



# Unités mobiles de traitement : des situations variées

Par **Patrick Philipon**

## Abstract

### MOBILE TREATMENT UNITS: A RANGE OF SITUATIONS

Production of process water or drinking water; local authority water treatment; handling of industrial effluent; sludge: a mobile unit that can be moved around to varying degrees exists for all of these tasks. It might be about responding to an emergency, or it might be to avoid making civil engineering investments – different players (manufacturers, renters, service-providers) are meeting the needs of local authorities and industrial entities.

Production d'eau potable ou de process, assainissement collectif, traitement des effluents industriels, boues: il existe des unités mobiles, ou au moins déplaçables, pour tous ces postes.

Qu'il s'agisse de répondre à l'urgence ou d'éviter un investissement en génie civil, différents acteurs (fabricants, loueurs, prestataires de service) répondent aux besoins des industriels et collectivités.

**D**e l'urgence absolue au choix déterminé, un opérateur peut faire appel à des unités mobiles dans différentes situations pour assurer, temporairement ou à plus long terme, le traitement de son eau ou de ses effluents, voire de ses boues. Pour un industriel, par exemple, outre les cas d'urgence comme une panne de l'installation fixe de traitement alors que la production doit continuer, le choix de solutions mobiles – ou tout au moins déplaçables – peut répondre à des

contraintes de place ou représenter un choix économique: investissement moindre en l'absence de génie civil, unité revendable ou utilisable sur un autre site. D'où une diversité de réponses techniques et de modes de mise à disposition. Techniquement, cela va du skid placé dans une fourgonnette à l'unité conteneurisée implantée pour plusieurs mois ou années sur un site. Leur point commun: l'absence de génie civil structurel, l'unité fonctionnelle restant de ce fait déplaçable.



© Aqua Traitement

Aqua Traitement est spécialisée depuis 1992 dans la dépollution des eaux résiduaires, la déshydratation des boues aqueuses et le traitement de déchets par voie humide. Les solutions et processus d'élimination des polluants sont spécifiques à chaque demande de traitement des eaux : (coagulation, floculation, dessablage, déshuilage, décantation, filtrations, flottation, régulation de ph, traitement par unité biologique, aération, oxygénation...).

Khaled Al Mezayen, co-fondateur d'InovaYa, distingue trois grandes familles. « Il existe d'une part les unités pilotes, souvent sur skid, totalement mobiles, pour les essais sur sites, d'autre part des unités sur remorque, constamment en déplacement, restant quelques semaines sur site pour une urgence et en général louées. Et enfin des unités conteneurisées conçues pour un site particulier, un peu plus complexes à installer, qui peuvent rester plusieurs années en place mais restent déplaçables. » Conséquence technique évidente : « les unités destinées à la location doivent être disponibles « sur étagère », donc répondent essentiellement aux problématiques courantes, alors qu'une solution déplaçable fabriquée ad hoc peut être conçue pour un problème très particulier » ajoute-t-il.

« Un client peut choisir une solution conteneurisée pour sa mobilité ou pour des raisons économiques : place disponible, faible investissement », explique de son côté Simon Edouard, responsable commercial chez Nomado, un généraliste du domaine. « Les industriels choisissent aussi le « mobile » pour son aspect plug and play : facilement disponible, prêt à raccorder, avec des tests FAT<sup>1</sup> réalisés chez le constructeur. Le peu de génie civil éventuel (plateforme pour poser le conteneur) et les branchements peuvent être réalisés pendant la fabrication de l'unité » précise-t-il.

La variété est également de mise en ce qui concerne les fournisseurs, qui

<sup>1</sup> Factory acceptance test ou test d'acceptation en usine

comprennent des fabricants de solutions (exclusivement mobiles ou non), des loueurs et/ou prestataires de services et de grands traiteurs d'eau disposant d'un parc d'unités mobiles, essentiellement en location, pour les besoins momentanés de leurs clients. Les frontières sont d'ailleurs floues, un fabricant pouvant, par exemple, entretenir un petit parc d'unités à louer alors même que ce n'est pas son modèle économique principal. KWI, par exemple, qui est un acteur historique de la flottation, propose plusieurs unités mobiles en fonction du besoin (traitement biologique aérobie ou anoxie, culture fixée, etc.). « Notre vocation première est de



© Saur

Mobile Water Solutions de Nijhuis Saur Industries dispose d'un vaste parc d'unités mobiles de toutes technologies (traitement d'eau process et d'eau usées). Ici des unités combinant la désionisation (résines) et l'osmose inverse, destinées essentiellement à la production d'eau de process pour les industriels.

proposer ces pilotes en vue du dimensionnement d'une future installation, mais il nous arrive de les proposer à nos clients pour pallier à des besoins temporaires de traitement » rappelle Christophe Dedieu, son directeur général.

### PRODUCTION D'EAU DE PROCESS : LE MARCHÉ PRINCIPAL

Forts consommateurs d'eau, souvent très exigeants sur sa qualité, les industriels font de plus en plus souvent appel à des solutions mobiles, ou à tout le moins conteneurisées. Grands opérateurs comme sociétés spécialisées interviennent sur ce marché, à l'instar de BWT, Chemdoc, InovaYa, Nijhuis Saur Industries (NSI), Polymem, Séché Environnement ou Toro Equipment, entre autres. « Face aux problèmes de raréfaction et de diminution de la qualité de la ressource, les industriels et autres acteurs du domaine de l'eau ont souvent besoin d'une solution économique, performante et compacte pour compléter ou substituer leur approvisionnement en eau » résume Isabelle Duchemin Head of Marketing and Communication chez Polymem. « Aquamem Express est la solution adaptée qui permet de répondre temporairement ou durablement à ce besoin que ce soit en situation d'urgence, sur un problème de qualité d'eau, en cas de pannes d'équipements, lors de travaux pour assurer la continuité de service ou encore pour sécuriser la ressource ou répondre à une demande saisonnière exceptionnelle ». Unité d'ultrafiltration

autonome en container, elle utilise les modules Gigamem® à fibres creuses Neophil® de dernière génération pour la production jusqu'à 2000 m<sup>3</sup>/jour d'eau potable ou de procédé à partir d'eau douce, ou le traitement tertiaire d'eau usée municipale ou industrielle. Face aux nouvelles exigences réglementaires et aux besoins de transition durable avec l'utilisation de ressources non conventionnelles, « Chemdoc Water Technologies place les solutions mobiles au cœur de sa nouvelle offre destinée à répondre aux nouveaux enjeux de l'eau pour l'industrie et les collectivités, au travers d'une offre de location et de facturation à l'usage de Water as a service (waas) » complète Salvador Perez, son directeur général.

« Notre métier est avant tout de faire des solutions de traitement sur mesure. Si le client n'a pas le génie civil ou manque de place sur son site, nous conteneurisons » explique Dimitri Monot, responsable de l'activité reuse chez BWT. Il cite par exemple un projet en Guyane où un conteneur BWT, combinant ultrafiltration (UF) et osmose inverse (OI), produira à partir d'un forage une eau purifiée (à 0.1 micro-siemens) pour alimenter une chaudière à haute pression.

Nijhuis Saur Industries (NSI) est devenu un très grand acteur de ce domaine. « Nijhuis, une société néerlandaise spécialisée dans les unités conteneurisées de traitement des effluents, a été rachetée en 2020 par Saur. Fin 2022, Saur a acquis la branche européenne de Mobile Water Services de Veolia et est désormais connue sous le nom NSI Mobile Water Solutions. L'ensemble de la flotte, avec les équipements propres de Saur, sont désormais réunis chez nous » explique Olivier Leclerc, Division Sales Manager France chez NSI Mobile Water Solutions. Résultat : la société se trouve à la tête d'un très important parc d'unités mobiles de toutes technologies et opère à l'échelle européenne. Elle dispose même de ses propres usines de régénération de résines à Wissous, en Ile-de-France, en Allemagne et au Royaume-Uni. Elle loue ses unités selon trois types de contrats. « En situation d'urgence (panne, problème d'approvisionnement en soude ou acide comme ces derniers mois), nous mettons en place en moins de 24 heures une unité qui produit les mêmes quantité et qualité d'eau que



© InovaYa

InovaYa a développé des technologies membranaires sur skid pour la production d'eau potable. Ici, une unité unYo est installée à bord d'un navire : elle potabilise de l'eau de ballast pour la consommation de l'équipage.



© TMI

Pour intervenir sur plusieurs sites avec un seul équipement, TMI intègre les préparantes, Skids, cuves agitées, décanteurs lamellaires ou mêmes les centrifugeuses dans le contenant prévu (container, bungalows...) qui peut être isolé, ventilé, chauffé et éclairé.



© Semeo

Panne, casse, pollution, fortes précipitations, surcroît d'activité, Semeo dispose d'un parc de plus de 50 équipements pour répondre à toutes ces demandes.

l'installation pérenne du client. Dans ce cadre, nous proposons en amont notre contrat ReAct qui repose sur un audit gratuit des besoins du client (et de nos exigences en termes de puissance électrique et de raccordement hydraulique) afin de pouvoir répondre au plus vite sur un simple appel à un numéro unique» rappelle Olivier Leclerc. Autre type de contrat: la location planifiée, par exemple lorsque l'industriel arrête sa propre installation de production d'eau pour maintenance, ou fait face à des variations saisonnières d'activité, comme en sucrerie. Enfin, NSI Mobile Water Solutions peut louer des unités pour plusieurs années (jusqu'à 7 ans) à des entreprises ne souhaitant pas investir dans ce qui n'est pas leur cœur de métier. « Dans ce cas, les unités sont raccordées avec des canalisations rigides, munies de système de monitoring, etc. » précise Olivier Leclerc. NSI Mobile Water Solutions aligne la gamme complète des technologies : des unités de déminéralisation à base de résines, dont le « fleuron », le MODI 15000 T peut produire jusqu'à 150 m<sup>3</sup>/h d'eau déminéralisée à 0.05 micro microsiemens (pour chaudières à haute pression ou turbines par exemple), le tout sur un semi-remorque. D'autres unités plus petites peuvent utiliser différents médias filtrants : résines, charbon



Sur le marché du traitement mobile des boues de STEP, MPO propose la technologie de la presse à vis, en développant des conteneurs autour d'une machine Huber Technology.



KWI propose plusieurs unités mobiles : unités de flottation (flottateur circulaire et flottateur lamellaire), décanteur lamellaire, conteneur de traitement des eaux biologique modulaire et transformable en fonction du besoin (traitement biologique aérobie ou anoxie, culture fixée, etc.).

## UNE UNITÉ MOBILE D'AJELIS SUR LE CENTRE D'ESSAIS EN VOL DE LA DGA



Unité mobile pilote (photo de gauche) et CHIMICAPT® Box (photo de droite).

**Ajelis, avec ses matériaux METALICAPT®, dans le domaine du traitement de finition de l'eau, a mis en place sur le site de la DGA Centre d'Essais en vol d'Istres une installation mobile pilote de traitement d'eaux chargées de divers métaux lourds issues de laveuses industrielles de nettoyage des sols d'un hangar d'entretien et de préparation de la flotte d'avions. Ces eaux de laveuses également très chargées en matière en suspension (MES) sont maintenant clarifiées et répondent aux normes de rejet dans le milieu naturel.**

A l'issue d'un pilote réussi, Ajelis s'est associé au groupe Chimirec pour d'offrir une solution plus élaborée, mobile à haute performance de traitement des effluents industriels, la CHIMICAPT® Box. Ce système évolutif, simple à utiliser, est équipé de cartouches filtrantes régénérables avec des filtres METALICAPT® permettant une capture rapide et sélective des métaux lourds toxiques (cuivre, nickel, zinc, plomb, chrome,...) de différents anions (nitrate, sulfate,...), pesticides et colorants. La régénération des cartouches chargées en polluants peut être effectuée, sans interruption du traitement des effluents, soit in situ par le client, soit par le groupe Chimirec qui propose un service complet incluant une collecte personnalisée. Une équipe d'assistance est prête à intervenir pour régénérer les fibres, soit échanger les cartouches saturées par des cartouches régénérées. Facilement transportable, la CHIMICAPT® Box offre une efficacité maximale pour un encombrement minimal et rend une eau conforme aux réglementations en vigueur pour un rejet direct dans le milieu naturel ou une réutilisation sur site. A l'achat ou en location, elle s'adresse à des structures traitant de gros volumes d'effluents mais aussi à des entités qui génèrent de plus petites quantités d'effluents à traiter. Ajelis et le groupe Chimirec devraient orienter leurs futurs développements vers le recyclage et la valorisation de certains métaux.



© Polymem

Utilisant les modules Gigamem® à fibres creuses Neophil® de dernière génération, l'Aquamem Express transforme les eaux souterraines, de surface, de process ou les effluents secondaires en une eau clarifiée et désinfectée.

actif, sable ou BIRM (pour la déferri-sation et la démanganisation). A cela s'ajoutent des unités de filtration (sur remorque ou conteneurisées) à disque ou à tambour, ainsi que de nombreuses unités membranaires de toutes tailles, en ultrafiltration comme en osmose inverse simple ou double passe. « Pour les besoins spécifiques de l'industrie pharmaceutique, nous disposons aussi de skids capables de produire jusqu'à 6 m<sup>3</sup>/h d'eau propre à la préparation d'injectables. Ils combinent prétraitement sur charbon actif et résine cationique osmose inverse, électro-désionisation (EDI) puis une finalisation par UV ou UF » précise Olivier Leclerc.

NSI Mobile Water Solutions sert des clients dans la pétrochimie, la pharmacie, l'agroalimentaire, l'automobile ou l'énergie. « Nous avons par exemple un contrat avec un fournisseur d'énergie majeur d'Ile de France. Nous installons en général un MODI 15 000 T qui produit en une journée l'eau déminéralisée dont le site a besoin. Cet hiver, il a cependant prévu un scénario « forte sollicitation de production » impliquant un recours accru à ces centrales en cas d'épisode prolongé de grand froid. Nous envisageons donc de placer une unité d'osmose inverse (MORO 4x25T) en amont du MODI 15 000 T pour optimiser son fonctionnement » explique Olivier Leclerc. Ce type de configuration devient courant. L'osmose inverse préalable « soulage » l'unité de déminéralisation, ce qui permet en plus d'économiser les produits chimiques nécessaires. La pénurie européenne de soude et acide

chlorhydrique de la fin d'année 2022 a d'ailleurs généré une forte demande d'unités mobiles d'osmose inverse. C'est ce type de solution (osmose puis déminéralisation) que NSI Mobile Water Solutions a installé en urgence sur le site d'une entreprise chimique suite à une panne. « Nous avons installé l'unité en moins de 24 heures et elle y est restée 9 mois, le temps qu'arrive une pièce spéciale pour réparer leur panne » se souvient Olivier Leclerc.

### TRAITEMENT (ET RÉUTILISATION) DES EFFLUENTS INDUSTRIELS

Variables, parfois dangereux, souvent complexes à traiter: tels sont les effluents industriels. Il existe cependant une offre de solutions mobiles assurant soit l'intégralité du traitement, soit une

finalisation avant, par exemple, réutilisation dans l'usine. Outre les grands opérateurs, les intervenants ici s'appellent Centriboet, Atlantique Industrie, Biome (évaporation sous vide et OI), BWT, CTP environnement, Eurotec Développement, Exonia, InovaYa, Nomado, Salher, Semeo, Tec'Bio (traitements biologiques: MMBR, SBR, etc.), ou encore Trévi (traitement chimique, biologique ou membranaire ou une combinaison de technologies) pour ne citer qu'eux.

« Plusieurs acteurs, dont Exonia, proposent des unités d'évaporation pour, par exemple, les lixiviats de centres d'enfouissement. Cela concentre 3 à 4 fois la pollution, ce qui peut paraître modeste mais l'évaporation a l'avantage d'un énorme débit. Un conteneur de 40 pieds peut traiter jusqu'à 15-20 m<sup>3</sup>/h » souligne Philippe Caurier, PDG d'Exonia. Il existe également des unités conteneurisées de traitement physico-chimique. « Cela devient rare car cette technologie atteint ses limites de performance face à des normes de rejet de plus en plus exigeantes. Elle est donc souvent associée à autre chose, par exemple l'ultrafiltration (UF). Et comme elles génèrent une certaine quantité de boues, les unités physico-chimiques sont souvent couplées avec un filtre presse. On trouve ainsi de plus en plus d'installations multimodales additionnant plusieurs procédés complémentaires » affirme Philippe Caurier.

Exonia se pose surtout en spécialiste des modes de séparation physiques: évaporation, OI, filtration des boues « Nous pouvons coupler un évaporateur à une



© Faure Equipement

L'unité mobile de Faure Equipement intègre le filtre presse Titan 219B, qui a une production de 3300 litres de gâteaux, le conditionnement, la pompe d'alimentation et le convoyage par vis.



© CTP environnement

L'unité mobile de traitement AEROMOBIL® permet la séparation des matières en suspension et des hydrocarbures par coagulation, floculation et aéroflottation à des débits jusqu'à 1000 m<sup>3</sup>/h.

osmose pour obtenir une qualité irréprochable des effluents en sortie ou installer l'osmose avant l'évaporateur pour traiter le plus gros du débit avant de concentrer les restes par évaporation. L'évaporation, bien que rustique, reste une technique économe» admet Philippe Caurier. Excluant la simple location, Exonia propose plusieurs formules : la prestation de service (paiement au m<sup>3</sup> d'effluent traité), la location-vente des unités (Exonia opère pendant 12 mois et forme le personnel du client avant finalisation de la vente) ou la vente pure et simple.

Les clients demandent souvent des unités « mobiles » ... qu'ils installent à poste fixe. Ce genre de situation peut se produire par exemple pour un centre d'enfouissement technique ayant encore une durée de vie de 10 à 15 ans : que faire ensuite d'équipements de traitement conçus pour une durée de vie de 30 ans, selon Philippe Caurier ? « Un client nous a acheté une machine il y a 8 ans. Son site va grossir, il envoie donc l'unité vers un autre de ses sites. En une semaine, le système redevient opérationnel » affirme-t-il. Les pharmaciens et certains chimistes viennent aussi à ce genre de solution.

Bien qu'ayant développé ses technologies pour la potabilisation, InovaYa, qui est engagée dans la préservation de la ressource en eau et son accès universel, se place désormais sur ce marché. « Nous fabriquons sur mesure, au plus près des besoins, des unités de petit et moyen débit (jusqu'à 10 m<sup>3</sup>/h en industrie et eau potable 50 m<sup>3</sup>/h), avec nos

propres briques technologiques, assemblées sur skid ou en conteneurs. Nous pouvons répondre à des problématiques complexes » affirme Khaled Al Mezayen. InovaYa a développé des technologies membranaires pouvant traiter des effluents complexes et de qualité variable. « Nos machines s'adaptent automatiquement grâce à un algorithme que nous avons développé, contrôlant les cycles de nettoyage des membranes » explique Khaled Al Mezayen. « Nous venons d'envoyer une unité en Côte d'Ivoire, basée sur un BRM, pour traiter les eaux usées d'un industriel de la cosmétique. Il va en réutiliser plus de 80% pour le nettoyage et le rinçage des cuves » cite Khaled Al Mezayen

Avant toute vente, InovaYa réalise un audit chez le client. Il s'agit en premier lieu de rechercher les économies possibles d'eau dans le process, puis d'envisager des solutions de traitement et réutilisation des effluents. « Nous avons réalisé un audit pour le groupe pharmaceutique Pierre Fabre pour réduire drastiquement la consommation de son usine de Castres. Nous entrons dans la deuxième phase : mettre en place des solutions de traitement pour en faire un site « zéro rejet liquide ». Nous travaillons depuis un an avec eux » affirme-t-il. CTP environnement propose des unités mobiles à tous les niveaux de la chaîne de traitement, du primaire au tertiaire. Par exemple, l'unité Aeromobil®, d'une capacité de 500 m<sup>3</sup>/h par module, combine un conditionnement chimique des effluents avant l'étape de séparation par air dissous (DAF). Elle peut être déployée en traitement primaire, en secondaire après une étape biologique – également disponible en unité mobile – ou en traitement de finition tertiaire. Depuis 2016, deux modules traitent 1000 m<sup>3</sup>/h d'effluents sur le site d'une raffinerie d'Asie du sud-est, le temps de mettre en conformité leur installation fixe nécessaire pour satisfaire à la norme EURO 5. Sigma qui propose des stations de traitement intégral, est également très actif dans la conception et l'installation d'unités mobiles DAF.

En acquisition ou en location, les entreprises de la division environnementale du groupe Semosia, EMO et Semeo,



© Cetil Traitement de l'eau

Petites collectivités, acteurs du BTP, industriels, ONG, en France comme à l'export sont les utilisateurs potentiels des unités mobiles de Cetil Traitement de l'eau.



© Centriboet

Les solutions mobiles Centriboet ont pour avantage un degré de standardisation très poussé qui permet d'abaisser notablement les coûts de développement, d'assemblage, d'acheminement et de mise en service.

proposent respectivement des unités avec solutions de traitement adaptés. EMO conçoit, produit et installe des ateliers de traitement des eaux usées et des boues en abri modulaire fixe ou mobile, en container ou sur remorque. La force du concept modulaire réside dans sa capacité d'adaptation. L'entreprise rennaise propose une installation à façon dans le choix technique (tamis, table d'égouttage, filtre à bandes, presse à vis, flottateur, filtration), en adéquation aux contraintes d'implantation (emprise au sol, remplissage des bennes, circulation des bennes, etc...) et évacuation des déchets et boues traités. « La seule obligation pour l'exploitant est d'amener l'eau, l'électricité et les boues » précise Jean-Philippe Boudaud, responsable Industrie pour EMO. « Par contre, si l'acquisition d'équipement n'est pas envisageable pour le client, la location de solutions mobiles devient alors une véritable alternative et nous orientons nos clients vers Semeo spécialisée dans la location mobile et société sœur du groupe Semosia » ajoute-t-il. Conscients des contraintes économiques et environnementales auxquelles sont confrontés les exploitants au quotidien, Semeo propose donc des solutions mobiles à la location pour répondre aux différentes situations de pré-traitement, déshydratation des boues, traitement des effluents et lixiviats. « La location d'unités mobiles allie flexibilité, performance et maîtrise des coûts. » souligne Julien Blanvillain, directeur de Semeo. Chaque situation étant différente, chaque solution doit être adaptée.

Panne, casse, pollution, fortes précipitations, surcroît d'activité, Semeo dispose d'un parc de plus de 50 équipements pour répondre à ces demandes et a d'ores et déjà planifié l'agrandissement de son parc, passant de +100 équipements d'ici 5 ans. BWT intervient plutôt en traitement tertiaire après la STEP de l'industriel, pour permettre la réutilisation. « Nous concevons les unités au cas par cas. Par exemple, nous avons installé chez Saria un petit container avec ultrafiltration et adoucissement en sortie de la STEP. Il produit 70 à 80 m<sup>3</sup>/jour d'eau ultrafiltrée et adoucie ou de qualité d'eau de baignade pour les utilités » affirme Dimitri Monot. BWT vient d'installer une solution plus

simple en sortie de la STEP d'un industriel de l'aéronautique. « Leur STEP produit déjà une eau de bonne qualité. Nous ajoutons une désinfection par électrolyse de sel (BWT ECO-MX) et un filtre à sable. L'ensemble produit près de 100 m<sup>3</sup>/jour d'eau pour les TAR du site, alors qu'ils utilisaient auparavant de l'eau de forage pour cela » explique-t-il.

« Nomado peut déployer toutes les technologies existantes. Nous assurons aussi bien la rédaction des dossiers réglementaires que l'étude du process, la validation et la construction de systèmes physico-chimiques, biologiques, filtrants ou membranaires » affirme Simon Edouard. Nomado a ainsi réalisé l'unité de traitement des eaux de chantier sur le site du futur tunnel de Femern qui reliera l'Allemagne au Danemark. « L'unité traite les effluents de la fabrication des blocs de béton. Elle sera démobilisée à la fin des travaux, dans deux ou trois ans » explique-t-il. Les unités conteneurisées conviennent particulièrement bien aux chantiers de génie civil, durant en général quelques années.

#### ET LES COLLECTIVITÉS ?

Outre les situations de catastrophe, il arrive que les collectivités recourent à des solutions mobiles, ou au moins déplaçables, pour assurer tant la potabilisation que le traitement des eaux usées. InovaYa a ainsi été créée pour fournir des solutions mobiles d'accès à l'eau potable. « Historiquement, nous avons commencé à travailler avec des



© Andritz

Les dernières orientations unités mobiles de Andritz sont < 3,5 T qui permettent d'accéder à toutes taille de station même dans les endroits les plus restreints et contraignants afin d'être adapté au limite électrique des petites installation et d'être transportable par des équipements légers. Des unités allant jusqu'à 100 kg de MES/h ou 10 m<sup>3</sup>/h sont disponible en presse à vis dans de format < 3,5T.

ONG en zones difficiles ou situations de conflit » se souvient Khaled Al Mezayen. C'est pour cela qu'ont été développées les solutions unYo pour la potabilisation et aYa, plus simple (à base d'ultrafiltration), pour la sécurisation des eaux de réseau. Dans ce dernier cas, il s'agit d'assurer la qualité microbiologique d'eaux initialement potables mais ayant parcouru une grande longueur de canalisation avant d'atteindre, par exemple, un hameau isolé.

Pour le territoire national, InovaYa opère en partenariat avec Saur, en se heurtant parfois à des lourdeurs administratives... « C'est parfois difficile avec les autorités car certains des composants utilisés dans nos unités, bien que répondant aux normes européennes les plus sévères, n'ont pas encore obtenu de validation en France. Par exemple nous utilisons le verre recyclé au lieu de sable pour la préfiltration, or ce matériau n'a pas d'ACS en France alors qu'il est utilisé partout en Europe » regrette Khaled Al Mezayen.

La société est engagée depuis deux ans dans un gros projet de sécurisation des eaux de réseau en Guadeloupe, avec l'entreprise locale Bio With You. « Les eaux livrées ont des problèmes microbiologiques, il y a du chlrodécone et elles sont très peu minéralisées. Autant dire qu'elles sont difficiles à traiter... Nous allons installer une trentaine d'unités de type aYa renforcées de traitements supplémentaires à base de médias filtrants » révèle-t-il. InovaYa a aussi potabilisé les eaux du Danube pour les cabanes



© Atlantique Industrie

Skid de déshydratation par presse eau MDS et skid presse PC proposée par Atlantique Industrie.

de pêcheurs installées dans le delta du fleuve, un projet H 2020.

Les unités mobiles d'assainissement des eaux usées sont souvent déployées auprès de bases de vie de chantier car l'assainissement collectif *per se* opère en général à plus grande échelle. Elles peuvent aussi être sollicitées en cas d'urgence. C'est le domaine de sociétés comme Acqua.ecologie, Bionest, Nantaise des Eaux, Tec'Bio ou de Trevi. Et de Cohin Environnement qui a démontré en Ukraine l'efficacité de sa stratégie pour sécuriser l'accès à l'eau et l'assainissement dans les zones les plus exposées aux situations d'urgence. Nomado produit également ce type d'unités. « Nous avons réalisé en urgence des STEP conteneurisées pour

métropole Nice-Côte-d'Azur suite à la tempête Alex » se souvient ainsi Simon Edouard. Toro Equipment Salher ou encore le groupe géronais Sigma sont également très présents avec des unités portables et conteneurisées ajustées aux besoins des exploitants. « Ce sont des équipements fabriqués en PRFV placés dans des conteneurs standards de 20 ou 40 pieds » explique Cristina Alda. « Les installations couvrent tous les besoins de la file de traitement auxquels s'ajoutent les systèmes propres aux traitements tertiaires pour la réutilisation de l'eau et les systèmes de déshydratation des boues ». Les unités peuvent être rapidement connectées, déplacées et mises en service partout dans le monde dans le respect des réglementations en vigueur après avoir été testées hydrauliquement et électriquement à l'usine précise Toro Equipment.

Conçues à l'origine pour la potabilisation des eaux de surface ou le forage en zones reculées, l'entreprise tourangelle Cetil Traitement de l'eau a face à la demande étendu ses gammes d'unités mobiles depuis 2016 aux applications eau potable et eaux industrielles. En skid et conteneur, au-delà de leur intérêt logistique, notamment sur le transport international, elles offrent grâce à leur aspect *plug and play* et *ready to use* une mise en œuvre rapide sur le terrain avec peu de génie civil. La modularité des systèmes offre la possibilité aux utilisateurs d'avoir une solution sur-mesure, adaptée à leur cahier des charges et testée en atelier avant départ souligne le fabricant.



© Salher

Salher conçoit et fabrique des unités mobiles adaptées à tous les traitements des eaux : usées urbaines et industrielles, potabilisation d'eau, réutilisation au niveau international.

Parce que de nombreuses STEP urbaines sont monofiles, CTP environnement accompagne les exploitants qui font face à l'arrêt pour maintenance d'un ouvrage dans la conception de solutions sur mesure, permettant de garantir la continuité du traitement dans des conditions normales de fonctionnement. L'entreprise a par exemple récemment transformé un silo à boue en bassin aéré en le couplant à l'unité mobile Aeromobil®.

### LES BOUES : UN MARCHÉ À PART.

Outre les industriels, beaucoup de petites STEP collectives recourent à des unités mobiles pour traiter périodiquement leurs boues, qu'elles stockent en silos. L'interdiction d'épandage direct des boues liquides, suite à l'épidémie de Covid 19, a également dopé le marché. Des sociétés comme Actibio, Atlantique Industrie, ATR Créations, Aqua Traitements, Centriboet, CTP environnement, Faure Equipement ou Semeo se partagent ce marché. CTP environnement propose le conditionnement chimique et la déshydratation des boues en géotextile, particulièrement adapté aux boues minérales. « Cette solution est de loin la moins coûteuse et permet de différer les coûts puisqu'une fois déshydratée, la boue peut être évacuée dans un second temps et de manière progressive voir servir de matrice pour du remblais/espace vert et ainsi être valorisée par le client final » commente le prestataire de services. D'autres unités emportent en général un filtre presse ou des centrifugeuses.

MPO Environnement propose une technologie plus originale dans ce contexte : la presse à vis. « Huber Technology, qui fabrique des presses à vis, en avait installé une dans un conteneur pour des essais pilotes. Au vu de ses performances, nous avons décidé, mon associé et moi, d'intégrer cette machine dans des conteneurs plus élaborés pour la location » se souvient Christophe Pierrel, directeur général de MPO Environnement. Les raisons de ce choix ? Une machine très fiable, de maintenance très simple, beaucoup moins énergivore que les centrifugeuses. Les unités mobiles de MPO ont une taille adaptée aux petites et moyennes installations (moins de 20 000 équivalents habitants, soit la



© Toro Equipment

Toro Equipment ajuste les unités mobiles aux files de traitement des exploitants.



© EMO

Cet atelier de déshydratation des boues Modul'bloc d'EMO comprend une presse à vis avec l'ensemble de ses accessoires pour un bon fonctionnement de l'atelier des boues. Sur ce site, une vis convoyeuse d'évacuation des boues déshydratées et une vis pivotante de répartition dans deux bennes viennent compléter l'installation. Une version Container Maritime est possible.



© Huber Technology

Presses à vis Q-Press 620.2 Huber installée en container mobile. Capacité jusqu'à 250 kgMS/h pour une puissance moteur de seulement 2,8 kW.

grande majorité des STEP en France). « La presse à vis a un débit plutôt faible mais fonctionne 24 heures sur 24, contrairement aux centrifugeuses ou filtre-presses qui ont besoin de personnel. Au total, la quantité traitée quotidiennement est la même, et la STEP régite mieux car elle reçoit des retours en tête plus étalés » affirme Christophe Pierrel. MPO a par exemple implanté un conteneur durant plusieurs mois dans la STEP de Gien (Loiret), qui subissait une panne de centrifugeuse. Sans compter un grand nombre d'opérations récurrentes auprès de petites STEP qui vident leurs silos de boues liquides une ou deux fois par an. MPO se diversifie cependant vers l'industrie, notamment la papeterie dont les boues fibreuses ne « font pas peur » à la presse à vis. « Depuis 2 ans, nous avons aussi commencé une relation avec un industriel du forage. Moyennant quelques aménagements sur les machines, nous pouvons traiter une boue minérale (boue de sol ou bentonitique) » ajoute Christophe Pierrel. « Fort de plus de 250 références en France, les presses à vis Q-Press Huber ont naturellement trouvé leur place depuis plus de 10 ans sur des applications de déshydratation mobile, complète Etienne Morel, responsable secteur Nord-Est chez Huber Technology. La conception spéciale de la Q-Press Huber, notamment l'inclinaison de son tamis constitué de barres trapézoïdales permet de



© Eurotec Développement

Le modulaire fait partie des modes constructifs d'Eurotec Développement. Le fabricant breton propose dans des cas précis la conception et réalisation d'équipements type « modulaire ou grutable par presse à disque pour des clients qui doivent déménager leurs outils ou les faire évoluer techniquement.

garantir un haut niveau de performance (siccité et taux de capture). Les unités mobiles sont conçues pour fonctionner de manière autonome, même en cas de fonctionnement 24h/24 et de boues avec des concentrations fluctuantes. La Q-Press Huber est également adaptée au traitement des boues dites « difficiles » : fromageries, agroalimentaire, eau potable car son fonctionnement est adapté à la mesure de pression réalisée à l'intérieur du tamis. »

Centriboet est historiquement très actif sur ce marché également. Le fabricant revendique une très large gamme

d'unités mobiles pour la déshydratation de boues par centrifugation allant de 3 m<sup>3</sup>/h à 90 m<sup>3</sup>/h de capacité de traitement hydraulique, pour petits ou grands débits, pour traiter tout type de boues (biologiques, digérés, sableuses, etc.). SPF décline, pour sa part, une grande partie de sa gamme en unités sur remorque, conteneurisées ou sur skid selon les besoins de mobilité et de durée d'utilisation.

Le Concentratec sur remorque est un dispositif mobile d'épaississement des boues conçu pour fonctionner sans surveillance. Principalement destiné aux

## LES UNITÉS COMPACTES DÉCENTRALISÉES UCD® S'INSTALLENT EN OUTRE-MER ET EN AFRIQUE



© Suez

UCD Waiwai Fidji

**Les UCD® développées par le groupe Suez sont des usines de production d'eau potable et d'épuration des eaux usées compactes, modulaires, transportées dans des conteneurs métalliques. Elles sont conçues pour être mises en service facilement et possèdent toutes les technologies d'une usine traditionnelle**

**construite en béton. Ce que demandent les maîtres d'ouvrage et les opérateurs de l'eau et de l'assainissement pour les quartiers de mégapoles, les îles, les villes secondaires et communautés rurales et péri-urbaines en outre-mer et en Afrique.**

Face au changement climatique et aux événements extrêmes - tel le cyclone Yasa à Fidji en décembre 2020 avec des vents de plus de 260 km - les UCD sont capables de traiter de hauts niveaux de turbidité et de délivrer rapidement de l'eau potable aux populations. Ce sont 250 de ces usines compactes qui ont déjà été mises en oeuvre dans le monde entier et notamment en outre-mer, depuis le premier UCD®, installé à Tsingoni (Mayotte) en 1996, qui est toujours opérationnel, jusqu'aux récents UCD® déployés par la Calédonienne des Eaux en Nouvelle-Calédonie et aux îles Fidji, en passant par les UCD® de Guyane et de Polynésie française. Quant au continent africain, il compte 130 unités dans une vingtaine de pays. Dernière référence, la Côte d'Ivoire, qui dans le cadre de son programme « Eau pour Tous », déploie en 24 mois, 40 de ces unités compactes dans 32 villes secondaires pour alimenter en eau potable plus d'un million d'Ivoiriens.



© Sigma

L'offre d'unités mobiles de Sigma couvre tous les procédés de traitement : DAF, SMBR et SMBBR.

collectivités ou aux exploitants intervenant sur des STEP de petite capacité, le traitement peut s'opérer sans la présence du personnel d'exploitation et être déplacé sur un autre site par les

véhicules d'intervention une fois le traitement achevé.

Andritz Separation réalise également des unités de traitement des boues essentiellement équipées avec des

décanteuses centrifuge (pour la déshydratation et éventuellement l'épaississement) en raison de leur taille réduite et de leur capacité importante (de 2 à 130 m<sup>3</sup>/h). « Ces décanteuses intègrent évidemment les derniers développements en matière de basse consommation, tels que les plaquettes de niveau TurboJet, un réducteur à entraînement direct, et la très forte pression hydraulique, le tout permettant une réduction significative de la consommation électrique totale jusqu'à 40%, à débit et performances équivalents, ce qui se traduit par un retour sur investissement très rapide » assure Sabrina Guillerez Global product marketing manager Separation. Depuis peu, Andritz Separation propose des unités équipées de presse à vis, intégrant la C-Press, pouvant être installées dans des containers ISO 20 ou 40 pieds, et permettant la déshydratation de boues avec un débit de 5 à 50 m<sup>3</sup>/h. ●

À vos côtés depuis plus de 40 ans !

**AUTONEUTRAL**



TMI, toujours en recherche de solutions respectueuses de l'environnement, a breveté l'AUTONEUTRAL CO<sub>2</sub>.

Cette unité permet la neutralisation d'effluents basiques grâce à une recirculation ingénieuse qui consiste à transformer en acide carbonique l'intégralité du CO<sub>2</sub> utilisé.



1 Rue Gustave Eiffel  
BP 70305 · ZI La Chazotte  
42353 LA TALAUDIÈRE - Cedex

Tél : 00 33 (0)477 532 872  
Email : tmi@tmi.fr

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





© Lhotellier

ARTICLE  
INTERACTIF

# Sites et sols pollués : un contexte nouveau

Par **Patrick Philipon**

## Abstract

### POLLUTED SOIL AND SITES: A NEW SITUATION

Soil and groundwater clean-up – a market that is now mature – is having to take into consideration overarching changes in the economy, as well as developments within the industry. Everyone involved is ready for what is coming next.

La dépollution des sols et des nappes, marché aujourd'hui mature, doit faire face aux évolutions générales de l'économie, ainsi qu'à des changements propres au métier. Tous les acteurs se mettent en ordre de marche.

**T**oujours aussi nécessaire, la dépollution des sites et sols pollués subit de plein fouet plusieurs évolutions contextuelles. Des facteurs extérieurs - crise de l'énergie et des matières premières, préoccupations environnementales croissantes - comme internes - numérisation, évolution de la réglementation, « nouveaux » polluants - entrent en jeu. Les intervenants sur ce marché doivent s'adapter à la nouvelle donne,

qu'il s'agisse d'experts en études, ingénierie et réalisations comme Diastrata, Envireausol, Envisol, Ginger Burgeap, Tauw, Tesora ou encore Valgo, de prestataires d'exécution de travaux de réhabilitation comme Brézillon, Colas Environnement, Haemers, Lhotellier, Ortec Soleo, Remea, Sarpi Remediation (Veolia), Séché Environnement, Serpol, Solrem Environnement ou bien de développeurs de solutions logicielles comme Geovariances, Terrainindex ou Tellux.

## UN CONTEXTE INCERTAIN

Comme beaucoup de branches d'activité, la dépollution des sites et sols fait aujourd'hui face à l'augmentation des prix de l'énergie et des matières premières. « Nous voyons un ralentissement voire un arrêt des projets immobiliers, tant à cause de la hausse globale des coûts de construction que de la difficulté à vendre les produits finis. L'activité de dépollution s'en ressent » affirme ainsi Julien Alix, directeur de l'activité dépollution chez Lhotellier. « Il demeure encore beaucoup d'incertitude lié au contexte économique et énergétique actuel, qui impacte durablement les secteurs de l'industrie et de l'immobilier et donc toutes les filières associées. Il y aura toujours des projets mais ce contexte accentue la pression tarifaire et la tension sur l'activité » estime pour sa part Amélie Rognon, directrice développement Ortec Soleo. Laurent Mansuelle,

responsable du pôle technique chez Serpol, comme Sébastien Kaskassian, Expert Sites pollués & Responsable innovation chez Tauw, soulignent eux aussi un contexte tendu et des projets de plus en plus souvent reportés. « Dans ce contexte incertain, il est également important de maîtriser les coûts de travaux de dépollution. Cette fiabilité passe par un Plan de Conception de Travaux avec des essais au laboratoire et/ou sur le terrain afin de dimensionner précisément le traitement et ainsi sécuriser les travaux, fait valoir Olivier Tanguy, directeur de Solrem. Solrem réalise par exemple des essais de stripping au laboratoire permettant d'évaluer rapidement, avec seulement quelques litres d'effluents, la faisabilité de ce traitement ». Mais la profession souhaite rester optimiste, comme l'indique Remea: malgré les reports et la hausse des coûts, les projets se feront tôt ou tard qui plus est

dans un contexte où la prise en compte des considérations environnementales est de plus en plus poussée.

Cela est le cas en France comme à l'étranger, ce qui représente des leviers de croissances ou de maintien de l'activité. « Cette hausse des prix va aussi pousser les donneurs d'ordre à devoir anticiper ces travaux de dépollution pour payer moins cher des techniques qui prennent plus de temps » analyse Vivien Poulard, directeur général.

La crise énergétique pourrait même modifier certains choix techniques. Ainsi la désorption thermique, qui a le vent en poupe ces dernières années, pourrait marquer le pas. « Etant donné les prix du gaz et la tension sur l'approvisionnement, la désorption thermique perd sa compétitivité » estime ainsi Julien Alix (Lhotellier). « Après avoir beaucoup travaillé avec la désorption électrique, nous avons essayé le gaz

## DES ÉVOLUTIONS RÉGLEMENTAIRES



« La procédure du Tiers demandeur, qui permet à un promoteur de se substituer à l'industriel propriétaire du site pollué, a fait évoluer la profession. Des friches abandonnées depuis longtemps reviennent sur le marché immobilier » affirme Sylvain Petit, responsable métier SSP (partie industrielle) chez Ginger Burgeap. Ce type d'opération exige toutefois de disposer d'emblée de fonds importants, donc limite sérieusement le nombre des acteurs. « Depuis l'introduction du dispositif de Tiers demandeur, seule une quarantaine de dossiers ont été concrétisés en France ! Ces projets nécessitent en effet d'importants investissements et un « portage » sur une durée assez longue, ce qui limite de fait le nombre d'acteurs à quelques sociétés privées spécialisées. Toutefois depuis 2021, la loi Asap prévoit la possibilité pour un tiers-demandeur de se substituer à un autre tiers-demandeur sous condition que ce dernier dispose de capacités techniques et de garanties financières suffisantes pour couvrir la réalisation des travaux de réhabilitation. Ces nouvelles dispositions devraient élargir le nombre d'acquéreurs potentiels dont les aménageurs publics. Ce dispositif devrait donc à terme participer à l'accélération de la requalification des friches industrielles » espère Amélie Rognon, directrice du développement chez Ortec Soleo.

« Nous montons des partenariats avec des promoteurs immobiliers pour accompagner les industriels, qui ne sont pas forcément spécialistes de la valorisation foncière... De cette manière, ils n'ont qu'un seul interlocuteur » rappelle à ce propos Olivier Sibourg, directeur technique adjoint de Sarpi Remediation (Veolia).

Une autre nouveauté vient modifier les pratiques des prestataires d'exécution de travaux de réhabilitation : la traçabilité des déchets, dangereux ou non, est désormais dématérialisée. En effet, depuis le 1 janvier 2023, au lieu de remplir un classique bordereau de suivi des déchets dangereux (BSDD), il faut maintenant entrer les données dans Trackdéchets, la nouvelle application du ministère de la Transition Ecologique. Quant aux terres excavées, elles doivent être signalées dans le Registre national des déchets, terres excavées et sédiments (RNDTS), une autre base de données gouvernementale. « C'est une révolution dans le métier » affirme Christophe Chêne (Ortec Soleo). « Cela se répercute sur nos logiciels, qui émettent actuellement les registres. Nous avons dû faire des développements pour intégrer Trackdéchets et le RNDTS à nos outils actuels. Nous travaillons encore sur de nouveaux développements afin de nous adapter à l'évolution de ces dispositions réglementaires » explique pour sa part Amélie Rognon (Ortec Soleo). Franck Bouché qui assure la présidence depuis 2 mandats de l'UPDS, qui défend la norme métier, propose un modèle original clé en main de réhabilitation de friches industrielles qui intègre l'audit et le diagnostic du site, comme l'ingénierie du projet et les travaux de réhabilitation nécessaire à leur changement d'usage. A titre d'exemple le projet d'envergure (70 ha) réalisé sur l'ancienne raffinerie Petroplus à Petit-Couronne a été entièrement valorisé depuis sa reprise en 2014 sur ce concept. Ce modèle intégré permet aux grands comptes et organismes publics de réhabiliter les sites dégradés pour des projets durables avec une logique économique maîtrisée.

Spécialiste  
du nettoyage chimique industriel  
&  
du traitement des effluents  
par unités mobiles

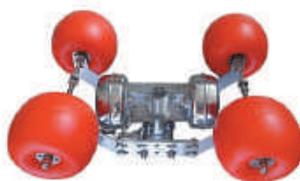


**Prestations**  
clé en main



**Location**  
avec/sans assistance technique

## Nouvelle activité : Location & Vente



Large gamme de matériels spécifiques  
au traitement d'eau / traitement d'air / dépollution des sols & nappes

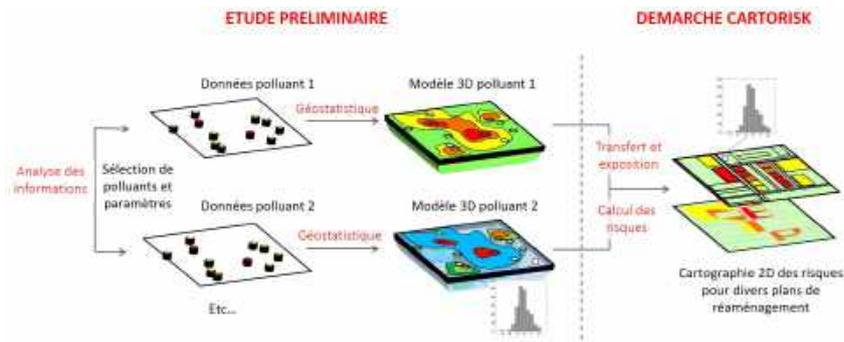
Plus de 200 équipements en stock  
Livraison rapide sur chantier

Pompage / Filtration / Séparateur / Décanteur / Ecrémage  
Skid pilote / Ventilation / Air comprimé

✉ [ctp-equipements@ctp-environnement.com](mailto:ctp-equipements@ctp-environnement.com)

[www.ctp-equipements.com](http://www.ctp-equipements.com)

l'année dernière. Etant donné le prix du gaz et son bilan carbone, c'est devenu une impasse. Comme les tarifs de l'électricité augmentent aussi, il va peut-être falloir se tourner vers des techniques plus « douces », biologiques par exemple, favoriser les traitements sur site, améliorer la gestion des terres avant élimination... Ce changement de contexte peut aussi créer des opportunités pour innover » préfère voir Christophe Chêne, directeur technique d'Ortec Soleo. « Pour les cas où les traitements biologiques ne sont pas pertinents, la désorption thermique reste une option de premier plan à condition de dimensionner/préciser les zones à traiter et la température cible. Colas Environnement met par exemple en œuvre de la désorption thermique à plus basse température qui permet de gérer rapidement des sources de solvants tout en maîtrisant la consommation d'énergie et les coûts » précise Jonathan Senechaud, Responsable développement de Colas Environnement. Même position chez Haemers Technologies, qui voit plutôt une évolution favorable pour la désorption thermique grâce à l'augmentation des prix de l'énergie. « Ceci est le fruit d'années recherche et développement, qui portent aujourd'hui leurs fruits. La désorption thermique chez HT consomme moins de 200 KWh par tonne, c'est-à-dire autant qu'une excavation à 6 mètres et un transport sur 80 km, poursuit Jan Haemers, Managing Director. L'impact climatique de la DT est aujourd'hui bien inférieur à l'excavation et l'évacuation et elle est considérée par de nombreuses études internationales comme la technologie la plus durable, notamment parce qu'elle ne laisse pratiquement pas de pollution résiduelle. En effet, si l'usage futur est pris en compte pour définir les objectifs de dépollution, il ne faut pas oublier que cela se base sur des études de risque, et que celles-ci sont très subjectives et dépendent fortement des experts qui les pratiquent. Dès lors, de plus en plus de maîtres d'ouvrage préfèrent un traitement définitif de la source de pollution plutôt que de laisser une pollution résiduelle compatible avec l'usage futur, sur la base d'une étude de risque dont les conclusions pourront éventuellement être contredites par une étude ultérieure. En traitant la source définitivement, le score de durabilité est amélioré car rien n'est transféré à la génération suivante ».



Fiancé par l'Ademe, Element Terre, eOde, Geovariances et Ginger Burgeap ont développé Cartorisk un outil permettant de cartographier les risques sanitaires liés à la pollution d'un site. L'aménageur peut ainsi choisir à l'avance les zones d'implantation des bâtiments, parkings, espaces verts...

Une chose est sûre. Parce qu'il existe autant de procédés disponibles (techniques physiques, oxydation, désorption, techniques électriques) que de zones à cibler, dans un contexte énergétique troublé, les techniques à privilégier doivent être non seulement explorées sur la base de critères techniques et économiques que sur l'atteinte aux objectifs climatiques. Face à cette nouvelle donne, les acteurs historiques comme Puro-lite, Lhoist ou encore Züblin travaillent en étroite collaboration avec les industriels pour continuer à améliorer l'efficacité de leurs procédés de dépollution. Ces contraintes actuelles s'ajoutent à la politique du "zéro artificialisation net" qui prône de reconstruire la ville sur la ville. « Dans ce contexte, les contraintes géotechniques deviennent majeures et favorisent l'utilisation des techniques in situ de soil mixing, injection, substitution à la tarière, ou encore substitution sous boue dont Remea a fait une de ses spécialités » indique Vivien Poulard (Remea). Des bio-additifs naturels sont par ailleurs disponibles avec des produits référents à travers la marque MycoEpur de Grencell.

### DÉPOLLUER OUI, MAIS JUSQU'À ?

En y mettant assez de moyens, d'énergie - souvent fossile - et de temps, il est possible de nettoyer, ou à défaut d'excaver et évacuer, la plupart des terres polluées. Mais est-ce toujours nécessaire ? La dépollution d'un site a un impact environnemental global, en particulier via les émissions de CO<sub>2</sub>, engendre des nuisances (charroi, poussières, bruit) dans le voisinage et bien sûr a un coût économique. Tout cela est à mettre en

balance avec la valeur du terrain, dans tous les sens du terme : valeur économique, valeur d'usage, valeur environnementale... Autrement dit, jusqu'où faut-il dépolluer ? Contrairement à d'autres pays européens où le seuil de dépollution (la quantité admise de polluant restant en place) à atteindre est fixe, la méthodologie française demande d'une part d'enlever la source et, d'autre part, de dépolluer jusqu'à un seuil variant en fonction de l'usage futur du site. Il sera plus sévère pour une zone d'habitation ou une école que pour un parking, par exemple. La réponse appartient donc en grande partie aux MOA - promoteurs, collectivités, aménageurs ou industriels - qui décident de l'usage futur du site. Les bureaux d'études et même les sociétés de travaux peuvent toutefois apporter des éléments de réflexion.

La première possibilité, pour les projets d'une certaine ampleur, est de repenser l'aménagement du site en fonction de la pollution constatée. Les bureaux d'étude peuvent y contribuer. « Si l'usage d'un grand site n'est pas encore complètement défini, nous pouvons réaliser plusieurs simulations, tester des positionnements : installer les usages les moins sensibles dans les zones les plus polluées. Lorsque les objectifs de dépollution envisagés ne sont pas atteints, il est possible de recourir à des dispositions constructives (gestion du transfert de volatils dans les bâtiments) ou des restrictions d'usage (interdiction de potagers dans les nouveaux aménagements) » énumère Sébastien Kaskassian (Tauw). « Parfois, notre intervention s'attache à limiter l'impact de la pollution d'un site vers l'extérieur par des techniques de barrière perméable réactive. Ainsi, on ne traite

pas la source mais on stoppe sa propagation» explique Stéphane Abello, responsable technique et méthodes de Remea. Lhotellier est en train de réaliser un chantier complexe en Normandie. « Dans le cadre du Tiers demandeur, un promoteur envisage de construire des habitations collectives et individuelles sur le site d'une ancienne usine laissée à l'abandon. Nous allons réaliser la déconstruction-désamiantage puis excaver les poches les plus concentrées ou faire du venting, selon les endroits. Une zone très polluée destinée à l'habitat amène le promoteur à l'aménager en jardin paysager » explique Julien Alix.

La même démarche peut s'appliquer à l'échelle d'une ZAC. La collectivité qui a préempté l'espace peut choisir soit l'option « jusqu'au boutiste » - dépolluer au maximum le site entier et livrer un terrain propre à des acquéreurs qui en feront ce qu'ils voudront - soit livrer les parcelles telles quelles, laissant chaque acquéreur dépolluer son lot en fonction

de l'usage qu'il envisage. « Nous avons développé un outil pour aider à cette réflexion. Nous injectons les données du diagnostic de pollution dans un modèle mathématique et les « projetons » sur le programme immobilier. Cela permet de dire, par exemple, qu'il n'est pas possible de construire des habitations à tel endroit, donc il faut soit lancer une dépollution coûteuse, soit plutôt envisager d'y mettre un parking ou un jardin. Cela doit se faire assez tôt, et les promoteurs y viennent de plus en plus » explique ainsi Sylvain Petit (Ginger Burgeap).

Des choix peuvent également être faits au moment de la réalisation du chantier. Réalisation qui peut d'ailleurs elle-même, en retour, engendrer des contraintes pour l'aménagement futur. « Là où, historiquement, les promoteurs étaient pressés et il fallait sortir les terres le plus rapidement possible, nous voyons aujourd'hui une vraie réflexion sur la réutilisation sur site - sous voirie ou parking par exemple - de terres peu impactées.

Beaucoup moins de terres sortent des sites. Cela peut aller jusqu'à la construction de merlons paysagers avec des terres « encapsulées » pour bloquer la migration de la pollution. Bien entendu la question de la pérennité des encapsulages se pose » constate Julien Alix (Lhotellier).

« Il est important d'intégrer l'entreprise de travaux en amont du projet. Un chantier de dépollution implique des opérations de BTP - faire des blindages, rabattre une nappe, creuser - plus ou moins compatibles avec la réalisation du projet d'aménagement. Par exemple, le soil mixing altère les caractéristiques géotechniques du sol : il faut prendre en compte si il est souhaité de construire dessus... » plaide Arnaud Perrault, directeur de Colas Environnement. Colas a l'occasion de déployer plusieurs techniques, avec leurs contraintes en termes d'aménagement, sur le vaste projet de requalification du site des anciennes usines Neyrpic, à Saint-Martin d'Hyères (Isère). « C'est pourquoi bien souvent, il

## LES SUBSTANCES PER- ET POLYFLUOROALKYLÉES (PFAS), UN SÉRIEUX PROBLÈME



© Sarpi Remédiation France

Installation de traitement par lavage sur site, de terres contaminées.

**Ce sont des polluants « parfaits » : ubiquitaires, toxiques, persistants et très difficiles à traiter car leurs molécules sont très stables. Il existe plusieurs milliers de PFAS, dont certains extrêmement courants, utilisés par exemple pour stabiliser la mousse des extincteurs d'incendie ou fabriquer des vêtements de pluie, les premières poêles anti-adhésives, etc.**

« La France est globalement en retard sur les Etats-Unis sur ce sujet. Les techniques actuelles, appliquées à quelques chantiers, se résument à du lavage des terres, et il faut traiter l'eau ensuite. Des tests sont effectués un peu partout » indique Annelise Gauthier, responsable du laboratoire Ginger T-Lab dédié aux essais de faisabilité de traitement du groupe Ginger. « Beaucoup de sociétés de travaux font des essais actuellement. Comme ce sont des molécules très difficiles à casser, cela se résume à passer les

eaux de lavage sur du charbon actif. Le problème est que, une fois chargé en PFAS, le charbon n'est pas régénérable. Il faut le mettre en décharge, d'où un coût élevé. Il n'y a pas de solution de recyclage actuellement » complète Sylvain Petit (Ginger Burgeap). « Il existe quelques techniques de traitement d'eau de lavage mais rien qui fonctionne au stade industriel. Nous travaillons sur le développement de nouvelles technologies » affirme ainsi Christophe Chêne (Ortec Soleo). « Les seules solutions existantes actuellement reposent sur l'adsorption sur charbon actif. Ce n'est pas vraiment du traitement » confirme Arnaud Perrault (Colas Environnement). Sa société s'est elle aussi lancée dans la recherche, participant au projet européen (H2020) Promiscues, avec entre autres le BRGM. Lhotellier préfère capitaliser sur son unité Alizeo de lavage des terres (Alizay, Eure). « Nous lançons des études de caractérisation de certains sols pour voir si notre solution de lavage pourrait traiter ces polluants, et quelles incidences cela aura sur les eaux de lavage. Nous récoltons des échantillons, avons installé un pilote opérationnel et aurons rapidement un retour » affirme Julien Alix (Lhotellier). « Nous abordons cette problématique avec plusieurs chantiers de lavage de sols contaminés dont un de 6000 tonnes de terres traitées sur place, sur une zone d'entraînement à la lutte contre les incendies chez un client industriel. C'est une première en France. En Belgique, nous allons traiter 30 000 tonnes sur notre plateforme de Grimbergen. Nous sommes parmi les premiers en Europe à savoir traiter de telles quantités de sols » estime pour sa part Olivier Sibourg (Sarpi Remediation). HPC International, qui est spécialisé dans la gestion de polluants de la chimie spéciale, immobilise les PFAS dans les eaux souterraines et les aquifères via des injections colloïdales de certains charbons actifs, et pour la dépollution des sols par le lavage in-situ via des nouveaux biopolymères protéiniques.



© Lhotellier

Le groupe Lhotellier réalise des chantiers de dépollution souvent complexes sur d'anciens sites industriels. Un logiciel de reporting pour le suivi des travaux, par exemple les paramètres de venting, est en cours de développement pour remplacer le papier crayon

faut étudier l'ensemble des composantes du sol et de la pollution pour proposer une dépollution qui s'insérera au mieux au projet de réhabilitation, développement et/ou construction, fait remarquer Vivien Poulard. Le groupe associe alors compétences de renforcement de sol et de la géotechnique, développées par le groupe Soletanche-Freyssinet auquel Remea appartient ».

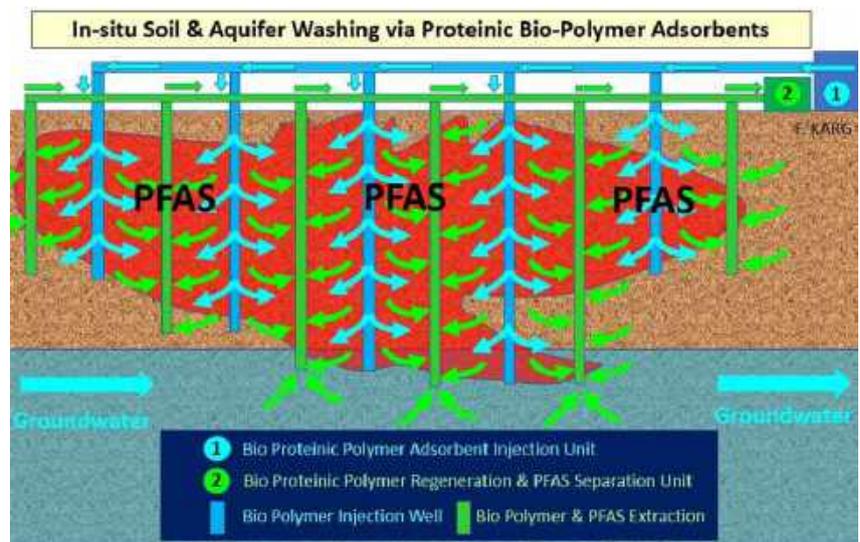
A des fins de compréhension et de diagnostic mais également pour mieux maîtriser les projets de réaménagement, l'utilisation de la biodisponibilité et la bioaccessibilité des polluants prend progressivement de l'ampleur, note Wessling. D'une utilisation encore limitée, ces outils tels que les tests UBM, PBET ou FOREhST ouvrent de nouvelles perspectives dans les conditions de réemploi des sols. Stéphane Fievet, membre du Groupe de Travail élargi Bioaccessibilité orale des métaux et métalloïdes dans les sols et responsable du service R&D chez Wessling France relève « que dans de nombreux cas les polluants, principalement les métaux mais également certains organiques ne sont pas biodisponibles ni bioaccessibles et ne présentent donc qu'un danger limité pour les utilisateurs en surface. Un changement de paradigme qui permettrait donc d'aménager un sol toujours pollué mais pour autant inoffensif ».

### DÉPOLLUTION ET ENVIRONNEMENT: UN LIEN PAS SI ÉVIDENT

Dépolluer un site, est-ce forcément une bonne chose pour l'environnement? Entre bilan carbone des travaux, protection de la biodiversité ou désimperméabilisation des sols, la réponse n'est pas aussi évidente qu'il n'y paraît. « Il est souvent possible techniquement de dépolluer jusqu'au bout mais les travaux vont alors grever d'autres indicateurs environnementaux: CO<sub>2</sub>, eutrophisation, artificialisation des sols, perte de biodiversité,

nuisances pour le voisinage... On nous demande de plus en plus d'inclure ces critères de choix dans nos scénarios de réhabilitation » affirme ainsi Sébastien Kaskassian (Tauw). « Une fois atteint le seuil de dépollution suffisant pour assurer la sécurité sanitaire des usagers du site, quid de traiter encore des milliers de tonnes de terre? Il devient difficile de répondre. Il y a dix ans, on ne se posait pas la question: on retirait les polluants. Maintenant on se demande s'il est nécessaire d'enlever encore 4 kilos de polluant en générant 20 tonnes de CO<sub>2</sub> » souligne pour sa part Arnaud Perrault (Colas Environnement). « Le groupe Colas a développé un outil donnant le bilan carbone de cela a posteriori pour vérifier les efforts de réduction globale. C'est pourquoi nous, à Colas Environnement, avons développé un outil, fonctionnel depuis novembre 2022, fournissant un bilan carbone au moment de l'offre, pour pouvoir proposer différentes solutions au client ou au bureau d'étude. Il est construit à partir du logiciel SEVE<sup>1</sup>, développé par Routes de France<sup>2</sup> pour le monde du BTP » précise-t-il.

Reste que chaque société, quand elle le fait, utilise sa propre méthode pour estimer le bilan carbone des travaux envisagés. Il n'existe pas de référentiel commun reconnu par la profession, ce qui, pour le client, ne facilite pas la comparaison des offres... « Les clients commencent à intégrer le bilan carbone des travaux dans leurs appels d'offre comme



© HPC International / Frank Karg, 2023

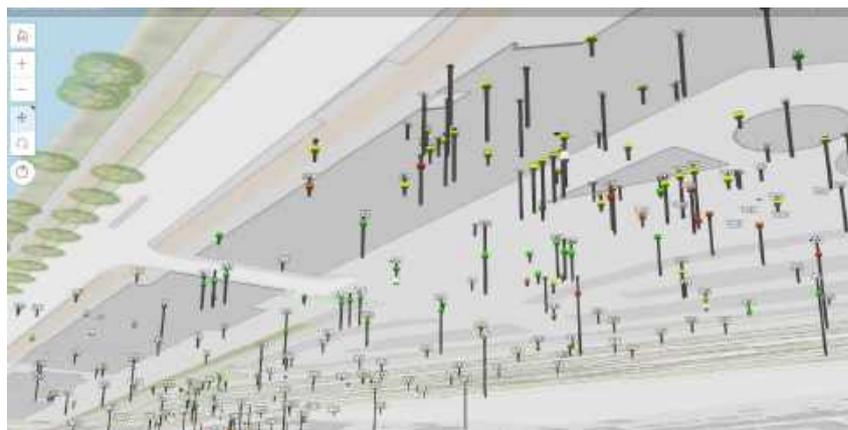
Traitement des PFAS par lavage in-situ via des Biopolymères protéiniques.

<sup>1</sup> Système d'évaluation des variantes environnementale, voir <https://www.seve-tp.com/>

<sup>2</sup> Voir <https://www.routesdefrance.com/usirf/>

critère de choix. Chez Ortec Soleo, nous avons mis en place un plan climat pour réduire nos émissions. Pour certains projets, nous identifions et chiffrons les solutions alternatives moins carbonées et les coûts associés afin de laisser le client choisir en tout état de cause. Nous avons développé, à ce titre, un outil qui nous permet d'estimer pour la majorité des techniques de dépollution, les émissions en GES. L'Union des professionnels de la dépollution des sites (UDPS) a édité récemment une charte de lutte contre le changement climatique. Mais il nous manque toujours un référentiel adapté à notre métier» regrette Christophe Chêne (Ortec Soleo). «Reste que l'enjeu ne réside pas tant dans la méthode de calcul du bilan carbone mais plutôt dans sa prise en compte par les maîtres d'ouvrage», souligne Stéphane Abello (Remea).

Outre les questions de désimperméabilisation des sols ou de protection de la biodiversité, qui sont plus du ressort des MOA, un chantier de dépollution, par définition, charrie ou traite de la terre. Est-il possible d'en faire des terres végétales, de recréer des sols fertiles? «Parmi nos onze plateformes de traitement des terres excavées, certaines produisent des terres végétales normées et réutilisables en aménagement paysager. Nous le faisons cependant à partir de terres inertes et non à partir de terres polluées traitées. Cette approche peut être adaptée sur chantier à partir de terres impactées que l'on va traiter et enrichir afin de constituer de nouveaux sols compatibles avec les usages



Tauw utilise des rapports dynamiques pour présenter aux MOA, en trois dimensions, les scénarios de dépollution, comme ici un site où un traitement par venting est envisagé. Il sera bientôt possible d'intégrer ces modèles au BIM de l'aménageur.

du site réhabilité» répond Christophe Chêne (Ortec Soleo). Sarpi Remediation a achevé en 2022 le programme de R&D Agrege consacré justement à la valorisation des terres faiblement polluées en sols fertiles. «Nous avons beaucoup travaillé sur la renaturation et la refunctionalisation des sols. Aujourd'hui on dépollue non seulement pour enlever le polluant mais pour redonner une vie au sol et restaurer ses fonctions: biodiversité, épuration, captation de l'azote... Le programme Agrege a maintenant donné naissance à une offre commerciale» affirme Olivier Sibourg (Sarpi Remediation). Il cite en exemple une réalisation à Pierre-Bénite (Rhône). «Sur une zone dépolluée, une forêt urbaine a été recréée sur des sols refunctionalisés. Les arbres attireront à leur tour une nouvelle biodiversité» explique-t-il.

Inversement, certaines espèces végétales invasives peuvent constituer une atteinte pour l'environnement. C'est devenu l'affaire des sociétés de dépollution. «Nous travaillons beaucoup sur des plantes comme la renouée du Japon que l'on rencontre sur les sites abandonnés. La demande est de plus en plus forte. Nous devons trouver un traitement efficace pour que les terres traitées ne la transportent pas plus loin. Après avoir enlevé le maximum de plantes, nous concassons les terres pour faire exploser les rhizomes restants. Nous prévoyons ensuite une phase de test pour nous assurer de la disparition complète de la plante (absence de repousse). Il existe aussi des solutions thermiques mais elles sont énergivores. Étant donné les volumes à traiter ces prochaines années, mieux vaut se tourner vers des solutions robustes et pas chères» affirme Julien Alix (Lhotellier). Ortec Soléo a traité avec succès des lots de terres polluées contenant des rhizomes de Renoué du Japon par désorption thermique à basse température, sur un projet de réhabilitation immobilière à Strasbourg. Ce traitement peut s'envisager par désorption thermique in-situ en préalable au terrassement des terres impactées ce qui limite toute dissémination. «Au Danemark notamment, les outils de durabilité – impact CO<sub>2</sub> – sont devenus obligatoires pour certains marchés publics, ce qui a donné un boost à la désorption thermique in situ dans ce pays», fait remarquer Jan Haemers.



Un chantier complexe de réhabilitation industrielle réalisé par Ortec Soleo portant sur la gestion de matériaux mercuriels. Des conditions de réalisation très contraintes d'un point de vue techniques et HSSE avec ici tente de confinement ventilée et terrassement à l'aspiratrice.

## LES OUTILS NUMÉRIQUES, DEVENUS INDISPENSABLES

Même si la profession fait encore beaucoup appel au papier, ou aux fichiers



© Serpol

Serpol utilise le logiciel TerraIndex pour partager directement les données de terrain avec le bureau et produire automatiquement les rapports de suivi de chantier.

numériques remplis «à la main», bureaux d'études et sociétés de travaux ne peuvent plus temporiser. Il faut désormais intensifier le recours au numérique, et ce à tous les stades d'une opération, du diagnostic initial à la réalisation du chantier. Des outils existent déjà, qu'ils soient disponibles commercialement ou créés en interne, mais les acteurs continuent leur développement/amélioration. Dès le diagnostic initial, les outils numériques tendent à remplacer le «papier-crayon». «Sur le terrain, on a de plus en plus souvent recours à des tablettes pour enregistrer et envoyer les données en direct. Nous développons actuellement une manière de collecter automatiquement les mesures en cours de sondage exploratoire. Par une liaison à distance, la sonde envoie les concentrations au fur et à mesure qu'elle descend, par exemple tous les trois centimètres. C'est très précis et permet d'orienter immédiatement le sondage suivant, par exemple» explique Sylvain Petit (Ginger Burgeap). «Dès la phase de collecte des données, il faut agréger les résultats des études antérieures et ceux du diagnostic terrain. L'opérateur dispose sur sa tablette d'un logiciel où entrer toutes les informations, scanner

les code-barres des flacons d'échantillons à destination du laboratoire, etc. Tout cela part directement dans notre base de données. Nous pouvons alors créer des cartes à deux ou trois dimensions avec toutes les informations connues, plus les données publiques provenant par exemple de l'IGN pour la topographie, la position des cours d'eau... Pour rendre la 3D au client, nous utilisons de plus en plus les rapports dynamiques, que ce soit en pdf ou par accès direct à notre intranet» détaille Sébastien Kaskassian, de Tauw. De la même manière, Remea acquiert l'ensemble des données de sol dans un outils de géolocalisation qui permet d'utiliser les données antérieures, gage d'une meilleure analyse technique des futurs chantiers.

Tellux utilise l'imagerie hyperspectrale pour l'analyse des sols couplée à de l'intelligence artificielle. La technologie permet une lecture continue de la pollution et des composites des sols sur toute la profondeur d'un sondage fournissant ainsi aux maîtres d'ouvrages le moyen de sécuriser financièrement les chantiers de dépollution, indique la société.

Une fois les données acquises, encore faut-il en effet les exploiter, en tirer des informations ou des prévisions et les intégrer dans le projet d'aménagement (plan de gestion puis plan de conception des travaux). «Là encore, nous faisons récemment des cartes «à la main»

ou presque. Il existe de plus en plus d'outils numériques pour faire de la géostatistique, traiter les données pour avoir une vision précise de l'étendue et de la concentration des panaches afin d'optimiser la dépollution ultérieure. Sans compter la modélisation qui permet de prédire, par exemple, l'évolution du panache en fonction du traitement proposé» énumère Sylvain Petit (Ginger Burgeap). «Depuis plusieurs années, les constructeurs utilisent des BIM, qui modélisent tous les réseaux en 3D, pour gérer les grands projets. Nous tendons de plus en plus à configurer nos données concernant le sous-sol de manière à les intégrer au BIM mis en place par le promoteur qui aménagera le site» ajoute-t-il. Même démarche chez Tauw, comme l'explique Sébastien Kaskassian: «nous testons actuellement la possibilité d'importer nos modèles 3D de pollution et nos scénarios de dépollution directement dans le BIM du constructeur. Des tests sont en cours, mais cela demande beaucoup de développement sur le format des fichiers ou la typologie des données». Tauw utilise pour tout cela un mélange de logiciels du commerce et d'outils «maison». «L'acquisition des données, comme d'ailleurs plus tard le suivi de travaux, se fait via le logiciel TerraIndex<sup>3</sup>. Les données sont versées dans notre propre base et, pour la visualisation, nous avons développé en interne un SIG<sup>4</sup> qui positionne ces valeurs dans l'espace. Pour



© Remea

Centre de traitement des terres polluées de Remea situé à Gaillon (27), qui traite jusqu'à 128 000 T par an. Ce biocentre présente l'avantage d'opérer uniquement à l'intérieur du bâtiment, limitant ainsi de façon drastique les potentielles nuisances à l'extérieur grâce à la maîtrise des eaux pluviales qui ne sont pas en contact avec les terres potentiellement polluées, ou de traiter l'air directement sous le bâtiment.

<sup>3</sup> Voir <https://terraindex.com/fr/home/>

<sup>4</sup> Système d'information géographique



© Valgo

La revitalisation de l'ancienne raffinerie Petroplus à Petit-Couronne (76) s'est appuyée sur le service d'audit et de recommandations ValgoScan.

faire ensuite de la modélisation en 3D, nous utilisons Kartotrak, un outil géostatistique vendu par la société française Géovariances. Les passerelles avec le BIM du constructeur sont en revanche développées en interne» détaille Sébastien Kaskassian. L'entreprise TerraIndex a mis au point un logiciel qui rend l'exécution des tâches plus efficace, la compréhension et l'analyse des données plus rapides. «Toutes les étapes de l'étude des sols: étude préliminaire, travail sur le terrain, communication avec le laboratoire et rapportage sont organisées et intégrées de manière optimale, dans une seule et unique plateforme. Les doublons et les erreurs sont ainsi évités; le recueil et l'affichage des données sont structurés et standardisés; les données, numérisées, peuvent être facilement exportées dans des SIG et autres systèmes informatiques» détaille Delphine Michault, responsable commerciale France. Conseil en diagnostic et procédés de traitement, EvalDépol propose

également des logiciels qui visent à modéliser et comprendre les problématiques souterraines en trois dimensions. «Au-delà des outils qui permettent d'enregistrer et stocker les informations de manière structurée, nous avons développé et breveté des algorithmes d'apprentissage profond (Deep-Learning) qui tirent parti des données de diagnostics (analyses chimiques, coupes géologiques, niveaux de nappes) pour aider et orienter les personnels sur le terrain», résume Aurélien Triger, président de l'entreprise. Dans le futur, ces logiciels pourront être implantés sur des dispositifs mobiles pour diagnostiquer des sites de façon autonome. «Rarement dépollués entièrement, des servitudes pouvant être mises en place, il est important de conserver, dans le temps, la mémoire numérique des sites pour ne pas perdre d'informations sur les éventuelles pollutions résiduelles».

Colas Environnement a franchi un pas de plus en créant en 2018 son propre

BIM sur le site bien connu de la réhabilitation de la raffinerie de Dunkerque. «Nous sommes encore loin de la généralisation. Les MOA ne connaissent pas encore bien le BIM, qui donc ne le demandent pas dans les appels d'offre. Nous le proposons tout de même sur certains dossiers complexes» tempère Arnault Perrault.

Vient ensuite la phase de réalisation proprement dite. Le suivi et le reporting du chantier font appel à autant d'outils qu'il y a de sociétés de travaux... plus des logiciels du commerce pour l'agrégation des données, comme par exemple le KiwiMaps d'Evaldepol<sup>5</sup>. «Sur les projets complexes, nous utilisons des logiciels pour faciliter visuellement la compréhension de nos processus techniques à nos clients. La préparation documentaire et le suivi de chantier sont simplifiés autant que possible via l'utilisation d'une documentation dématérialisée – ce qui fait gagner du temps et de l'efficacité à nos équipes sur le terrain. Pour les chantiers complexes de dépollution de terres, nous avons développé en interne une application GAIA. Il s'agit d'un outil de cartographie et de monitoring qui s'utilise directement sur le chantier sur tablette ou smartphone. Elle permet de fournir en temps réel, un reporting détaillé de la gestion des mouvements de terres. En combinant ainsi l'ensemble des paramètres clés du chantier, l'outil permet de s'adapter aux éventuels changements de chantier comme des découvertes sur le terrain ou des évolutions de phasage, tout en optimisant les volumes de matériaux par des solutions de traitement, réemploi, et valorisation adaptées. Depuis sa création en 2015, de nouvelles fonctionnalités

## PFAS: LE LAVAGE SPÉCIFIQUE DES SOLS POURRAIT ÊTRE LA SOLUTION



Ecoterres, lavage de sols pollués par des PFAS + traitement des eaux de lavage.

Dans le port de Wambrechies (59), Ecoterres exploite une plateforme de regroupement et de déshydratation des sédiments. En plus d'être un outil au service des travaux fluviaux dans les Hauts de France, ce centre permet la prise en charge de terres impactées par des polluants spécifiques comme les PFAS.

Au cours des deux dernières années Ecoterres et les sociétés du groupe DEME, ont traité plus de 70.000 T de terres polluées, principalement dans l'emprise du port d'Anvers en Belgique.

La technique utilisée est un lavage spécifique des sols, complété d'un traitement poussé des eaux de lavage. Le dimensionnement est adapté au cas par cas à la suite de tests de faisabilité.

<sup>5</sup> Voir <https://www.evaldepol.com/>



© Colas

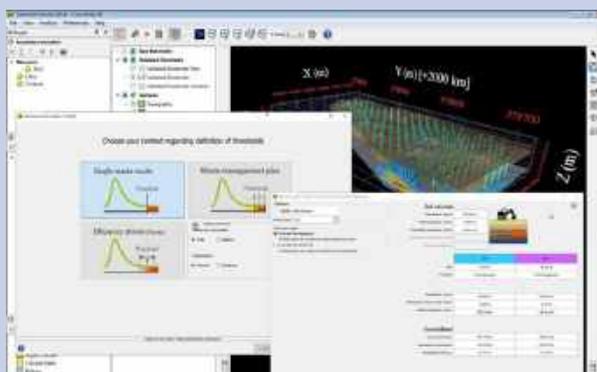
Un chantier de dépollution par désorption thermique sous bâtiment mené par Colas. La société, qui utilise toutes les techniques disponibles, a développé un outil numérique permettant d'évaluer a priori le bilan carbone des travaux.

ont été ajoutées, comme notamment, la dématérialisation de toute la documentation liée à la traçabilité. L'outil communique aussi avec trackdéchets» précise Amélie Rognon (Ortec Soleo). «Pour dimensionner des travaux à la demande d'un bureau d'études, nous devons parfois nous appuyer sur une somme de données de toutes natures, parfois anciennes, provenant d'études antérieures. Comme intégrer tout cela? Nous avons financé une thèse avec l'Ecole Nationale Supérieure en Environnement Géoressources et Ingénierie du Développement durable (ENSEGID) de Bordeaux pour travailler sur l'agrégation des données par l'intelligence artificielle. En partenariat avec l'université de Bordeaux et Ford, elle utilisera le cas du site Ford de Blanquefort» explique Olivier Sibourg (Sarpi Remediation). «Pour le reporting, nous utilisons Quick-Connect, un logiciel qui s'installe dans un

smartphone. Plus besoin de sortir une feuille, cocher des cases puis rentrer au bureau, photocopier pour que quelqu'un entre ensuite les données dans une base... Ça nous a changé la vie! Par ailleurs, pour le suivi en temps réel de l'avancement, nous avons développé en interne le logiciel e-Depol. Nos unités de traitement automatisées y déversent directement leurs paramètres. Il est en rodage sur quelques chantiers. Toutes ces informations sont centralisées et, pour produire les rapports au client, nous utilisons Power BI (Microsoft)» précise Arnault Perrault. Le groupe Lhotellier suit la même démarche. «Nous sommes en phase de numérisation du suivi de nos chantiers. Le traitement in situ avec venting, notamment, nécessite de relever des paramètres plusieurs fois par semaine. Des outils numériques internes, installés sur tablettes, procurent un vrai gain

de temps de travail pour les ingénieurs. Ils permettent d'éditer ensuite automatiquement des tableaux de bord. Pour en arriver à produire de véritables cartes, en utilisant le GPS, nous travaillons à une solution avec un partenaire» explique Julien Alix. «Nos unités de traitement sont toutes pilotées par des automates consultables à distance. Cette télégestion permet de savoir ce qui se passe, récupérer des données, éditer des tableaux de bord et même interfacer directement avec le client qui a ainsi une idée du fonctionnement de nos installations. Nous concevons tout cela avec nos automaticiens» souligne de son côté Christophe Chêne, d'Ortec Soleo. Serpol utilise également de plus en plus d'outils numériques, comme l'explique Laurent Mansuelle. «Pour intégrer directement les données de terrain puis en tirer des rapports, nous utilisons des outils comme, entre autres, TerraIndex, installés sur des tablettes. Nous développons d'ailleurs une nouvelle «brique» logicielle qui nous permettra de cartographier les résultats» révèle-t-il. Cas plus particulier, Serpol a lancé un programme de recherche sur l'utilisation de gels pour vectoriser des réactifs et améliorer la récupération des polluants organiques. «Pour comprendre comment le gel se comporte dans le sol, nous avons mis en place une imagerie 3D par tomographie électrique. En partenariat avec des laboratoires universitaires, nous développons des procédés in-situ d'extraction des polluants organiques beaucoup plus efficaces et donc permettant en une seule intervention d'atteindre des

## LA GÉOSTATISTIQUE POUR AMÉLIORER LES SCENARIOS DE RÉHABILITATION



Ici, l'outil "Volumes & Excavation" produit les métriques qui découlent de ces scénarios.

Dépolluer à tout prix, n'est plus la norme. Etre sobre et exemplaire dans la consommation énergétique des projets de dépollution répond aux enjeux actuels des programmes de réhabilitation. «Il est plus que jamais nécessaire de bien peser les bénéfices sur l'environnement de la dépollution d'un site par rapport aux dépenses qu'elle induit» souligne Élodie Galloyer, Digital communications and PR officer de Geovariances.

Ainsi, les besoins en géostatistique sont en nette augmentation notamment pour optimiser la réhabilitation de sites potentiellement contaminés en apportant une expertise en caractérisation des contaminations.

Logiciel de référence en géostatistique, Kartotrak de Geovariances est utilisé par les bureaux d'étude pour améliorer la qualité des cartes et mieux maîtriser les risques afin d'élaborer les scénarios de réhabilitation les plus précis.



© Solrem

A l'image des outils de gestion qu'elles déploient sur les chantiers in situ, les équipes de Solrem ont équipé de capteurs d'eau et d'air une expédition scientifique au Groënland. Près de 45 000 données sont collectées et interprétées quotidiennement.

seuils de dépollution plus bas et de s'affranchir d'étape supplémentaire de traitement» se félicite Laurent Mansuelle (Serpil). Ces solutions digitales permettent effectivement de fiabiliser l'exploitation, de maîtriser les travaux de réhabilitation et d'apporter de la data

en temps réel aux clients et/ou maîtres d'œuvre, reconnaît Olivier Tanguy (Solrem). « L'empreinte carbone de l'entreprise est d'autant plus limitée avec la réduction des déplacements des équipes sur les installations de traitement. Les équipes de Solrem ont notamment

expérimenté cette solution lors d'une expédition scientifique au Groënland cet été, en équipant le bateau de différents capteurs eau et air. Chaque jour, depuis le pôle Nord, un flux de Data d'environ 45 000 données est collecté, intégré en base de données et interprété par les outils de Data que Solrem développe. Ces outils sont typiquement des solutions que nous mettons en place pour la gestion de nos chantiers de dépollution in situ ». Les bureaux d'études, qu'ils soient en position de MOE ou d'assistants à MOA, peuvent eux-aussi avoir à suivre la réalisation des travaux. « La collecte des informations sur les travaux n'est pas encore complètement intégrée dans nos outils aujourd'hui. L'idée est de consolider dans un même outil des données comme le suivi et la qualité des terres ou l'état d'avancement des travaux. Actuellement, cela fonctionne pour le suivi des terres mais il n'existe pas encore de lien avec l'avancement temporel des travaux, que nous faisons encore a posteriori chaque semaine » regrette Sébastien Kaskassian (Tauw). ●

## DES RÉSINES ÉCHANGEUSES D'IONS POUR RÉDUIRE LES PFAS

**Solution alternative au charbon actif granulaire (GAC), Purolite propose d'abattre les PFAs avec des résines sélectives.**

« Purolite a développé des résines échangeuses d'ions sélectives qui peuvent dans certaines conditions réduire les PFAS à des niveaux non détectables, explique Rodrigo Salvatierra, General Director France Spain Nordic & North Africa. Aujourd'hui, nos résines sont utilisées dans la production d'eau potable à grande échelle ainsi que dans la dépollution des eaux usées et l'assainissement des sols. Nous travaillons actuellement sur plusieurs projets de dépollution en Belgique. Et, nous commençons également à percevoir un grand intérêt en France pour les deux applications d'élimination des PFAs, pour l'eau potable et la dépollution ».

Grâce à la simulation par ordinateur, aux pilotages sur terrain et à la mise à l'échelle industrielle, la résine sélective PFA694E de Purolite a démontré que plusieurs PFAS (PFBS, PFHxA, PFHpA, PFHxS, PFOA, PFNA et PFOS) peuvent être efficacement réduits tout en fonctionnant sur un temps de contact très court (2-4 minutes), ce que favorise l'ergonomie des installations avec des colonnes plus compactes par rapport aux systèmes avec charbon actif, tout en réduisant considérablement l'espace des installations, les coûts de traitement de déchets et le coût total de l'installation.