

Dépollution des sols et des nappes : réduire les délais et limiter les coûts



Article Interactif



Suez, Maxime Dufour-Photographies

Par Antoine Bonvoisin,
Technoscope

ABSTRACT

Decontamination of soil and groundwater: reducing the time needed and limiting costs.

Industrial wasteland rehabilitation plans are constantly having to deal with issues relating to cost and time constraints, which tend to shape the progress of the work and the choice of techniques used. In situ treatments have the advantage of palpably reducing costs, though they do not always mean that time constraints can be well managed. However, improvements in the treatment of polluted soil and water and better site diagnoses can now mean that more effective project management is likely.

Les projets de réhabilitation de friches industrielles doivent en permanence faire face à des problématiques de coûts et de délais qui conditionnent généralement la conduite des travaux et le choix des techniques employées. Si les traitements *in situ* offrent l'avantage de limiter sensiblement les coûts, ils ne répondent pas toujours aux délais impartis. Cependant, l'amélioration des méthodes de traitement des sols et nappes polluées et du diagnostic des sites permet aujourd'hui de favoriser la mise en œuvre de projets plus efficaces.

Les techniques de traitement des sols et nappes pollués sont aujourd'hui bien définies et ont fait leurs preuves. Les procédés physicochimiques,

thermiques, biologiques, ou le confinement, sont les méthodes employées en routine sur le terrain, que ce soit *in situ*, *ex situ* ou hors-site. Le choix d'une technique ou



Soléo Services

d'une autre dépend ensuite de différents paramètres, tels que la taille du chantier, le type de pollution, la nature du sol, les délais impartis à la décontamination, les risques pour les opérateurs, les coûts des traitements... etc.

L'excavation et le stockage: les techniques les plus répandues

Selon un rapport de l'ADEME, les méthodes les plus utilisées restent le confinement *in situ* (25,4 %), le stockage de déchets hors-site (25 %), le traitement biologique hors-site (11,8 %), le venting et bioventing *in situ* (11 %) et le stockage de déchets non dangereux (8,8 %).

Les coûts moyens associés aux techniques utilisées sont très variables. On passe ainsi de 75 €/t transport compris pour un traitement-valorisation des terres hors site en biocentre, à 15 € la tonne pour le venting et bioventing *in situ*.

De manière générale, les traitements hors-site sont plus coûteux que les traitements *in situ* ou sur site, avec des coûts compris entre 45 €/tonne et 135 €/tonne selon les filières de traitement, contre 10 €/tonne et 40 €/tonne pour les traitements sur site et *in situ*.

En outre, les traitements *in situ* sont globalement moins coûteux que les traitements sur site: les coûts des traitements sont compris entre 10 €/tonne et 30 €/tonne, contre 30 €/tonne à 40 €/tonne en moyenne pour les traitements sur site.

Aujourd'hui, « L'excavation reste la technique la plus répandue, le traitement dépend ensuite de la pollution et est effectué par les centres de traitements » témoigne Gaël Plassart, membre Fondateur et Directeur d'Envisol.

Les techniques *in situ*, moins onéreuses mais plus lentes à mettre en œuvre? « Oui cela reste une réalité encore aujourd'hui », confirme Patrice Imberti, Directeur Général de l'activité Remédiation de Suez en France. Cette filiale de Suez est l'un des principaux acteurs du domaine, en France et à l'international. Elle met en œuvre toutes les techniques de réhabilitation, et intervient en milieu industriel comme en milieu urbain, notamment, dans le cadre du Grand Paris Express. « Les techniques *in situ* restent toujours plus longues à mettre en œuvre et à opérer. On doit traiter un sol souvent dans ses différentes composantes en mettant en œuvre plusieurs technologies dans un milieu complexe qui est multiphasique. Il en résulte des temps d'action plus longs pour les techniques employées ».

Gaël Plassart partage cet avis. « Aujourd'hui, les techniques de dépollution par excavation, qui sont plus chères, sont toujours privilégiées. Elles

ont l'avantage d'être plus rapides et d'assurer la réalisation d'un projet contraint dans le temps. Ceci étant, dans le cas des friches industrielles, pour lesquelles nous avons généralement plus de temps pour les requalifier, il est intéressant de mettre en œuvre des techniques *in situ*, plus longues mais moins onéreuses ».

« Les terres polluées redevables d'une évacuation en filière de type inerte, inerte aménagée ou bien déchets non dangereux représentent la majorité des déblais issus des travaux d'aménagement et de construction, détaille de son côté Jean-Daniel Vilomet, Directeur chez Remea. Compte tenu des coûts modérés d'évacuation/traitement, la contrainte du délai devient la plus importante. Ainsi, les solutions dites hors site sont utilisées; il ne s'agit pas vraiment de travaux de dépollution mais de gestion de déblais au sein des filières les mieux adaptées. Les grands travaux actuels dans l'agglomération parisienne amènent les acteurs du BTP et du stockage des déchets à développer des plateformes de transit/prétraitement des terres afin de limiter les quantités envoyées en installation de stockage et de favoriser l'élaboration de matériaux recyclés. Les terres polluées redevables d'une évacuation en filière spécifique (désorption thermique, biopile) ou bien déchets dangereux représentent un tonnage plus faible et nécessitent un traitement hors site plus coûteux. De plus, il ne s'agit plus de gérer des déblais mais bien de travaux de dépollution c'est-à-dire à réduire le risque sanitaire lié à



Serpol

Hybréau® ("hybride" et "eau") de Serpol est la première unité autonome de traitement des pollutions qui fonctionne avec la nouvelle génération d'éolennes Hybreol®, un générateur hybride associant le solaire et l'éolien dans un même équipement.

Traitement des eaux souterraines par stripping de deux zones impactées par des composés organiques halogénés volatils (COHV). Réalisation Colas Environnement.



Colas Environnement

l'usage futur du site. Dans cette situation, les contraintes délai, prix et technicité tendent à s'équilibrer; les clients ouvrent donc l'éventail des techniques possibles ».

Les méthodes *in situ* privilégiées

Certaines entreprises privilégient les méthodes *in situ* qui évitent notamment de faire appel aux services de traitements hors site et de stockage des déchets. C'est le cas d'Antea Group. « Ce que l'on cherche à promouvoir ce sont des solutions *in situ*, qui, bien qu'elles nécessitent beaucoup plus d'ingénierie, avec une phase d'essai préalable, en laboratoire ou avec des essais pilotes, permettent de faire des

économies significatives par rapport aux techniques d'évacuation » explique Yves Guelorget, Directeur Technique du métier Environnement d'Antea Group. « Ces techniques permettent d'éviter d'évacuer des déchets vers des centres de stockage, et de devoir ramener de la terre sur le site traité. Notre plus-value consiste à trier les terres et minimiser leur évacuation vers des centres de traitement et de stockage, pour éviter les coûts trop importants et les erreurs d'aiguillage ».

Mais comment répondre aux problématiques de délais, qui sont souvent allongés dans le cas de traitements *in situ*? Pour Yves Guelorget, « Avec un phasage



Envisol

Une partie non négligeable des coûts liés au traitement des sols pollués, et des délais associés repose sur l'amélioration des diagnostics des sites en amont.

Une innovation digitale pour optimiser la gestion des terres

Depuis plus de 20 ans, Ortec Générale de Dépollution (OGD), filiale du Groupe Ortec, développe des solutions de gestion performantes et économiques pour la dépollution des sites afin de répondre au mieux aux besoins des acteurs de l'industrie et de l'immobilier.

Face à l'épuisement des ressources, OGD a développé des solutions innovantes qui s'inscrivent dans le concept d'économie circulaire, de façon à limiter les impacts environnementaux et considérer les déblais de chantier comme une nouvelle ressource.

« Dans le cadre de chantiers de dépollution qui impliquent la gestion de terres polluées, l'approche qui est habituellement mise en œuvre, consiste à élaborer un plan de terrassement avec orientation et évacuation des matériaux en filières de traitement, et si possible, à stocker temporairement une partie des déblais pour remblaiement ou réemploi sur site », explique Amélie Rognon, Responsable Développement d'OGD.

Toutefois, dans le cas de chantiers de requalification urbaine imposant la gestion d'importants volumes de matériaux avec des changements de phasage (modifications de l'ordre des lots, du planning, etc...) et des évolutions permanentes du projet (modifications des côtes des terrassements, des besoins en remblais, tracés des VRD, etc...), il devient difficile de gérer dans le temps et de façon viable les phasages de déblais/remblais d'un point de vue environnemental et économique.

Considérant ces enjeux opérationnels forts et capitalisant sur son expérience dans la gestion intégrée



de projets complexes de réhabilitation de sites et friches industriels en milieu urbain, OGD a développé une approche innovante et agile permettant une gestion optimisée des matériaux tout en s'adaptant en permanence aux évolutions de chantier.

« Notre approche consiste à proposer un programme de mouvements de déblais/remblais établi sur la durée globale du chantier, tout en y intégrant des phases de prétraitements/traitements (criblage, traitements biologiques, stabilisation, ...) sur site, hors site et de réemploi. Ces dispositions permettent de limiter les volumes de matériaux pollués orientés vers des filières de traitement et l'apport de matériaux extérieurs. En parallèle, nous utilisons une application mobile que nous avons développée en interne (Application GAIA). Cet outil, permet de réaliser le suivi du projet directement sur site, garantir la traçabilité à tout moment, et permettre une gestion optimisée des matériaux à l'instant T, à partir d'orientations les plus cohérentes techniquement et optimales financièrement » précise Amélie Rognon.

Cette approche, basée sur la gestion de mouvements de matériaux et non sur une gestion classique de déblais en filières de traitement, présente des avantages économiques (sécurisation des choix de gestion et donc sécurisation financière en amont et pendant le chantier), environnementaux (bilan carbone amélioré) et opérationnels (traçabilité, souplesse et réactivité garanties).

En parallèle et lorsque les contraintes de temps et d'espace sur site sont trop fortes, la gestion des déblais peut être réalisée de façon totalement externalisée, transparente et sécurisée sur une plateforme multimodale locale disposant d'une gamme de technologies diversifiées pour une prise en charge garantie.

En moins de 3 ans, OGD a développé cinq plateformes de ce type en France, en priorisant notamment, la mise en place d'installations permettant le transport fluvial (50 % de ses plateformes), de solutions permettant de valoriser in fine près de 80 % des gisements traités sur ses installations en remblais techniques (par réemploi sur le site d'emprunt ou par recyclage) sous la forme de matériaux alternatifs de construction.

Les plateformes Neoter® de Suez permettent de rapprocher des chantiers un ensemble de solutions de traitement hors-site. Une méthodologie qui combine l'efficacité de l'excavation avec la proximité des services de traitement.



Suez

des projets de dépollution tout au long de l'aménagement et de la construction, les délais peuvent tout à fait être anticipés. Finalement, les reconversions sont des chantiers assez longs qui s'étalent dans le temps ». Antea Group intervient d'ailleurs de plus en plus sur des missions de conseil sur le phasage des

projets, étape qui revêt aujourd'hui une importance capitale. Des contraintes administratives et réglementaires s'ajoutent aujourd'hui aux contraintes techniques, comme par exemple l'obtention des permis de construire ou d'aménagement avec la loi Alur. Ces contraintes doivent être toutes considérées pour planifier les opérations.

Yves Guelorget cite un exemple récent : « Pour un projet de construction sur un ancien site automobile nous avons une problématique de pollution par du chrome. Dans ce genre de situation, une solution rapide est l'évacuation hors-site en classe 1. Nous avons proposé une solution alternative consistant à faire de la réduction chimique sur site, donc avec une excavation et un traitement des terres, pour transformer le chrome 6 en chrome 3 qui n'est pas toxique ni mobile ». Cette opération a coûté 400.000 euros, contre environ 1,2 million si une évacuation avait été mise en œuvre, avec une durée de traitement de 2 mois, donc intéressante du point de vue du délai pour faire une économie conséquente.

Plusieurs acteurs comme Colas Environnement, Remea, Soleo Services, Serpol ou ATI Services ont largement développé les techniques *in situ* ces dernières années. Celles-ci permettent d'éviter de sortir les terres du site, de façon à ne pas avoir besoin de sous-traitance.

Laurent Thannberger, Directeur Scientifique et Technique en environnement de Valgo, considère que les techniques *in situ* ne prennent pas forcément beaucoup de temps. « Pour une oxydation chimique

Sécuriser une acquisition foncière et minimiser les risques

On dénombre aujourd'hui entre 300.000 et 400.000 sites potentiellement pollués en France pour une superficie totale estimée à plus de 100.000 hectares. Ces sites peuvent constituer une opportunité, sous réserve de bien prendre en compte l'ensemble des contraintes techniques, financières et juridiques. « Éviter les surcoûts non budgétés est le premier objectif, car ces derniers peuvent avoir des conséquences majeures sur un projet d'aménagement notamment en termes de délais, de restrictions d'usage ou encore impliquer une adaptation du projet initial, souligne Damien Faisan, Responsable Développement Métier Sites et Sols Pollués chez DEKRA Industrial. D'autres conséquences tout aussi importantes sont néanmoins également à prendre en considération comme la mise en jeu des responsabilités administrative, civile (dans le cas, par exemple, d'un éventuel recours des riverains) et pénale (dans le cas où une pollution de l'eau entraînerait des risques sanitaires pour les usagers...). L'impact sur l'image de l'entreprise peut également être désastreux et nuire considérablement à sa réputation et à sa crédibilité ».

Afin de parer à ces éventualités, il est indispensable de procéder à une série de diagnostics avant toute opération de déconstruction ou de réaménagement. Celle-ci a notamment pour but d'identifier les éventuelles substances dangereuses présentes dans les sols, les eaux souterraines et les bâtiments, d'évaluer les risques sanitaires (sur et hors site) et de déterminer les mesures de gestion nécessaires au futur usage du site.

Avec ces informations, il sera possible de mettre en place des mesures de gestion et de travaux de réhabilitation adaptés afin de rendre compatible les pollutions résiduelles avec le projet initial. Une fois vérifié que les objectifs de réhabilitation ont bien été



DEKRA Industrial, Lionel Barbe

atteint, la réception des travaux peut être effectuée ouvrant enfin la porte au réaménagement souhaité, même si des restrictions d'usage ou des dispositions constructives spécifiques peuvent s'appliquer. L'anticipation reste cependant la clé pour sécuriser un projet d'aménagement sur un site potentiellement pollué comme le souligne Damien Faisan. « Identifier

le plus tôt possible les éventuelles problématiques techniques, juridiques et réglementaires est la condition sine qua non d'un projet de réaménagement réussi, explique-t-il. Les outils réglementaires, normatifs et méthodologiques dont nous disposons fournissent un ensemble permettant de savoir si un projet risque d'être implanté sur un site potentiellement pollué. Par exemple, au sein d'un secteur d'information sur les sols (SIS), la prise en compte des options de gestion - définies dans le plan de gestion et validées dans le plan de conception des travaux - est examinée. L'attestation fournie par un bureau d'études certifié dans le domaine des sites et sols pollués doit dès lors figurer dans le dossier de permis de construire (ou d'aménager) déposé auprès des services instructeurs ».

La loi ALUR a introduit le dispositif de tiers demandeur. Jusqu'alors, la responsabilité administrative de la remise en état d'une ICPE pesait prioritairement sur le dernier exploitant. Bon nombre de sites se sont alors retrouvés sans possibilité de reconversion faute de moyens ou de volonté. Conscient de cette situation, le législateur a introduit ce dispositif de substitution offrant à un porteur de projet la possibilité de prendre à sa charge la responsabilité de la réhabilitation. Certains points de vigilance demeurent cependant. « Il convient de s'assurer, pour l'ancien exploitant, que le tiers substitué pourra porter le projet à son terme car, en cas de défaillance, la responsabilité de réhabilitation lui reviendra à nouveau, explique Damien Faisan. Le porteur de projet doit, pour sa part, veiller à ce que les études de pollution soient suffisamment complètes pour mesurer les risques et les anticiper. Au-delà de ce dispositif réglementaire, un contrat entre les deux parties peut être rédigé permettant d'établir plus précisément les modalités de l'accord ».

ESSAIS DE TRAITABILITÉ

UN OUTIL INCONTOURNABLE POUR LA SÉCURISATION TECHNIQUE ET FINANCIÈRE DE VOS OPÉRATIONS DE DÉPOLLUTION



Traitement des sols, des eaux souterraines et des sédiments.



Un accompagnement global et à la carte pour vos essais en laboratoire, in situ et en pilotes sur site.



Une exploitation des résultats pour la maîtrise des prestations : performances et budget.



Les ingénieurs de BURGEAP réalisent vos études, la maîtrise d'œuvre, l'assistance à maîtrise d'ouvrage de vos travaux de dépollution. Afin de vous aider dans vos projets, BURGEAP, l'un des premiers acteurs français de la gestion des sites et sols pollués, fort de ses 70 ans d'expérience et de plus de 2 000 références, vous propose une gamme complète de prestations pour répondre à vos besoins. BURGEAP est certifié selon le référentiel LNE de service des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués pour les domaines A (études, assistance et contrôle) et B (ingénierie des travaux de réhabilitation).

Industriels ou collectivités, vous souhaitez minimiser votre impact sur l'environnement, optimiser la gestion de l'énergie, de vos déchets ou de vos émissions, vous adapter aux évolutions réglementaires et innover dans le domaine de l'environnement, BURGEAP vous accompagne dans vos projets par des prestations intégrées.



Une équipe
de spécialistes à votre disposition :
burgeap@burgeap.fr
www.burgeap.fr

Les techniques de phytoremediation sont développées depuis 2004 par la société Phytorestore. Elle a ouvert en 2009, la Bioferme, centre expérimental et de traitement des déchets par la technique de phytoremediation. La Bioferme traite différents types de pollution (30.000 tonnes par an) et permet d'avancer sur la technique et le type de plante à utiliser.



DR

par exemple, nous menons une campagne de 15 jours pour injecter, ensuite il y a un suivi de plusieurs mois mais la période d'intervention est terminée et on peut travailler sur le terrain, en prévenant les effets rebonds. Avec les méthodes thermiques, c'est assez équivalent, nous avons des chantiers qui peuvent durer 3 ou 4 mois ».

Chaque site est unique, et nécessite de trouver pour chaque cas la technique de dépollution la plus adaptée. Tout type de technique peut être efficace pour peu que la pollution du site ait été bien caractérisée en amont. Les problèmes de dépassement de coûts ou de délais sont d'ailleurs souvent liés à une mauvaise évaluation et caractérisation de la pollution au stade initial du projet.

La réglementation, qui a évolué à ce niveau

en 2017 avec le Plan de Conception de Travaux (PCT), impose désormais la réalisation de tests d'essais pour valider l'efficacité d'une dépollution. Cette disposition permet aujourd'hui d'éviter les erreurs et de faire des économies sur les chantiers engagés.

COLAS Environnement, qui réalise des pilotes de faisabilité et de dimensionnement depuis plus de 15 ans, accueille cette évolution réglementaire favorablement. « Notre besoin interne nous a conduit à nous structurer en conséquence: skids mobiles, laboratoire, personnel spécialisé,... Aujourd'hui, le PCT va permettre de valoriser cette ingénierie en intégrant plus efficacement dans la gestion et le phasage des projets » précise Jérôme Rheinbold, Directeur de COLAS Environnement. Vincent Gisel, Responsable Com-



ogtd

Mise en œuvre d'une solution de traitement biologique de sols impactés par des HCT/BTEX par biopile dans le cadre d'un projet de réaménagement d'une ancienne friche industrielle. Réalisation ORTEC Générale de Dépollution (OGD).

La bio-augmentation pour traiter sur site les sols et nappes polluées

Le laboratoire Madep, créé en 2002 par le Dr Trello Beffa, a constitué une importante collection de souches bactériennes capables de traiter les principaux types de pollutions dans les milieux naturels et industriels. En effet, la plupart des sites, sols ou nappes polluées, sont pauvres en flore microbienne adaptée à dégrader les polluants. C'est le cas en particulier des sols et nappes polluées depuis plusieurs années et dans lesquels subsistent les polluants les moins volatils et les plus difficilement biodégradables. Certains polluants, fixés aux terres sont peu accessibles ou disponibles pour être dégradés. L'utilisation de bactéries produisant des biosurfactants permet de les rendre solubles et disponibles à une dégradation.

L'emploi de souches sélectionnées permet alors d'enrichir le milieu et de dégrader efficacement les polluants. Le savoir-faire de terrain de Madep permet de traiter les hydrocarbures courants (pétrole, huiles lourdes, mazout, BTEX, MTBE, ...) et aromatiques polycycliques (HAP) mais également les composés chlorés, les pesticides, etc.

Ainsi, sur le site d'une importante raffinerie, une fuite de carburants avait provoqué une pollution par du MTBE dans la nappe. Les eaux polluées ont été pompées et stockées dans des bassins confinés en vue de trouver une solution optimale de dépollution. La pollution initiale en MTBE était de l'ordre de 300.000 à 500.000 µg de MTBE/litre et pour un volume à traiter de 2.000 m³.



Madep

Madep a mis en place un traitement microbiologique du MTBE directement dans les bassins confinés avec l'addition de bactéries et de nutriments spécifiques. Les bactéries et nutriments ont été ajoutés toutes les 3 semaines, et les eaux ont été circulées par pompage à de faibles débits. Un suivi microbiologique régulier a été réalisé afin d'évaluer et optimiser le processus de bio-dépollution. L'objectif de dépollution à atteindre était fixé à < 10.000 µg de MTBE / litre.

Après 14 semaines de traitement, les concentrations résiduelles en MTBE étaient comprises entre 1.000 et 2.000 µg de MTBE/litre. Le rendement d'abattement du MTBE était > 99,6 %.

Simple à mettre en œuvre, ce procédé permet de traiter des concentrations élevées en MTBE et peut être adapté pour traiter directement *in situ* les eaux de nappes avec des rendements finaux d'abattement de < 1 µg de MTBE résiduel/litre. Les coûts de dépollution sont nettement inférieurs aux coûts des techniques d'élimination et de traitement conventionnelles.

merciale de COLAS Environnement, a déjà constaté une évolution du marché: « Bien que certains clients aient identifié depuis longtemps qu'il s'agit d'un très bon investissement, historiquement cette activité est majoritairement utilisée en interne, à différents stades des chantiers que nous réalisons. Avec l'intégration du PCT dans la nouvelle méthodologie les demandes de prestations externes sont en augmentation ». Cette disposition permet aujourd'hui d'éviter les erreurs et de faire des économies sur les chantiers engagés. Au-delà des techniques dites classiques telles que le venting, le criblage ou la biopile, se développent des solutions sur site

NOUVELLE APPLICATION

L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES



SCANNEZ & DÉCOUVREZ NOS CONTENUS INTERACTIFS



Depuis peu, la désorption thermique *In situ* (ISTD) permet également de traiter des pollutions au mercure, comme celles sous le collège d'Ivry Confluence (ci-dessus). Réalisation Haemers Technologies.



Haemers Technologies

ou *in situ* apportant plus de maîtrise sur les coûts et les délais de mise en œuvre. « L'objectif n'est plus de subir les caractéristiques du terrain, le traitement devient actif, explique Jean-Daniel Vilomet chez Remea, qui cite l'injection par tubes à manchettes, le soil mixing, le malaxage sur site ou le lavage des terres. Toutes ces techniques peuvent être mises en œuvre pour des chantiers de toute taille et offrent l'avantage de traiter pour la plupart simultanément les sols et les eaux souterraines. Le caractère actif de ces techniques permet d'apporter des engagements quand elles sont dimensionnées sur la base d'un plan de conception travaux : délai, coût, technicité. Ainsi, les travaux de dépollution gagnent en fiabilité ; ils pourront mieux s'intégrer dans les projets de construction ou d'aménagement ».

Affiner les diagnostics

Une autre façon d'optimiser les coûts liés aux traitements des sols pollués, et de réduire les délais, serait aujourd'hui d'améliorer le diagnostic des sites en amont. C'est ce sur quoi travaillent des opéra-

teurs comme Dekra ou Alcor Contrôles qui cherchent à optimiser et faciliter la requalification. Le but est de poser le diagnostic le plus précis possible avant de dépolluer. Gaël Plassart, chez Envisol, précise les contours de cette méthodologie novatrice : « Nous avons développé des solutions pour avoir des informations en temps réel, pour connaître la quantité de pollution au moment où l'on réalise les sondages, et s'il faut effectuer d'autres sondages ou non. Jusqu'à maintenant, il s'agissait de faire des analyses au coup par coup, dans des laboratoires extérieurs. Nous utilisons soit des capteurs développés pour d'autres

applications et qui ont été adaptés, soit nos propres capteurs que nous avons développés, pour pouvoir faire de l'analyse en direct sur le terrain ».

Cette approche semble prometteuse car les premières estimations montrent qu'elle permettrait de réaliser 30 % d'économies sur la phase de diagnostic, et de gagner 50 % de temps. Sur la globalité du projet, ce diagnostic en continu permettrait d'enregistrer des gains compris entre 10 et 50 %. « Une fois que les analyses en temps réel ont débuté, nous pouvons modéliser la pollution en 3D dans les sols, et évaluer précisément la pollution sur les zones pour

Réhabiliter des sites dégradés en restituant au sol ses propriétés agronomiques

La requalification de sites dégradés peut répondre à des objectifs économiques (retour de zones d'activités ou de zones résidentielles), sociaux (implantation de centres culturels) ou paysagers (mise en place de parcs extensifs ou de zones forestières). Le procédé de construction de sol est une écotechnologie qui a pour objectif d'assurer la réhabilitation de sites dégradés en restituant au sol ses propriétés agronomiques, afin de permettre une revégétalisation ainsi qu'une recolonisation du sol par la faune. Brevetée par Valterra, l'Inra et l'Université de Lorraine, elle consiste à réutiliser des sous-produits délaissés d'origine urbaine ou industrielle et des terres traitées en lieu et place de terre végétale pour construire un sol fertile à des coûts modérés.

Les matériaux utilisés sont associés en différentes couches de sols qui font l'objet d'une formulation optimisée en fonction des objectifs visés par la réhabilitation. « Il peut s'agir d'une re-fonctionnalisation écologique du site, d'une intégration paysagère dans l'attente d'un projet d'aménagement plus conséquent ou d'une production de biomasse non alimentaire permettant de réintégrer le foncier dégradé dans le circuit économique local »,

explique Sophie Guimont, directrice Recherche et Développement chez Valterra dépollution et réhabilitation.



Geosciences 2014

Le procédé a été mis en œuvre dans le cadre du projet Lorver (Lorraine Vert) piloté par un consortium de 5 entreprises et 6 laboratoires de recherche, coordonné par Valterra. Il est destiné à créer une filière de production de biomasse végétale non alimentaire

en Lorraine et, plus largement, à élaborer une chaîne de services écosystémiques permettant une requalification durable de friche industrielles. Sur le site de l'ancienne cokerie d'Homecourt, plusieurs types de sous-produits différents (sous-produits papeteriers, terres excavées traitées, sédiments de dragage, composts,...) ont permis de reconstituer un sol végétal sur 2,25 ha sur lequel ont été plantés des espèces ligneuses et du chanvre. « Les espèces ligneuses permettent la production d'énergie et de biochar par pyrolyse du peuplier et le chanvre génère des fibres et par la suite des composites polymères/fibres » explique Sophie Guimont. Un procédé a par ailleurs été développé pour récupérer le cadmium et le zinc présent dans la biomasse issue de plantes hyperaccumulatrices.

Le procédé de construction de sol qui constitue une solution de confinement limitant le transfert de polluants dans le milieu naturel, s'inscrit tout à la fois dans la logique du développement durable et dans le cadre de l'économie circulaire en associant des objectifs de restauration écologique et de valorisation de déchets et sous-produits.



TEAMS WORK



ZÜBLIN
TEAMS WORK.

Technologie au service de l'Homme et de l'environnement.

Nous sommes une des entreprises leader en Europe dans le domaine des technologies environnementales pour le traitement des sites pollués, d'anciennes décharges industrielles, des eaux souterraines, des eaux de chantier, des eaux industrielles et des gaz issus de station d'épuration, de biogaz et de décharges. Notre rayonnement est international.

Nous concevons et assemblons nous-mêmes nos installations que nous mettons en oeuvre à l'aide de nos équipes pluridisciplinaires afin de fournir à nos clients des solutions rentables, personnalisées et toujours plus innovantes pour leur plus grande satisfaction.

www.zueblin-umwelttechnik.com

Züblin Umwelttechnik GmbH, Agence de Strasbourg - 6, rue Gutenberg - BP 197, 67725 Hoerdit Cedex, Tél. +33 3 88 68 79 91, umwelttechnik-fr@zueblin.de



www.soleo-services.fr

**Dépollution des sols et des nappes
Démantèlement - Désamiantage**



SITES ET SOLS POLLUÉS NF X 31-420-3 EXECUTION DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION
SITES ET SOLS POLLUÉS NF X 31-420-4 EXECUTION DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION « Traitement de l'amiante »

- **Présence nationale : 7 implantations géographiques** (Paris, Lyon, Le Havre, Aix, Toulouse, Pau et Nancy)
- **Moyens humains : Une équipe de 50 collaborateurs expérimentés et spécialisés** dans nos métiers
- **Du matériel en propre (pelles, blindages) pour les chantiers sur et hors site**
- **Plus de 30 unités de traitement in situ** toutes techniques confondues conçues et adaptées à chaque problématique
- **Des outils pour concevoir et dimensionner vos réhabilitations : Tests laboratoires, Essais pilotes terrain**

OUVERTURE DE 3 NOUVELLES AGENCES : NANCY – TOULOUSE – PAU

Soléo Services, c'est aussi bien des prestations simples que des grands chantiers complexes.



Contact : information@soleo-services.fr - SIRET : 482 375 201 00050 - Code APE : 3900Z
Siège en Ile-de-France 11 rue des Chevries – ZAC des Chevries – 78410 AUBERGENVILLE
Tél : +33 (0)1 39 29 75 70 - Fax : +33 (0)1 39 29 72 03



lesquelles il y a beaucoup d'incertitude. Habituellement, la dépollution est évaluée de manière un peu empirique, donc avec des erreurs, et cela engendre des surcoûts. Avec notre méthode, nous parvenons à bien quantifier les volumes à dépolluer, ce qui permet de faire des économies conséquentes » explique Gaël Plassart. « Ce type de diagnostic innovant est déjà pratiqué aux États-Unis et le sera a priori de plus en plus en France où nous sommes les précurseurs ».

Ce modèle de diagnostic peut bien sûr être appliqué pour tout type de pollution, et peut être adapté *in situ*, *ex situ*, ou hors-site.

Actuellement, Envisol réalise ce genre de diagnostic sur le projet du Grand Paris Express. Les mesures mises en place permettent ainsi de caractériser les déblais des tunneliers en temps réels, pour éviter d'avoir à les stocker en milieu urbain. L'entreprise intervient également sur un ancien site industriel basé à Pont-de-Claix (38), dans la périphérie de Grenoble. La commune souhaite y faire un aménagement dans 8 ans, avec des logements et quelques commerces.

« Nous avons mené des réflexions sur l'usage temporaire possible du site en attendant 8 ans que l'aménagement soit fait. Nous avons proposé plusieurs types de dépollutions classiques pour avancer sur la principale partie du chantier, mais nous utilisons aussi ce site pour tester de nouvelles méthodes de dépollution, par exemple pour le traitement de PCB » indique Gaël Plassart. « Nous mettons également en place un système innovant de monitoring de la dépollution, avec la géo-

physique, pour suivre en direct la dépollution, et savoir où il faut agir pour gagner du temps ».

L'amélioration du diagnostic pollution et plus particulièrement une meilleure caractérisation des sources de pollution est un préalable nécessaire, à la fois pour le choix de la (des) technique(s) de dépollution la (les) plus pertinente(s) mais aussi pour leur dimensionnement. Dans ce contexte, Burgeap a développé différentes méthodologies fondées sur des projets de Recherche & Développement pour la caractérisation des sources de pollution

de type NAPL (Non Aqueous Phase Liquid), typiquement des hydrocarbures pétroliers (LNAPL) ou des composés organo-halogénés volatils (DNAPL). « Ces méthodologies comprennent à la fois des stratégies de diagnostic (MACAOH, FLUXOBAT, ...), des protocoles d'échantillonnage/analyses (par exemple le protocole MACAOH pour les composés volatils ou le protocole SoS_{ie} pour les sols contenant du NAPL mobile ("hydrocarbures flottants")), des capteurs temps réel (par exemple des capteurs couplés à des engins de forage permettant de préciser la présence/absence de NAPL), des outils de modélisation pour interpréter les données (par exemple les logiciels OREOS ou SAMBBA), estimer les volumes de polluants (outils géostatistiques), évaluer les risques sanitaires de façon spatialisée (CARTORISK) ou dimensionner un procédé de dépollution *in situ* (logiciels SIMUSCOPP, CubicM, ...) », explique Jean-Marie Côme, directeur R&D chez Burgeap.

Jean-Pierre Vanbaelinghem, Président Directeur Général de Le Floch Dépollution, confirme l'importance d'un bon diagnostic tout en faisant remarquer que son optimisation (coûts, délais, résultats etc.) doit être recherchée. « De plus cette phase "avant-



Le Floch Dépollution a développé une offre globale de dépollution industrielle et urbaine incluant la réhabilitation de sites industriels, des décharges dont l'exploitation du biogaz et le traitement des lixiviats.

CODE DE L'EAU 4^{ème} édition

par Bernard DROBENKO - Jacques SIRONNEAU



Le droit de l'eau concerne l'ensemble des politiques publiques. Or, l'eau est partout devenue un enjeu majeur, en France, en Europe comme dans le monde. Jusqu'à présent, il n'existait qu'une codification partielle de ce droit, disséminée par ailleurs dans plusieurs codes officiels.

La quatrième édition du « Code de l'eau », entièrement refondue, réactualisée et dotée d'un index analytique détaillé, regroupe l'ensemble des textes intervenus tant en droit interne, qu'en droit européen et international dans un domaine devenu stratégique. Il est enrichi de nombreux commentaires, d'éléments de doctrine, y compris administrative, et de jurisprudences.

L'ouvrage a fait l'objet d'un nouveau découpage et bénéficie d'une meilleure matérialisation du plan.

Seul ouvrage de ce type à traiter de l'eau dans toutes ses dimensions, le « Code de l'eau » appréhende tous les aspects de l'eau tant en ce qui concerne l'unité de son régime juridique que la diversité de ses usages économiques ou de loisirs comme la pêche.

Il s'attache à développer l'ensemble des éléments relatifs à l'eau brute avec la spécificité de certains régimes s'attachant à l'eau domaniale ou non domaniale, superficielle ou souterraine, métropolitaine ou ultramarine, naturelle ou minérale ou bien encore à l'eau traitée rendue apte à la consommation humaine, des mesures prises pour sa préservation et son assainissement sous quelque état qu'elle se trouve...

Cet ouvrage unique est complété par la possibilité offerte à l'utilisateur d'accéder à un site internet dédié (www.code-eau.com) où il pourra retrouver les arrêtés et les circulaires citées dans l'ouvrage, les jurisprudences les plus significatives mais aussi les textes les plus récemment parus.

Il permet aussi au lecteur d'accéder en quelques clics à l'ensemble du droit européen (directives, règlement, décisions) et du droit international.

Année de parution : 2017
ISBN : 979-10-91089-34-0
1780 pages
Format : 16 x 24 cm
Prix public : 149 euros TTC

www.editions-johanet.com

60, rue du Dessous des Berges - 75013 Paris - Tél. +33 (0)1 44 84 78 78

Fax : +33 (0)1 42 40 26 46 - livres@editions-johanet.com

Plan de redressement par voie de continuation avec cession partielle ou totale des parts sociales de la Société EUROFILTR'EAUX

La société EUROFILTR'EAUX est spécialisée dans la commercialisation de systèmes de traitement de l'eau brevetés et de matériels associés : décarbonateurs-détartrants, systèmes de filtration, détartrage et désembuage des circuits d'eau adaptés à tous types d'installation et de débit.

Un traitement de l'eau multi-action, antitartre, détartrant, antiétiages, anticorrosion, antilégionnelles qui est respectueux de l'environnement et ne modifie pas la composition chimique de l'eau.

Ces systèmes de traitement de l'eau sont vendus sur l'ensemble du territoire français sous la marque CACÉ, marque déposée à l'INPI sous le n° 93470089, sous les classes 1, 5, 11 le 28 mai 1993, détenue par la société EUROFILTR'EAUX.

Au total **4 brevets** ont été enregistrés à l'INPI détenus par WATER TREATMENT INTERNATIONAL LIMITED W.T.I., la société basée à Londres. Ces brevets français protègent leurs inventions sur le territoire de la France métropolitaine et d'Outre-Mer.

Condition commerciale à régulariser : contrat de distribution en cours de régulation entre la société EUROFILTR'EAUX et la société WATER TREATMENT INTERNATIONAL LIMITED.

Clientèle : Grands comptes

CA 2016 : 175 612 €

Résultat d'exploitation : 4 881 €

CA export 2017 : 100 000 €

CA France 2017 : 170 000 €

Soit une augmentation de 53 % de CA par rapport à l'exercice 2016

Date limite de dépôt des offres : le 10/03/2018 à 10h00 à CID &

Associés - 3 Avenue Beauséjour 92 500 Reuil Malmaison

Pour tous renseignements, s'adresser à Mme Chloé LEENDERS

Mail : cleenders@cidassocies.com - Tel : 09 72 58 37 98

Donner une seconde vie à la terre



GRS Valtech est l'un des opérateurs historiques dans le traitement des sites et sols pollués et des nappes souterraines avec près de 30 ans d'expériences et plus de 200 projets chaque année.

Particulièrement engagées dans une démarche d'innovation, les équipes de GRS Valtech développent sans cesse de nouvelles technologies et adaptent les processus existants pour répondre au plus près aux problématiques spécifiques de leurs clients.

www.grsvaltech.fr

GRS VALTECH  VEOLIA

Pour gagner en réactivité et en vitesse d'évacuation, GRC-Kallo (centres de recyclage dans les ports d'Anvers et de Zeebrugge) s'appuie désormais sur des plateformes de regroupement à Dunkerque et Strasbourg.



GRC Kallo

travaux" (diagnostics/appel d'offres/processus achat/contractualisation) ne doit pas être trop pénalisante en réduisant d'une manière importante la phase "travaux" (délai restant), explique-t-il. Il précise également qu'en dehors des points évoqués de réduction des délais et limitation des coûts, « une vraie dépollution doit être axée sur une réduction des volumes à la source (réutilisation maximum des matériaux traités et valorisation maximum des terres restantes, comme lors des opérations de dépollution de l'ex-site AZF

à Toulouse) ». Il évoque la combinaison des méthodes de dépollution, primordiale pour une dépollution optimale y compris à l'international (exemple: travaux de dépollution à Pointe-Noire, Congo).

Quelles innovations dans le secteur de la dépollution ?

En dehors de l'amélioration du diagnostic, quelques innovations sont à noter en matière de dépollution des sols et nappes. Notamment, Suez qui développe tant en matière de traitements *in situ* qu'en traite-



Brezillon

La plateforme Brezillon de Longueil-Sainte-Marie a été conçue pour permettre une meilleure valorisation des terres polluées devant être évacuées hors site par l'exploitation des brevets de traitement développés par Brezillon, qui bénéficie de près de 20 ans d'expérience en travaux de dépollution. Elle offre toutes les garanties de sécurité, qualité et traçabilité et dispose d'un quai sur l'Oise pour des livraisons par voie fluviale, au bénéfice du bilan carbone des opérations.

Associer des techniques différentes mais complémentaires

L'écoquartier ZAC Danube de Strasbourg occupe l'emplacement de l'ancienne usine à gaz de Strasbourg dont l'exploitation avait laissé un impact en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP). Des poches d'HAP résiduels en phase pure enrobant les matériaux naturels du site (sable-graviers) avaient été mises à jour à l'interface de la nappe phréatique et des sols du site. Pour permettre les travaux de construction de bâtiments projetés, la société d'aménagement de la ville de Strasbourg a mandaté le groupement Lingenheld-Zublin pour traiter cette pollution.

Les polluants se situant à l'interface eau-sol, il n'était pas possible de les excaver en totalité pour les traiter en centre adapté. En tenant compte de la nature de la pollution, des caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du site ainsi que des exigences du client en termes de délais/coûts et du taux d'abattement à atteindre, un chantier hybride a été envisagé. Le procédé retenu a permis de réhabiliter la zone par l'association de deux techniques de dépollution complémentaires: un traitement hors site en biocentre des composés en zone non saturée après excavation des terres mené par Lingenheld Environnement.

L'excavation des terres permet la réhabilitation rapide d'un site tout en présentant de fortes garanties de résultats. La zone à excaver a été définie suite à des investigations préalables des sols puis les terres impactées par la lentille de HAP ont été excavées jusqu'au niveau de la nappe phréatique.

Les matériaux inertes ont été décapés et mis en stock sur site en attente d'être utilisés pour le



Lingenheld

remblaiement des zones à purger. Les matériaux impactés ont quant à eux été tassés jusqu'au niveau du toit de la nappe phréatique et évacués directement vers l'ICPE de transit/traitement de Lingenheld Environnement située à Oberschaeffolsheim. Le terrassement a été effectué par bandes de largeur définie de façon à pouvoir calculer les quantités d'oxydant à introduire par bande lors de la deuxième phase de dépollution par oxydation chimique *in situ*. Une fois déposés, les matériaux excavés ont subi un prétraitement mécanique par criblage afin d'en extraire différentes fractions, et de les séparer en différents lots:

- matériaux admissibles en ISDND ou ISDD,,
- matériaux non inertes admissibles en traitement par biocentre,
- matériaux nécessitant un traitement par désorption thermique.

Réalisée par Zublin, spécialiste en traitement *in situ*, l'oxydation chimique par malaxage *in situ* des sols en nappe avec du persulfate (peroxodisulfate de sodium) a permis de dégrader *in situ* les HAP en ciblant parfaitement les polluants présents. L'avantage du mélange *in situ* est de permettre un contact efficace entre le réactif et les polluants, y compris lorsqu'il se trouve en forte concentration. L'oxydation chimique met en œuvre des réactions d'oxydation primaire par des radicaux sulfates qui ont des temps de réaction rapide et nécessitent donc une mise en contact courte. Une oxydation secondaire à plus longue efficacité permet le traitement plus large des polluants.

Les opérations d'excavation et de traitement ISCO des sols pollués aux HAP suivies du remblaiement des fouilles par des matériaux sains et du pompage et traitement des eaux souterraines a permis la réhabilitation du site et de rendre possible son projet d'aménagement.

Ce chantier hybride couplant les avantages de deux technologies a entraîné un abattement de la pollution dépassant les objectifs fixés par le client dans un délai court (9 mois). Le choix de traiter une partie de la pollution hors site et une autre partie *in situ* a permis d'atteindre un optimum coûts/délais.

La dépollution écologique des sols au cœur de la vallée de chimie

Bien que la tendance soit au traitement *in situ*, la réalité est différente. En effet, à ce jour, 60 % des traitements de terres polluées se font *ex situ* et 40 % *in situ*, c'est la raison pour laquelle Serpol (filiale spécialisée dans la dépollution du groupe lyonnais Serfim) & Vicat ont créé « Terenvie », première plateforme de valorisation des terres non inertes. Ce centre de traitement fixe innovant par phytodégradation fera appel à la technique de rhizodégradation (procédé Phytosol®), développée par Serpol. Cette technique rentre dans la catégorie des traitements biologiques *ex situ*.

Ce projet, qui a fait partie du premier « Appel des 30 » en 2014, et qui représente un investissement de plus de 1,3 million d'euros, permettra de dépolluer les terres des hydrocarbures en utilisant des végétaux, comme la luzerne ou le trèfle, grâce à un procédé efficace et éprouvé depuis plus de 10 ans. « Ce procédé de phytoremédiation est basé sur le développement du système racinaire des plantes, et surtout sur la capacité des bactéries qui s'y trouvent à biodégrader les polluants organiques », explique Alain Dumestre, Directeur Général de Serpol. Ce procédé est une alternative aux techniques conventionnelles de par sa technologie

innovante, naturelle et écologique. Le site sera constitué de deux zones : une première dédiée aux contrôles réglementaires et à l'admission des matériaux, une seconde réservée à la préparation des terres et à leur traitement. Il sera capable, à terme, de gérer 60.000 tonnes de matériaux par an. Dans une volonté de respect de l'environnement, le site sera intégralement étanché et un suivi environnemental régulier sera mis en place.

De plus, il offrira, visuellement, un espace de verdure et ne comportera pas de bâtiment, conférant ainsi une vraie intégration paysagère. « Terenvie » comprendra également une zone pilote de Recherche et Développement destinée à tester le procédé Phytosol sur d'autres molécules organiques que les hydrocarbures pétroliers et d'autres procédés innovants de phytodégradation.

Serpol a d'ores et déjà mené des projets de R&D sur des traitements biologiques voués à traiter des



éthers carburants, ETBE/MTBE (projet TISATIE porté par Axelera) ou des PCB (projet FUNGI EAT PCB porté par Axelera).

ments hors site avec la mise en place d'un réseau de plateformes Neoter® : des installations qui permettent de rapprocher des chantiers un ensemble de solutions de traitement hors-site. Une méthodologie qui combine l'efficacité de l'excavation avec la proximité des services de traitement. « Ces installations sont notamment très intéressantes pour des projets qui s'inscrivent dans des programmes de renouvellement urbain. Dans le cadre d'un projet concernant l'agglomération de Lyon par exemple, nous ne pouvions traiter *in situ* au regard des contraintes de temps imposées par le planning d'aménagement et de restitution des terrains, nous avons donc utilisé ce type de plateformes » explique Patrice Imberti chez Suez Remediation. « Ces installations permettent au client de réaliser des économies conséquentes, en optimisant la prise en charge des matériaux : leur transport, les opérations de tri et de prétraitement, et les outils de traitement ».

Au niveau des techniques de traitement, ces dernières années n'ont pas connu de changements significatifs, mais plutôt des optimisations des méthodes actuelles.

C'est par exemple le cas des techniques de stabilisation ou d'inertage des pollutions, maîtrisées par Remea, Ortec ou Ikos Environnement : cette approche consiste à mélanger un sol avec un liant chimique pour engendrer un complexe stable pendant plusieurs années. L'objectif, avec ce genre de produits, est d'obtenir une stabilité pendant 50 ou 60 ans.

On note par ailleurs quelques avancées sur le réemploi des terres polluées : des plateformes multimodales de tri et de revalorisation des terres se sont créées par Biogénie, GRC, GRS Valtech, Ikos Sol Meix, Envi-

san, Extract Ecoterres, Ortec, ou encore Suez. Les terres sont excavées, envoyées sur un site, traitées et lavées. Cela permet de les réutiliser plutôt que de les enfouir dans des centres de stockage. Ces installations peuvent aussi être utilisées pour accélérer les possibilités d'exportation et de valorisation vers la Belgique. En effet, ces plateformes permettent d'obtenir des autorisations d'export permanentes. Il est alors possible d'évacuer des terres dans un délai de seulement 3 jours, au lieu de plusieurs semaines habituellement (quand un dossier export spécifique doit être réalisé pour chaque chantier). Pour gagner en réactivité et en vitesse d'évacuation, GRC-Kallo (centres de recyclage dans les ports d'Anvers et de Zeebrugge) s'appuie désormais sur des plateformes de regroupement à Dunkerque et Strasbourg.

Les techniques appliquées *in situ*, notamment chimiques ou thermiques, ont connu également certaines améliorations. Pour les techniques chimiques, celles-ci portent sur le type de composé injecté dans le sol, où sur la manière de les injecter. En réduction chimique, des solutions de Fer zéro peuvent par exemple être injectées avec des solutions de matière organique, pour avoir un double effet, chimique et biologique. Sur les techniques d'injection, Yves Guelorget, Antea, explique que « Les ouvrages dirigés, une technique utilisée en géothermie, permettent de faire des injections sous les bâtiments, et cela peut être utilisé pour les opérations de dépollution sur des sites en activité ».

Yves Guelorget poursuit : « L'évolution la plus importante que l'on constate est qu'auparavant, ces techniques servaient à maîtriser un ensemble de pollutions dissoutes, on était dans la maîtrise

des impacts, on attaquait de faibles concentrations. Avec l'amélioration des techniques, on peut maintenant s'attaquer à des concentrations de polluants plus élevées, on s'attaque aux sources de pollution pour réellement dépolluer ».

Le défi pour les techniques chimiques est d'avoir un produit qui est à la fois réactif et durable, ce qui peut sembler antagoniste. Le but est de limiter le nombre de campagnes d'injection. Pour répondre à cette problématique, une autre innovation consiste à utiliser des particules de fer de plus petite taille, et enrobées d'une enveloppe, afin d'étaler leur effet dans le temps pendant plusieurs années avec une libération progressive des particules. Les techniques biologiques ne sont pas en reste, par exemple COLAS Environnement, le BRGM, le Laboratoire Géomatériaux et Environnement de l'Université Paris-Est Marne-la-Vallée et le Laboratoire Réactions et Génie des Procédés de l'Université de Lorraine ont initié un partenariat de recherche sur la production de biosurfactant permettant la mobilisation et la biodégradation des HAP. Ce projet fera l'objet d'une présentation à la conférence Battelle en avril prochain.

Mais la principale évolution dans le secteur semble résider dans la combinaison des techniques, comme le confirment la plupart des acteurs, dont Patrice Imberti, Suez Remediation : « Les techniques actuelles ont prouvé leur robustesse. Notre force aujourd'hui est de savoir et de pouvoir combiner ces solutions pour être encore plus efficace. Par une approche intégrée et globale, nous pouvons appliquer une combinaison de techniques de manière ciblée, selon la configuration du sol, la nature des polluants et leurs concentrations. Cela permet de prendre en compte

Zone de traitement thermique in situ (Soil Venting Thermal Extraction) en cours d'installation. La technologie développée et mise en œuvre par GRS Valtech permet de traiter des sources de pollution très concentrées dans tous les contextes.

la complexité des situations, et d'adopter des solutions mixtes de traitement in situ, on site ou hors-site. Les essais pilotes réalisés au préalable dans nos laboratoires permettent également de tester la faisabilité des solutions envisagées, la pertinence de nos choix techniques et de définir les paramètres de dimensionnement des projets. Ces approches contribuent notamment à la robustesse des solutions que nous proposons ».

Aujourd'hui, les entreprises de dépollution ont

donc intérêt à utiliser différentes techniques pour être plus efficaces, et s'adapter de manière plus fine au terrain. Si certaines techniques ont mal fonctionné par le passé, c'est généralement en raison d'une connaissance insuffisante du terrain.

Matthieu Hirrien, Responsable Études, Conception, Réalisation chez GRS Valtech, explique que les process de mise en œuvre des travaux ont également beaucoup évolué. « Avec la récente législation sur le PCT, on réfléchit en amont sur l'ingénierie, de façon à être plus robuste dans la gestion de projet. La manière dont on va appliquer les techniques va beaucoup dépendre de la gestion de projet. Certaines techniques ne pourront par exemple pas être appliquées si le cycle de vie du projet n'a pas été anticipé ».

Le phytomanagement : à la recherche d'une réelle traduction sur le marché

Un certain nombre d'études ont été menées pour développer la phytoextraction, qui permet d'extraire les polluants du sol via des végétaux, ou la phytostabilisation, pour stabiliser la pollution avec les plantes. Malgré le fait qu'elles soient très prometteuses, ces techniques ont souvent été testées et approuvées en laboratoire, ou utilisées à petite échelle, mais n'ont pas encore réellement trouvé leur traduction sur le marché.

Laurent Thannberger, Valgo, explique qu'« Aujourd'hui, personne n'utilise les techniques de phytoextraction, elles

n'existent que dans les laboratoires, et ne sont pas appliquées sur le terrain. Il y a par contre beaucoup de recherches dans ce domaine actuellement. Nous sommes en train de terminer un programme d'étude de 4 ans sur le sujet ».

Pour l'heure, ces techniques ont fait leurs preuves sur des terrains très étendus, en milieu naturel, sans fréquentation, par exemple sur des sites miniers.

Les freins à la mise en place du phytomanagement sont de plusieurs ordres. Ces méthodes sont complexes à mettre en œuvre, prennent du temps, et nécessitent que toutes les parties prenantes aient la volonté de les utiliser et de suivre leur efficacité sur le long terme. En outre, il existe une contrainte réglementaire sur la réutilisation de la biomasse fournie. La réglementation évolue et il devrait être possible d'utiliser prochainement cette biomasse pour différentes applications.

“Recycler” certaines friches industrielles

Dès sa création, Valgo a fait le choix de mettre en place un modèle novateur. Pour limiter le grignotage des terres agricoles dans les projets de remédiation, l'entreprise cherche à recréer des zones d'activité à la place des zones industrielles réhabilitées. Sur les projets qui le permettent, Valgo expérimente ainsi un modèle d'économie circulaire, en rachetant certains terrains à réhabiliter. Une sorte de “compostage d'entreprises”, comme l'exprime Laurent Thannberger avec humour. « C'est

notre modèle d'ingénierie immobilière : démolition, dépollution, développement. Ce sont les projets finaux qui permettent de financer tous les travaux qui précèdent. Ce qui n'est pas en contradiction avec la réglementation puisque la démarche de dépollution nationale implique de dépolluer en conformité avec l'usage futur. On a donc formalisé ce concept, nous créons un projet immobilier et nous prenons en main tout le projet. Avec cette vision, nous sommes sortis de l'approche classique du dépollueur, qui consiste souvent à mettre en œuvre les techniques, sans l'accompagner d'une vision de long terme sur les projets ».

À titre d'exemple, sur la ville de Petit-Couronne, Valgo mène un projet de réhabilitation d'une friche suite à l'abandon d'un ancien site de raffinage. Bolloré Energie a racheté une partie de la raffinerie pour la transformer en site de stockage commercial. Les 90 hectares restants ont été rachetés par Valgo qui y met en œuvre des travaux de dépollution pour réinstaller des entreprises. Une manière également pour Valgo de limiter le nombre d'industries qui iront s'installer à la campagne, et donc le grignotage des terres agricoles.

Les particularités du milieu urbain

Le milieu urbain présente différentes particularités, et les interventions dans ce domaine nécessitent toujours de prendre en compte un certain nombre de contraintes.



GRS Valtech

La première est la densité de population: la proximité des riverains nécessite de prendre certaines dispositions. Comme l'évoque Patrice Imberti chez Suez Remediation, « *Nous avons dû intervenir sur plusieurs chantiers, notamment au coeur de la petite couronne, sur des sols très chargés en polluants organiques, donc odorants, et nous avons dû confiner tout le chantier pour éviter les nuisances à l'encontre des riverains. Nos équipes ont un réel savoir-faire pour opérer dans ce type de configuration. Par ailleurs, un chantier qui dure dans le temps entraîne d'autres types de nuisances, visuelles, sonores, tout cela implique une organisation logistique bien adaptée* ».

Cette proximité avec les habitants demande donc de « *Faire des confinements dynamiques de nos activités, ce qui peut vite être lourd à mettre en place sur les projets* » témoigne Matthieu Hirrien chez GRS Valtech. « *Il faut en outre prendre en compte la problématique d'engorgement des réseaux routiers si on doit évacuer les terres vers l'extérieur après une excavation* ».

Pour Matthieu Hirrien, une autre particularité en ville est que les opérations de travaux doivent toujours faire face à une couche d'environ 1 mètre en surface qui contient tous les résidus des activités humaines (métaux, plastiques, etc.). Cela doit être pris en compte car certaines techniques peuvent poser problème (comme le fait de chauffer en présence de plastiques), et il faudra aussi prendre en compte cette couche particulière si des opérations de tri des matériaux sont mises en œuvre.

La troisième contrainte est celle de l'espace: « *Le milieu urbain est toujours très contraint* » explique Gaël Plassart chez Envisol. « *La loi impose de maîtriser l'étalement urbain, il faut donc bâtir sur des terrains déjà construits, nous devons démolir, dépolluer et reconstruire au même endroit, et cela incite à réutiliser les matériaux directement plutôt que de les évacuer et en prendre de nouveaux. Des efforts sont également réalisés pour le tri et le traitement directement sur le site* ».

La taille du site conditionne d'ailleurs les techniques utilisées. Il faut souvent faire appel à des installations spéciales pour atteindre la pollution en profondeur. Cet

aspect, ajouté au confinement, peut parfois représenter jusqu'à 20 à 30 % du coût du projet global.

« *En milieu urbain, les techniques de désorption thermique In Situ ont le vent en poupe, parce qu'elles permettent de dépolluer à pratiquement 100 % les pollutions aux hydrocarbures, sans devoir excaver, et cela même sous des bâtiments existants, explique-t-on chez Haemers technologies. L'ISTD en cela a permis d'apporter les solutions techniques à des problèmes de pollution jusqu'ici techniquement intraitables* ». Reste que l'environnement urbain implique souvent de devoir excaver et évacuer les terres. Simplement parce que « *Nous devons généralement créer trois étages de parking souterrain, ce qui implique donc une excavation des terres dans tous les cas* » explique Laurent Thannberger chez Valgo. « *Et dès qu'il faut être rapide, ou s'il y a des contraintes de place ou de voisinage, il faut également évacuer les terres* ». L'excava-



**Ressourcer
la terre**
réhabilitation de sites et sols pollués

Réhabiliter Dépolluer Valoriser Protéger
Surveiller Conseiller Traiter Diagnostiquer



SUEZ Remediation France 17 rue du Périgord 69330 Meyzieu
Tél : +33 (0)4 72 45 02 22 www.suez.fr

Sur les 45 ha de la ZAC Novaciéries à St Chamond (42) impactés par des Hydrocarbures, HAP, PCB et métaux lourds (As,Pb,...) Hub Environnement a mis en œuvre une plateforme interne multimodale de traitement des sols (6.000 m²) pour assurer la réduction des coûts. 100.000 m³ de terres polluées ont été traitées et revalorisées sur le site, induisant une économie de près de 4 millions d'euros par rapport au budget du plan de gestion initial.

Hub Environnement



pol qui développe l'utilisation de mousse *in situ* pour confiner les zones sources de pollution puis optimiser leurs traitements. Autre piste de recherche, toujours avec Valgo: l'électro-remédiation, c'est-à-dire l'utilisation d'un courant électrique pour mener des opérations de dépollution.

tion entraîne des coûts plus importants pour les projets, mais ceux-ci peuvent être compensés par la valeur plus forte des terrains en ville.

Des projets toujours plus efficaces

Ces prochaines années verront probablement de nouvelles techniques se développer, comme avec le phytomanagement,

approche prometteuse qui doit répondre encore à un certain nombre de contraintes. Certaines entreprises réalisent actuellement différentes études en R&D pour mettre au point de nouvelles méthodes d'analyses et de traitements. C'est le cas de Valgo par exemple, qui s'intéresse à l'utilisation de la géophysique pour le diagnostic et le suivi en dimensions réelles des chantiers depuis la surface. C'est le cas de Ser-

Mais ces méthodes n'en sont encore qu'au stade du laboratoire.

Au-delà de l'amélioration des techniques de traitement, c'est aujourd'hui l'amélioration du diagnostic, de la conception des travaux et la combinaison des méthodes de dépollution qui semble permettre d'envisager des projets plus efficaces en matière de réhabilitation des friches industrielles. ■

Réduire les délais et limiter les coûts

En milieu urbain, les techniques de désorption thermique *in situ* ont le vent en poupe, parce qu'elles permettent de dépolluer à pratiquement 100 % les pollutions aux hydrocarbures, sans devoir excaver, et cela même sous des bâtiments existants. L'ISTD en cela a permis d'apporter les solutions techniques à des problèmes de pollution jusqu'ici techniquement intraitables.

C'est ce que fait Haemers Technologies. La technologie Smart Burner™ a été inventée par Jan Haemers et Dr. Hatem Saadaoui et représente la dernière génération de traitement par désorption thermique *on site* et *in situ*. Comme pour les traitements par désorption thermique conventionnels, les terres contaminées sont d'abord chauffées à une température suffisante pour que les polluants volatils et semi-volatils s'évaporent (phase de désorption). Ces polluants, une fois en phase vapeur, sont extraits par aspiration (utilisation d'un système d'extraction SVE ad hoc) et font l'objet d'un traitement: incinération directe dans le brûleur Smart Burner™ ou récupération par condensation sous forme de produits. Le processus est basé sur deux principes fondamentaux. 1. Le sol est chauffé par conduction, ce qui permet de s'affranchir des hétérogénéités inhérentes au sous-sol. 2. Les polluants contenus dans les terres sont soit récupérés et recyclés, soit réutilisés comme source de chaleur, contribuant très favorablement au bilan énergétique du procédé.

Les vapeurs produites dans le sol sont extraites par aspiration. Une partie des vapeurs est détruite *in situ*

par plusieurs mécanismes. La technologie s'applique à tout contaminant dont le point d'ébullition à pression atmosphérique n'excède pas les 550 °C. Elle est très flexible et peut être mise en œuvre facilement *in situ* (sans excavation de la terre polluée) ou sur site après excavation par le placement d'un circuit de chauffage constitué d'éléments chauffants. Chaque élément chauffant est constitué de deux tubes concentriques et d'un brûleur à gaz. Les gaz chauds produits par le



Haemers Technologies

brûleur parcourent le tube interne puis remontent le long du tube externe avant de quitter le circuit. Les vapeurs de contaminant sont récupérées par un tube perforé en acier. Ce tube est placé à côté de l'élément chauffant.

Les polluants sont désorbés grâce à la montée progressive en température de la masse de terres

polluées. Ils migrent vers les tubes perforés mis en dépression et sont collectés à la surface. Ce transfert se fait par diffusion et convection. En surface, ces flux sont soit dirigés vers la flamme du brûleur (pour les polluants combustibles), soit acheminés vers une unité de traitement ad hoc. Lorsque les polluants sont combustibles et constitués uniquement des atomes suivants: carbone, hydrogène, oxygène, azote, tels que les hydrocarbures, HAP, etc.; Ces gaz aspirés du sol vont ainsi contribuer positivement au bilan énergétique du système mis en place.

Contrairement aux dispositifs de désorption thermique classiques (réacteur, four...) où le temps de séjour du sol dans le four est d'environ 20 minutes, le temps de chauffage d'une installation Smart Burner™ est de quelques semaines. En revanche, de plus grands volumes peuvent être traités en même temps, permettant ainsi d'obtenir des capacités mensuelles de traitement similaires voire supérieures au traitement classique.

Par ailleurs, la technologie étant particulièrement flexible, elle peut s'appliquer à pratiquement tous les volumes et toutes les configurations, allant de quelques tonnes à plusieurs dizaines de milliers de tonnes. Elle peut également traiter des terres avec des concentrations en polluants très élevées.

Depuis peu, la désorption thermique *In situ* (ISTD) permet également de traiter des pollutions au mercure, comme celles sous le collège d'Ivry Confluence (voir photo).