

Le savoir-faire français  
dans le domaine de  
**la dépollution des sols  
et des eaux souterraines**





Comme de nombreux pays industrialisés, la France hérite d'un long passé industriel au cours duquel des substances polluantes se sont accumulées dans les eaux souterraines, les cours d'eau et les sols. D'autres activités humaines sont également sources de dégradation des sols.

Ces 20 dernières années, et en particulier en 2007, de nombreux dispositifs et réglementations ont été développés afin de mieux connaître, gérer et prévenir ces pollutions.

Un vaste travail de recensement des activités potentiellement polluantes a été effectué en France et se poursuit actuellement ; des méthodes ont été développées pour diagnostiquer les risques, y remédier et permettre de nouveaux usages sur les sites concernés.

Dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, des moyens supplémentaires ont été débloqués pour la mise en sécurité et la réhabilitation des sites pollués à responsables défaillants, dont la maîtrise d'ouvrage est assurée par l'ADEME. L'Agence soutient par ailleurs les acteurs publics et privés qui engagent des actions de reconversion des friches urbaines polluées.

Ces politiques publiques ont entraîné le développement de capacités d'intervention spécialisées qui permettent de proposer une offre performante à l'international.

Cette brochure sur le savoir-faire français en matière de dépollution des sols et des eaux souterraines vous présente de manière synthétique quelles sont les technologies proposées par les entreprises spécialisées ainsi que les politiques publiques et les dispositifs de soutien à l'innovation ou à la formation mis en oeuvre dans ces domaines.

*Philippe Van de Maele, Président de l'ADEME*



## Crédits photos

ADEME : Thierry Degen , Philippe Hallé/pack shot, Jacques Le Goff, Christian Weiss

© BRGM Im@gé - Anne Bourguignon, David Cazaux, Jean-Claude Chiron, Bernard Feuga, Hubert Haas, Bruno Lemièrre, Pascal Marteau, François Michel

MEDDTL : Arnaud Bouissou, Laurent Mignaux

Geovariances, Le Floch Dépollution, Phytorestore, Sillex, Photos.com

## > Contexte

### Le sol : une ressource non renouvelable

Issu d'interactions complexes entre le climat, la géologie, la végétation, l'activité biologique, le temps et l'utilisation des terres, le sol est une ressource non renouvelable.

Alors que les processus de formation et de régénération des sols sont extrêmement lents (plusieurs milliers d'années), certaines activités humaines peuvent dégrader les sols en quelques années ou décennies.

Parmi les menaces les plus préoccupantes, on peut citer l'érosion, la diminution des matières organiques, la contamination par des substances polluantes, l'imperméabilisation, le tassement, la réduction de la biodiversité, la salinisation, les inondations et les glissements de terrain.

Qu'elle provienne de sources diffuses et mobiles (ex : retombées atmosphériques, pratiques agricoles) ou de sources clairement confinées avec des pollutions très concentrées (ex : contamination locale ou ponctuelle liée à un site industriel, à un dépôt de déchets), la pollution du sol peut avoir des impacts néfastes sur la santé humaine et l'environnement, notamment par bioaccumulation, par émanations gazeuses et en contaminant les eaux souterraines.

### Les piliers de la politique française en matière de sols pollués

Comparée aux politiques de gestion des eaux, de la pollution de l'air ou encore des déchets, la politique de gestion de la pollution des sols est relativement récente en France et en Europe où elle s'est développée depuis le milieu des années 80 et le début des années 90.

Elle a trois axes principaux :

- prévenir la pollution des sols et eaux souterraines,
- garantir l'adéquation des sols et des usages qui en sont faits,
- conserver la mémoire des pollutions passées et des réhabilitations effectuées.

Une politique efficace de réhabilitation des sites pollués nécessite par ailleurs une capacité forte de recherche et d'innovation.

Plusieurs inventaires des sites et sols pollués ont été réalisés en France depuis les années 1970. D'une part, un inventaire des sites effectivement pollués appelant une action des pouvoirs publics (BASOL) représente environ 4300 sites. D'autre part, un inventaire des anciens sites industriels ou de service susceptibles d'avoir pollué les sols a été réalisé et devrait compter, à terme, environ 300 000 sites (BASIAS).

Associées à cette activité d'inventaire, des actions concrètes de réhabilitation de sites dont les responsables sont défaillants sont réalisées. Ainsi, l'ADEME réalise pour le compte de l'Etat, des opérations de mise en sécurité de sites pour maîtriser l'impact de ces pollutions. Avant le Grenelle de l'environnement, le montant consacré à ces travaux était d'environ 10M€ par an. Suite au Grenelle, ce budget a été porté à 90M€ pour la période 2009-2013. En outre, dans le cadre d'un programme de soutien à la reconversion de friches urbaines polluées, près de 40 millions d'euros incluant le financement du Plan de Relance sont investis sur la période 2009-2011.

### Un marché de la dépollution en forte croissance

La dépollution des sols et eaux souterraines constitue ainsi un enjeu économique majeur. En 2008, le marché des sites et sols pollués en France représentait un chiffre d'affaires d'environ 626 millions d'€ avec un taux de croissance d'environ 10% par an depuis 1996.

Au niveau mondial, le marché des sites et sols pollués représente un marché annuel d'environ 43,4 Md€.

### La protection du sol et des eaux souterraines, un enjeu mondial

En 2050, la population mondiale devrait atteindre 9 milliards de personnes ce qui augmente encore plus la pression déjà très forte sur les sols et les eaux souterraines.

Dans les pays en développement et les pays émergents, les besoins en matière de protection des sols et des eaux souterraines seront par conséquent considérables.

**L'expérience et le savoir-faire des acteurs français publics et privés en matière de prévention, de maîtrise des risques et de dépollution des sols et des eaux souterraines peuvent permettre de répondre à ces besoins.**

**Les techniques de dépollution ont pour objectif de séparer les polluants de la matrice solide ou liquide, de stabiliser les polluants ou de les dégrader.**

## > Technologies

### Le savoir - faire des entreprises françaises

Le durcissement des réglementations environnementales, l'existence de nombreux anciens sites industriels abandonnés et la demande foncière très importante en milieu urbain sont autant de facteurs qui contribuent au développement d'un marché des sites et sols pollués.

Les métiers relatifs à la gestion des sites pollués nécessitent des connaissances multidisciplinaires en géologie, hydrogéologie, physique, chimie, toxicologie et évaluation des risques sanitaires, écotoxicologie, génie des procédés de dépollution, génie civil, métrologie et modélisation. En outre, ce domaine de prestations techniques est situé à la croisée de différentes législations et réglementations : codes de l'environnement, de l'urbanisme, du travail, de la santé publique, civil.

De nombreuses entreprises françaises se sont spécialisées dans la dépollution des sols et des eaux souterraines. Ces PME et filiales de grands groupes acteurs du secteur de l'environnement et de la gestion des déchets ou de l'aménagement urbain fournissent des prestations sur mesure, de l'étude de la pollution (diagnostics, IEM, plan de gestion), à l'assistance à la maîtrise d'ouvrage, de l'ingénierie des travaux de réhabilitation jusqu'à l'exécution des travaux et leur contrôle.

Les prestataires acteurs de la dépollution sont regroupés au sein de la chambre syndicale des professionnels de la réhabilitation des sites et sols pollués : l'Union des Professionnels de la Dépollution des Sites (UPDS), ainsi que dans d'autres associations telles que l'Union des Consultants et Ingénieurs en Environnement (UCIE) ou la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP).

### Les démarches de gestion des pollutions : un préalable nécessaire

La politique publique française en matière de gestion des sites et sols pollués est articulée autour d'un principe fondateur : l'usage des sites et sols pollués est le critère qui doit conditionner leur gestion.

Deux grands types de situation de gestion sont mis en avant (Circulaire du 8 février 2007 relative aux sites et sols pollués) :

- 1. la démarche de l'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM)** vise à déterminer les impacts de la pollution d'un site en friche sur son environnement. Lorsque les résultats d'une IEM conduisent à montrer une incompatibilité entre l'état des milieux et les usages, un plan de gestion est alors réalisé pour restaurer cette compatibilité ;
- 2. le plan de gestion pour les sites à urbaniser ou à réhabiliter** : 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. Le plan de gestion permet d'identifier les options de gestion pertinentes en cas de réhabilitation et d'affectation d'un site à de nouveaux usages.

Les impacts secondaires des techniques de dépollution doivent être pris en compte dans le bilan coût / avantage réalisé pour le plan de gestion. Ce bilan prend en compte des éléments d'appréciation relatifs à l'environnement, aux aspects sociétaux et économiques.

L'objectif de ces démarches est de :

- déterminer quantitativement et qualitativement les polluants présents,
- les localiser sur le site,
- évaluer leur mobilité et toxicité,
- définir les objectifs de réhabilitation en fonction des impacts identifiés et des usages actuels et futurs.

Plusieurs types de technologies métrologiques sont appliqués :

- les mesures sur site,
- l'échantillonnage,
- les analyses de laboratoire.

Elles sont au service de l'objectif de dimensionnement optimal des techniques de dépollution à employer.

### La cartographie des pollutions

La cartographie permet de mettre en évidence la distribution spatiale de la pollution par une représentation des zones polluées.

Cette cartographie 3D est fondée sur les résultats des analyses ponctuelles et nécessite une interpolation empirique ou à partir d'outils de modélisation.

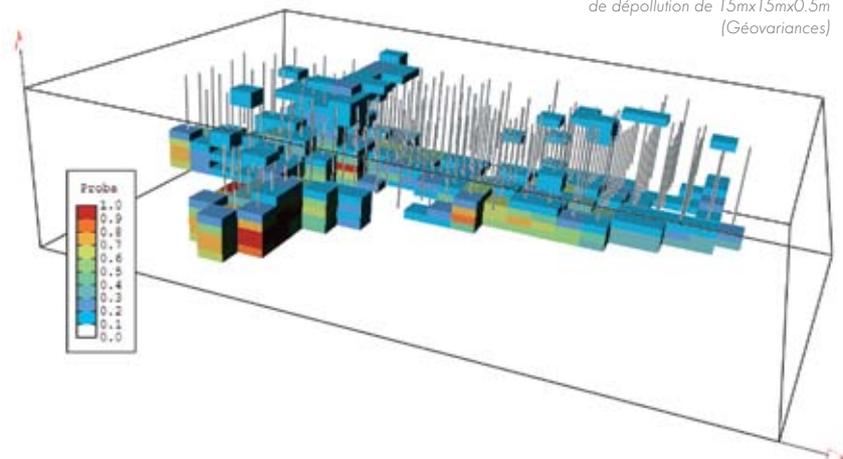
### Estimation des volumes de sols contaminés par des hydrocarbures totaux - HCT (Geovariances)

Leader mondial dans le domaine de la géostatistique, Geovariances propose une méthodologie intégrant cartographie 3D, stratégie d'échantillonnage, estimation des volumes de sol pollué, étude de risque, pour optimiser la réhabilitation de sites potentiellement contaminés par des substances chimiques ou radiologiques.

Le logiciel Isatis, référence en matière de géostatistique, a notamment permis de proposer différents scénarios de décontamination d'un ancien dépôt pétrolier de Total en fonction du risque que l'on accepte d'excaver des sols sains ou de laisser des sols contaminés en place.

Le retour d'expérience a permis de comparer le volume de sol réellement excavé au volume estimé et a conforté la pertinence de la géostatistique en matière de prévision de la décontamination.

Cartographie de la probabilité de dépasser une contamination en HCT de 5000mg/kg sur un maillage de dépollution de 15mx15mx0.5m (Geovariances)



## Techniques de dépollution des sols

En fonction de la pollution et des caractéristiques du site, trois variantes de mise en œuvre existent pour les différentes catégories de traitement :

- les traitements **in situ** : le sol ou les eaux sont traités en place sans être excavés ou pompés,
- les traitements **sur site** : les sols et eaux pollués sont traités, après excavation ou pompage, dans une installation présente sur le site,
- les traitements **hors site** : les eaux et sols pollués sont enlevés et traités dans une installation extérieure au site (centre de traitement).

Les techniques de dépollution peuvent être classées en trois catégories principales :

1. les traitements physico-chimiques,
2. les traitements thermiques,
3. les traitements biologiques.

### 1. Les traitements et méthodes physico-chimiques

#### Stabilisation physico-chimique

Les techniques de stabilisation physico-chimique consistent à immobiliser les polluants dans le milieu naturel, de manière stable et pérenne, et/ou à les rendre moins toxiques par la mise en œuvre de mécanismes physico-chimiques (précipitation, adsorption, neutralisation, complexation, oxydo-réduction, substitution).

La technique de stabilisation physico-chimique s'applique en priorité aux polluants métalliques, tels que le plomb, zinc, cadmium, arsenic, mercure, chrome. Elle peut être mise en œuvre in situ, sur site ou hors site.

#### Oxydation chimique

L'oxydation chimique permet de dégrader les polluants dans le sol entièrement ou partiellement par l'ajout d'agents oxydants tels que le peroxyde d'hydrogène, l'ozone, le permanganate et le persulfate de potassium ou sodium. Les réactions chimiques entre les polluants et les oxydants s'effectuent en phase dissoute.

L'oxydation chimique est, le plus souvent, utilisée pour le traitement de polluants organiques et s'effectue in situ.

Il existe deux types de systèmes de mise en place de l'agent oxydant : l'injection et le malaxage, une technique plus récente et novatrice, cependant très peu utilisée.

#### Réduction chimique in situ

Technique de plus en plus utilisée, la réduction chimique in situ consiste à injecter un réducteur dans les sols (zones saturées et non saturées) sans excavation.

Ce réducteur est utilisé dans le but :

- soit de détruire totalement ou partiellement des polluants organiques (aboutissant à la minéralisation totale des polluants ou à la formation de sous-produits de dégradation généralement plus biodégradables),
- soit de réduire les polluants inorganiques afin de les stabiliser ou les rendre moins toxiques.

#### Lavage de terres

La technique du lavage de terres polluées consiste à mobiliser les polluants :

- par solubilisation à l'eau, aux solvants ou avec des acides-bases,
- par la formation d'une émulsion avec des tensio-actifs (ou surfactants),
- par transformation chimique avec des oxydants ou des réducteurs (oxydation / réduction chimique).

Cette technique peut être utilisée pour des pollutions minérales ou organiques grâce à un large éventail d'agents qui sont sélectionnés selon la nature du sol et de la pollution.

Le lavage de terres peut être mis en œuvre in situ, sur site ou hors site.

#### Confinement

Le confinement consiste à laisser les terres polluées sur le site et à empêcher la propagation des polluants grâce à une barrière étanche. Cette technique permet d'éviter l'érosion des sols, la percolation de l'eau vers la nappe et le ruissellement sur les terres polluées. Le confinement est mis en œuvre in situ et sur site.

#### Venting

La technique du venting consiste à aspirer dans le sol l'air chargé des gaz polluants.

Cette « ventilation forcée des sols » peut être complétée par l'injection d'air dans le sol en périphérie de la zone polluée.

La ventilation forcée s'applique exclusivement aux polluants organiques volatils ou semi-volatils, tels que les essences, les solvants chlorés, les composés aromatiques légers (BTEX), les phénols ou le naphthalène.

*Dépollution de l'ancien site AZF à Toulouse  
(Le Floch Dépollution)*



### Dépollution d'un site industriel pollué aux solvants chlorés (EGIS Waste Management)

Egis Waste Management dispose de références significatives en matière de revalorisation des friches industrielles et de pilotage d'opération de dépollution.

L'entreprise a notamment piloté la dépollution d'une contamination dissoute par solvants chlorés et par oxydation in situ sur un site industriel en Loire Atlantique.

Filiale de la Caisse des Dépôts, EGIS est un groupe de conseil et d'ingénierie dans les domaines de la construction pour les transports, la ville, l'industrie, l'eau, l'environnement et l'énergie.

### Dépollution de l'ancien site AZF à Toulouse (Le Floch Dépollution)

Depuis 1967, Le Floch Dépollution s'est spécialisé dans la dépollution des eaux, des sols et des ouvrages. L'entreprise a notamment participé à la dépollution en 2006/2007 de l'ancien site AZF à Toulouse.

L'opération comprenait en particulier l'excavation et le tri de plus de 500000 m<sup>3</sup> de terres polluées et déchets (amiante compris) et la captation, l'extraction en phase gazeuse et le traitement de polluants sur plus de 70 hectares.

Le Floch Dépollution est également un leader mondial en matière de gestion des pollutions marines par hydrocarbures (dépollution du littoral en 2000 à la suite du naufrage du pétrolier l'Erika et en 2003 à la suite du naufrage du Prestige).

### Réhabilitation de l'ancienne décharge de Bonneuil (Brézillon)

Brézillon développe ses activités dans les domaines de la dépollution de sols et de nappes, la réhabilitation de friches industrielles et de décharges et le traitement de boues industrielles.

Parmi les nombreux projets menés, Brézillon a notamment réhabilité l'ancienne décharge de Bonneuil en France dans le cadre de la construction d'une plateforme logistique.

Ce chantier a été mené en combinant la technique du tri/valorisation de matériaux et la dépollution des spots de pollution aux hydrocarbures à l'aide du procédé breveté TerraStrip®.

Cette solution a permis de valoriser 98% des matériaux directement sur site.

## 2. Les traitements thermiques

### Désorption thermique

La technique de désorption thermique permet d'extraire du sol, par chauffage, des métaux volatils tels que le mercure ou des composés organiques volatils ou semi-volatils.

La mise en œuvre sur site ou hors site fait appel à des unités de traitement dédiées (respectivement mobiles ou fixes). L'application in situ, plus innovante, fait son apparition sur le marché.

En augmentant la température, le contaminant passe de la phase solide ou liquide adsorbé sur la matrice en phase gazeuse (vaporisation). La phase gazeuse est ensuite traitée.

### Réhabilitation des sols pour la création d'une base nautique Projet Lyon Confluence (GRS Valtech)

Dans le cadre d'un vaste projet d'aménagement urbain à Lyon comprenant l'aménagement d'une base nautique, GRS Valtech a piloté l'ensemble des opérations de dépollution (fuel, HAP, créosote...) et de création de la darse.

Outre les opérations d'excavation/tri et de traitement par désorption thermique, un traitement physico-chimique novateur a été élaboré par GRS Valtech pour traiter sur site 70 000 tonnes de terres faiblement polluées, qui ont ensuite pu être revalorisées comme remblais.

Pionnier depuis 20 ans en travaux de dépollution des sols et des nappes phréatiques, GRS Valtech (filiale spécialisée de Veolia Propreté), développe des solutions pointues dans la réhabilitation de sites pollués, avec plus de 450 opérations menées par an en France et à l'international.

### Réhabilitation d'un complexe industriel à Chesterfield, UK (SITA Remediation - Suez Environnement)

Avec plusieurs milliers de références à travers l'Europe, SITA Remediation propose une solution « sur mesure » pour toute problématique de sites ou de sols pollués (hydrocarbures, composés chlorés, PCB...).

L'entreprise participe notamment dans le cadre d'une joint venture à l'un des plus gros projets de dépollution et de réhabilitation de sols pollués en Europe sur l'ancien complexe industriel « The Avenue » à Chesterfield (Royaume-Uni).

Ce projet consiste en la transformation complète d'un site industriel de 100 hectares (anciennes mines d'extraction de charbon et site chimique) en un espace nature et récréatif. Sita Remediation a notamment en charge le traitement par désorption thermique de quelques 300.000 tonnes de terres polluées.

Il existe deux types de procédés :

- les procédés à basse température (250°C à 450°C) sont utilisés pour les polluants les plus volatils. Ils ont l'avantage d'être peu « agressifs » pour les terres.
- les procédés à moyenne température (450°C à 650°C) sont utilisés pour les composés les plus lourds. Ces niveaux de température permettent non seulement la désorption mais également la destruction pyrolytique partielle des composés polluants contenus dans les terres.

## 3. Les traitements biologiques

Le traitement biologique des sols pollués repose sur le principe de la dégradation des polluants, notamment des hydrocarbures, soit par des bactéries, soit par des champignons.

Cette technologie peut être appliquée sur site ou hors site. La dégradation biologique des polluants contenus dans les terres est optimisée par la mise en terres (biotertres) et par le contrôle des paramètres limitants (oxygène, humidité, teneurs en nutriments...) au sein des tertres.

Souvent, ce mode de traitement nécessite une étape préalable de prétraitement qui consiste à enlever les gros éléments (cailloux, blocs, fragments de béton) non adaptés au traitement biologique et à obtenir un matériau relativement homogène.

### Bioventing

A la différence du venting, le traitement par bioventing s'applique aux polluants volatils mais aussi aux composés plus lourds, adsorbés ou non sur le milieu poreux.

Le bioventing stimule la biodégradation in situ de polluants dans les sols, en fournissant à la microflore en place l'oxygène par l'injection d'air dans la zone contaminée. La ventilation peut être assurée par injection d'air ou par extraction de la phase gazeuse de la zone insaturée du sol.

### Phytoremédiation

La phytoremédiation est une technologie émergente qui utilise des plantes pour extraire, dégrader ou immobiliser les polluants dans un sol pollué. On parle de phytoremédiation aidée lorsqu'il y a ajout d'amendement au sol pour faciliter l'action des plantes.

Cette technologie regroupe un ensemble de techniques parmi lesquelles on peut citer les deux plus importantes, appliquées sur des contaminations métalliques :

- la **phytostabilisation** utilise des plantes tolérantes aux métaux, et capables d'immobiliser les polluants dans le sol pour réduire les risques de transfert vers les autres compartiments de l'environnement (envol de poussières contaminées, percolation vers les eaux souterraines, ruissellement vers les eaux superficielles, contamination de la chaîne trophique). La phytostabilisation n'est donc pas une technique de dépollution car les polluants restent dans le sol mais une technique qui diminue les impacts de la contamination ;

- la **phytoextraction** est une technique de dépollution qui utilise des plantes qui tolèrent les polluants et qui les concentrent dans leurs parties aériennes. Les polluants sont alors transférés vers la biomasse produite qui doit être intégrée dans une filière de gestion adaptée. Cette technique est efficace sur les premiers centimètres de sol (horizon racinaire) et pour des pollutions généralement mono-métalliques. Le traitement par phytoextraction dure généralement plusieurs années. Ces délais de traitement sont souvent une contrainte importante pour les opérations de reconversion de sites pollués.

Ces techniques sont plutôt réservées à des cas de sites spécifiques pour lesquels les solutions de traitement classiques ne sont pas acceptables (essentiellement en raison de leur coût lié aux surfaces et volumes importants de terres concernées).

### Dépollution aux hydrocarbures aromatiques polycycliques - HAP (Total)

Le groupe pétrolier TOTAL a développé de fortes compétences en matière de réhabilitation des terrains pollués aux hydrocarbures. A Lacq (Pyrénées-Atlantiques), le Groupe dispose d'un centre de recherche dédié au traitement des sols.

En matière de HAP, Total mène notamment à Vendin-le-Vieil la dépollution d'un site de distillation de goudron de houille (32 hectares) fermé en 1997. Une méthode inédite de traitement biologique à l'aide de microorganismes endogènes est employée, couplée à un procédé de phytoremédiation, consistant en la plantation de saules, dont les racines créent un milieu favorable au travail de dégradation et à la suppression de certains polluants organiques très difficiles à traiter.

Les résultats sont probants : 700 000 tonnes traitées à ce jour ; la toxicité initiale des polluants a disparu et la fonction biologique des sols est retrouvée.

## Ingénierie de la dépollution des sols (SOGREAH)

Parmi les projets menés par Sogreah, on peut citer la réalisation de diagnostics d'anciens terrains militaires sur environ 200 ha en Polynésie française, la maîtrise d'œuvre de travaux de traitement d'une nappe polluée aux solvants chlorés par soil-mixing et bioaérobie en région Rhône-Alpes, ou encore l'assistance à maître d'ouvrage dans le cadre de la réhabilitation de plus de 70 stations service en France.

Spécialisé dans l'ingénierie de l'environnement, SOGREAH dispose d'une forte expérience dans les métiers de la dépollution des sols en tant que prestataire d'études, maître d'œuvre de travaux ou assistant à maîtrise d'ouvrage de nombreux industriels et organismes publics.

## Phytostore

Phytostore est spécialiste dans la dépollution des eaux, de l'air, des sols et des nappes pollués par les plantes (phytorestauration).

Dans le cas de polluants organiques, leur dégradation est assurée par les microorganismes se développant au niveau des racines des plantes.

Dans le cas de polluants non biodégradables (métaux lourds, HAP, PCB...), comme il n'est pas possible de les dégrader, un procédé de phyto-lxiviation des polluants, rendus mobiles par l'implantation de plantes spécifiques, suivi d'un piégeage sur un filtre planté permet de concentrer la pollution. L'entreprise mène de nombreux projets à l'international, notamment en Chine et au Maroc.



Dépollution des berges d'une rivière à Shanghai par la société Phytostore (Avant / Après)

## Techniques de dépollution et de gestion des eaux souterraines

### Sparging - Biosparging

Le sparging-biosparging est une technique physique et biologique de dépollution des eaux souterraines in situ. Le sparging consiste à faire passer les polluants contenus dans la nappe en phase gazeuse, par injection d'air dans la zone saturée. L'air extrait chargé en polluants est ensuite traité. Dans les faits, ce phénomène est accompagné du biosparging : l'injection d'air stimule la biodégradation des polluants. Le sparging-biosparging est particulièrement adapté au traitement des polluants organiques volatils tels que les hydrocarbures et BTEX (Benzène, Toluène, Ethyl-benzène et Xylène).

### Biodégradation

La biodégradation (biostimulation et la bioaugmentation) porte sur les techniques biologiques in situ de traitement des eaux souterraines qui consistent à provoquer la biodégradation des polluants, au moyen de microorganismes endogènes (appartenant au milieu) ou exogènes (étrangers au milieu). Elles s'appliquent à des polluants organiques.

### Confinement ou barrière hydraulique

La barrière hydraulique consiste à confiner la pollution sur le site, le plus généralement en aval proche de la zone concentrée. Un pompage dimensionné en fonction des caractéristiques de l'aquifère (nombre de puits de pompage, débits) permet d'inverser le gradient de la nappe à proximité de la barrière afin d'éviter la dispersion de la pollution en aval de celle-ci.

### Oxydation / réduction chimique

L'oxydation / réduction est une réaction chimique utilisée en procédé in situ de dépollution des eaux souterraines. Fondée sur un échange d'électrons entre le polluant et l'agent injecté, elle consiste à dégrader le polluant en un composé moins ou non toxique. Elle s'applique au traitement des pollutions organiques et minérales, notamment par des COHV (Composés Organiques Halogénés Volatils) et BTEX.

### Stripping

Le stripping est une méthode de traitement physique sur site des eaux souterraines qui consiste, après pompage, à faire passer les polluants de l'eau en phase vapeur pour ensuite traiter les gaz extraits. Cette technique est adaptée au traitement des polluants organiques volatils.

### Pompage suivi d'un traitement

Le pompage suivi d'un traitement est un procédé physico-chimique de dépollution sur site des eaux souterraines qui consiste à pomper l'eau de la nappe pour ensuite la traiter. Le traitement est adapté selon les polluants ciblés.

### Pompage-écrémage

Le pompage-écrémage est un procédé de dépollution physique sur site des eaux souterraines qui consiste à pomper séparément la phase flottante et l'eau. Le flottant est ensuite récupéré et l'eau traitée. Cette technique est surtout appliquée au traitement des pollutions par les hydrocarbures en phase pure.

### Extraction multiphasique

Variante du pompage - écrémage, l'extraction multiphasique est une technique physique sur site de traitement simultané des gaz du sol, du polluant en phase libre et de la nappe consistant en une mise en dépression du sous-sol. Les phases extraites sont ensuite traitées ou récupérées. Elle s'applique au traitement des polluants organiques en phases dissoutes et pures.

## Pompes pneumatiques et unités de traitement mobiles (Silex International)

Silex International développe ses activités dans la conception et fabrication de pompes pneumatiques pour les dépollutions de nappes phréatiques, pompage des lixiviats et applications industrielles spéciales. L'entreprise dispose de nombreuses références à l'international : chantier en Thaïlande, République Tchèque, Australie, Egypte, Maroc, Allemagne, Mexique...

L'entreprise est également spécialisée dans la conception, fabrication d'unités de traitement mobiles pour les sites et sols pollués, traitement d'eau : ces unités peuvent être utilisées en eau potable (mini station par osmose inverse - Mine d'or au Sénégal), pour le traitement des pollutions hydrocarbures (Pemex Mexico City), le traitement des lagunages (Burkina Fasso) et pour de multiples problématiques industrielles. Cette expertise se renforce par une importante R&D interne.



Unité de traitement par venting Mexico

**Diverses technologies permettent d'ores et déjà de mesurer, prévenir et corriger les problèmes de pollution des sols en France.**

**D'importants projets d'innovation et de R&D associent entreprises privées et établissements publics afin de renforcer la connaissance et la prise en compte de polluants spécifiques.**

## > Recherche et Développement, Innovation

### BRGM

Le BRGM est l'établissement public français de référence dans le domaine des sciences de la Terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol.

Ses actions s'articulent autour de quatre missions : recherche scientifique, appui aux politiques publiques, coopération internationale et sécurité minière. Le BRGM est le service géologique national français.

Le programme de R&D du BRGM comprend des projets liés notamment aux procédés innovants de traitement et de recyclage des déchets et des sols contaminés, impliquant en particulier les biotechnologies :

- METRENV : monitoring et surveillance des sites pollués, développement de nouveaux capteurs pour l'analyse de polluants, définition de méthodologies d'échantillonnage dans les eaux souterraines.
- PHYTOMA : analyse de polluants organiques et organométalliques, de pesticides et de leurs métabolites dans les eaux souterraines et dans les sols, utilisation systématique de l'extraction en phase solide.
- CAPHEINE : caractérisation des phénomènes de transfert en zone insaturée d'éléments traces potentiellement toxiques.
- HgSol : développement d'un procédé de dépollution des sols et déchets contaminés par du mercure métall.
- Sols pollués par des brais de houille : procédé de séparation physique des matériaux adapté à l'élimination des brais contenus dans les sols.
- Elaboration de codes de bonnes pratiques dans la gestion des sites pollués pour les besoins internes d'entreprises.

### ADEME

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est fortement engagée dans des programmes d'innovation qui contribuent à la gestion des sites pollués et donc à l'amélioration des connaissances sur les polluants (leur caractérisation et mécanismes de transfert), l'évaluation des risques (pour les populations, pour l'environnement) et sur les modes de gestion des contaminations (techniques de traitement des sols et eaux souterraines pollués).

L'agence développe également des outils pratiques à usage des acteurs de la réhabilitation des sites qu'elle met à la disposition notamment des industriels :

- traitabilité des sols pollués : un guide méthodologique pour la sélection des techniques de traitement des sols et l'évaluation de leurs performances ;
- le projet Comrisk, mené en partenariat avec l'INERIS et l'IRSN, propose depuis le site web [www.comrisk.fr](http://www.comrisk.fr), à tous les acteurs des méthodes et outils 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 telles que la gestion des décharges ou des installations classées.

### Le soutien aux projets de démonstration

Dans le cadre d'un grand emprunt national visant à relancer l'industrie française, 250 millions d'€ seront investis dans les prochaines années par l'Etat et gérés par l'ADEME pour la mise en œuvre de projets de démonstration dans les domaines du tri et de la valorisation des déchets, de l'éco-conception et de la dépollution des sols et eaux souterraines.

Les projets de démonstration visent l'expérimentation préindustrielle de technologies « de rupture ». Ils permettent en particulier aux entreprises d'assumer une prise de risque technologique et financière entre la phase de recherche et l'industrialisation de nouvelles éco-technologies.

En premier lieu, des « feuilles de route stratégiques » sont rédigées. Elles ont pour objectifs d'identifier les enjeux, les visions de déploiement à long terme, les verrous (technologiques, économiques, organisationnels ou transversaux) conditionnant le développement des technologies de demain et les besoins de recherche et de démonstration liés.

Sur la base des besoins de recherche et de démonstration identifiés dans les feuilles de route, des appels à manifestation d'intérêt (AMI) sont ensuite lancés pour identifier et sélectionner les projets à mener.

Le cofinancement des projets prendra la forme de subventions, d'avances remboursables ou de prises de participation dans les entreprises.

### Coordonner la recherche au niveau européen

#### Le projet Snowman (2003 – 2006)

Ce projet ERA NET auquel participait l'ADEME avait pour but de coordonner, à l'échelle européenne, les programmes nationaux de recherche en matière de gestion durable des sols et des eaux souterraines.

Les travaux du réseau ont abouti à l'élaboration d'un premier programme de recherche transnational qui a donné lieu à 3 appels à proposition conjoints.

Les pays participants poursuivent leur collaboration dans le cadre d'un réseau auto-financé dont les objectifs restent la programmation conjointe de la recherche et l'échange de connaissances existantes.

#### Le projet CityChlor (2009 – 2012)

En coopération avec l'INERIS, l'ADEME participe à ce projet européen qui vise à optimiser la gestion des sites pollués (sols et nappes) par des solvants chlorés en contexte urbain.



## INERIS

L'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) est un établissement public qui intervient dans l'évaluation et la prévention des risques technologiques et des pollutions. Dans le domaine de la pollution des sols et eaux souterraines, l'INERIS met en œuvre plusieurs programmes de recherche et de développement qui répondent à deux priorités scientifiques et qui visent les objectifs suivants :

### Risques technologiques et pollutions :

- progresser dans la compréhension des processus de transfert des contaminants dans tous les milieux (air, eau, sol) et développer des modèles,
- alerter, évaluer et maîtriser les risques de l'échelle locale à l'échelle transfrontalière,
- développer la mesure dans des milieux complexes (air, eau, sol), en particulier de polluants dits émergents (dont les nanoparticules),
- intégrer les approches et les résultats de la recherche en sciences humaines et sociales (économie...) afin d'éclairer les décisions pour mieux maîtriser les risques et pollutions ;

### Risques liés à l'après-mine, aux stockages souterrains et risques naturels :

- mieux connaître les lois de comportement et les couplages régissant l'évolution à long terme des ouvrages souterrains et des massifs rocheux, pour développer des méthodes de surveillance et d'alerte, et évaluer les aléas et les dangers,
- développer des méthodes d'évaluation des aléas liés aux ouvrages souterrains abandonnés, de leurs conséquences éventuelles sur les installations de surface et des risques encourus par les populations.

## INRA

Premier institut de recherche agronomique en Europe et deuxième dans le monde, l'INRA mène des recherches pour une alimentation saine et de qualité, pour une agriculture compétitive et durable, pour un environnement préservé.

Dans le domaine de la pollution des sols et des eaux souterraines, plusieurs activités de recherche de l'INRA sont d'un intérêt particulier :

- la dépollution des sols en utilisant la nicotianamine. Ce composé végétal est capable de fixer les métaux lourds dans les sols pollués ;
- l'unité PESSAC (Physicochimie et Ecotoxicologie des Sols d'Agrosystèmes Contaminés) se focalise sur l'évaluation de l'écotoxicité des polluants en fonction des pratiques agricoles ;
- le laboratoire d'analyses des sols d'Arras, intervient dans les domaines de l'évaluation des paramètres sols (fertilité, pollution, impact du recyclage des déchets en agriculture). Ce laboratoire réalise des travaux d'analyses pour différentes unités de recherche de l'INRA, et plus généralement pour l'ensemble de la communauté scientifique Française et Européenne.

## RECORD

RECORD est un réseau coopératif de recherche qui fait appel aux différentes spécialités de la recherche en environnement. Il travaille sur le problème du traitement des déchets ainsi que sur celui des sols pollués. Cette structure en réseau permet la réalisation des recherches dans un cadre de coopération tripartite : industriels, organismes publics et chercheurs.

## Autres organismes

### Common forum sur la pollution des sols

Ce forum regroupe les experts en pollution des sols représentant les différents Etats membres de l'Union Européenne et travaille sur les différentes thématiques qui y sont liées. Ce réseau a publié des études méthodologiques sur l'évaluation des risques liées à la pollution des sols, ainsi que différentes méthodes de gestion.

### Pôle de compétitivité Axelera

Le pôle de compétitivité Axelera vise à conjuguer chimie et environnement en se focalisant sur l'utilisation de matières premières renouvelables, des procédés de fabrication plus propres et moins consommateurs en énergie, des produits plus durables et le recyclage.

Axelera regroupe des entreprises françaises telles que Rhodia, Suez et Arkema et des institutions de recherche comme le CNRS et l'IFP.

Le pôle met en œuvre de nombreux programmes de recherche et développement.

Dans le domaine de la dépollution des sols, Axelera développe notamment le programme Valorsites.

Ce programme vise à maîtriser les risques émanant des substances persistantes bio-accumulables et toxiques (PBT), et développer de nouvelles technologies de traitement (biologiques, chimique ou physico-chimique).

### Secteur privé français

Les activités de recherche et développement en France sur la dépollution des sols et eaux souterraines ne se limitent pas aux institutions publiques. Les entreprises françaises mènent par elles mêmes beaucoup de travaux de recherche appliquée pour optimiser et améliorer les techniques actuelles qui sont mises en œuvre quotidiennement sur les chantiers de réhabilitation de sites et sols pollués. Elles travaillent étroitement avec les universités et instituts de recherche pour trouver de nouvelles méthodes et favoriser les retours d'expérience.

## Projets de recherche sur les pollutions de sols par solvants chlorés (BURGEAP)

Le projet MACAOH (2001-2006) a permis de développer des méthodologies au meilleur coût/avantage afin de déterminer le comportement et le devenir des composés organo-chlorés aliphatiques dans les aquifères.

Le projet a en particulier permis :

- de caractériser de façon détaillée des zones sources permettant de réduire les volumes de sols à traiter et de sécuriser la pollution,
- de localiser une zone source en cas de pollution diffuse (forage d'alimentation en eau potable...),
- de mettre en place une atténuation naturelle sous surveillance comme technique alternative de gestion d'un site.

Le projet était porté par Burgeap, l'IFP, l'IMFS/IFARE (Institut de Mécanique des Fluides et des Solides de Strasbourg / Institut Franco-Allemand de Recherche sur l'Environnement) et l'IMFT (Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse) avec un cofinancement de l'ADEME.

BURGEAP, ingénierie de l'environnement du Groupe BIHSE accompagne industriels et collectivités pour un meilleur respect des enjeux environnementaux.

De nombreux projets de R&D sont mis en œuvre par BURGEAP au sein d'un département dédié à cette thématique.

## Projet sur la biodégradation des PCB (Valgo)

Pour apporter une réponse innovante aux pollutions par les PCB, composés extrêmement rémanents, prioritaires pour l'OMS, VALGO a engagé un vaste projet sur leur biodégradation. L'ACV de ce procédé, comme seule alternative face à l'incinération, a montré un net avantage en faveur de la destruction biologique.

En milieu aqueux, une souche fongique a montré un potentiel d'élimination supérieur à 90%, permettant une protection des milieux aquatiques en cas de traitement des sédiments. En matrice sol, après des essais en laboratoire forts prometteurs, une expérimentation à moyenne échelle est en cours en sol réel, sur le site pollué d'un client. Après les cinq premiers mois, la dégradation est de 40 à 60 %.

*Huiles de vidange mélangées à la pluie chez un garagiste*





**En France, les politiques publiques sont de plus en plus fondées sur la prévention de la pollution et prennent en compte les évolutions des attentes sociétales et des enjeux relatifs à l'aménagement du territoire.**

## > Politiques publiques

En droit français, la protection des sols s'inscrit dans diverses réglementations, notamment la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et les réglementations spécifiques sur les thèmes de l'eau, de l'air, des déchets, des matières fertilisantes et des produits phytosanitaires. La protection des sols est également le sujet de nombreux textes législatifs européens transcrits ensuite en droit français.

Le dispositif de politiques publiques visant à promouvoir la protection des sols et eaux souterraines a été considérablement enrichi ces dernières années à la suite d'un vaste processus public intitulé Grenelle Environnement. Des réglementations et mécanismes d'incitation spécifiques permettent de développer une convergence entre politiques publiques, programmes de recherche et de formation, offre technologique et financement de projets.



Eau contaminée en métaux lourds de la rivière Eirini, en aval d'une mine abandonnée de plomb-zinc en Grèce

### Politique européenne

De nombreux textes ont été adoptés au niveau de l'Union européenne et mis en œuvre par les Etats membres pour limiter les pollutions des sols et des eaux souterraines.

Ces législations concernent notamment :

- la prévention et la réduction intégrées de la pollution (directive IPPC),
- la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles,
- la qualité des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire,
- la protection des eaux souterraines contre la pollution causée par certaines substances dangereuses,
- l'élimination des huiles usagées,
- la mise en décharge des déchets ; la gestion des déchets miniers,
- la pollution atmosphérique par la législation relative à la réduction des composés organiques volatils,
- la limitation des émissions de certains polluants dans l'atmosphère en provenance des grandes installations de combustion.

### Loi relative aux Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

Le cadre réglementaire principal de la gestion des sites et sols pollués en France est celui de la Loi de 1976 relative aux Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

En France, 500 000 installations industrielles ou agricoles, susceptibles de créer des risques ou de provoquer des pollutions, sont soumises à la législation des installations classées.

Parmi ces installations, environ 50 000 sont soumises au régime d'autorisation ou d'enregistrement, les autres au simple régime de déclaration.

La loi relative aux ICPE fait obligation à l'exploitant d'un site de prévenir les pollutions et de remettre le site en état en fin d'exploitation.

### Loi sur les risques (juillet 2003)

Cette loi instaure l'obligation pour le vendeur d'un site d'informer sur le risque connu de pollution des sols. Elle fixe le principe de la réhabilitation des sites en fonction des usages.

### Circulaire du 8 février 2007 relative aux sites et sols pollués

La politique de gestion des sites et sols pollués suite à l'activité industrielle est précisée par la circulaire du 8 février 2007 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement. Elle repose sur deux axes :

#### La prévention de la pollution

Cet objectif repose notamment sur la définition des conditions d'exploitation afin d'éviter la survenue d'une situation de pollution. Les prescriptions tiennent compte de la vulnérabilité des milieux et de la dangerosité des procédés. Leur respect est contrôlé régulièrement. Tout au long de la vie des installations, la pertinence des prescriptions est réévaluée et éventuellement ajustée afin de tenir compte de l'évolution des contextes réglementaires, techniques ou environnementaux.

#### La maîtrise des sources de pollution

Lorsqu'une pollution est identifiée, il convient en premier lieu de mettre en œuvre les moyens permettant de la supprimer. Lorsque le traitement de la source ne permet pas de supprimer les effets de la pollution, il convient alors de mettre en place des mesures conservatoires et/ou d'envisager un aménagement de la zone compatible avec le risque résiduel.



Ecoulement du cadmium dans la rivière Kirkalon, en aval d'une mine abandonnée de plomb-zinc en Grèce



## Le Grenelle Environnement

Le Grenelle Environnement est un vaste processus de concertation. Son objectif : préparer de manière participative des décisions à long terme en matière d'environnement et de développement durable en France.

Initié en 2007, le Grenelle Environnement comprenait six groupes de travail thématiques, parmi lesquels le groupe sur « l'instauration d'un environnement respectueux de la santé » qui traitait notamment des émissions de polluants dans les milieux.

Ces groupes étaient composés de représentants de cinq collèges (Etat, collectivités territoriales, employeurs, salariés et ONG environnementales) représentatifs des différents acteurs du développement durable en France. Après une phase intense de consultation des publics (19 réunions en région, 8 forums Internet avec 11 000 contributions, 2 débats au Parlement, saisine de 31 organes consultatifs), les cinq collèges se sont accordés sur 268 engagements précis.

Ces engagements ont ensuite été discutés au Parlement français. La loi Grenelle 1, qui fixe les objectifs et orientations principales a été votée à la quasi-unanimité en août 2009. La loi Grenelle 2, adoptée en juillet 2010, définit quant à elle les mesures concrètes ainsi que leur mise en œuvre.

## Grenelle Environnement et dépollution des sols et eaux souterraines

En matière de dépollution des sols, le Grenelle 1 a notamment réaffirmé l'intérêt de l'utilisation des phytotechnologies, des techniques qui utilisent des plantes pour dépolluer, contenir ou dégrader des polluants.

Il a surtout introduit une action volontaire d'identification et de diagnostic des établissements scolaires accueillant des enfants et des adolescents et situés sur ou à proximité d'anciens sites industriels susceptibles d'avoir pollués les sols.

La loi retient également l'établissement d'un plan d'action pour la réhabilitation des sites pollués orphelins et des stations services fermées.

La loi Grenelle 2 prévoit que l'information sur le risque de pollution des sols est introduite dans l'acte de vente ou de location et pris en compte lors de l'élaboration ou la révision des documents d'urbanisme.

### Plan d'action sur les sites pollués orphelins et les stations services fermées

Dans le cadre de la loi Grenelle 1, un plan d'action est en cours avec des moyens complémentaires pour accélérer le traitement des sites pollués orphelins et la réhabilitations des stations services.

### Responsabilité des sociétés mères

Le Grenelle Environnement a également instauré le principe de la responsabilité des sociétés mères. Lorsque la filiale exploitante d'une société se trouve incapable d'assumer elle-même les obligations de remise en état d'un site, la maison mère peut être condamnée à supporter, tout ou partie du coût de la de la réhabilitation du site en fin d'activité à la place de sa filiale.

## Réhabilitation des sites et sols pollués à responsable défaillant

En application du principe pollueur-payeur, **la mise en sécurité et la réhabilitation des sites pollués revient au responsable légal de l'activité**. L'Etat français engage au préalable des actions administratives envers les responsables en vue de l'exécution des études et travaux rendus nécessaires par l'état des sites industriels.

En cas de non exécution des prescriptions ou d'insolvabilité du responsable, l'administration peut charger l'ADEME des interventions nécessaires. L'ADEME assure ensuite la conduite des travaux de mise en sécurité et de réhabilitation des sites à responsable défaillant (dits sites « orphelins »).

Jusqu'en 2008, une cinquantaine de sites étaient en travaux en même temps et environ 10 à 15 nouveaux sites étaient traités chaque année pour un montant en moyenne de 10 à 12 millions d'euros par an. Ces interventions ont porté sur environ 150 sites depuis 1996. En 2010, 78 sites ont été pris en charge par l'ADEME.

Dans le cadre du Grenelle Environnement, le budget total pour la réhabilitation des sites pollués à responsables défaillants a été porté à 90 M€ pour la période 2009-2013.

Les opérations sont très diverses : mise en sécurité par enlèvement et élimination des déchets, surveillance de milieux, maintenance d'installations de dépollution, études et évaluations des impacts et des risques, travaux de dépollution.

D'importantes interventions ont été menées sous maîtrise d'ouvrage ADEME : sites de Salsigne (traitement de minerais), Metaleurop Nord (pollution au plomb), Canari (carrière d'amiante), Néry-Saintines (décharge), Louvres (nappe polluée par des cyanures). De nombreux petits sites industriels (traitement de surface, décharges, activités de traitement de déchets, ...) sont également confiés à l'ADEME après cessation d'activité et insolvabilité de la liquidation.

## Programme de reconversion des friches urbaine polluées

Mis en œuvre par l'ADEME, ce programme finance jusqu'à 50 % des coûts de dépollution des sites. Sont concernés, tous les opérateurs publics et privés (collectivités - aménageurs - promoteurs) qui développent un projet de reconversion de friches urbaines et pour lequel ils sont amenés à engager des travaux de dépollution, en l'absence de responsable de cette pollution.

Au titre du plan de relance de l'économie, 43 projets ont été financés en 2009 (budget total de 20 millions d'€). 10 millions d'€ par an sont consacrés à ce programme en 2010 et 2011.

Dépôts dus à des eaux minières acides, exhaure de la mine de Chessy





### Aides à la décision de l'ADEME

Depuis 1999, l'ADEME met à disposition des responsables de sites pollués une aide financière pour la réalisation d'études de caractérisation (diagnostic) et de définition des actions à entreprendre pour la réhabilitation des sites (étude de projet et d'assistance à la conduite des opérations).

### La certification des métiers du secteur des sites et sols pollués

Pour permettre aux maîtres d'ouvrage d'identifier les prestataires pouvant élaborer une prestation de qualité, un projet de certification à l'échelle nationale des métiers des sites et sols pollués, a été lancé et sera opérationnel pour 2011. Piloté par le Ministère en charge de l'Environnement et le LNE (organisme de certification), ce projet vise à définir une norme de service (AFNOR) et un ensemble de référentiels de certification (LNE) pour améliorer de manière opérationnelle et réelle la qualité des métiers du secteur des sites et sols pollués.

### Le réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS)

Ce réseau est un outil pour l'évaluation et le suivi de l'état des sols en France. Il est constitué de 2 200 sites disposés sur le territoire français selon un maillage systématique de 16 km de côté. Au centre de chaque maille, des observations et des prélèvements d'échantillons de sols sont reconduits tous les 10 ans.

Dans un premier temps, le RMQS s'est focalisé sur les teneurs en carbone organique et en 9 éléments traces métalliques (cadmium, cobalt, chrome, cuivre, molybdène, nickel, plomb, thallium, zinc). D'autres propriétés des sols sont progressivement étudiées, telles que les polluants organiques, les radio-éléments, la diversité microbienne et les propriétés physico-chimiques.

Ces travaux sont réalisés dans le cadre du Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, dont les membres sont le ministère du développement durable, le ministère en charge de l'agriculture, l'ADEME, l'INRA et l'IFN (Inventaire Forestier National).



Couverture de confinement et de protection de 8 000m<sup>2</sup> au dessus d'un ancien dépôt de déchets chimiques (insecticides) en Alsace. Site pollué à responsable défaillant pris en charge par l'ADEME

Plate-forme multimodale de traitement de terres et sédiments pollués.

SITA FD est autorisée à recevoir jusqu'à 120 000 tonnes de terres, sols, gravats, boues et sédiments pollués aux hydrocarbures. Les déchets sont traités par voie biologique grâce à un procédé de dégradation accélérée des polluants. Les matériaux traités sont ensuite valorisés notamment à travers des projets de revégétalisation.



### Les inventaires BASIAS et BASOL

Depuis 1994, le BRGM répertorie des sites ayant été occupés par des activités de type industriel afin de sensibiliser aux risques liés à la pollution des sols. Cette base de données appelée BASIAS (Base des Anciens Sites Industriels et Activités de Service) est accessible librement sur Internet (<http://basias.brgm.fr>).

L'inventaire historique BASIAS est avant tout destiné au grand public, aux notaires, aux aménageurs et doit servir à apprécier les enjeux relatifs à l'état d'un terrain en raison des activités qui s'y sont déroulées.

A travers la base de données BASOL (<http://basol.developpement-durable.gouv.fr>), le ministère chargé de l'Environnement met à disposition la liste des sites pollués recensés par les pouvoirs publics, faisant l'objet d'une action. Cette base est le prolongement des importantes actions de recensement entamées au début des années 1990.

### Les projets « Objectif Terre 2020 » et « Ecophyto 2018 »

Afin d'améliorer la qualité des sols sur son territoire, la France a mis en place des projets ambitieux :

« Objectif Terre 2020 », est un plan qui vise à développer un modèle agricole plus durable et à relever différents défis écologiques : anticiper la raréfaction de l'eau, ou préserver les sols exploitables (87% des sols français sont boisés ou agricoles).

Le projet « Ecophyto 2018 » prévoit une réduction de l'utilisation des pesticides de 50 %.



Bassin de rétention des eaux acides de la mine de soufre de Calimani, en Roumanie

### Dépollution d'une ancienne raffinerie à Mexico (SERPOL)

La société SERPOL est spécialisée dans la dépollution et la gestion des déchets dangereux, depuis le diagnostic jusqu'à la réhabilitation finale en intégrant le traitement effectif des pollutions, le désamiantage et la gestion globale des déchets.

Dotée de ses propres unités de dépollution, d'une équipe d'astreinte opérationnelle en permanence et du matériel d'intervention nécessaire, SERPOL intervient en urgence en France et à l'étranger.

L'entreprise est notamment intervenue au Mexique en 2009-2010 pour réaliser la dépollution de 30 000 m<sup>3</sup> de terres polluées par des hydrocarbures sur une ancienne raffinerie de la société PETROLEOS MEXICANOS à Mexico ».

## L'expertise française à l'international

### FASEP-Etudes et Innovation Verte (pour pays émergents)

Le FASEP est un instrument de don pour le bénéficiaire local (gouvernement central, gouvernement provincial, municipalité, agence technique, etc.), d'un montant moyen d'environ 400 000 euros. Il permet le financement de prestations de services qui répondent à une demande du bénéficiaire local et qui se situent en amont de projets de développement, susceptibles de faire appel au savoir-faire des entreprises françaises (ingénierie, équipementiers, exploitants) et dont le financement est identifié (public ou privé, bilatéral ou multilatéral).

Le budget alloué à la procédure FASEP s'élève à environ 20 M€ par an. Sont notamment concernés les secteurs suivants : eau potable, assainissement, déchets solides, gestion des ressources en eau, protection de l'environnement (énergies renouvelables, mécanismes de projets), efficacité énergétique.

Sont notamment soutenus les types d'intervention suivants : études de préparation de projets de construction et/ou d'exploitation d'infrastructures ; études de faisabilité, avant-projets sommaires, avant-projets détaillés, assistance technique à la préparation ou à la réalisation de projets ; coopération institutionnelle à finalité économique.

Le FASEP « innovation verte » permet quant à lui de financer des projets pilote de démonstration de technologie verte française et innovante dans les pays émergents.

### Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM)

Instrument de la politique française de coopération et de développement, le FFEM est un fonds public bilatéral créé en 1994 par le Gouvernement français à la suite du Sommet de Rio. Les cofinancements du FFEM, limités à un montant maximum de 50% du montant total du projet, ont pour objectif de soutenir les partenariats multi-acteurs et s'inscrivent dans les priorités stratégiques de l'aide française.

Ce fonds a pour vocation de lier protection de l'environnement mondial et développement local via des projets de développement durable sur les thématiques suivantes : biodiversité, lutte contre le changement climatique, gestion des eaux internationales, lutte contre la dégradation des terres, traitement des polluants organiques persistants. Le secrétariat du FFEM est assuré par l'AFD.



**Pour répondre aux besoins dans le secteur de la dépollution des sols, des organismes publics offrent un service de très haute qualité en termes de conseil et de formation.**

**Des centaines de cabinets de conseil et bureaux d'étude privés proposent également leurs services en France et à l'International.**

## > Conseil et Formation

### BRGM

En partenariat avec le CFDE (Centre de Formation et de Documentation sur l'Environnement), le BRGM propose plusieurs modules de formation techniques spécialisées sur les sites et sols pollués, en particulier sur :

#### les diagnostics d'un site potentiellement pollué

Objectifs de la formation : comprendre le rôle et l'importance des diagnostics dans la mise en oeuvre des méthodes de gestion ; connaître les outils de diagnostics et leur domaine d'application : étude documentaire et Investigations de terrain des différents milieux ; savoir mettre en pratique et évaluer la pertinence des diagnostics sur des cas concrets ;

#### la conception et gestion d'un projet de réhabilitation

Objectifs : comprendre les enjeux de la gestion des sites pollués et la démarche à adopter dans le cadre d'un projet de réhabilitation ; appréhender les finalités des différents outils de diagnostic et du plan de gestion d'un site (de la caractérisation des sources de pollution à la réception des travaux de dépollution) ;

#### l'évaluation des risques sanitaires dans la gestion des sites et sols pollués

Cette formation permet notamment de comprendre le rôle de l'évaluation des risques sanitaires (ERS) et d'appliquer les outils ERS sur un cas d'étude concret illustrant les deux démarches de gestion des sites et sols pollués ; l'interprétation de l'État des Milieux et le Plan de Gestion.

### CESI entreprises

CESI-entreprises est un organisme de formation continue pour cadres, techniciens et agents de maîtrise qui propose également une formation sur la réalisation d'une analyse simplifiée de la pollution des sols. La formation traite les sujets réglementation, origine de la pollution, prélèvement et traçabilité des échantillons, laboratoires d'analyse, rédaction d'un rapport.

### DEMOS

L'organisme de formation Demos propose une offre de formations très large entre autres sur la gestion des sols et des sites pollués. La formation cible : législation (installations classées, déchets), évaluation des sites, banques de données (BASIAS et BASOL), responsabilités, financements, rôle des institutions, mécanismes de pollution, outils de diagnostic.

### INERIS

L'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques) propose des prestations d'étude et de conseil auprès des entreprises, collectivités locales et administrations afin de les aider dans leurs démarches de sécurité pour l'environnement et la santé.

L'INERIS propose également des formations variées via sa filière INERIS Formation sur les thèmes de la prévention et la maîtrise des risques industriels et technologiques, destinées aux entreprises et aux administrations.

#### La gestion des sites et sols pollués : des obligations réglementaires aux solutions opérationnelles

Objectifs de la formation : connaître les grands principes et les modalités de mise en oeuvre de la politique française en matière de gestion des sites et sols pollués, identifier les principales étapes de gestion d'un site pollué, optimiser la gestion des dossiers ; faire appel aux bons acteurs pour les étapes nécessaires, anticiper les délais et les coûts.

## Bases de données / guides / méthodologies

### Le portail sites et sols pollués du MEDDTL

Regroupe les principaux textes réglementaires pour la lutte contre la pollution industrielle des sols, ainsi que les outils méthodologiques élaborés pour en faciliter l'application.  
[www.sites-pollues.developpement-durable.gouv.fr](http://www.sites-pollues.developpement-durable.gouv.fr)

### Le guide en ligne pour l'aménagement des friches urbaines

Elaboré par le ministère en charge du développement durable et l'ADEME, ce guide en ligne a pour objectif d'aider les aménageurs à intégrer et à mieux gérer la question des sites pollués dans leurs projets d'aménagement.

Le guide apporte méthodes et bonnes pratiques pour mettre en oeuvre les différentes phases d'un projet d'aménagement, précise le rôle des différents intervenants potentiels du projet et expose des études de cas.  
[www.developpement-durable.gouv.fr/amenagement-et-sites-pollues/accueil.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/amenagement-et-sites-pollues/accueil.html)

### Le « common forum » sur la pollution des sols

Ce forum regroupe les experts étatiques européens de la gestion de la pollution des sols. Il a réalisé de nombreuses études méthodologiques sur la pollution des sols et a pour but de contribuer à une meilleure protection des sols à l'échelle européenne et au partage des expériences.  
[www.commonforum.eu](http://www.commonforum.eu)

### Eugris

Portail européen d'information sur les eaux souterraines et les sols contaminés. La France, par l'intermédiaire du BRGM, fait partie des six pays animant ce portail d'informations avec le Danemark, l'Allemagne, la Hongrie, l'Italie et la Grande-Bretagne.  
[www.eugris.info](http://www.eugris.info)

### Tout comprendre sur les sites et sols pollués (BRGM)

Destiné au grand public, ce site Internet d'animation interactive sur les sites et sols pollués décrit les relations du sol avec les polluants, les origines possibles des pollutions ainsi que les moyens de les gérer et de les traiter.  
[www.brgm.fr/brgm/Sites\\_sols\\_poll/main\\_content.html](http://www.brgm.fr/brgm/Sites_sols_poll/main_content.html)



## > Institutions et contacts

### Institutions privées

#### Association Française pour l'étude des sols (AFES)

Ouvre pour le développement des activités sur tous les aspects de l'étude des sols et ses applications. Elle réunit actuellement 900 membres (personnes ou organismes) s'intéressant aux sols et à leurs rôles dans l'environnement.

[www.afes.fr](http://www.afes.fr)

#### Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP)

Regroupe, par l'intermédiaire de ses 20 Fédérations Régionales et ses 18 Syndicats de Spécialités, les entreprises de toutes tailles exerçant une activité de Travaux Publics. La FNTP impulse les conditions du développement du marché des Travaux Publics, informe les entreprises sur les conditions d'exercice de leur activité et répond à leurs demandes.

[www.citepa.org](http://www.citepa.org)

#### PEXE

L'association pour la promotion et le développement international des éco-entreprises de France a pour objectif de renforcer la compétitivité individuelle et collective et de créer une filière d'excellence dans le domaine des éco-activités. L'association fédère les réseaux d'éco-entreprises français, représentant plus de 3 500 éco-entreprises.

[www.pexe.fr](http://www.pexe.fr)

#### Union des Consultants et Ingénieurs en Environnement (UCIE)

Association qui a pour but de représenter et de défendre les intérêts des ingénieurs, des experts, des formateurs et des consultants agissant dans tous les domaines d'activités professionnelles liés à l'environnement.

[www.ucie.eu](http://www.ucie.eu)

#### Union des Professionnels de la Dépollution des Sites (UPDS)

Chambre syndicale des professionnels du secteur des Sites et Sols Pollués. Elle compte plus de 40 sociétés adhérentes (bureaux d'études et sociétés de travaux de dépollution) qui représentent environ 70% du marché de la dépollution des sites.

[www.upds.org](http://www.upds.org)

### Institutions publiques

#### Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL)

Prépare et met en œuvre la politique du Gouvernement dans les domaines du développement durable et de l'environnement, du climat et de la sécurité industrielle. Il est notamment responsable, en lien avec le ministre de l'économie, des finances et de l'industrie, de la préparation et de la mise en œuvre de la politique du Gouvernement en matière d'énergies renouvelables, du développement et de la promotion des technologies vertes et de la diminution de la consommation énergétique.

[www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)

#### Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (MINEFI)

Chargé de la politique économique française, le ministère est notamment responsable de la politique du Gouvernement en matière de commerce extérieur, d'industrie, d'énergie ainsi que du soutien aux entreprises.

[www.economie.gouv.fr](http://www.economie.gouv.fr)

#### Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire

Le ministère prépare et met en œuvre la politique du Gouvernement dans le domaine de l'agriculture, des affaires rurales, de la pêche maritime et des cultures marines, de la forêt et du bois, de l'aménagement et du développement du territoire.

[www.agriculture.gouv.fr](http://www.agriculture.gouv.fr)

#### Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME)

Principal établissement public français pour la mise en œuvre des politiques publiques de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. L'agence suscite, anime, coordonne, facilite ou réalise des opérations dans les domaines suivants : gestion des déchets, préservation des sols, efficacité énergétique et énergies renouvelables, qualité de l'air et lutte contre le bruit. L'agence met à disposition des entreprises, collectivités locales, pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil.

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

#### Club ADEME International

Réseau composé d'une centaine d'éco-entreprises françaises innovantes et actives sur le marché mondial du développement durable. Créé en 1997 à l'initiative de l'ADEME, le Club accompagne ses adhérents dans le développement de projets innovants et de partenariats à l'international.

[www.clubinternational.ademe.fr](http://www.clubinternational.ademe.fr)

#### AFD (Agence Française de Développement)

Opérateur pivot de l'aide publique au développement, l'AFD est un établissement public chargé du financement de projets de développement économique et social dans de nombreux pays en développement.

[www.afd.fr](http://www.afd.fr)

#### BRGM

Le BRGM est l'établissement public de référence dans le domaine des sciences de la Terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol. Ses actions s'articulent autour de 4 missions : recherche scientifique, appui aux politiques publiques, coopération internationale, sécurité minière. Il met en œuvre ses compétences dans 10 domaines d'activités : la géologie, les ressources minérales, la géothermie, le stockage géologie du CO<sub>2</sub>, l'eau, l'après-mine, les risques naturels, les sols pollués et déchets, la métrologie et les systèmes d'information. Le BRGM est le service géologique national français.

[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

#### Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (GIS Sol)

L'objectif du GIS Sol est de constituer et de gérer un système d'information sur les sols de France. Il regroupe le Ministère de l'Agriculture, le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), l'Institut de recherche pour le développement (IRD), l'Inventaire Forestier National (IFN) et le Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS).

[www.gissol.fr](http://www.gissol.fr)

#### Institut National de l'Environnement industriel et des RISques (INERIS)

Établissement public dont la mission est de réaliser ou faire réaliser des études et recherches permettant de prévenir les risques que les activités économiques font peser sur la santé, la sécurité des personnes et des biens ainsi que sur l'environnement, et de fournir toute prestation destinée à faciliter l'adaptation des entreprises à cet objectif.

[www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)

#### Ubifrance et les Missions Économiques

L'Agence française pour le développement international des entreprises, est dotée de son propre réseau uniquement dédié à l'accompagnement des PME sur les marchés étrangers. Nos 6 directions interrégionales (22 délégués régionaux), partenaires des Chambres de Commerce et d'Industrie, contribuent à mobiliser les entreprises à potentiel export. Nos 65 Missions économiques présentes dans 46 pays accompagnent les entreprises sur place.

[www.ubifrance.fr](http://www.ubifrance.fr)



Sol pollué par l'activité industrielle liée à la production de l'aluminium. Terre rouge stérile. Languedoc Roussillon



Ref. : 7008 - ISBN : 978-2-35838-014-0  
Conception, création, réalisation : AXEL Client.com (www.axel-client.com) et Global21 Consulting (www.global21.eu) - Janvier 2011

Imprimé sur du papier PEFC (Gestion durable de la forêt) avec des encres végétales



**ADEME**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE,  
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE,  
DES TRANSPORTS  
ET DU LOGEMENT

MINISTÈRE  
DE L'ÉCONOMIE  
DES FINANCES  
ET DE L'INDUSTRIE



**UBIFRANCE**  
ET LES  
MISSIONS ÉCONOMIQUES

[www.ubifrance.fr](http://www.ubifrance.fr)