératif qui permet de connaître l'état des milieux et les enjeux pour définir une stratégie de gestion propre au site et aux milieux environnants.

### Contenu

La démarche de réécriture des deux guides de diagnostic déjà existants s'apparente à une démarche qualité qui vise à actualiser les documents, et à décrire ce qui se fait déjà dans la réalité des pratiques actuelles. Cette démarche s'appuie sur l'orientation « une phase de diagnostic pour un objectif donné ». Les outils de diagnostics ont pour objet la collecte de données ou de connaissances dans le but de caractériser les sources, les voies de transfert et les milieux d'exposition ainsi que de comprendre les mécanismes de propagation des pollutions constatées. Ces diagnostics doivent être réalisés pour permettre :

de construire et faire évoluer les schémas conceptuels et le modèle de fonctionnement du site, afin de le replacer par rapport à son histoire et son environnement,

d'analyser les enjeux liés à l'état de pollution du site et des milieux d'exposition, aux usages identifiés, au contexte local et aux valeurs de comparaison pertinentes,

de quantifier et caractériser les volumes de terres à traiter, et ainsi préparer et organiser les filières de gestion et le chantier de réhabilitation (tri des terres, contrôles, coûts),

- de vérifier les expositions résiduelles,
- de justifier et argumenter le plan de surveillance des milieux à mettre en place.

Le guide traite les aspects relatifs aux diagnostics documentaires et à la recherche des données de terrain, en fonction des différents milieux susceptibles d'être concernés.

Lien : [Diagnostics du site](#)





### 3 Les nouveaux outils en appui aux nouvelles démarches de gestion

#### L'interprétation de l'état des milieux

##### Objectifs

Les objectifs de la démarche sont de s'assurer que les milieux étudiés ne sont pas en écart par rapport à la gestion sanitaire mise en place pour l'ensemble de la population française. Ainsi, en cohérence avec les dispositifs de gestion sanitaire et environnementale en place, la démarche d'interprétation de l'état des milieux vise à différencier les situations qui permettent une libre jouissance des milieux, de celles qui sont susceptibles de poser un problème. Cette démarche et son outil associé permettent ainsi de différencier les milieux qui :

- ne nécessitent aucune action particulière, c'est-à-dire les sites ou les milieux qui permettent la libre jouissance des usages des milieux sans exposer les populations à des niveaux de risques théoriques excessifs,
- peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion,
- nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion.

##### Limites

Cette démarche et son outil ne doivent pas être utilisés lorsqu'un plan de gestion est d'emblée requis (cessation d'activité d'une installation classée relevant du régime de l'autorisation et sa remise en état pour un usage comparable à la dernière période d'activité, ou pour un autre usage, projets de réhabilitation d'anciens terrains industriels hors installations classées), à la suite d'un plan de gestion et en aucun cas sur le site lui-même.

##### Contenu

Il s'agit d'une démarche de gestion à part entière qui est progressive et réfléchie à toutes ses étapes. Elle se base notamment sur la connaissance de l'état des milieux acquise par des campagnes de mesures réalisées dans les différents milieux d'expositions susceptibles de poser problème : les sols, les eaux souterraines et de surface, l'air des milieux confinés... et ceci en cohérence avec le schéma conceptuel.

##### Critères de gestion

S'agissant des aspects sanitaires, ils consistent à comparer les résultats de l'état des milieux :

- à l'état initial de l'environnement,
- à l'état des milieux naturels voisins,
- aux valeurs de gestion réglementaires en vigueur,
- et, si besoin, aux résultats d'une évaluation quantitative des risques sanitaires donnés par la grille de calcul de l'outil IEM.

Les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires sont interprétés à l'aide d'intervalles d'appréciation des risques spécifiquement définis pour la démarche IEM. Ces intervalles ne doivent, en aucun cas, être utilisés pour vérifier l'acceptabilité des plans de gestion.

Concernant les espaces et les ressources naturelles à protéger, la démarche consiste à connaître les contraintes réglementaires fixées pour protéger ces milieux (ZNIEFF, ZICO, NATURA 2000...), puis à mettre en œuvre les mesures de gestion appropriées pour respecter les exigences en vigueur.

Liens : [L'interprétation de l'état des milieux - Description - Grille de calcul](#)

## L'analyse des risques résiduels

### Objectifs

Cet outil définit les modalités de l'évaluation quantitative des risques sanitaires dans le contexte du plan de gestion.

Lorsque les caractéristiques du plan de gestion ne permettent pas de supprimer tout contact possible entre les pollutions et les personnes, alors les risques liés aux expositions résiduelles doivent être vérifiés : l'analyse des risques résiduels (ARR) est l'outil dédié à cette démonstration.

### Limites

La question de l'évaluation quantitative des risques sur les expositions résiduelles ne se pose plus lorsque le plan de gestion permet, de façon pérenne, d'éliminer les sources ou de supprimer les voies de transferts entre les sources de pollution et les personnes. Il est de même, lorsque les valeurs de gestion réglementaires ont été retenues en tant qu'objectifs de dépollution pour les milieux ou qu'il est démontré que les expositions résiduelles sont inférieures aux valeurs de gestion réglementaires.

### Contenu

L'analyse des risques résiduels est une évaluation quantitative des risques sanitaires menée sur les expositions résiduelles identifiées au travers du schéma conceptuel du projet dans sa configuration finale, c'est-à-dire prenant en compte l'ensemble des mesures de gestion du projet et les scénarii usages futurs du site et des milieux.

S'agissant de projets, l'analyse des risques résiduels sera menée de manière prospective/prédictive : elle se base donc sur l'utilisation de modèles permettant d'estimer par le calcul les niveaux d'expositions résiduelles. Les paramètres et les mesures de gestion, dont la réalisation conditionne l'acceptabilité du projet, doivent par conséquent être identifiés pour être contrôlés lors de la réalisation du projet.

Si les contrôles réalisés au cours du chantier montrent des variations sur ces paramètres et ces mesures de gestion, variations qui remettent en cause l'acceptabilité des risques, une nouvelle ARR, basée sur le résultat des contrôles de ces paramètres et de ces mesures de gestion, doit être menée.

En tout état de cause, un plan de gestion qui conduirait à des calculs de niveaux de risques inacceptables témoigne d'un projet non abouti qui ne peut être considéré comme valide. Les mesures de gestion doivent donc être reconsidérées et le projet est donc à reprendre.

Les critères d'acceptabilité des niveaux de risques calculés sont ceux qui sont usuellement retenus au niveau mondial par les organismes en charge de la protection de la santé : indice de risque théorique inférieur à 1 (pour les effets à seuil), excès de risque individuel théorique inférieur à  $10^{-5}$  (pour les effets sans seuil). Les niveaux de risques sont calculés en pratiquant l'additivité des risques en tenant compte de l'ensemble des voies d'exposition et des substances, selon les recommandations des instances sanitaires émises au niveau national.

Lien : [L'analyse des risques résiduels](#)

## **Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement**

### **Objectifs**

Dans le cadre de projets d'aménagement, la gestion de terres excavées (utilisation sur le site ou évacuation d'importants excédents de terres excavées) constitue souvent l'un des enjeux majeurs pour le projet et pour l'environnement. Le MEDDTL, le BRGM et l'INERIS présentent un guide exposant les règles de l'art et les modalités sous lesquelles certaines terres peuvent être réutilisées dans une optique de développement durable, de protection des populations et de l'environnement.

### **Contenu**

Ce guide expose les règles de l'art et les modalités sous lesquelles certaines terres peuvent être réutilisées dans une optique de développement durable, de protection des populations et de l'environnement. Ce guide est issu des échanges du groupe de travail mis en place sur la thématique de la réutilisation des terres excavées, initiés en 2009 et ceci en cohérence avec la politique française sur les déchets qui s'appuie sur une démarche durable de la valorisation des déchets.

Le présent guide est mis en application à titre provisoire pour une durée d'un an.

La valorisation des terres excavées est inscrite aux actions nationales 2012 de l'inspection des installations classées qui pourra être mobilisée pour des actions d'information et d'inspection.

Les modalités de la démarche décrite dans le guide pourront être revues à l'issue de cette période probatoire en fonction du retour d'expérience reçu.

#### **Documents associés :**

- Guide d'utilisation de l'outil HYDROTEX.  
Réutilisation des terres excavées en techniques routières et dans des projets d'aménagement.  
BRGM/RP-60227-FR - Février 2012
  - HYDROTEX. Feuille de calcul à utiliser dans le cadre de la réutilisation des terres excavées en techniques routières et dans des projets d'aménagement  
BRGM - Formats MS-Excel 2003 et 2010  
Février 2012
- Réutilisation des terres excavées sur des projets d'aménagement : élaboration de seuils vis-à-vis des risques sanitaires  
INERIS
  - Etude spécifique sanitaire  
INERIS

Lien : [Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement](#)



## Certification des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués

### Guide du donneur d'ordre

#### Objectifs

Aujourd'hui, les donneurs d'ordre, entreprises privées, collectivités locales, qui ne sont pas tous au fait des problématiques relatives aux sites et sols pollués, ont besoin d'identifier des prestataires spécialisés et reconnus qui pourront répondre à leurs attentes.

Pour une mise en œuvre effective des techniques de dépollution, pour améliorer de manière opérationnelle et réelle la qualité des métiers dans le domaine des sites et sols pollués, le MEDDE a piloté l'élaboration de la norme de services NF X 31-620 de juin 2011 et du référentiel de certification de services des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués adossé à cette norme et établi par le LNE.

Les donneurs d'ordre disposent désormais de documents de référence pour les aider à exprimer leurs besoins. Il s'agit de la norme NF X 31-620 et du [référentiel de certification](#) de services des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués, publié par le LNE.

Le présent document est dédié aux donneurs d'ordre pour qu'ils recourent aux prestataires certifiés, afin de s'entourer de compétences reconnues.

Fin 2012, 18 entreprises étaient certifiées par le [LNE](#).

Lien : [Guide du donneur d'ordre](#)



## 4 Liste des documents élaborés à la demande du Ministère du développement durable en appui aux démarches de gestion

### Nouveaux guides/documents

#### Mesures et Modèles : enjeux, avantages et inconvénients en contexte de gestion de sites pollués

Publication ADEME, BRGM, INERIS – 2006

Les situations de sites et sols pollués sont caractérisées par des enjeux sanitaires, environnementaux, mais aussi par des enjeux en termes de responsabilités impliquant non seulement les exploitants ou les promoteurs mais aussi les pouvoirs publics garants de la santé et de la sécurité publique. Dans ce contexte, les mesures de gestion nécessitent à la fois des critères de prise de décisions explicites, argumentés et transparents ainsi que la mise en œuvre d'actions pertinentes et adaptées.

#### Critères génériques de qualité des sols et encadrement de la gestion spécifique au site : enjeux, avantages et inconvénients dans le contexte français

Publication ADEME, BRGM, INERIS – 2008

Cette synthèse de différents travaux des trois organismes auteurs récapitule en quoi l'imbrication des outils de gestion prévus dans le nouveau dispositif permet une gestion des sites opérationnelle et cohérente avec les choix de politiques retenus.

#### Synthèse des valeurs de gestion réglementaires pour les substances chimiques en vigueur dans l'eau, les denrées alimentaires et l'air en France au 1er décembre 2011 - Rapport d'étude

INERIS - Réf. N° INERIS-DRC-12-115719-00099A - Janvier 2012

#### Éléments sur l'origine et le mode d'élaboration des valeurs réglementaires de l'eau, de l'air, et des denrées alimentaires, applicables en France pour les substances chimiques - Rapport d'étude

INERIS - Réf. N°DRC-06-75999/DESP-R1b - Juin 2006

Afin d'accompagner les démarches de gestion des sites et sols pollués mises en place par le courrier ministériel du 8 février 2007, la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) du Ministère du Développement Durable a confié à l'INERIS la mission de recenser l'ensemble des valeurs réglementaires de gestion de la qualité des milieux environnementaux et des denrées alimentaires applicables en France.

Cette synthèse concerne essentiellement les substances chimiques pouvant être présentes sur les sites pollués par d'anciennes activités industrielles ou artisanales, ou être rejetées par des installations industrielles en fonctionnement et rejoindre le milieu considéré par transfert dans l'environnement.

Une première synthèse de la réglementation édictant des valeurs limites de qualité applicables en France au 1er mars 2006 dans les milieux de l'environnement exposant l'homme a été publiée en juin 2006. Le présent document constitue la troisième mise à jour de cette synthèse après les parutions de décembre 2007 et novembre 2009. Il présente les valeurs réglementant en France au 1er décembre 2011, la qualité des milieux environnementaux et des denrées alimentaires.

#### La démarche d'évaluation des risques sanitaires pour les substances chimiques : origine, objectifs et postulats aux États-Unis - Rapport d'étude

INERIS- Réf. N° DRC-06-75999/DESP-R03a – Décembre 2006

Le rapport rappelle l'origine, les objectifs et les postulats de la démarche d'évaluation des risques sanitaires telle qu'elle a été mise au point par l'Académie de sciences aux États-Unis.

### Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)

Mars 2009

- VTR disponibles pour les substances ayant fait l'objet d'une fiche de données toxicologiques et environnementales de l'INERIS
- Choix et construction de VTR par l'INERIS » INERIS n° DRC-08-94380-11776C. 17 Mars 2009

Ce rapport présente des tableaux de synthèse des différentes valeurs toxicologiques de référence (VTR) disponibles pour les substances ayant fait l'objet d'une fiche de données toxicologiques et environnementales par l'INERIS depuis 2000 (65 substances).

Ce rapport sera mis à jour une fois par an.



Bases de données existantes relatives à la qualité des sols : contenu et utilisation dans le cadre de la gestion des sols pollués

BRGM – V0.1. Avril 2008.

Ce document présente l'état des connaissances des données disponibles sur les sols en France. Les bases doivent permettre de replacer les résultats d'analyse de sols sur un site donné dans leur contexte naturel et d'estimer l'ampleur des apports anthropogènes.

Exercice d'évaluation (2004) d'un site non impacté par une activité industrielle particulière : conséquences en termes de fixation de critères génériques de qualité des sols – Rapport d'étude

INERIS – N° DRC-06-75999/DESP-R10 – Décembre 2006

Ce document présente et discute un exercice d'évaluation générique d'évaluation des risques sanitaires sur un site non impacté par une activité industrielle, pour diverses substances et suivant trois scénarii d'usage et/ou de bruit de fond : ferme, résidentiel avec potager, résidentiel avec pelouse seule.

Cet exercice a été effectué comme élément de réflexion du groupe de travail « bruit de fond » du Ministère en charge de l'Environnement entre 2003 et 2005 : il correspond en fait à une évaluation de l'exposition du bruit de fond.

Retour d'expériences sur la gestion des sites pollués en France  
VDSS, VCI-sols, outils génériques pour l'évaluation des sites pollués - Evaluation et perspective - Rapport d'étude

INERIS - Réf. N° DRC-06-75999/DESP-R11 – Décembre 2006

Dans le cadre de sa mission d'appui au Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, l'INERIS apporte un retour d'expériences sur l'application des outils méthodologiques, pour aider à l'amélioration continue de ces outils. Ce retour d'expériences est acquis à travers les Groupes de travail du Ministère du développement durable, la réalisation ou les Tierces-expertises des EDR santé, voire d'ERS d'ICPE, la formation des acteurs, la veille scientifique, R&D.

Le présent document rapporte un retour d'expériences sur l'usage des Valeurs de Définition de Source-Sol (VDSS) et des Valeurs de Constat d'Impact pour les sols (VCI-sols), et d'autres outils génériques pour l'évaluation des sites pollués en France. Ce retour d'expériences aboutit à des perspectives sur les outils méthodologiques, en particulier sur les avantages et inconvénients des approches génériques d'évaluation des sites et sols pollués.

Pollution des sols et aménagement urbain  
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/amenagement-et-sites-pollues>

Site internet conçu par l'ADEME et le MEEDDAT. Juin 2009 mis à jour en 2011.

Au cœur de nos villes, de nombreux sites ayant accueilli par le passé des activités industrielles se retrouvent parfois à l'état de friches polluées. Les nécessités d'une reconquête de ces espaces urbains dégradés se trouvent aujourd'hui renforcées par les objectifs de mutation environnementale définis par le Grenelle Environnement. La reconquête de ce foncier contraint est un enjeu majeur de la recomposition des fonctionnalités et des paysages urbains. Elle permet de traiter une situation dégradée d'îlots délaissés qui déstructurent l'espace urbain et de regagner ces espaces qui bénéficient souvent d'une situation géographique propice aux opérations d'aménagement maîtrisé. Cette reconquête participe ainsi très directement à la lutte contre l'étalement urbain, contre le réchauffement climatique et de manière globale aux démarches de développement durable des villes. Conscients de ces enjeux, les collectivités locales et les opérateurs de l'aménagement et de l'urbanisme ne disposent pas toujours d'éléments de méthodes et d'outils pour aborder de façon efficace la réussite d'un projet de reconversion de friches polluées.

Réalisé conjointement par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire et l'ADEME, ce guide propose une méthodologie pour mener à bien des projets d'aménagement de friches. Poursuivant un objectif de qualité de ces projets, cette méthodologie lie et articule de manière opérationnelle les différentes phases d'un projet urbain à celles de la connaissance et de la dépollution de ces sites. Elaboré dans le cadre d'un groupe de travail réunissant notamment des collectivités et des aménageurs, ce guide est le résultat de nombreux échanges et de la capitalisation d'expériences et bonnes pratiques de l'ensemble des parties prenantes à ces questions d'aménagement. Le résultat de ces travaux, sous format interactif, se veut résolument pragmatique et permet de promouvoir et de diffuser largement les étapes clés et les outils essentiels à considérer dans la conduite et la réalisation de ces projets de reconversion et de réhabilitation.

### Quelles techniques pour quels traitements – Analyses coûts-avantages

BRGM. 2010

Cet outil présente les différentes techniques de traitement sur site, hors site et in situ avec leurs avantages et leurs inconvénients : coûts, applicabilité par rapport au couple polluants-contextes hydrogéologiques, caractéristiques, déchets produits...

### Maîtrise et Gestion des Impacts des polluants sur la qualité des Eaux Souterraines (ESO)

BRGM. V.0.1. Septembre 2009

L'évaluation Détaillée des Risques sur les eaux souterraines fait partie intégrante des deux démarches de gestion désormais proposées (la démarche d'Interprétation de l'état des milieux - IEM - et le plan de gestion). Toutefois, le guide «Maîtrise des impacts et gestion des ressources en eaux» précise l'ensemble des enjeux liés à la préservation et à la gestion des eaux souterraines.

### Caractérisation de la qualité de l'air ambiant intérieur en relation avec une éventuelle pollution des sols par des substances chimiques volatiles et semi-volatiles

INERIS - DRC-10-109454-02386B - Juin 2010

En cas de présence dans les sols et/ou les eaux souterraines de substances volatiles et/ou semi-volatiles, la possibilité de remontées de vapeurs vers les bâtiments sus-jacents est souvent une préoccupation majeure en termes de gestion des risques.

Dans les cas où un transfert est soupçonné, la mesure directe dans l'air ambiant intérieur (air intérieur) est à privilégier par rapport à une valeur prédite par un modèle de transfert. Il convient de noter que les investigations à mener en air intérieur, principalement en termes de substances recherchées et de localisation des points de mesure, seront conditionnées par les résultats des mesures réalisées dans les sols et/ou les eaux souterraines et/ou les gaz du sol ainsi que par les éléments de l'étude historique du site concerné. Par ailleurs, la représentativité spatiale et temporelle de la mesure et la pertinence des méthodes d'échantillonnage et de mesure mises en œuvre par rapport aux objectifs et au contexte (substances concernées, techniques de prélèvement, limites de quantification et de détection) doivent être assurées avec un plan d'échantillonnage adapté et un contrôle de qualité assurant la cohérence des résultats.

Les moyens et méthodes indiqués dans ce rapport concernent exclusivement la caractérisation de substances chimiques gazeuses dans l'air intérieur pour les populations générales, hors populations concernées par la réglementation en termes d'hygiène du travail. Les lieux concernés dans le cadre du présent document sont les habitations, les locaux recevant du public, dont les lieux scolaires et d'accueil de la petite enfance (crèches, haltes garderies, écoles maternelles, écoles primaires, collèges et lycées, centres de loisirs, etc.) et les bureaux.

### La réalisation d'un état initial de l'environnemental et la définition d'une surveillance environnementale proportionnées aux installations et aux enjeux à protéger

Guide en projet



## 5 Autres documents pour la gestion des sites pollués

### 5.1 Les risques et la protection des travailleurs

#### Protection des travailleurs sur les chantiers de réhabilitation de sites industriels pollués

Co-édition ADEME / INRS – Réf. N°ED 866 - Juin 2002 – nouvelle édition

Ce document a été conçu comme un document de référence dans lequel figurent à la fois les principaux textes régissant l'hygiène professionnelle sur ces chantiers et les données techniques acquises au cours des expertises menées séparément ou en commun par l'ADEME ou l'INRS.

#### Toxon, manuel de toxicologie

Connaître pour agir – mars 2002

TOXON est destiné principalement aux chefs de projet "Sites et Sols Pollués" de l'ADEME et à toutes personnes recherchant des informations dans le domaine de la toxicologie (banques de données).

TOXON a pour objectifs de fournir aux chefs de projet les éléments de toxicologie dont ils ont besoin dans les évaluations détaillées des risques pour la santé (EDR) et dans la prévention des risques professionnels sur les chantiers de réhabilitation des sites industriels pollués. Il est structuré en trois parties. Le premier chapitre présente les notions générales en toxicologie (voies d'absorption, mécanismes d'action, effets toxiques au niveau des organes cibles) : les schémas et tableaux illustrent les explications de ces notions.

Le second chapitre décrit les banques de données toxicologiques de référence (disponibles sur internet) et en donne une démarche pratique d'utilisation pour l'évaluation du risque sanitaire d'une part et pour l'hygiène et la sécurité de l'homme au travail d'autre part. Les organismes de référence dans le domaine de la toxicologie en France constituent le troisième chapitre. Ils offrent un recours possible dans la recherche d'informations spécifiques.

#### Projet IREA. Traitement des incertitudes en évaluation des risques d'exposition

BRGM/RP-54099-FR – Août 2005

Ce rapport synthétise les résultats du projet IREA (Incertitudes en Risque d'Exposition - ADEME) ; un projet d'accompagnement d'une thèse réalisée à l'Université Paul Sabatier de Toulouse et intitulée " Représentation et propagation de connaissances imprécises et incertaines : Application à l'évaluation des risques liés aux sites et aux sols pollués ".

Le chapitre 2 présente les principales notions sous-jacentes à ce travail de recherche, en mettant l'accent sur la différence entre variabilité et imprécision, ainsi que les principaux résultats issus du travail de thèse.

Le chapitre 3 décrit l'outil HyRisk, téléchargeable sur le site web du BRGM (<http://www.brgm.fr/Hyrisk>), qui permet de combiner variabilité et imprécision dans le calcul de risque effectué à partir d'un modèle simple (comme par exemple une équation de calcul de dose d'exposition). Une éventuelle application des résultats de cette recherche à un contexte de communication sur les risques dépendra notamment de la manière dont les différentes parties prenantes perçoivent les risques.

Une étude bibliographique relative à la perception des risques est proposée dans le chapitre 4, réalisée en collaboration avec le bureau d'étude Economie & Humanisme. Cette étude aborde tout d'abord les différents acteurs de la problématique du risque (expert-décideur-profane) et les relations pouvant exister entre ces acteurs. Puis deux exemples, issus de l'expérience du BRGM sur les risques, sont présentés et discutés.

Cette synthèse bibliographique souligne notamment le décalage qui peut exister entre les attentes en termes de communication d'un public de profanes et les formulations issues de l'évaluation des risques exprimées en termes de probabilités et de notions abstraites pour un tel public. Par ailleurs, l'expérience montre qu'il existe un décalage entre la personne qui subit le risque sans pouvoir le mesurer et la personne qui évalue le risque sans le subir. Enfin des conclusions sont proposées ainsi que quelques perspectives de recherche.

## Impact de l'utilisation des métaux lourds sur la santé et l'environnement. Contributions du BRGM aux commissions nationales

BRGM/RP-51045-FR – Juillet 2001

A la demande du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) et dans le cadre de la convention annuelle MATE-BRGM 30/2000 (étude 9), le BRGM a apporté sa contribution scientifique et technique à trois commissions nationales mises en place par différentes instances, à savoir :

- le Conseil national de l'Air, initié par la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques (DPPR) du MATE, pour élaborer un avis relatif au cadmium, au mercure et au plomb produits par l'activité industrielle ;
- la "commission" MIQUEL (sénateur du Lot), portant sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé (saisine de l'Office Parlementaire d'Évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques par l'Assemblée Nationale) ;
- le groupe de travail "dépistage du saturnisme autour des sites industriels et diagnostic", mis en place par le Ministère de la Santé et l'Institut National de Veille Sanitaire.

Les travaux menés par le BRGM en 2000 et 2001, dans le cadre de ces trois commissions nationales, ont essentiellement porté sur :

- les concentrations naturelles en éléments-traces métalliques dans les sols et les roches, qui constituent une source d'exposition des cibles considérées, la santé humaine et l'environnement ;
- les sources industrielles de ces éléments-traces ;
- les modalités d'investigation et d'analyse des concentrations en ces éléments dans les milieux de transfert et d'exposition ;
- les techniques d'évaluation des risques liés à ces sources ;
- la recherche de sites représentatifs de la situation française en matière de pollution de sols par les éléments étudiés (mercure, plomb, cadmium) ;
- les besoins en matière de recherche dans le domaine "métaux-santé environnement".

## Programme GESSOL du MATE : Prise en compte de l'incertitude dans l'évaluation du risque d'exposition aux polluants du sol, rapport d'avancement No. 2

BRGM/RP-50897-FR – Avril 2001

Suite au premier rapport d'avancement qui présentait une synthèse bibliographique sur les modèles d'absorption des métaux par les plantes, ainsi qu'une introduction au problème de la représentation de l'incertitude liée aux paramètres des modèles (approches probabiliste et possibiliste), ce 2ème rapport d'avancement propose une méthodologie permettant de combiner les deux types de représentations dans un même calcul du risque d'exposition de l'homme aux métaux du sol.

Cette méthodologie, qui permet de représenter l'incertitude de manière cohérente avec la nature de l'information dont on dispose dans la pratique, combine l'approche dite " Monte Carlo " d'échantillonnage aléatoire des distributions de probabilité, avec le calcul en nombres flous par découpage. Son application au cas d'un site dont les sols superficiels sont pollués par du Cd, permet d'illustrer les potentialités de la méthodologie proposée, et le type de support cartographique pouvant servir d'élément d'aide à la décision dans un contexte de gestion des sites et sols pollués.

Il est souligné que les calculs présentés dans ce rapport d'avancement sont provisoires, et qu'ils sont susceptibles d'être modifiés par la suite.

### Programme GESSOL du MATE. Prise en compte de l'incertitude dans l'évaluation du risque d'exposition aux polluants du sol - Rapport d'avancement n°3

BRGM/RP-51309-FR – Décembre 2001

Le 1er rapport d'avancement présentait une synthèse bibliographique sur les modèles d'absorption des métaux par les plantes, et une introduction au problème de la représentation de l'incertitude liée aux paramètres des modèles (approches probabiliste et possibiliste).

Le 2ème rapport d'avancement proposait une méthodologie permettant de combiner deux types de représentations de l'incertitude (probabiliste et possibiliste) dans un même calcul du risque d'exposition de l'homme aux métaux du sol. Cette méthodologie était appliquée au cas d'un site industriel dont les sols sont pollués par du cadmium.

Tandis que le 2ème rapport d'avancement traitait le problème de l'évaluation du risque dans le sens direct (détermination du risque correspondant à un état de contamination du sol), le présent rapport d'avancement s'intéresse plus particulièrement au problème < inverse > :

Pour un risque jugé < tolérable >, quelle concentration de polluant du sol peut être considérée admissible ?

Ce rapport présente également, en annexe, une synthèse des différentes manières de combiner les modes de représentation de l'incertitude probabiliste et possibiliste dans le calcul du risque.

### Évaluation des risques issus des sites pollués : réglementation et pratiques dans 16 pays européens

BRGM/RP-53716-FR – Avril 2005

Dans le cadre de la politique nationale de gestion et de réhabilitation des sites et sols pollués en France, plusieurs outils techniques ont été élaborés ou sont en cours d'élaboration.

Parmi ceux-ci, les outils relatifs à l'évaluation des risques, font l'objet d'un retour d'expériences régulier pour essayer de les compléter et d'en améliorer l'application.

Certaines questions relatives à des points techniques ou de gestion restent cependant en suspens. D'autres pays étant confrontés aux mêmes problématiques, une veille est entreprise pour apprécier les évolutions, notamment techniques et juridiques, sur les approches développées dans les autres pays mettant en œuvre une telle politique.

Ce rapport est une mise à jour d'une note publiée en 1999 qui fait la synthèse des pratiques dans 16 pays européens.

Une action concertée sur l'évaluation des risques sur les sites pollués (CARACAS - Concerted Action on Risk Assessment on Contaminated Sites, 1996-1998) a été financée dans le cadre du programme Environnement et Climat de la Commission Européenne. Les résultats de cette action concertée ont donné lieu à deux publications :

- l'une sur les bases scientifiques de l'évaluation des risques,
- l'autre sur la réglementation et les pratiques actuelles dans les 16 pays européens ayant participé à CARACAS, à savoir : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Italie, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède, Suisse. Ce rapport présente ces derniers aspects légaux.

NB : la méthodologie française a évolué en 2007.



### Approches internationales en matière d'évaluation des risques sur les sites pollués - Cas du Royaume-Uni

BRGM/RP-50519-FR – Novembre 2000

### Approches internationales en matière d'évaluation des risques sur les sites pollués - Cas des Pays-Bas

BRGM/RP-54370-FR – Décembre 2005

### Approches internationales en matière d'évaluation des risques sur les sites pollués - Cas du Canada

BRGM/RP-53626-FR – Janvier 2005

### Approches internationales en matière d'évaluation des risques sur les sites pollués - Cas de l'Espagne

BRGM/RP-55070-FR – Décembre 2006

Dans le cadre de la politique nationale de gestion et réhabilitation des sites et sols pollués, la France élabore un certain nombre d'outils techniques qui font régulièrement l'objet de complément et d'amélioration. Certaines questions relatives à des points techniques ou de gestion restent en suspens. D'autres pays étant confrontés aux mêmes problématiques, une veille est entreprise pour apprécier les évolutions, notamment techniques et juridiques sur les approches qui y sont développées.

Après examen de la première synthèse des approches européennes en matière d'évaluation des risques menée de 1996 à 1998 par le projet européen CARACAS, plusieurs études complémentaires ont été menées sur certains pays présentant des particularités intéressantes : structure administrative, passé industriel, expérience accumulée en matière de gestion des sols pollués.

### Utilisation des Outils d'Aide à la Décision dans la Gestion des Mégasites

BRGM/RP-55223-FR – Décembre 2006

Le présent rapport a pour objectif de recenser les outils d'aide à la décision disponibles, de faire l'état des lieux des méthodologies existantes pour une gestion optimale des mégasites et d'utiliser ces recherches bibliographiques pour développer une méthodologie de gestion des mégasites.

Les outils d'aide à la décision utilisés en matière environnementale incluent l'évaluation des risques, l'analyse du cycle de vie, l'analyse coût-bénéfice et l'analyse multicritère. Un ensemble de critères complexes doit être considéré pour une gestion durable des mégasites. Ces critères prennent en compte l'impact environnemental, la sécurité, les risques, l'aspect économique, légal, écologique, l'opinion des parties prenantes, etc.

L'analyse multicritère d'aide à la décision semble donc l'outil le mieux adapté pour prendre en considération l'ensemble de ces critères dans le choix du scénario de gestion optimal. Elle peut être couplée à l'analyse coût-bénéfice, souvent utilisée comme outil décisionnel, afin de faciliter le choix du scénario final. (...)

### Guide méthodologique de l'arsenic appliqué à la gestion des sites et des sols pollués

BRGM/RP-52066-FR – Octobre 2003

Ce guide a pour objectif de faire le point sur les connaissances actuelles sur l'arsenic et les risques liés à ce polluant. L'objectif de ce travail est de synthétiser et de valoriser l'ensemble des données dans un guide principalement à l'usage des administrations et pouvoirs publics afin de leur fournir un état des connaissances sur l'arsenic.

Ce guide se compose de cinq chapitres couvrant l'ensemble des données actuelles recueillies sur l'arsenic :

- Le chapitre I traite des généralités et en particulier de la toxicité de l'arsenic et des différentes formes chimiques de celui-ci.
- Le chapitre II est consacré aux sources d'arsenic dans l'environnement en faisant une distinction entre les sources naturelles et les sources anthropiques.
- Le chapitre III est axé sur les mécanismes de transfert de l'arsenic et du rôle des bactéries sur la spéciation de l'arsenic.
- Le chapitre IV concerne quelques cas concrets de pollution en France.
- Le chapitre V fait l'état de l'art sur les traitements de dépollution des sols et des eaux.



## 5.2 Les documents relatifs au diagnostic et à la surveillance des milieux

### Protection des eaux souterraines au droit des sites industriels. Réflexions menées en 2003 dans le cadre du groupe de travail national

BRGM/RP-53011-FR – Décembre 2004

La protection des eaux souterraines est un élément incontournable de la mise en place de la politique de prévention des pollutions ponctuelles liées aux activités industrielles. La réflexion engagée au niveau national par le ministère chargé de l'Environnement avec les acteurs publics institutionnels, les utilisateurs et les experts du domaine pour mettre en application la directive eaux souterraines concerne plus particulièrement la prévention des atteintes (surveillance), l'interprétation des données acquises au cours des divers diagnostics et surveillances et la recherche de l'origine d'une pollution. Au cours de la période 2003 se rapportant à la durée de la convention, le groupe de travail relatif à la protection des eaux souterraines (GT-PES) a porté l'essentiel de sa réflexion sur :

- la mise au point d'une méthode de recherche de l'origine d'une pollution des eaux souterraines (cf. chap. 2 et ann. 1) ;
- la clarification des termes point d'exposition, point de conformité et point d'impact - (cf. chap. 3 et ann. 2) ;
- l'évaluation des risques de pollution des eaux souterraines induits par plusieurs sites (cf. chap. 4) ;
- mise au point d'un outil méthodologique pour conserver et interpréter les résultats analytiques du suivi de la qualité des nappes au droit des IC (cf. chap. 5 et ann. 3).

Le présent rapport synthétise les principaux points débattus au sein du GT PES qui sont par ailleurs consignés dans des comptes-rendus de réunions et qui ont pu donner lieu à des documents plus élaborés comme des notes de réflexion et le projet de guide relatif à la méthode de recherche de l'origine d'une pollution des eaux souterraines (GORIPOL).

### La pollution des sols liée aux activités de préservation du bois

ADEME – Réf. N°2460 - 1998

Ce guide présente les produits et substances utilisés et les procédés employés dans le domaine du traitement des bois avant d'aborder les différents scénarii de pollutions potentielles qui peuvent se rencontrer. Des exemples de diagnostics de sites pollués viennent compléter le document.

### La représentativité des échantillons d'eau prélevés en forages de contrôle

ADEME – Septembre 2005

Ce programme R&D, financé et coordonné par l'ADEME, sur la représentativité des échantillons d'eau prélevés en forage avait pour objectif d'améliorer les pratiques en matière de prélèvements. Les études sur pilotes et sur sites ont été menées parallèlement par plusieurs partenaires scientifiques. Les matériels et procédures de purge et de prélèvement ainsi que le conditionnement des échantillons et l'équipement des ouvrages ont fait l'objet d'une revue détaillée.

Deux protocoles de prélèvement en forage de contrôle sont proposés et discutés : un « protocole simplifié » prenant en compte essentiellement la notion de risque et un « protocole scientifique » prenant en compte essentiellement la notion de diagnostic de pollution.

### Guide d'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux

Document de travail piloté par l'ADEME et INERIS. Version 0 - 2007

Ce guide a pour principal objectif de proposer une méthode d'échantillonnage de plantes potagères permettant de disposer d'espèces végétales et d'analyses représentatives des situations environnementales rencontrées.

Il pourra être utile à la conduite d'étude portant sur l'évaluation, à partir de prélèvements, de la qualité sanitaire de productions potagères consommées par l'homme et cultivées dans un environnement potentiellement pollué par une installation industrielle (actuelle ou ancienne), en situation de pollution chronique ou accidentelle. Il apporte aussi une démarche méthodologique visant à apprécier la contribution de l'installation industrielle étudiée sur une éventuelle contamination des cultures potagères.

### Base de données BAPPET

ADEME - 2008

BAPPET est une base de données dont l'objectif est de regrouper sur un support unique des informations documentaires relatives à la contamination des plantes potagères par les éléments traces métalliques dans différents contextes de pollution. Ces informations sont issues principalement des publications scientifiques récentes.

La base a été conçue pour mettre les données à disposition des opérateurs en charge des diagnostics environnementaux par le biais de critères discriminants.

Naturellement, d'autres usages et applications de cet outil peuvent être envisagés, mais il appartient aux utilisateurs d'en juger la pertinence. Dans le cadre des diagnostics environnementaux, la base peut permettre de :

- Situer des résultats de mesure spécifiques au site étudié par rapport à des données de la littérature. Les résultats peuvent ainsi être confortés ou bien au contraire mettre en lumière une situation singulière qu'il conviendra alors généralement d'approfondir.
- Evaluer de manière prédictive des concentrations en substances polluantes dans les plantes à partir des concentrations dans les milieux environnementaux.

### Campagne nationale Logements - Etat de la qualité de l'air dans les logements français

Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur - DDD/SB - 2006-57. Novembre 2006 mise à jour mai 2007

Après une phase pilote portant sur 90 logements, la campagne nationale dans les logements conduite par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur sur la période 2003-2005 autorise aujourd'hui à dresser un premier état de la qualité de l'air intérieur représentatif de la situation des 24 millions de résidences principales en France métropolitaine continentale.

### Inventaire des données de bruit de fond dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surface et les produits destinés à l'alimentation humaine en France

INERIS n° DRC-08-94882-15772A. 10 Avril 2009

L'objectif du présent document est de fournir un inventaire des concentrations de bruit de fond dans l'air (air ambiant et air intérieur), dans les eaux de surface et dans les produits destinés à l'alimentation humaine (hors eau de boisson).

Ce travail s'intègre dans le cadre de la mise à jour des outils méthodologiques destinés à l'évaluation des risques sanitaires (sites pollués et installations classées). L'inventaire des données pour les autres milieux (sols et eaux souterraines) a été pris en charge par le BRGM.

Ce document fournit de façon compilée, pour une utilisation rapide, les liens vers les bases de données (pré-) existantes d'une part, et les données disponibles dans d'autres sources documentaires d'autre part. Ces données sont présentées sous forme de tableaux fournis en annexes. Les données recensées sont des données exclusivement françaises.

Cet inventaire traite uniquement des polluants pouvant être émis par les installations classées et susceptibles d'être pris en compte dans les évaluations de risques sanitaires. Une revue bibliographique a été réalisée pour chaque milieu (jusqu'à décembre 2008).

### Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes

BRGM - Réf. N° DOC 300 - 2008

Ce guide a pour objectif de faire le point sur les différents facteurs qui influent sur le comportement des polluants dans les sols et notamment ceux qui contrôlent le transfert des polluants vers les ressources en eaux souterraines. Le comportement d'un polluant dans le sol et dans le sous-sol dépend directement de ses propriétés intrinsèques.



### Organo-chlorés aliphatiques. Caractérisation d'une zone source dans les aquifères

ADEME – Programme R&D MACAOH Avril 2009

Ce guide méthodologique propose une démarche permettant de caractériser la zone source des sites et sols pollués par des composés organo-chlorés aliphatiques (milieux poreux comprenant de la phase organique). Deux méthodes sont préconisées, chacune ayant une finalité différente :

- une méthode fondée sur le prélèvement et l'analyse de sols, avec un protocole innovant développé dans le cadre de MACAOH ;
- une méthode fondée sur le prélèvement et l'analyse d'eau, avec diverses techniques de prélèvement multi-niveau.

Les trois guides méthodologiques MACAOH (Modélisation, Atténuation, Caractérisation dans les Aquifères des Organo-Halogénés) sont destinés à deux utilisateurs :

- Les prestataires (bureaux d'études, organismes de recherche...),
- Les donneurs d'ordre (Industriels, aménageurs, collectivités, institutionnels...).

Dans ce contexte, deux niveaux de lecture sont proposés. Les guides méthodologiques sont accessibles sur le site de l'ADEME [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr).

### Fond Géochimique Naturel – Etat des connaissances à l'échelle nationale

BRGM – Réf. N° RP-50158-FR – Juin 2000

Présentation de l'état des connaissances et des données disponibles sur le fond géochimique naturel en France.

### Guide méthodologiques pour l'analyse des sols pollués

BRGM – Réf. N° DOC 298 – 2001

Ce guide fait le point sur :

- les différentes substances potentiellement polluantes et les techniques disponibles pour les analyser,
- les contraintes s'appliquant au prélèvement et à la préparation des échantillons,
- les niveaux de sensibilité requis sur l'assurance qualité des résultats et l'accréditation des laboratoires.

### Protocole d'échantillonnage des sols urbains pollués par du plomb

BRGM – Réf. N° RP-52928-FR – Mars 2004

Ce rapport fait le point sur les méthodes et normes d'échantillonnage les plus utilisées pour les sols, avant de proposer une méthode d'échantillonnage plus adaptée à l'investigation des sols pollués au plomb.

### Devenir des dioxines dans les sols – Analyse critique de données bibliographiques

BRGM – Réf. N° RP-53070-FR – Mai 2004 corrigé en 2005

Compilation de données concernant la nature et les propriétés des dioxines, les sources d'émission et les récepteurs principaux de pollution. L'étude a concerné également l'identification de processus de dégradation et l'établissement d'une liste d'organismes vivants ayant une influence sur les teneurs en dioxines. Enfin, les modes de transfert des dioxines depuis le sol vers les eaux, les végétaux et le retour potentiel dans la chaîne alimentaire sont évalués.

### Suivi de la qualité des eaux souterraines relative aux installations classées et sites pollués : état des lieux et méthodologie de bancarisation des données

BRGM – Réf. N° RP-53784-FR – Juin 2005

Cette étude permet d'établir une méthodologie de bancarisation des données relatives à la surveillance des eaux souterraines au droit des installations classées et sites pollués au niveau national. Afin d'uniformiser la mise en pratique de la bancarisation dans les différentes régions, des procédures ont été définies pour les étapes de sélection, de collecte et de saisies des données.

### Guides du projet de recherche ATTENA – ATTEnuation Naturelle

ATTENA est un projet de recherche sur l'ATTEnuation Naturelle. Il propose un Protocole opérationnel de gestion des sites en cohérence avec le contexte réglementaire français.

Dans le cadre du plan de gestion présenté à l'administration, ce protocole favorise la nécessaire concertation entre parties (*administrations, donneur d'ordre, consultant...*) afin de construire une proposition de gestion par atténuation naturelle.

Dans une approche contextualisée, le protocole détermine les étapes nécessaires à la démonstration de la faisabilité d'une gestion de site par atténuation naturelle, sans toutefois établir des règles strictes et définitives.

### Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures BRGM

Réf. N° RP-53739-FR (Rapport d'avancement)  
Avril 2005

Et

Réf. N° RP-54183-FR – (Rapport final)  
Janvier 2006

L'objectif de cette étude est double :

- dresser l'état des connaissances concernant les mécanismes d'atténuation naturelle des hydrocarbures et des BTEX,
- analyser des sites français ayant pris en compte des phénomènes d'atténuation naturelle.

Ce rapport fait état des résultats des travaux mis en œuvre pour l'analyse du deuxième objectif. Le premier objectif a été traité et est détaillé dans le rapport d'avancement.

### Organo-chlorés. Atténuation naturelle dans les aquifères ADEME – Programme R&D MACAOH – Avril 2009

Ce guide méthodologique propose une méthodologie pour évaluer les mécanismes d'atténuation naturelle des organo-chlorés aliphatiques dans un aquifère comprenant quatre étapes successives, au terme desquelles les différents acteurs de la gestion d'un site pollué doivent décider si l'atténuation naturelle peut être retenue comme solution de dépollution.

Les trois guides méthodologiques MACAOH (Modélisation, Atténuation, Caractérisation dans les Aquifères des Organo-Halogénés) sont destinés à deux utilisateurs :

- Les prestataires (bureaux d'études, organismes de recherche...),
- Les donneurs d'ordre (industriels, aménageurs, collectivités, institutionnels...).

Dans ce contexte, deux niveaux de lecture sont proposés. Les guides méthodologiques sont accessibles sur le site de l'ADEME [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr).

### Atténuation des métaux à l'aval de sites de stockage de déchets – synthèse bibliographique BRGM – Réf. N° RP-54417-FR – Déc. 2005

Ce rapport relate des cas réels relevés dans la littérature où les investigateurs ont observé un abattement des concentrations en métaux dans l'environnement et dans la source de pollution, lié à des précipitations de phases minérales qui piègent les métaux.



### Surveillance des eaux souterraines au droit des installations classées en milieu karstique

BRGM – Réf. N° RP-54596-FR – Déc. 2005

Ce rapport rappelle la complexité et la vulnérabilité d'un aquifère karstique ainsi que la nécessité d'une prévention d'autant plus efficace. Il avance des arguments en faveur de la surveillance des eaux souterraines en milieu karstique en complément de la prévention.

Les connaissances dont il faut disposer pour mettre en place une surveillance pertinente des eaux souterraines d'un karst sont énoncées : identification, caractérisation, évaluation de la vulnérabilité des cibles, particularité du site et de son environnement immédiat.

Enfin, un protocole d'actions graduelles est proposé.

### Surveillance des eaux souterraines dans le contexte des sites pollués

et Annexes

Association RECORD. Réf. 06-1015/1A, Août 2008

Quelle démarche suivre lorsqu'un Arrêté Préfectoral prescrit la surveillance des eaux souterraines suite à une pollution constatée des sols et/ou des eaux souterraines ? Ce guide apporte aux personnes en charge de la mise en place d'une telle surveillance des réponses concrètes et des recommandations en matière de matériels, de dispositifs (via des fiches aide mémoire), de documents sur lesquels s'appuyer, de réglementation, etc.

Les approches développées dans d'autres pays tels que l'Espagne et le Royaume-Uni viennent enrichir la revue des documents techniques français. En complément, des méthodes de surveillance émergentes sont présentées, ainsi qu'un retour d'expérience de différents acteurs du domaine.

### Guide pour l'orientation des actions à mettre en œuvre autour d'un site dont les sols sont potentiellement pollués par le plomb

INERIS - Réf. N° DRC-57282/DESP-R030f – 27 septembre 2004

Ce guide a pour objectif de fournir des éléments de décision pour orienter les actions à mener autour des sites industriels émetteurs ou ayant émis du plomb et susceptibles de polluer les sols et induire un impact sanitaire sur les populations riveraines. Il illustre la progressivité aujourd'hui recommandée par la démarche IEM.

### Proposition pour la prise en compte des limites de détection ou de quantification dans les milieux sources – Rapport d'étude

INERIS - Réf. N° DRC-05-57278-DESP/R01a – 26 Avril 2004

Ce rapport établi en collaboration avec ANTEA propose une démarche pour prendre en compte les limites de détection et de quantification dans la préparation et l'interprétation du diagnostic et dans la modélisation de la source pour l'évaluation des impacts.

### Dioxines dans les sols français : un premier état des lieux

BRGM – Réf. N° RP-54202-FR – Décembre 2005

L'étude a consisté à collecter, au niveau des DRIRE, le maximum d'analyses de dioxines, autour des usines d'incinération, autour de toute autre installation susceptible de générer des dioxines (sidérurgie, site chimique...) et dans d'autres contextes comme l'évaluation du bruit de fond.

### Dioxines/furanes dans les sols français : second état des lieux, analyses 1998-2007

BRGM/RP-56132-FR – Mars 2008

Depuis quelques années, les émissions de dioxines/furanes dans l'air ont nettement diminué, avec la fermeture des unités d'incinération d'ordures ménagères (UIOM) hors normes, mais aussi, avec la mise en place de systèmes de traitement des fumées plus performants, au niveau de la plupart des installations industrielles.

Cependant, du fait de la grande persistance de ces molécules organiques, la réduction des émissions ne se traduit pas corrélativement par une réduction des teneurs au niveau des principaux récepteurs que sont les sols et les sédiments.

### ConSoil 2003. Diagnostic et évaluation des risques : techniques et méthodes innovantes

BRGM/RP-53681-FR – Février 2005

Cette note reprend les aspects innovants dans le domaine des techniques et méthodes de la caractérisation des sites pollués en distinguant les aspects liés au diagnostic d'une part et à l'évaluation des risques d'autre part.

De manière synthétique, une vue sur le contexte d'application, les principes de base des techniques présentées, les avantages gagnés par rapport à des techniques de caractérisation conventionnelles et les perspectives pratiques, est présentée.

### Utilisation du signal magnétique des sols comme outil de cartographie de terrain de pollution métallique.

#### Test méthodologique

BRGM/RP-51425-FR – Décembre 2001

Cette étude, réalisée dans le cadre du PRC Nord -Pas de Calais a consisté à évaluer la possibilité d'utiliser les paramètres magnétiques des sols afin d'établir une cartographie qualitative des impacts d'une pollution atmosphérique autour des usines métallurgiques de Noyelles Godault et d'Auby.

Pour tester cette possibilité, des mesures en laboratoire des paramètres magnétiques que sont la susceptibilité magnétique en champ faible ( $\chi$ ), l'aimantation rémanente naturelle (ARN) et l'aimantation rémanente isotherme (ARI) ont été réalisées sur des échantillons dont les teneurs en Plomb, Cadmium et Zinc sont connues. Quelques caractérisations des phases magnétiques présentes dans les sols ont aussi été faites afin de mieux préciser leur nature ainsi que leurs relations avec les polluants métalliques.

La comparaison des paramètres physiques seuls ( $\chi$ , ARN, ARI) ou combinés (ARI/ $\chi$ ) avec les teneurs en polluants métalliques (Pb et Zn) ainsi qu'en fonction de la distance par rapport à l'usine de Noyelles Godault nous permettent de mieux cerner l'utilisation potentielle de cette méthode physique. La susceptibilité magnétique en champ faible ( $\chi$ ) et l'aimantation rémanente isotherme (ARI), même si elles ne présentent pas de corrélation directe avec les teneurs en polluants métalliques présentent une tendance commune de diminution d'intensité lorsque l'on s'éloigne de la source de pollution. Des valeurs fortes de ces paramètres indiquent systématiquement que l'on se trouve dans une zone polluée même si cela reste qualitatif.

Il apparaît donc possible de réaliser une cartographie qualitative des impacts de pollution atmosphérique par l'utilisation de mesures de susceptibilité magnétique sur le terrain.

Des mesures en laboratoire de la susceptibilité magnétique ( $\chi$ ) et de l'aimantation rémanente isotherme (ARI) peuvent permettre de préciser ces impacts en utilisant le rapport ARI/Sus. qui apparaît être le mieux corrélé avec les teneurs en Plomb.

### Evaluation des performances du spectromètre portable de fluorescence X Niton XL723S (au laboratoire et sur le terrain)

BRGM/RP-53377-FR – Avril 2005

Le spectromètre de fluorescence X portable (FPXRF) utilisé pour cette étude est le Niton XL723S équipé de deux sources radioactives de Cd109 et Am241. Cet appareil d'analyse non destructif est principalement destiné aux analyses directes sur le sol. Un certain nombre d'éléments peuvent être analysés en fonction des sources. Pour des raisons de miniaturisation, le logiciel intégré dans l'appareil ne permet pas d'analyser et de calculer les teneurs de tous les éléments pouvant être analysés par les sources.

Au moment de l'achat de l'appareil, un choix des éléments est donc nécessaire. Sur les 71 éléments (49 par la source Cd et 22 par la source Am) pouvant être analysés seulement 25 le sont réellement avec la configuration actuelle du spectromètre 723S :

- 15 par la source Cd : As, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Sr, Th, U, Zn et Zr.
- 10 par la source Am : Ag, Ba, Cd, Ce, Cs, La, Pd, Sb, Sn, Te.

Les principales interférences rencontrées en spectrométrie de fluorescence X sont dues aux effets physiques de la matrice, à l'humidité et à la porosité de l'échantillon, aux effets chimiques de la matrice...Le logiciel intégré dans le spectromètre de fluorescence X tient compte des interférences entre les différents éléments chimiques pour le



calcul des teneurs mais il ne permet pas toujours de toutes les compenser et les teneurs de certains de ces éléments sont sous ou surestimées par rapport aux teneurs réelles. Avec ce type d'appareil, certains éléments sont facilement détectés et quantifiés (Pb, Zn, Fe, Ba, As, Cu...).

Par contre, d'autres éléments ne semblent pas pouvoir être analysés même qualitativement à cause d'une limite de détection élevée due, la plupart, du temps à des interférences avec d'autres éléments (Co, Cr, Ni...). Des éléments comme Mn ou Fe ont des limites de détection élevées ( $> 400 \text{ mg kg}^{-1}$ ) mais leur teneur moyenne dans les sols étant supérieures (550 et 26 000  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivement) celles-ci ne posent aucun problème pour analyser ces éléments dans les sols. (...)

L'intérêt d'utiliser un appareil de type fluorescence X n'est pas d'obtenir des mesures de terrain identiques à celles du laboratoire mais de pouvoir largement augmenter le nombre de mesures sur le terrain et ainsi, de guider l'échantillonnage des sols et d'améliorer la représentativité de l'état de contamination des sols.

#### Outils et méthodes physiques et chimiques pour la détection des pollutions dans les sols. Dosage par fluorescence X et par colorimétrie des polluants métalliques et comparaison avec des méthodes d'analyse de laboratoire

BRGM/RR-40312-FR - 1998

Ce travail a été effectué dans le cadre d'un projet de développement de la Direction de la recherche (PRD 602 en 1997 et PRD 603 en 1998). Il a pour objectif d'apporter un soutien logistique aux équipes du Groupe BRGM appelées à intervenir sur des sites potentiellement pollués. Une précédente étude a décrit en détail les opérations de prélèvement, d'extraction, ainsi que les méthodes de dosage rapides pouvant être effectuées sur le terrain. Ces méthodologies de terrain concernent à la fois, le dosage en milieu solide (analyses sols), liquide (aqueux) et gazeux. Elles doivent permettre aux équipes intervenantes d'effectuer un premier diagnostic de l'état d'un site donné et de cadrer les zones éventuellement polluées qui feront ensuite l'objet d'une analyse plus précise au laboratoire. Le présent rapport traite du dosage des métaux lourds dans les sols et en milieu aqueux, il propose une lixiviation rapide (à froid) à l'acide HCl 1N pendant 1 h 30 suivie d'une filtration.

Trois types d'échantillons de sols pollués ont été étudiés, soit en tout 22 échantillons. Les moyens d'analyse étudiés sont la colorimétrie (tests qualitatifs, semi-quantitatifs et quantitatifs) et la fluorescence X. Deux fluorimètres ont été testés : le SYRANO (produit BRGM) et le XMET 920 prêté pour essai par la société METOREX pendant deux jours. Les résultats obtenus par colorimétrie et par fluorescence X seront confrontés à ceux obtenus par analyse ICP au laboratoire (valeurs de référence) sur ces mêmes lixiviats.

#### Analyse de polluants organiques et organométalliques dans l'environnement

BRGM/RP-53749-FR - Février 2005

Ce projet est appliqué à l'analyse de pesticides et de leurs principaux métabolites dans les eaux et les sols, ainsi qu'à la recherche et l'identification de polluants émergents dans des effluents de station d'épuration en région Centre. La première partie traite des analyses d'herbicides (triazines, phénylurées, chloroacétanilides) et de leurs produits de dégradation, dans des sols et des eaux superficielles. Ce développement visait à améliorer les performances analytiques grâce à l'utilisation de nouveaux instruments analytiques (chromatographie liquide et gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en mode tandem). Les performances ont été nettement améliorées avec l'abaissement des limites de quantification dans les eaux à des seuils de 1 à 10  $\text{ng/l}$  pour les triazines et les chloroacétanilides et de 5 à 30  $\text{ng/l}$  pour les phénylurées, et dans les sols à des seuils de 1 à 3  $\mu\text{g/kg}$  pour les triazines et les chloroacétanilides et 10  $\mu\text{g/kg}$  pour les phénylurées. Ces résultats devraient permettre de mener des études sur les transferts de phénylurées dans les sols et dans la zone non saturée (sol profond entre 2 et 14 m), à l'image de celles réalisées sur les triazines et chloroacétanilides.

La deuxième partie traite de la méthodologie de recherche et d'identification de polluants émergents : hormones et composés pharmaceutiques, dans des stations d'épuration en région Centre. Les hormones stéroïdiennes ou synthétiques, les alkyls phénols ainsi que le bisphénol sont des substances suspectées d'effets perturbateurs endocriniens. Les techniques de chromatographie gazeuse et liquide couplées à la spectrométrie de masse en mode tandem ont permis de quantifier quinze de ces composés à des concentrations de l'ordre de quelques  $\text{ng/l}$ . Ces techniques appliquées à des échantillons naturels de type rejets urbains ont montré la présence de quelques composés dans l'effluent. La toxicité d'un des composés (bisphénol) a été évaluée sur deux espèces zooplanctoniques. Les concentrations détectées dans l'environnement ne semblent pas présenter de risque pour ces espèces ; cependant, on ne peut négliger la nécessité d'évaluer les risques à long terme d'une exposition prolongée, ainsi que la toxicité combinée de plusieurs substances.

La présence des produits pharmaceutiques et de leurs produits de dégradation est suspectée dans l'environnement, au niveau d'effluents de stations d'épuration, superficielles, de sédiments, et même d'eaux souterraines. C'est

pourquoi, une méthode d'analyse a été mise au point pour l'identification de dix-sept composés pharmaceutiques, dont cinq antalgiques, sept médicaments psychotropes, deux hypolipémiants, deux bêtabloquants et un antiépileptique. Les limites de quantification atteintes sont de l'ordre de la dizaine de ng/l. Il a ainsi été possible d'analyser les rejets de cinq stations d'épuration de la région Centre. Dix molécules y ont été détectées, dont deux anti-inflammatoires (kétoprofène et naproxène) et deux psychotropes (fluoxétine et zolpidem) à des concentrations de l'ordre du µg/l. Même sur une vie complète d'exposition à une eau contaminée, la dose thérapeutique journalière n'est pas atteinte. Néanmoins, on ne peut négliger la nécessité d'évaluer les risques à long terme d'une exposition prolongée à des traces de produits pharmaceutiques et de produits de dégradation, notamment pour certaines populations à risques comme les enfants, les fœtus et les personnes souffrant de déficiences enzymatiques. Plusieurs techniques d'analyse et d'extraction ont été nécessaires pour développer ces méthodes d'analyse fiables, sensibles et robustes. Il est important d'insister sur la complexité et les difficultés techniques de l'analyse globale de ces différentes familles de polluants pour la mise en routine.

### Ecotoxicité des sols et des déchets

ADEME - Ref. 4360 - Juillet 2002

Un programme national de recherche "Ecotoxicité des sols et des déchets" coordonné par l'ADEME avec l'aide d'une quinzaine de laboratoires, a permis de développer et d'évaluer différents tests biologiques d'écotoxicité et de génotoxicité sur un ensemble de matrices solides contaminées.

Les résultats obtenus, présentés dans cet ouvrage, ont mis en évidence les effets des polluants, de l'échelle moléculaire à l'échelle de l'individu et/ou des populations. D'autre part, en fonction des échantillons et de la nature des polluants la sensibilité des tests biologique s'est avérée différente, rendant impossible la sélection d'un seul test.

Ces résultats ont confirmé la nécessité de constituer une batterie de tests pour évaluer l'écotoxicité d'une matrice (batterie constituée de tests sur des organismes aquatiques et terrestres).

### Écotoxicité des sols et déchets : extraction des polluants

ADEME - Réf. 3198 - Novembre 1999

Le danger écotoxique des sols et des déchets vis à vis du compartiment aquatique est évalué en utilisant des tests biologiques de toxicité. Ce rapport s'intéresse aux méthodes d'extraction des polluants (lixiviation, percolation) et au couplage de ces méthodes avec les biotests. Suite à une étude bibliographique, différents essais d'optimisation ont été réalisés permettant de définir une approche de caractérisation du relargage et de la toxicité des polluants contenus dans les matrices solides.

### Caractérisation d'une parcelle du site de Y par couplage de méthodes géophysiques et d'analyse de gaz

BRGM/RP-52347-FR - Mai 2003

La mare à goudrons précédemment identifiée par des méthodes conventionnelles a été détectée par nos méthodes : Les anomalies géophysiques A1, A3 et A4 représentent un ensemble compact géographiquement mais différent en termes de typologie d'anomalie. L'anomalie de C02 G1 se situe également au droit de cette zone qui correspond à la mare à goudron. La différence de typologie des 3 anomalies provient probablement des réactions chimiques et/ou biologiques mises en jeu dans les différentes zones, ou du type de polluant incriminé.

C'est pourquoi il sera important de prélever des échantillons de sols correspondant à chaque type d'anomalie pendant l'excavation de la mare à goudrons afin d'expliquer l'origine des phénomènes mesurés. Les autres anomalies de gaz et géophysiques sont moins étendues et sont réparties sur l'ensemble de la zone prospectée. Deux autres zones suspectes, au nord du site (anomalie A2 et A5) sont mises en évidence.

Des forages de contrôle et des analyses sont nécessaires pour valider l'existence de ces deux sources potentielles de pollution. Lors de cette campagne de mesure, les profils d'électrique ont été définis à la vue des mesures de PS uniquement. De ce fait, des zones présentant des anomalies en terme de mesure de C02, mais qui n'étaient pas anomaliques en terme de PS n'ont pas été investiguées.

Dans le futur, pour les prochains sites étudiés, notre méthodologie sera améliorée : les informations obtenues par les deux méthodes cartographiques (PS et gaz) seront utilisées pour déterminer l'implantation des profils d'électrique. Pour le site Y, un retour sur le terrain pour vérifier, par méthodes électriques les anomalies de gaz non corrélées à une anomalie PS est souhaitable avant l'excavation de la mare.



### Couplage de mesures géophysiques et d'analyses de gaz pour la détection de polluants organiques sur deux anciennes cokeries - Programme National CRITERRE

BRGM – Réf. N° RP-51726-FR – Juin 2002

L'objectif de l'étude est de mener des tests de géophysique et d'analyse de gaz, en vue de comparer et valider ces méthodes non destructives pour la détection de polluants organiques...

Plusieurs missions de reconnaissance de géophysique et d'analyse de gaz sur deux anciennes cokeries aux caractéristiques différentes ont été menées.

### Couplage de mesures géophysiques et d'analyses de gaz pour la détection de polluants organiques sur une ancienne cokerie

BRGM/RP-50856-FR – Avril 2001

Dans le cadre du projet national " CRITERRE ", le BRGM a mené une mission de reconnaissance de géophysique et d'analyses de gaz sur une ancienne cokerie de Charbonnages de France. Un profil de 235 m situé en partie sur la zone polluée a été couvert par des mesures de tomographie, de résistivité électrique et de polarisation provoquée (PP). 16 analyses des HAP, BTEX et hydrocarbures totaux sur échantillons de sol (0-50 cm de profondeur), 12 analyses de gaz de sol ont été réalisées sur des points répartis sur ce profil. On relève des teneurs atteignant 69 g/kg d'HAP (somme des 16 HAP EPA).

La zone polluée, confirmée par les analyses de sol par CPG, apparaît clairement sur les mesures de résistivité électrique, de PP ainsi que sur les analyses de gaz de sol. La nappe phréatique et les terrains au-dessus de la nappe sont 2 fois plus conducteurs dans la zone polluée, ce qui laisserait supposer qu'il y a également des polluants conducteurs.

Deux anomalies PP isolées, corrélées avec 2 anomalies sur les analyses de gaz correspondent probablement aux sources de pollution. Les résultats obtenus par les mesures géophysiques en couplage avec les analyses de gaz de sols sont donc globalement positifs.

Des diagnostics de sites pollués utilisant ce couplage devraient permettre de diminuer les coûts et le nombre d'analyses. Mais des inconnues subsistent sur le devenir du site pilote et sur l'interprétabilité des résultats géophysiques obtenus.

### Pollution des sols en contexte minier : démarche et choix des techniques d'évaluation du risque

BRGM/RP-54713-FR – Décembre 2006

L'objet de cette synthèse bibliographique, menée dans le cadre du projet de recherche intitulé « formations superficielles et risques environnementaux » (SUR), est de balayer l'inventaire des techniques de diagnostic et d'analyses employées pour mener à bien l'évaluation du risque lié à la pollution des sols.

Ce projet étant inscrit dans la thématique « Conséquences territoriales de la cessation des Activités Minières », les recherches bibliographiques ont été plus particulièrement orientées vers des sources prenant plus spécifiquement en compte l'évaluation du risque et le diagnostic de pollution des sols par les métaux dans le secteur minier.

Après un rappel des définitions nécessaires sur le risque et des principes et démarches d'une évaluation de risque lié à une pollution des sols, cette étude bibliographique aborde les différentes étapes nécessaires à l'acquisition des données utiles à cette évaluation, à savoir :

- l'approche évaluation du risque s'impose aujourd'hui comme outil d'aide à la décision pour la gestion des sites pollués. Cette approche prenant en compte les spécificités de chacun des sites étudiés tend à remplacer une approche « normative » même dans les pays ou états qui s'étaient tout d'abord orientés vers la définition d'un référentiel universel.
- Pour mener à bien une évaluation de risque lié à la pollution des sols, le diagnostic doit être réalisé selon une stratégie d'échantillonnage et d'analyses basée sur des méthodes normalisées. Les différentes méthodes employées ont pour but la caractérisation des différentes sources de pollution et de leurs impacts sur les sols en termes de pollution. Avec comme objectif le recueil des données nécessaires à une évaluation des risques, l'analyse chimique du contenu total en un élément toxique

d'un sol ou d'un déchet doit être complétée par des tests physico-chimiques plus complets.

- Les sources de références récentes sont diverses et variées tant au niveau national qu'international. D'une manière générale, pour la prise en compte des spécificités du secteur minier, qu'il s'agisse de la plupart des mines métalliques ou du charbon, c'est auprès de sites internet d'organismes nord-américains que l'on trouve le plus de documents sur cette thématique : guides méthodologiques et études de cas prenant en considération à la fois les aspects sanitaires et environnementaux.

#### Caractérisation des pollutions potentielles relatives aux sites miniers du territoire français métropolitain BRGM/RP-52816-FR – Janvier 2004

Les travaux miniers ont généré au cours des siècles des résidus, en quantité et qualité variable selon les époques et les substances recherchées, susceptibles d'engendrer des impacts négatifs sur les écosystèmes. Etant donné la difficulté d'obtenir une caractérisation quantitative exhaustive pour chaque site minier, certains ayant été exploités depuis plusieurs siècles, cette étude, réalisée dans le cadre des opérations de Service Public 03DEPY01 "Développements méthodologiques pour applications dans le secteur de l'après-mine" avait pour objectif de réaliser une synthèse des risques génériques liés aux principales substances exploitées sur le territoire français métropolitain en se limitant dans un premier temps aux impacts chimiques sur l'environnement (instabilité des terrains non comprise).

Une typologie des situations d'après-mine a été réalisée à partir des informations contenues dans la base "Inventaire des ressources minières du territoire métropolitain" (Deschamps et al., 2002) sur quelques 300 gisements exploités de manière significative ou ayant fait l'objet de travaux d'exploration avancés.

Les substances minérales considérées correspondent à l'ensemble des minerais métalliques, les combustibles solides (charbon, lignite) ainsi que la barytine et la fluorine. Les substances fer et charbon ont été abordées mais n'ont pas fait l'objet de recherche détaillée dans le cadre de cette étude. L'ensemble des informations recueillies sur ces différents sites miniers a été regroupé dans une base de données unique dont l'architecture permet de préserver l'intégrité des données source et de travailler aussi bien au niveau générique (par groupe de gîtes, par substance exploitée,...) qu'au niveau d'un gisement précis. La typologie adoptée est basée sur une expertise tant géologique, que minéralogique et géochimique. Elle a permis, en se basant sur les descriptions factuelles des gîtes, de définir, pour chaque groupe les minéraux les plus abondants et les minéraux accompagnateurs, les éléments chimiques potentiellement toxiques fréquents ou occasionnels. Ces informations, réunies sous forme de fiches, permettront pour n'importe quel site minier ou région minière, d'avoir immédiatement une liste des polluants potentiels à rechercher (suivi de la qualité des eaux et des sols, plans de prévention des risques miniers,...).

Cette approche est donc statistique et basée sur la connaissance plus ou moins détaillée dont nous disposons à ce jour sur les 330 sites miniers français considérés. Sa valeur prédictive n'est à l'heure actuelle pas extrapolable à des types de gisements non recensés ou à d'autres régions métallogéniques. La confrontation entre les résultats préliminaires de cette étude et les informations disponibles sur les résidus miniers (Thomassin et al., 2001) permet de démontrer la pertinence de la méthode mise en œuvre. Ce projet a été conçu pour être évolutif et pourra, à plus long terme, s'intéresser à d'autres territoires (DOM, Europe, ...) et conduire à des études intégrées prenant en compte d'autres niveaux d'information (fond géochimique, hydrographie, topographie) à travers une base de données plus spécifique (type Infobase, SIG Europe environnement) pour préciser et affiner les impacts "au cas par cas".

#### Méthodes de recherche de l'origine de pollution(s) dans les sols ou dans les eaux souterraines BRGM/RP-51260-FR – Août 2002

La mise en œuvre de la politique nationale en matière de protection de la qualité des sols et de l'eau souterraine, se heurte souvent à des difficultés d'application, notamment en l'absence de l'identification de l'origine de la pollution qui contribuerait à connaître son, ou ses, responsable(s) et permettrait à l'administration de faire appliquer le principe "pollueur - payeur".

Le BRGM a été sollicité par la Direction de l'Eau du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (convention n° 47/2000 du 3 novembre 2000 Ministère du développement durable/DE-BRGM), pour proposer une méthode de recherche de l'origine d'une pollution, basée sur une enquête n'excluant aucune hypothèse a priori, qui, par étapes successives et progressives, permette de remonter de la cible impactée (homme, faune, végétaux, captage AEP...), via les voies de transfert et/ou d'exposition jusqu'à la (aux) source(s) de la pollution :

- dans le milieu "sol", telle que, par exemple, mise en évidence suite aux décès d'animaux ou à la présence de végétaux pollués ;



- dans le milieu "eaux souterraines", telle que, par exemple, mise en évidence lors du suivi ou de l'ouverture d'un forage d'Alimentation en Eau Potable (AEP).

Le repérage géographique d'une source polluante est plus difficile pour les cas de pollution des eaux souterraines que pour les cas de pollution des sols. Le présent rapport réalisé par le BRGM dans le cadre de sa mission de Service public (opération 2000-POL-209) présente les premiers résultats de la réflexion méthodologique qui sont repris dans le cadre d'un groupe de travail national mis en place par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable en 2002.

#### Suivi de la qualité des eaux souterraines au droit des installations classées et des sites pollués en région Picardie, Phase 1 : Cadrage méthodologique

BRGM/RP-54377-FR – Février 2007

A la demande du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, le BRGM a engagé, au titre de sa mission de Service public, un programme de bancarisation des données de la qualité des eaux souterraines au droit des installations classées et des sites pollués en région Picardie.

Cette première phase de l'étude est financée conjointement par la DRIRE Picardie, l'Agence de l'eau Seine-Normandie, l'Agence de l'eau Artois-Picardie et la dotation de Service public du BRGM.

En France, environ 2 550 (anciens) sites et sols -potentiellement- pollués sont soumis à une surveillance de la qualité des eaux souterraines.

Environ 1 000 installations classées (estimation) au titre de la Loi de 1976 sont aussi soumises à une surveillance de la qualité des eaux souterraines au titre de l'article 65 de l'arrêté ministériel du 02 février 1998 modifié.

Par ailleurs, différents arrêtés ministériels spécifiques précisent les obligations de surveillance de la qualité des eaux pour d'autres installations (stockage de déchets ménagers et assimilés (350 sites), dépôts pétroliers (250 sites), carrières, exploitations de traitement de surface).

Enfin en application de la directive européenne cadre sur les eaux (DCE, 2000/60/CE) et de la future directive fille sur la protection des eaux souterraines (DPES, COM/2003/0550), l'état chimique des différentes masses d'eau doit être établi par les pouvoirs publics.

Dans ce contexte, il est important de considérer une perspective de forte augmentation du nombre de sites soumis à une surveillance de la qualité des eaux souterraines sur le territoire national ainsi qu'un besoin croissant d'accès aux données relatives à la qualité des eaux souterraines dans les prochaines années. Il est dès lors apparu nécessaire au Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable de mettre en place des actions spécifiques permettant la bancarisation de ces données.

La banque nationale d'Accès aux Données Eaux Souterraines (ADES) a été choisie pour le stockage national des données après adaptations aux spécificités des installations classées et des sites pollués (ICSP).

En région Picardie, il est apparu prioritaire pour la DRIRE Picardie, l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et l'Agence de l'Eau Artois-Picardie, en relation avec la démarche nationale :

- de regrouper l'ensemble des données régionales disponibles dans une base de données locale transférables dans la banque nationale ADES, laquelle sera gérée en continu par transmission à échéances régulières des résultats analytiques ;
- de participer à l'exploitation des informations saisies de façon à permettre :
  - o l'évaluation du caractère adapté à la fois du réseau de forages de surveillance et du programme de contrôle mis en place,
  - o la caractérisation de l'évolution de la qualité des eaux souterraines, que ce soit sous forme d'avis descriptif général ou à l'aide d'indicateurs pertinents. (....)

Suivi de la qualité des eaux souterraines en aval des installations classées situées en Alsace (67 et 68) - Contrôles 2004-2005. CD-ROM des fiches mises à jour (version 5)

BRGM/RP-54880-FR - Octobre 2006

A la demande de la DRIRE Alsace et de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, le BRGM Service Géologique Régional Alsace reçoit et collecte, chaque année les analyses chimiques des eaux souterraines effectuées par les industriels dans le cadre de l'auto-surveillance des installations classées (IC) dans le Bas-Rhin et le Haut-Rhin afin de les saisir dans la banque de données gérée par le BRGM (ORACLE / ADES).

L'étude consiste ensuite à synthétiser les données de suivi de la qualité des eaux souterraines recueillies et notamment à caractériser l'évolution des teneurs mesurables, à déduire l'impact sur la qualité des eaux souterraines en comparaison avec les normes "eau potable" (CMA) ou "valeur de constat d'impact" (VCI). L'étude de suivi de la qualité des eaux souterraines en aval des IC se décompose en 6 étapes :

Phase 1 - Inventaire des sites, collecte des informations et analyses concernant les sites inventoriés

Phase 2 - Prétraitement des données collectées (attribution des analyses à des points de mesure répertoriés)

Phase 3 - Saisie des données analytiques et édition de tableaux d'analyses.

Phase 4 - Rédaction d'une note sur les indicateurs de pollution

Phase 5 - Interprétation des analyses et rédaction de fiches détaillées

Phase 6 - Rédaction des rapports de synthèse

Ces fiches présentent les activités et la situation géographique du site, le réseau de contrôle, les résultats analytiques sous forme de statistiques comparant les résultats de l'année par rapport à ceux des 5 années précédentes, ainsi qu'un commentaire sur l'évolution de la qualité des eaux souterraines au droit du site et éventuellement un avis sur l'adéquation des contrôles.

La correspondance avec les sites de la base de données BASOL sur les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif, est fournie également. On compte pour la synthèse 2004-2005 358 sites suivis en Alsace dont 254 sites industriels et 104 gravières. Les fiches des sites pour lesquels une mise à jour a été effectuée en 2004/2005 sont fournies sous forme de fichiers informatiques au format POF sur un CD-ROM version 5.

En 2004 et 2005, comme précédemment, on constate de nombreuses prescriptions concernant la réalisation d'Evaluation simplifiée des risques (ESR) et d'Evaluation détaillée des risques (EDR). Les études menées conduisent souvent à la restructuration des réseaux de surveillance. (...)

NB : les valeurs guides françaises indiquées et l'ESR ont été supprimées en février 2007.



## Suivi de la qualité des eaux souterraines en aval des installations classées situées dans la région Champagne-Ardenne (Bassin Seine-Normandie)

BRGM/RP-53186-FR – Juin 2004

Les sites soumis à une surveillance de la qualité des eaux souterraines pris en compte dans de ce travail sont les suivants :

- Les sites industriels faisant l'objet d'une action par les pouvoirs publics (sites du tableau de bord BASOL de l'action des pouvoirs publics sur les sites pollués ou potentiellement pollués) et soumis à une surveillance de la qualité des eaux souterraines (modalités prévues par la méthodologie nationale sur les sites et sols pollués).
- Les installations classées pour la protection de l'environnement (IC, au titre de la loi de 1976) sont aussi soumises à une surveillance de la qualité des eaux souterraines au titre de l'article 65 de l'arrêté ministériel du 2/2/98 modifié.
- Les installations de stockage de déchets ménagers et assimilés (nouvelle dénomination des CET de classe II, noté par la suite ISDm).

Les résultats d'analyses des eaux réalisées dans le cadre de cette surveillance imposée par arrêté préfectoral sont aussi régulièrement transmis à la direction régionale de l'industrie et de la recherche en environnement (DRIRE).

Une première synthèse de ces données de surveillance avait déjà été réalisée en Champagne-Ardenne, bassin Seine Normandie en 1997 (BRGM/RR-40537) et mise à jour en 2001 (BRGM/RP-51415-FR). Cette étude s'inscrit donc dans la continuité de ces précédentes synthèses tout en enrichissant le contenu par des graphiques permettant de mieux apprécier l'évolution de certaines teneurs.

De même, un examen par masse d'eau souterraine (répartition spatiale des sites industriels, vulnérabilité...) donnera une autre vision plus globale de l'impact des installations classées. La synthèse 2003 est également accompagnée d'une base de donnée où sont compilées toutes les données de surveillance physicochimique mais aussi les données de suivi piézométrique recueillies. Cette base est une adaptation de l'outil Molosse.

## Etude de synthèse de l'état des sols sur le territoire de la Communauté Urbaine de Strasbourg

BRGM/RP-54829-FR

Les analyses de métaux lourds ont été faites sur des composites de 3 à 4 échantillons par site, prélevés par carottage jusqu'à une profondeur maximale de 25 cm. Les analyses d'hydrocarbures ont été menées sur un seul prélèvement par site jusqu'à 25 cm, celles de dioxines sur un seul prélèvement jusqu'à 10 cm de profondeur. Les analyses des métaux lourds ne montrent pas de valeurs inquiétantes. Parmi les métaux analysés, le plomb atteint localement la VCI usage sensible, mais sa moyenne reste inférieure à la VDSS.

La moyenne des teneurs en chrome atteint la VDSS mais fait clairement partie du fond géochimique naturel. Parmi les hydrocarbures et phytosanitaires analysés, on observe des teneurs approchant la VCI usage sensible de façon très ponctuelle pour les PCB (polychlorobiphényles) et sur quelques sites pour les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques).

Des teneurs en HAP sont rencontrées sur pratiquement tous les sites et semblent liées à la circulation automobile. Les teneurs en dioxines (équivalent toxique TEQ) sont en moyenne inférieures à la valeur guide allemande de 5 pg/g et globalement inférieures à la valeur guide suédoise de 10 pg/g pour un usage sensible.

L'étude des données des concentrations en métaux dans les pluies indique que les teneurs en métaux sont faibles par rapport aux valeurs guide (eau potable), à part le nickel et l'aluminium qui approchent de la VCI usage sensible. L'étude pilote des retombées aériennes particulières montre l'omniprésence des métaux dans les particules et la diversité des sources d'éléments métalliques.

NB : les valeurs guides françaises indiquées ont été supprimées en février 2007.

## Participation aux travaux de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE) - Choix des indicateurs pour la pollution locale des sols

BRGM/RP-51843-FR - Septembre 2002

Ce rapport reprend les travaux entrepris dans le cadre d'une participation aux actions de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE), et particulièrement la réalisation d'un état de la qualité de sols à l'échelle européenne sous la forme d'indicateurs communs à chaque pays. L'Institut Français de l'Environnement (IFEN), point focal de l'AEE a demandé au BRGM une assistance technique sur le sujet des "Sols contaminés" et plus particulièrement sur les pollutions locales des sols. Cette demande s'inscrit dans le cadre du Centre Thématique Européen "Environnement terrestre" de l'AEE. Cette assistance technique porte sur les quatre points suivants :

- une lecture critique des indicateurs proposés par l'AEE, suite à la réunion d'un groupe de travail européen à Séville en mai 2002,
- une proposition de nouveaux indicateurs plus adaptés au contexte français,
- une réalisation à l'échelle nationale d'un test d'application des indicateurs proposés par l'AEE afin d'apprécier leur fiabilité, tout en considérant les données actuellement disponibles, les manques et les difficultés rencontrées pour les acquérir,
- un test à l'échelle régionale : construction des indicateurs pertinents à l'échelle régionale, de manière à approfondir l'étude et à donner une approche spatiale plus fine.

Les bases de données nationales existantes ou en cours de constitution ont permis, dans le cadre de cette étude, de répondre aux exigences actuelles en information formulées par l'AEE pour ce qui est des indicateurs nationaux.

## Les mécanismes de transfert des produits phytosanitaires du sol vers les nappes et les méthodes d'analyse des produits phytosanitaires dans les eaux

BRGM/RP-51590-FR - Juin 2003

Le lecteur trouvera dans ce document des informations lui permettant d'envisager les études de contamination des eaux souterraines par les substances phytosanitaires, avec une meilleure connaissance préalable des mécanismes de transfert de ces substances dans le milieu eaux-roches et des méthodologies existantes de diagnostic et de suivi de qualité des eaux souterraines. Une description des mécanismes de transfert de ces substances depuis la surface du sol d'une part, une présentation des grandes lignes directrices pour la mise en place des réseaux de surveillance et une information détaillée sur les analyses au laboratoire d'autre part, constituent les principales thématiques développées dans cet ouvrage. Sont notamment présentés :

- Des exemples d'études des mécanismes physico-chimiques régissant le transfert des substances phytosanitaires depuis la surface du sol jusque dans les eaux des nappes, plus particulièrement les interactions eaux-roches où interviennent les processus de régulation tels que la volatilisation, les phénomènes de dégradation, la sorption et la désorption.
- Des méthodologies d'évaluation des risques de contamination des nappes combinant les connaissances sur les propriétés physico-chimiques et toxicologiques des substances phytosanitaires d'une part, les résultats des études des mécanismes déterminant le devenir des pesticides dans le contexte sols/sous-sols d'autre part, notamment dans les compartiments zone racinaire/zone non saturée/zone saturée où l'eau intervient comme vecteur et agent chimique.
- Des informations :
  - o sur les produits phytosanitaires les plus couramment utilisés et l'évolution de leurs usages lors de ces dernières années en termes de nature et de quantité des matières actives ;
  - o sur les méthodes utilisées dans les laboratoires pour les rechercher dans les eaux selon les exigences de la directive européenne 98/83, incluant les règles à respecter depuis la conception du plan d'échantillonnage jusqu'à l'édition des résultats pour fournir des données fiables ;
  - o sur la couverture des méthodes d'analyses par la normalisation, sur le nombre de pesticides pouvant être analysés avec fiabilité et les méthodes utilisées pour contourner la difficulté de ne pouvoir les rechercher de manière exhaustive ;
  - o sur les métabolites et les difficultés matérielles et méthodologiques rencontrées par les laboratoires pour les analyser.

Les lignes directrices pour la mise en place des réseaux de surveillance de la qualité des eaux de nappes dans le contexte de la caractérisation des pollutions ponctuelles et diffuses.



## SAGE ODET. Géologie et eaux souterraines

BRGM/RP-52436-FR – Août 2003

L'histoire géologique du bassin versant de l'Odét est très complexe, liée à la tectonique des plaques. L'essentiel des terrains sont des formations de " socle " : (schistes, grès, micaschistes, gneiss, granodiorites et granites) très anciennes, plus de 280 millions d'années et sont issues de la phase orogénique hercynienne.

Les eaux souterraines, dans ce type de formation, sont contenues dans des aquifères fissurés et/ou fracturés (rôle conducteur) surmontés de niveaux altérés plus ou moins épais et perméables (rôle capacitif). Leurs extensions sont toujours limitées et ils forment une mosaïque d'unités sur un même bassin versant. 576 forages sont connus au brgm sur les communes du SIVALODET. La ville de Quimper en compte, à elle seule, 187. Le nombre de forages non déclarés est estimé à 20 %, ce qui conduirait à situer le nombre total de forages existants autour de 700 ouvrages.

L'analyse des débits instantanés des forages en fonction de la géologie a pu être effectuée à partir des 374 forages localisés pour lesquels le débit et la profondeur des ouvrages étaient connus. Les débits moyens évoluent entre 3 et 10 M3 /h pour des profondeurs moyennes d'ouvrages de 37 à 57 m. Par rapport aux résultats obtenus en Bretagne, la productivité des forages locaux se situe dans la moyenne basse (indice global entre 0.6 et 6.6). Ceci s'exprime par les formations géologiques qui se répartissent en une succession des bandes est-ouest de terrains faiblement perméables.

Une formation particulière, les granodiorites de Quimper se distinguent par des résultats supérieurs à l'ensemble (indice 8.8) mais pour des forages significativement plus profonds, de l'ordre de 68 m. La quantité de pluie non utilisée par les plantes ou évaporée, est disponible soit pour le ruissellement soit pour l'infiltration dans les sols où, après avoir rechargé les terrains agricoles, elle descend vers les aquifères souterrains et recharge les nappes. Celles-ci se vidangent dans les rivières et participent à leurs débits d'écoulement.

L'évaluation des débits souterrains des trois rivières principales du bassin versant de l'Odét a été réalisée au droit des stations de jaugeage de ces cours d'eau et à partir du logiciel " Gardénia " mettant en relation la pluviométrie et les débits des rivières pour des chroniques de pluies de plus de 10 ans. La participation moyenne des eaux souterraines aux débits du Steir, de l'Odét et du jet représentent respectivement 43, 50.5 et 53 % de leurs écoulements globaux, soit en volume : 50, 70 et 45 millions de mètres cubes.

Les étiages des cours d'eau sont peu soutenus par rapport à ce qui est connu en Bretagne. Les participations, moyennes à faibles, des eaux souterraines à l'écoulement des rivières, s'expliquent par la présence de terrains moyennement à peu perméables. Les prélèvements d'eau réglementaires pour l'adduction d'eau potable se répartissent pour 59 % pour les eaux de surface et 41 % pour les eaux souterraines (forages, puits et captages). Les prélèvements pour l'industrie et l'irrigation sont différentes selon les sources.

Une estimation globale du volume d'eau souterraine prélevé dans les nappes a été réalisée à partir du fichier brgm et de l'usage connu de l'eau des forages et se situerait entre 4 et 5 millions de mètres cubes.

## Etat de la connaissance de la nappe alluviale de l'Isère en Grésivaudan (de Montmélian / Pontcharra à Grenoble)

BRGM/RP-54920-FR – Décembre 2006

La plaine du Grésivaudan s'étend de Pontcharra à Grenoble sur une quarantaine de kilomètres, pour une largeur variant de 2 à 5 km. Elle est parcourue par le cours moyen de l'Isère. L'eau y est omniprésente tant en surface qu'en profondeur, comme en témoignent les marais, zones inondables et multiples sols hydromorphes.

En cette plaine alluviale, complexe sur le plan hydrogéologique, l'accessibilité de l'eau souterraine n'est pas toujours aussi aisée que les conditions géographiques et géologiques le font espérer. Plusieurs ouvrages de captage ont donné, par endroit, des débits décevants, voire des eaux de qualité médiocre. Les différentes études hydrogéologiques réalisées sur la plaine du Grésivaudan montrent que des productivités potentiellement élevées existent cependant pour cette nappe.

Compte tenu des infrastructures existantes, de l'urbanisation actuelle et des perspectives de développement du secteur, la DDAF 38 souhaite préparer l'avenir quant à la gestion et à la protection de la ressource. Pour ce faire, il a été demandé au BRGM de conduire, dans le cadre de sa mission d'appui aux services chargés de la police de l'eau, une réflexion sur la nappe alluviale du Grésivaudan.

L'étude a permis d'identifier deux secteurs de la plaine susceptibles de présenter de bonnes conditions d'exploitation sur les plans qualitatif et quantitatif. Des recommandations sont énoncées quant aux investigations à programmer sur ces deux secteurs pour qualifier la ressource en eau disponible.

La sélection des deux secteurs identifiés repose sur une recherche croisée des conditions favorables suivantes :

- Granulométrie élevée (recherche de secteurs à dépôts grossiers selon les règles de la sédimentologie), avec, pour conséquence, une perméabilité "favorable".
- Circulations souterraines rapides (recherche de drains d'écoulement préférentiel) avec, pour conséquence, des minéralisations plus faibles et un milieu moins réducteur (absence de Fe et Mn).
- Occupation des sols réduite (recherche de zones dépourvues d'activités industrielles ou d'urbanisation) avec, pour conséquence, une vulnérabilité de nappe modérée.

Il est recommandé d'axer le programme d'investigation à conduire sur ces deux secteurs sur une campagne de mesures géophysiques électriques complétée par la réalisation de sondages de reconnaissance, puis de forages d'essai. Compte tenu de l'enjeu économique que représente le Grésivaudan, il pourrait être envisagé, à terme, de mettre en place un SAGE, à l'échelle de la plaine, afin de faciliter la gestion de la ressource et d'anticiper sur les conflits d'usage qui risquent de voir le jour avec l'augmentation des besoins.

La procédure de SAGE, longue et délicate à mettre en œuvre, nécessite une connaissance très précise de la nappe. La présente étude constitue, dans ce sens, une étape préparatoire. La réalisation d'investigations géophysiques puis d'ouvrages de reconnaissance complètera cette approche initiale. La réalisation d'un modèle global de la nappe pourrait alors être envisagée en phase ultérieure pour simuler différents scénarios d'exploitation de la ressource et de développement du secteur.



## L'arsenic dans l'environnement et ses impacts. Journée d'échanges 23 novembre 2004

BRGM/RP-53689-FR – Février 2005

Suite au colloque « Première rencontre nationale de la recherche sur les sites et sols pollués », organisé par l'ADEME en décembre 2002, il est apparu un certain nombre de redondances dans les recherches menées par les principaux organismes de recherche en France. Ce colloque avait également mis en évidence un manque d'échanges entre la recherche et l'industrie, notamment en matière de perception des besoins de R&D exprimés par l'industrie ou les pouvoirs publics. Un travail de synthèse des travaux de R&D en France sur la thématique Arsenic a été réalisé en préambule à la journée d'échanges sur l'arsenic.

L'ADEME et le brgm ont organisé une journée d'échanges sur l'arsenic dans l'environnement et ses impacts le 23 novembre 2004 dans le but de présenter un état de l'art sur les travaux de R&D sur l'arsenic en France et de réunir les différents acteurs impliqués sur cette thématique. Cette journée d'échanges sur l'arsenic a été ressentie comme très intéressante de par l'approche, les participants et le contenu. Du point de vue des bureaux d'étude, il était utile de se rendre compte de l'état d'avancement de la recherche et de ses perspectives dans le domaine.

En ce qui concerne les perspectives, un certain nombre de propositions ont été faites par les participants à l'issue de cette journée d'échanges :

- un souhait partagé par beaucoup serait de disposer d'une banque de données bibliographiques comprenant, entre autre, les domaines de compétences, les références des organismes impliquées dans la problématique arsenic.
- de plus, un accès à un forum de discussion permettant des échanges est souhaité en particulier par les bureaux d'études qui sont confrontés à des questions dont ils n'ont pas forcément les réponses. De plus, il aurait aussi pour objectif de créer des groupes de travail qui permettrait d'une part de faciliter le montage de projets et d'autre part de faire évoluer certains travaux plus rapidement.
- la création d'ateliers ou de groupes de travail réunissant des métrologistes, des évaluateurs de risques, des modélisateurs, des épidémiologistes, des géochimistes, des géologues, des microbiologistes... voire des législateurs et décideurs en santé publique.

## 5.3 Les documents relatifs à la modélisation

### CIBLEX : Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué

Co-édition ADEME/IRSN – Réf. N°4773 – Novembre 2003 – CD-Rom

CIBLEX compile les paramètres descriptifs de la population française (âge, sexe, budgets espaces-temps, consommations alimentaires...) en fonction de l'occupation des sols (zones continentales, surfaces en eau...) et de l'usage type (résidentiel, professionnel, récréatif...) des zones potentiellement concernées par la pollution d'un site.

### Modèles de transfert sol-plante des polluants organiques – Tome 1 : Revue bibliographique - Rapport d'étude

INERIS – Réf. N° DRC-02-41200/DESP-R21a - 2002

L'objectif de l'étude est de décrire quelques modèles disponibles dans la littérature et de tester leur validité par comparaison de leurs résultats avec des cultures de végétaux réalisées en conditions contrôlées. Ce rapport correspond à la première partie de l'étude et décrit 5 principaux modèles de transfert de substances organiques vers les plantes : Plant X, Cemos-Plant, Mackay-1994, Mackay-1997 et Catox, après un rappel des mécanismes de transfert et les principaux paramètres physiologiques impliqués.

### Contamination des sols – transfert des sols vers les plantes

Co-édition ADEME/EDP Sciences – Réf. N°3362 – Juillet 2005 - En vente chez EDP Sciences.

Présentation des facteurs régissant le transfert des éléments-traces du sol vers l'organe récolté de la plante, puis ceux qui ont une incidence sur la teneur finale de l'aliment. Cet ouvrage fait l'état de l'art sur le transfert de 12 éléments-traces (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, TI, Zn) des sols vers les plantes à vocation alimentaire.

### Contamination des sols – transfert des sols vers les animaux

Co-édition ADEME/EDP Sciences – Réf. N°5096 – Juillet 2005 - En vente chez EDP Sciences.

Ouvrage visant à synthétiser les connaissances du transfert de polluants organiques (PCDD/F, PCB, HAP) et des éléments traces du sol vers l'animal d'élevage.

### Modélisation du transfert de vapeurs du sous-sol ou du vide sanitaire vers l'air intérieur – Rapport d'étude

INERIS – Réf. N° DRC-05-57278-DESP/R03a – Avril 2005

Le document rend compte de l'étude du transfert de vapeurs du sol vers l'air intérieur : le transfert de vapeurs du sous-sol ou du vide sanitaire vers l'air extérieur par la présentation de trois principaux outils susceptibles d'être utilisés dans le cadre des pratiques françaises.

### Le transfert de vapeurs du sol vers l'air du sol – Rapport d'étude

INERIS – Réf. N° DRC-06-76005/DESP-R03a – 2007

Le document présente l'analyse des équations de la modélisation du transfert de vapeurs vers l'air du sol, la cohérence avec les hypothèses formulées, ainsi que les principaux écueils à éviter par rapport à cette analyse.

### Modèle VOLASOIL pour le transfert de substances volatiles du sol vers l'intérieur des bâtiments – Rapport d'étude

INERIS – Réf. N° DRC-06-76005/DESP-R01a – 2007

Le document présente l'analyse des équations du modèle VOLASOIL (Waitz M. F. W. et al., 1996), la cohérence avec les hypothèses formulées, ainsi que les principaux écueils à éviter par rapport à cette analyse.

### Modèle de Johnson & Ettinger pour le transfert de substances volatiles du sol vers l'intérieur des bâtiments – Rapport d'étude

INERIS – Réf. N° DRC-06-76005/DESP-R02a – 2007

Le document présente l'analyse des équations du modèle Johnson et Ettinger, version de 2003 (US EPA, 2003), la cohérence avec les hypothèses formulées, ainsi que les principaux écueils à éviter par rapport à cette analyse.



### Recommandations relatives au choix entre modèle analytique et numérique dans le cadre de l'étude du transfert de polluants dans les sols et les eaux souterraines

INERIS - Réf. N° DRC-08-86031-00620A - 2008

Ce guide est destiné aux personnes impliquées dans la mise en œuvre de modélisations relatives au transfert de polluants dans les sols et les eaux souterraines. Il a pour objectif d'apporter une aide au modélisateur dans le choix d'un outil adapté et proportionné à l'étude engagée.

Pour cela, il reprend tout d'abord quelques aspects généraux liés à la modélisation en particulier les phénomènes associés au transfert ainsi que la démarche à engager. Par la suite, la présentation d'un certain nombre d'outils de calcul disponibles actuellement met en exergue leur diversité et la difficulté de choisir l'outil adéquat. Le test de deux d'entre eux, BIOCHLOR et NAS, et la comparaison des résultats acquis dans le cadre de la simulation d'un cas traité précédemment par des outils numériques (Cas Réel n°3 de TRANSPOL) apportent des indications complémentaires quant aux éléments justifiant ou non le choix d'un modèle.

Des recommandations sont ainsi formulées et portent principalement sur le choix des phénomènes à considérer, les objectifs attendus et les outils de calcul en eux-mêmes. Il est recommandé de privilégier une approche pragmatique en mettant en avant et en justifiant les réserves relatives aux résultats présentés. Il convient si possible de débiter par un modèle simple (analytique ou numérique mais avec de nombreuses hypothèses simplificatrices) avant de compliquer le modèle si nécessaire et en fonction des informations disponibles. En cas de trop fortes incertitudes les conclusions de la modélisation doivent recommander de nouvelles investigations. Cependant, il est important de rappeler que la clef de l'efficacité et de la précision lors de la modélisation d'un système dépend en premier lieu de l'élaboration du modèle conceptuel et de la qualité des données disponibles et utilisées.

### Soil Screening Guidance – Rapport d'étude

INERIS - Réf. N° DRC-02-41200/DESP-R31a - Octobre 2002

Ce rapport présente le guide élaboré par l'US EPA et décrit dans le document : Soil Screening Guidance : Technical Background Document, US EPA, Office of Solid Waste and Emergency Response, (Washington, DC 20-460), May 1996, PB96-963502. Ce document a été élaboré pour décrire la méthodologie d'élaboration des « Soil Screening Levels » (SSLs, valeurs seuils dans les sols) des Etats-Unis, développée par l'US EPA afin de favoriser la standardisation et l'accélération de l'évaluation et de l'assainissement des sols contaminés des sites appartenant à la « National Priority List » des Etats Unis et pour lesquels il est prévu que l'usage futur sera de type résidentiel.

### RBCA TOOL KIT – Rapport d'étude

INERIS - Réf. N° DRC-02-41200/DESP-R32a - Octobre 2002

Le modèle présenté est l'outil RBCA Tool Kit, outil de calcul réalisé pour conduire les étapes 1 et 2 de la procédure RBCA (Risk-Based Corrective Action), telle que définie dans la norme de l'ASTM (American Society for Testing and Materials) PS-104-98 « Standard provisional guide for risk-based corrective action ». La version décrite est la version 1.0a qui était disponible en 2000-2001.

### HESP - Human Exposure to Soil Pollutants – Rapport d'étude

INERIS - Réf. N° DRC-02-41200/DESP-R30a - Octobre 2002

Le modèle présenté est le modèle HESP. La version décrite est la version 2.10b qui date de janvier 1995. C'est la dernière version disponible à la date de finalisation de ce document en mai 2002.

L'objectif de ces études est de présenter les spécificités des outils de modélisation les plus courants, pour faciliter le travail de sélection des modèles, travail que l'utilisateur doit renouveler lors de chaque étude. Le document INERIS comporte la présentation de 2 ou 3 fiches :

- 1) une fiche de description générale présentant le contexte d'élaboration, l'environnement informatique nécessaire, son contenu en terme d'outils d'évaluation de risque...
- 2) une fiche de description détaillée présentant voie par voie et phénomène par phénomène les grandes lignes conceptuelles et les hypothèses retenues pour le calcul des concentrations dans les milieux, le calcul des niveaux d'exposition et le calcul des niveaux de risques;
- 3) une fiche intitulée « Limites et pièges à éviter » présentant les limites de l'outil et les situations qui ne peuvent ou ne doivent pas être modélisées par son intermédiaire.

### Le logiciel de calcul CALTOX - Rapport d'étude

INERIS - Réf. N° DRC-04-45959-RBn-n°097/caltox3- Juin 2004

CALTOX est un logiciel de calcul fréquemment utilisé pour estimer les expositions des populations liées aux retombées des émissions atmosphériques des installations classées pour l'environnement. Le rapport a pour but d'apporter aux utilisateurs potentiels des informations complémentaires par rapport à la documentation rédigée par les concepteurs. Il vise à favoriser une meilleure utilisation et une meilleure interprétation des résultats fournis par le logiciel.

### Vapor emissions from contaminated soils into buildings: developments of the VOLASOIL model for a multilayer soil

CONSOIL - 2005 - Theme C - Site Characterization & risk assessment. Pp 1226-1234 - 2005  
(Proceedings accessibles via le site du Ministère Hongrois de l'Environnement)

Le modèle hollandais VOLASOIL (Waitz M. F. W. et al, 1996) de transfert de vapeurs de l'air du sol vers l'air ambiant intérieur des bâtiments est prévu pour une seule couche de matériau (dalle de fondation ou sol) entre la zone source et l'espace intérieur, la publication INERIS présentée au congrès CONSOIL 2005, propose une adaptation de ce modèle pour plusieurs couches de matériaux : dalle et /ou plusieurs couches de sol. La publication présente et discute une application, avec quelques remarques intrinsèques du modèle VOLASOIL.

### Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques - Guide méthodologique - Acquisition des données d'entrée des modèles analytiques ou numériques de transferts dans les sols et les eaux souterraines - Rapport d'étude

INERIS - Réf. N° DRC-66244-DESP-R01- Août 2005

Ce guide à l'usage des bureaux d'études et des pouvoirs publics, apporte des informations sur les hydrocarbures aromatiques polycycliques et leur présence dans l'environnement (principales propriétés physico-chimiques, sources potentielles...), il présente des indications afin d'acquérir des données d'entrée de bonne qualité en vue d'une modélisation des transferts dans les sols et les eaux souterraines en milieu poreux (identification et caractérisation de la source, forme des polluants...).

### Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques - Données d'entrée des modèles analytiques ou numériques de transferts dans les sols et les eaux souterraines : Synthèse bibliographique relative aux paramètres Kd (sorption) et T 1/2 (biodégradation) - Rapport d'étude

INERIS - Réf. N° DRC-66244-DESP-R02- Septembre 2005

Ce guide à l'usage des modélisateurs et des représentants des services de l'Etat fait suite au guide référencé INERIS-DRC-66244-DESP-R01. Dans le cadre d'une modélisation des transferts dans les sols et les eaux souterraines en milieu poreux, il présente (en l'absence de mesures sur site) le résultat d'une synthèse bibliographique portant sur les paramètres définissant la sorption et la biodégradation des 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques retenus comme prioritaires par l'agence environnementale américaine.

### CIDISIR - Quantification des cinétiques de dissolution sur sites réels Hydrocarbures pétroliers et dérivés halogénés

Ministère de la Recherche. 06 juin 2005

Un projet de recherche a été élaboré par un groupement de partenaires constitué de BURGÉAP (bureau d'études), CEA (Commissariat à l'Energie Atomique), IFP (Institut Français du Pétrole), IMFS/IFARE (Institut de Mécanique des Fluides et des Solides de Strasbourg / Institut Franco-Allemand de Recherche sur l'Environnement) et IMFT (Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse). Le projet de recherche est fondé sur une acquisition des données à 3 échelles (laboratoire, site contrôlé, site réel) et sur la confrontation des différentes approches, notamment à l'aide de la modélisation numérique.

### Eléments Traces Métalliques - Guide méthodologique - Recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines - Rapport d'étude

INERIS - Réf. N° DRC-06-66246/DESP-R01a - Août 2006

Ce guide à l'usage des modélisateurs et des représentants des services de l'Etat, donne des informations sur les éléments traces métalliques et leur présence dans l'environnement (principales propriétés physico-chimiques, origines possibles...). Il apporte également un éclairage quant à la modélisation des transferts dans les sols et les eaux souterraines en milieu poreux (processus impliqués, études de cas...).



## Base de données de paramètres de sorption et de biodégradation - B.D.P. SORP-BIO

INERIS-DRC-08-94669-15386A. Décembre 2008

L'objectif de la base de données B.D.P. Sorp-Bio est de mettre à la disposition des modélisateurs et des gestionnaires de site pollué, des valeurs de paramètres de dégradation et de sorption pour certaines substances organiques.

En effet, les résultats du programme TRANSPOL (<http://www.ineris.fr/transpol/>) concernant la modélisation numérique du transfert des HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) et des COHV (Composés Organiques Halogénés Volatils) dans les eaux souterraines, ont mis en évidence l'importance des données d'entrée et l'incertitude élevée résultants des variations des valeurs des paramètres d'entrée définissant les processus de sorption et de dégradation.

L'acquisition de ces paramètres d'entrée est délicate, coûteuse et longue. Ainsi le recours à la littérature est une solution envisageable en première approche, en fonction du contexte ou des enjeux.

C'est la raison pour laquelle l'INERIS a réalisé une synthèse bibliographique de paramètres définissant la sorption ( $K_d$ ) et la dégradation ( $T_{1/2}$ ), pour les 16 HAP retenus comme prioritaires par l'agence environnementale américaine (US-EPA) et pour certains COHV.

Lorsque le contexte de l'étude est similaire à celui pour lequel la valeur a été estimée (conditions redox, lithologie, teneur en carbone organique,...), ce recueil de données permettra au modélisateur d'obtenir des domaines de variations (minimum et maximum d'après des valeurs issues de la littérature) adaptés à ses besoins.

La base de données peut permettre également de déterminer qualitativement si les mécanismes de sorption et de dégradation sont prépondérants pour le site et la substance d'intérêt.

La base de données sera actualisée deux fois par an.

### Notice d'utilisation

**Identifiant : sorp-bio Mot de passe : sorp-bio**

## Organo-chlorés. Modélisation de leur devenir dans les aquifères

ADEME – Programme R&D MACAOH – Mai 2009

Ce guide méthodologique propose une aide à la décision pour le choix d'un outil de calcul et précise la démarche à suivre pour qu'une prestation de modélisation réponde aux objectifs fixés dans le cahier des charges par un donneur d'ordre.

Les trois guides méthodologiques MACAOH (Modélisation, Atténuation, Caractérisation dans les Aquifères des Organo-Halogénés) sont destinés à deux utilisateurs :

- Les prestataires (bureaux d'études, organismes de recherche...),
- Les donneurs d'ordre (industriels, aménageurs, collectivités, institutionnels...).

Dans ce contexte, deux niveaux de lecture sont proposés. Les guides méthodologiques sont accessibles sur le site de l'ADEME [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr).

## Recommandations pour la modélisation des transferts métalliques dans les eaux souterraines

BRGM/RP-52910-FR – Janvier 2004

Ce document vise, en synthétisant d'abord les modèles théoriques et en regroupant quelques études de cas, à établir un guide de bonnes pratiques concernant la modélisation des transferts métalliques.

Le chapitre 2 décrit la liste des substances métalliques considérées et l'origine de ces substances. Le sujet étant très vaste, le cas des radionucléides et l'influence des microorganismes sur la mobilité de ces éléments ne sont pas traités. Sites-Les principaux mécanismes physico-chimiques influençant la modélisation des transferts métalliques sont ensuite décrits de façon générale. Cette partie théorique est illustrée par quelques modélisations de transfert d'éléments métalliques, en soulignant les points sensibles de chacun des mécanismes modélisés.

Les modèles couplés de transport réactif sont décrits dans le chapitre 3, en illustrant à l'aide de quelques études de cas les points clefs de la modélisation couplée.

Cette étude intervient dans le contexte du projet TRANSPOL piloté par l'INERIS.

## Thermodynamique de la zone non saturée en eau des systèmes géologiques : I - Extension du modèle HKF-révisé et intégration des phénomènes capillaires

BRGM/RP-51306-FR – Décembre 2001

Les approches théoriques permettant de calculer les propriétés thermodynamiques et électrostatiques de l'eau liquide, et les propriétés thermodynamiques des espèces aqueuses, des minéraux et des gaz, ont été rappelées.

Le but de cette revue critique était de détailler le puzzle des différents modèles théoriques disponibles pour développer un modèle synthétique étendu à la zone non saturée en eau pour les calculs des propriétés thermodynamiques des systèmes géologiques tels que les sols et les parties situées au dessus des niveaux des aquifères.

Il est clair que toute extension de ces approches pour étudier la thermodynamique de la zone non saturée en eau des systèmes géologiques doit respecter certains critères notamment la continuité des équations d'état de l'eau et des autres constituants du système (espèces dissoutes, minéraux et gaz). Toutefois, il convient de noter que cette condition ne suffit pas pour s'assurer de la justesse des calculs.

Par ailleurs, on manque de données de mesures pour juger de la qualité des calculs et évaluer les paramètres du modèle. D'après les récents travaux de Mercury et Tardy (1997a, 2001), la caractéristique de la ZNS réside dans le fait que l'eau capillaire est soumise à des pressions négatives et les premiers calculs montrent que l'on peut atteindre des valeurs assez inhabituelles de l'ordre - 2000 bar.

Par conséquent, en plus de la température qui peut être négative dans les sols, il faut également prendre en compte les pressions négatives qui peuvent modifier les propriétés physico-chimiques de l'eau mais aussi des espèces dissoutes, voire peut-être des minéraux et des gaz.

En ce qui concerne l'eau, il s'agit d'utiliser les formalismes dits "HGK", "LS", "MT" et "SW", du nom de leurs auteurs, et qui s'appliquent selon le domaine de températures et de pression considéré. Il faudrait délimiter les domaines de performance de chaque approche et assurer la cohérence entre les différents algorithmes.

D'après les travaux de Mercury, les équations proposées par Saul et Wagner (SW, 1989) devraient aboutir à une meilleure stabilité que celles de HGK. Il y aura probablement un mélange des deux, voire parfois le remplacement de certaines équations de HGK par celles de SW pour les propriétés de l'eau normale (par opposition à l'eau capillaire).

Enfin, les formalismes utilisés pour le calcul des propriétés thermodynamiques des espèces aqueuses sont les modèles dits HKF et HKF-révisé, dont les domaines d'application respectifs dépendent essentiellement de la pression (dans le domaine capillaire). Dans la zone non saturée, la pression du système est fixée indirectement, soit à partir de la taille des pores concernés par le phénomène d'ascension capillaire, soit par l'humidité relative de l'air dans le cas de la condensation capillaire. Ce dernier paramètre fera certainement partie des paramètres d'entrée du code de calcul en projet.

D'après les résultats théoriques avec un début de confirmation par des observations du milieu naturel des équilibres anisobares se produisent dans la ZNS. La possibilité d'intégrer ces équilibres sera étudiée plus en détail dans la suite du projet. Des travaux expérimentaux seront également nécessaires pour apprécier l'ampleur et les particularités de ces phénomènes.

Ce rapport va servir de base pour le développement d'un code de calcul numérique permettant de déterminer toutes les propriétés thermodynamiques des réactions géochimiques sur un domaine de température et de pression assez étendu allant des conditions supercritiques aux conditions de capillarité extrême (-60 à 1000°C, -2000 à 5000 bar).

A l'instar des logiciels de calcul géochimique des propriétés physicochimiques des systèmes aqueux, cette extension permettra la prise en compte des phénomènes capillaires et de l'effet de l'humidité relative. Le logiciel doit être capable, entre autre, de recalculer la spéciation dans un environnement capillaire, de recalculer l'activité de l'eau, l'état de saturation de minéraux potentiellement présents dans ces environnements.

Les processus microbiologiques et de biodégradation seront également pris en compte. Le but final est d'aboutir au développement d'un véritable logiciel de calcul thermodynamique garantissant un continuum entre ZNS et ZS....



## Etude des processus biogéochimiques prépondérants responsables de la mobilité du Pb, Cd, Zn, As et Hg du sol vers l'hydrosphère. Rapport de fin de 1ère année de thèse

BRGM/RP-54483-FR - 2006

La pollution des sols par les métaux traces est un problème majeur car, contrairement aux autres milieux (atmosphère et eau), le sol possède une plus faible capacité à s'épurer. La connaissance de la teneur totale en polluant ne suffit pas à estimer l'impact sur l'environnement.

Deux autres notions sont à prendre en compte : (i) la biodisponibilité, capacité d'un élément à passer d'un compartiment du sol à un être vivant et (ii) la mobilité, capacité d'un élément à passer d'un compartiment du sol à un autre. L'objectif principal de cette étude est l'identification des fonctions biogéochimiques prépondérantes qui contrôlent le transfert et la biodisponibilité de quelques éléments toxiques (As, Pb, Zn et Cd) dans des sites contaminés. Le but est d'identifier des fonctions numériques qui relient le coefficient de partage entre les phases de rétention du sol et de l'eau, ou ses variations, en fonction de paramètres biogéochimiques clés des systèmes étudiés.

Des expériences en bioréacteurs fermés ont été menées sur des échantillons de sols représentatifs de l'hétérogénéité spatiale de la pollution inorganique sur deux sites du bassin hydrologique de la Meuse, contaminés par d'anciennes activités industrielles. Un plan expérimental a été appliqué pour mesurer les effets de quatre facteurs environnementaux principaux sur la mobilité des polluants inorganiques sélectionnés. Ces paramètres, potentiellement influencés par le changement global du climat, sont la température, le type de phase gazeuse, le pH et l'activité biologique.

Pour l'arsenic (As), les premiers résultats montrent qu'une température élevée, une augmentation du pH ou des processus biologiques actifs semblent mobiliser l'élément. Dans le cas du zinc (Zn), l'inhibition des processus biologiques, une température élevée et une baisse du pH ont mobilisé l'élément. Le cadmium (Cd) n'a été que peu influencé par l'ensemble des facteurs. Pour le plomb (Pb), une température élevée et des processus biologiques actifs ont augmenté la mobilisation. Enfin, dans la plupart des cas, l'effet de la phase gazeuse n'a pas été significatif. Les premiers résultats montrent que la température et la présence ou l'absence de processus biologiques actifs sont les principaux facteurs de mobilité des polluants inorganiques et que des teneurs totales ou moyennes ne permettent en aucun cas d'évaluer le risque potentiel de transfert vers les écosystèmes ou les ressources en eau.

Le plan expérimental spécifique, développé dans le cadre de l'étude, va permettre d'effectuer une analyse statistique des résultats en quantifiant la prédominance de chacun des facteurs étudiés et ouvrir la voie pour proposer des fonctions de régression spécifiques, utilisables pour intégrer les connaissances sur la mobilité et la biodisponibilité des éléments toxiques. Enfin, il sera possible d'envisager une stratégie d'approche par la modélisation, au travers de l'utilisation de codes de calcul.

## Analyse du transfert de l'arsenic sur le site des Farges, commune de Saint-Yrieix, Haute-Vienne : approche bio-hydrogéochimique

BRGM/RP-52504-FR - Septembre 2003

Les processus de transfert impliquant l'arsenic sont généralement complexes et dépendent d'un grand nombre de paramètres liés aux caractéristiques hydrodynamiques, minéralogiques, géochimiques et microbiologiques du système étudié. Compte tenu de cette complexité, l'analyse des processus mis en jeu nécessite des approches multidisciplinaires ciblées sur des sites expérimentaux adaptés.

Les travaux de recherche entrepris sur le site retenu ont été volontairement basés sur une approche intégrée du système. Des analyses minéralogiques ont été entreprises pour identifier les différentes phases porteuses de l'arsenic. Un suivi hydrogéochimique approfondi a par ailleurs été réalisé de façon à appréhender l'évolution spatiale et temporelle de l'hydrodynamique et de la chimie des eaux du site. Parallèlement, une approche biogéochimique a été menée sur l'ensemble du site pour évaluer l'influence du facteur microbiologique sur le transfert de l'arsenic.

Au total, ces travaux ont d'abord permis de caractériser le cortège minéralogique présent sur le site, puis de distinguer différents types d'eaux de compositions chimiques très contrastées. Ces compositions se répartissent entre des eaux acides et oxydées (pH aux alentours de 3) et des eaux plus réduites qui présentent des valeurs de pH supérieur à 7. Les variations de pH et Eh se traduisent directement au niveau des rapports As(III)/As(V), Fe(II)/Fe(III) et S(IV)/S(VI). Du point de vue microbiologique, cette étude a permis d'identifier deux populations bactériennes capables de réduire et d'oxyder l'arsenic (populations CAsO1 et CAsR1). L'ensemble des données hydrogéochimiques a par ailleurs été intégré dans une approche de modélisation du transport réactif de l'arsenic permettant de simuler divers types de scénarios d'évolution et ainsi de mieux comprendre le transfert de cet élément à l'échelle du site.

### Contributions respectives de la macro- et de la microporosité dans le transfert de phytosanitaires au travers de lysimètres de taille décimétrique : expérimentations de laboratoire et modélisation

BRGM/RP-51635-FR - 2002

L'influence des écoulements préférentiels au sein de la macroporosité sur le transfert des solutés, en particulier les phytosanitaires dans les sols, est souvent décrite ou invoquée pour expliquer la présence de phytosanitaires en bas des profils de sols ; cette influence est par contre rarement quantifiée. Afin de définir puis de modéliser les contributions respectives de la macro- et de la microporosité dans des sols agricoles, des expérimentations sur lysimètres ont été réalisées en conditions contrôlées de laboratoire.

Cette étude menée a comporté deux volets. La première année a porté sur une caractérisation fine des sols et des processus de sorption des phytosanitaires et a permis de réaliser quelques essais préliminaires de percolation. La deuxième année, à laquelle se rapporte ce présent rapport, a été consacrée au suivi de la restitution des molécules phytosanitaires -marquées au carbone 14- et à un traceur conservatif sur plusieurs lysimètres en s'appuyant notamment sur l'utilisation de sondes TDR.

### Impact de l'activité industrielle sur la qualité de la nappe de la craie (champs captants du sud de Lille - Nord)

BRGM/RP-52101-FR - Avril 2003

Cette étude, située dans le cadre du projet POLD05 destiné à évaluer l'incidence d'un ensemble d'activités industrielles sur la qualité de la nappe de la craie au sud de Lille, a permis d'estimer, de façon simplifiée, le pourcentage de polluants métalliques ou organiques arrivant à la nappe après percolation à travers la zone non saturée (ZNS) hétérogène située au-dessus de la nappe, au droit d'un échantillon de sites industriels représentatifs.

Les concentrations de polluants ainsi modélisées, arrivant à la nappe au cours du temps, sont ensuite utilisées comme termes source pour la modélisation du transport dans la nappe elle-même jusqu'aux champs captants de la zone d'étude (rapport Antea 25395).

Les modélisations réalisées sur la base de l'hypothèse du coefficient de partage solide/liquide  $k_d$  ont conduit aux résultats suivants :

- les polluants métalliques considérés (cadmium et zinc) restent confinés dans les premiers centimètres du sol ; ainsi malgré une concentration de recharge constante de 100 mg/l pendant les trente-six années d'observation des évolutions hydroclimatiques et hydrogéologiques, on ne simule aucune pollution à partir d'une profondeur d'environ 1,5 m ;
- les polluants organiques, dont les  $k_d$  sont beaucoup plus faibles, se propagent davantage pendant la période d'observation de trente-six ans.

La concentration finale à la nappe est très variable selon les sites ; en effet, elle dépend des caractéristiques de la ZNS et de la profondeur de la nappe au droit du site, ainsi que de la date de démarrage de l'activité. Ainsi pour un  $k_d$  de 0,1 l/kg représentant le minimum mesuré pour le naphthalène, la concentration finale est proche de 70 mg/l au droit du site 3 mais ne dépasse pas 10-8 mg/l au droit du site 4. Pour un  $k_d$  de 1,55 l/kg correspondant à une valeur moyenne faible pour le benzène et le toluène, le maximum de la concentration finale est de l'ordre de 1 mg/l au droit du site 3. Des simulations prévisionnelles ont ensuite été réalisées pour les polluants organiques sur la base du  $k_d$  de 1,55 l/kg, pour une durée complémentaire de trente-six ans répétant le même cycle hydrologique ; on constate alors que, bien que les concentrations de départ soient assez faibles soit, au maximum, de l'ordre de 1 mg/l au site 3, l'augmentation au cours des trente-six années supplémentaires peut être très importante : on obtient ainsi de l'ordre de 22 mg/l au droit du site 3 et de l'ordre de 2 mg/l au droit des sites 2 et 7.

Il faut donc rester prudent et se souvenir que le coefficient de partage ne rend pas compte d'une dégradation du polluant mais simplement d'un retard à la propagation : à terme plus ou moins éloigné, toute la pollution finira par arriver à la nappe. Par ailleurs, cette hypothèse du coefficient de partage  $k_d$  est une approche simplificatrice qui ne rend pas compte de l'ensemble des mécanismes chimiques complexes qui gouvernent la propagation des polluants, qu'ils soient de type métallique ou organique. Une analyse prenant en compte tous ces aspects relève encore de la recherche en ce qui concerne la modélisation couplée transport-chimie. De plus, elle nécessiterait des investigations analytiques et expérimentales beaucoup plus lourdes que celles qui ont été mises en œuvre dans le cadre de cette étude. Avant de pouvoir songer à entreprendre ce genre d'analyse, il serait indispensable d'avoir une meilleure connaissance des données nécessaires à la modélisation du transport telles que la répartition réelle des polluants en surface ainsi que des évolutions au cours du temps de leur concentration dans les sols et dans la nappe.



## 5.4 Les techniques de traitement et de dépollution

### Identification et gestion des sites pollués

ADEME, PNUE, Ministère des Affaires étrangères, Ministère du développement durable – Novembre 2006

L'objectif de ce guide est d'apporter des réponses à la problématique des sites pollués dans les pays émergents ou en développement, problématique dont on ne mesure pas toujours l'ampleur. Il vise à sensibiliser les décideurs et à faciliter le développement et la mise en œuvre rapide de politiques de prévention, de gestion et de réhabilitation des sites pollués. Avec le soutien des ministères français des affaires étrangères, de l'écologie et du développement durable, l'ADEME et le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement) ont conçu et édité cet ouvrage (document de synthèse, guide complet, transparents de présentation) pour faire part de leur expérience, au bénéfice notamment des pays émergents ou en développement.

### Site internet de l'ADEME ([www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)) Domaine d'intervention "Sites pollués" - Rubrique "techniques de traitement"

Les différentes techniques disponibles ont été recensées puis classées selon leur taux d'utilisation (données 2002). Les techniques les plus utilisées (hors confinement et mise en décharge) ont fait l'objet d'un développement prioritaire. Les informations disponibles sont : la présentation de la technique, le procédé de traitement mis en œuvre, les principales limites du traitement, les données économiques disponibles (taux d'utilisation et coûts) et des exemples d'application.

### Traitabilité des sols pollués : Guide méthodologique pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances

ADEME – 15 octobre 2009

La méthode « traitabilité » est une méthode discriminante de sélection et d'évaluation préalable des techniques afin de permettre de sécuriser le choix des filières de décontamination et le respect des objectifs de dépollution.

### Techniques de traitement par voie biologique des sites pollués

ADEME - Réf. N° 2468 - 1998

Etat de l'art des techniques de traitement par voie biologique des sols pollués par une large gamme de composés chimiques, cet ouvrage contient une synthèse des différents procédés biologiques et des recommandations pour leur application. Des exemples de traitement par type de procédé sont présentés sous forme de fiches.

### Procédés de confinement appliqués aux sites pollués

ADEME - Réf. N° 2461 - 1999

Cet ouvrage fournit un état de l'art en matière de matériaux et de technologies utilisables pour le confinement de sites pollués et de modalités de mise en œuvre sur le terrain. Des fiches de cas complètent l'ouvrage.

### La désorption thermique des sols pollués – État des techniques en 1998

ADEME - Réf. N°3283 - Décembre 2001

Ce guide technique présente le contexte réglementaire dans lequel s'inscrit la désorption thermique, les principaux phénomènes physiques et chimiques qui interviennent au cours du procédé, les différentes technologies.

### Etat de l'art sur la technique de la dépollution des sols et des eaux souterraines par oxydation in situ

BRGM – Réf. N°RP-54096-FR - Décembre 2005

Cette étude réalisée en partenariat entre l'ADEME et le BRGM a pour objectif l'identification des critères et des limites d'application de la technologie d'oxydation in situ.

### BASE ASTRES

Pôle de compétence sites et sédiments pollués - (Provisoirement indisponible) - 2004

Cette base regroupe toutes les technologies de dépollution des sols, des sédiments et des eaux de nappe disponibles en France.

### Traitement des sols pollués : taux d'utilisation et coûts des techniques

ADEME - Janvier 2005

Cette étude regroupe les taux d'utilisation et les coûts des différentes filières de traitement des sols pollués sur le territoire français en 2002. Les données ont été collectées auprès des sociétés de dépollution et des exploitants d'installation collectives de traitement. Les opérations de confinement sur site ou in situ ainsi que les mises en décharge CET 2 et CET 3 n'ont pas pu être comptabilisées dans les données quantitatives. Les tendances dégagées pour l'année 2002 sont :

- une forte croissance du marché de la dépollution sous l'impulsion de la réglementation et du marché immobilier ;
- une baisse des coûts de traitement, notamment pour la mise en décharge ;
- l'apparition de plateformes multimodales regroupant plusieurs techniques de traitement complémentaires ;
- des chantiers de dépollution exceptionnels : Erika et Renault à Boulogne-Billancourt ;
- une répartition équivalente entre les modes de mise en œuvre : 37% in situ, 33% sur site et 30% hors site ;
- une part importante des traitements biologiques (50% des tonnages traités).

### Traitabilité par des méthodes physiques, chimiques et biologiques de sols contaminés

BRGM/RP-52065-FR – Décembre 2002

Ce rapport présente une synthèse bibliographique qui présente l'état de l'art des essais de traitabilité pour des procédés par des techniques physiques ou physico-chimiques, chimiques et biochimiques. Les principes des procédés sont présentés, ainsi que les paramètres principaux d'évaluation de la traitabilité de sols et les paramètres limitant la traitabilité.

Les résultats des essais réalisés par le BRGM sur quatre sols qui lui ont été confiés sont présentés dans quatre chapitres. Ils permettent d'évaluer l'applicabilité des méthodologies de traitement testées par le BRGM. Des paramètres communs ont été choisis, comme par exemple, la cinétique d'extraction du polluant et le taux d'extraction final. Notamment, lorsqu'un test à l'échelle pilote a eu lieu, les conditions de ce test d'évaluation de performances permettent de calculer la vitesse d'extraction du polluant métal ou métalloïde dans la phase liquide. Cette vitesse et la concentration initiale en polluants dans le sol permettent d'estimer la durée du traitement. L'analyse chimique finale du sol permet de déterminer le taux d'extraction du polluant. Ce taux d'extraction est comparé à l'objectif de traitement et une conclusion est émise sur l'application de la méthode testée au sol traité.

### Etude de la précipitation de certains métaux, contenus dans des solutions complexes, par l'hydrogène sulfuré

BRGM/RR-40554-FR – Mars 1999

Ce travail fait partie intégrante du projet " Biotechnologies Appliquées à l'Environnement", Bioenv - PRD 605, concernant la mise en œuvre des bactéries sulfato-réductrices pour le traitement des sols et des effluents pollués par des métaux. Le but de cette étude est la mise au point d'une méthodologie de précipitation sélective ou non de métaux dissous, par l'hydrogène sulfuré qui sera intégrée dans un procédé global de traitement d'effluents. Ces derniers peuvent provenir de la biohydrométallurgie, du drainage acide de mines, du traitement de surfaces métalliques et de la lixiviation (lavage à l'eau ou chimique) des sols pollués par les métaux.

Les objectifs fixés sont doubles : tout d'abord éliminer les métaux dissous, même pour des concentrations faibles et dans un deuxième temps, les récupérer sélectivement, au moins pour ceux d'entre eux présents en quantité importante et dont le traitement sous forme de sulfures pourrait s'avérer rentable. La précipitation des métaux sous forme de sulfures ayant abondamment été étudiée, l'objectif ici n'est pas de réaliser de la recherche fondamentale sur ce sujet mais d'acquérir un savoir-faire et des cinétiques de précipitation pour traiter des solutions réelles.

La complexité des réactions mises en jeu, dans le cadre des solutions plurimétalliques, ne permettant pas une généralisation immédiate des conditions de précipitation, chaque cas est à étudier séparément.

C'est pourquoi, nous avons ciblé notre travail sur quelques effluents miniers aux propriétés intéressantes pour lesquels nous avons cherché des solutions de traitement adéquates. Les expériences réalisées ont permis de tester notre appareillage, d'effectuer un dégrossissage des conditions opératoires et enfin d'appréhender certains problèmes résiduels. Elles seront très utiles pour le couplage de la précipitation au pilote de production biologique de H<sub>2</sub>S par les bactéries sulfato-réductrices.



### Traitement in situ du chrome hexavalent contenu dans un sol industriel non saturé : procédé d'immobilisation par l'hydrosulfite de sodium

BRGM/RP-53164-FR – Juin 2004

Le chrome est depuis longtemps l'un des métaux les plus largement utilisés dans l'industrie (traitement des métaux, tannerie, etc.), de ce fait, il existe de nombreux sites en France présentant une pollution du sol liée au chromate, la forme hexavalente du chrome. Ce polluant métallique soluble et toxique peut causer de graves nuisances pour la qualité des eaux.

C'est dans ce contexte que le BRGM et la société TVD, avec la participation de l'ADEME et de la société HISPANO-SUIZA (Groupe SNECMA) ont mis au point le procédé CHROMSTAB' de dépollution in situ de sols contaminés par des chromates. Le concept du procédé consiste à réduire le chrome hexavalent et à l'immobiliser sur place sous forme de chrome trivalent, dans la zone non saturée du sol.

Un chantier pilote a été réalisé avec succès fin 2003 pour tester les performances techniques et économiques du procédé dans des conditions réelles. Le procédé de stabilisation in situ du chrome se pose comme une alternative économique à l'excavation suivie d'un traitement hors sol ou d'un stockage.

Les coûts de traitement sont évalués de 3 à 5 fois plus économique par rapport à une excavation et mise en décharge. Il s'agit là d'une première européenne. Ce rapport est l'aboutissement technique d'une partie d'une étude, initiée et poursuivie dans le cadre de la convention BRGM-ADEME n° 0172029 du 3 décembre 2001 et du contrat de Recherche en Partenariat Industriel (RPI) n° 110 du 25 octobre 2001 entre le BRGM et HISPANO-SUIZA (groupe SNECMA).

Le projet initial avait pour ambition de tester en grandeur nature la bioremédiation du sol in situ en injectant des solutions chargées en sulfures, en bactéries sulfatoréductrices et en nutriments. Cependant, du fait de la présence de concentrations très importantes de Cr(VI) et vu les quantités d'eau nécessaires pour maintenir toute la zone polluée en saturation sur une durée compatible à la croissance de microorganismes, il a alors été envisagé de traiter rapidement la plus grande partie de la pollution par injection de sulfures chimiques, puis de terminer le traitement par injection d'une solution bactérienne.

Après des expérimentations au laboratoire avec du Na<sub>2</sub>S, rédaction d'un cahier des charges et obtention d'une proposition technique et financière de réalisation sur site, il a été conclu à la non faisabilité d'une telle opération à la fois pour des raisons de sécurité et à cause d'aspects cinétiques et thermodynamiques...

### Traitement biologique des sols pollués : recherche et innovation

ADEME – Février 2006

Cette étude vise à dresser un état de la recherche et de l'innovation française dans le domaine des techniques biologiques de traitement des sols pollués. Comparée à la situation internationale, la recherche française peut être qualifiée en huit constats :

- une recherche de qualité ;
- des techniques combinées pour innover ;
- un réseau d'acteurs informel ;
- le transfert technologique en panne ;
- une politique de recherche encore timide ;
- des financements assez faibles ;
- des sites pilotes peu nombreux ;
- la communication et les sites de démonstration à développer.

Certains aspects de la recherche gagneraient à être améliorés, comme le fonctionnement en réseau des acteurs, les expérimentations de terrain pour valider les résultats de laboratoire, l'accès à des sites pollués pour la recherche, les projets pluridisciplinaires. L'ADEME a donc élaboré un plan d'action visant quatre actions prioritaires pour soutenir l'optimisation et le développement de techniques de traitement innovantes.

### Les exopolymères bactériens : synthèse bibliographique

BRGM/RP-51637-FR - 2002

Il est aussi démontré que cette thématique peut avoir d'autres applications possibles, notamment dans le domaine de la bioremédiation des environnements pollués en métaux lourds.

Cette synthèse montre qu'une grande majorité des micro-organismes se développent sous forme agrégée et se fixent sur une matrice à l'aide de composés (ou substances) polymériques extracellulaires, communément appelés EPS (Extracellular Polymeric Substances). Leur composition chimique est très variée, et parmi ces composés, les polysaccharides constituent la principale composante.

Néanmoins, des protéines, des acides nucléiques et des (phospho) lipides ont également été recensés. La libération des EPS à l'extérieur de la bactérie peut se réaliser par des processus différents : sécrétions actives, libération spontanée à la surface cellulaire ou libération de vésicules membranaires, lyses cellulaires...

Les études des EPS et de leurs fonctions nécessitent l'utilisation de méthodes et techniques assez diverses qui peuvent être assez délicates à mettre en place à cause de la complexité de l'organisation et de la composition des bio-agrégats. Des étapes d'extraction, de purification et d'analyses des EPS basées sur des compétences de microbiologie, de biochimie, de physique, de microscopie, et d'électrochimie sont nécessaires.

L'ensemble des données montrent que les EPS sont les principaux responsables de la structure des biofilms. Ils sont également impliqués dans les processus de lixiviation, de corrosion, de détérioration et de sorption d'éléments tels que les métaux. Ils sont aussi responsables de la résistance des micro-organismes à certains biocides. Leurs nombreuses propriétés en font des composés pouvant avoir des applications dans les domaines de l'environnement, de l'industrie alimentaire, de la cosmétique, de la médecine et de la pharmacologie...



## 5.5 Communication et concertation avec les parties prenantes

[Site Internet COMRISK \(www.comrisk.fr\)](http://www.comrisk.fr) sur l'implication des populations dans l'évaluation et la gestion d'un site ou sol pollué

Etude INERIS-IRSN pour l'ADEME, avec l'InVS / Cire Ile de France - 2008

Cette étude propose à tous les acteurs des informations, une démarche, des méthodes, des outils et des supports conviviaux, pour la conception, l'organisation et la mise en œuvre d'un dialogue avec les populations, pour les sites pollués et au-delà pour d'autres questions locales de risques liés à l'environnement : décharges, installations classées, ...

Ce dialogue permet une gestion du site de meilleure qualité, plus complète, répondant mieux aux attentes, et ainsi plus durable.

Ces travaux ont abouti aux documents suivants :

- Etat de l'art : enquêtes de retour d'expérience auprès des différentes parties, enquête de perception auprès des populations, état des connaissances et des pratiques,
- Supports de communication sur l'évaluation et la gestion d'un site pollué : brochures et poster, transparents, supports d'événement,
- Guide: fondements, stratégies, préconisations pratiques, Foire Aux Questions (FAQ), plan d'implication des populations, et divers autres supports pour la mise en œuvre,
- Enquête sur la perception des sols pollués : cette enquête qualitative exploratoire a été menée par interview des populations dans des territoires concernés par une pollution des sols "appelant une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif" (base de données BASOL),
- Protection des usagers et des riverains dans la gestion d'un site pollué (brochure de 14 pages).

Sur le site Internet de l'étude, les fiches de préconisations et de FAQ peuvent être consultées une à une. Certains supports et outils sont proposés en kits réutilisables : les transparents sur l'évaluation et la gestion d'un site pollué, le texte de la brochure de 14 pages, un exemple de "message map", un plan d'implication des populations et son diagramme de Gantt.

Des documents sources majeurs sont également mis à disposition ou référencés.



## 6 Les approches sectorielles harmonisées

### Remise en état de sites d'usines d'incinération d'ordures ménagères : guide à l'usage des opérateurs techniques

BRGM – Réf. N° RP-53373-FR – Octobre 2004

Les questions autour de la remise en état des sites de petits incinérateurs fermés au cours des dernières années (du fait de l'évolution réglementaire) étant souvent similaires, il a semblé utile de proposer un guide méthodologique à l'usage des acteurs concernés, exploitants de ces anciennes unités, riverains, et des administrations chargées d'évaluer les dossiers présentés. La visite d'une quinzaine de sites concernés et l'analyse des opérations déjà entreprises permettent en effet de dégager les grands axes d'intervention à retenir, pour le devenir des résidus d'incinération encore présents sur le site et pour le démantèlement des bâtiments.

### Stations service autoroutières - approche méthodologique harmonisée - Guide de mise en œuvre

ANTEA – Réf. N° A 37808/C – Décembre 2006

A partir de la fin 2005 et jusqu'à 2015, environ 300 stations services autoroutières verront leurs contrats de concession arriver à échéance. Elles doivent alors faire l'objet d'une remise en concurrence qui pourra conduire à un changement d'exploitant.

Dans ce contexte, les sociétés exploitantes du réseau autoroutier français ont conjointement confié à la société ANTEA le soin de mettre au point une approche méthodologique harmonisée s'agissant de la gestion des aspects liés à la pollution des sols. La partie du travail relative à la détermination des objectifs de dépollution a été expertisée par le BRGM et l'INERIS, et examinée par les services du Ministère du développement durable.

La circulaire du Ministère du développement durable du 14 décembre 2005 Réf. BPSPR/2005-400/DG précise les modalités de mise œuvre de cette approche méthodologique harmonisée.



Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie  
Grande Arche - Tour Pascal A et B  
92055 La Défense CEDEX  
Tél : 01 40 81 41 22 – [www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)