n°16 Novembre 2024

updsMAG

LE MAGAZINE DES PROFESSIONNELS
DE LA DÉPOLLUTION DES SITES

upds
Union des Professionnels de la Dépollution des Sites.

// HYGIÈNE & SÉCURITÉ
Réseaux sensibles enterrés

// OUTILS
BDSolU : Enrichissez la Base de Données des analyses de Sols Urbains

// RH
Portraits et formations

DOSSIER

SITES POLLUÉS : PROTEGER LES RESSOURCES //

// SOMMAIRE

Edito // 3

UPDS //

COLLOQUE UPDS ...
Sites pollues : ''Nouvelles perspectives pour les donneurs d'ordre'' 4

Hygiène et Sécurité //

RÉSEAUX SENSIBLES ENTERRÉS ...
prise en compte et évitement du risque sur les chantiers..... 5

Dossier : Sites pollués - Protéger les ressources //

LE PHYTOMANAGEMENT POUR LA VALORISATION ÉCOLOGIQUE DES SITES ET SOLS POLLUÉS..... 8

LA VALORISATION ENVIRONNEMENTALE DES FONCIERS DÉGRADÉS
Comment passer d'une friche urbaine à un jardin scientifique et pédagogique 11

DÉPOLLUER ? ET APRÈS ?..... 14

LES ESPÈCES VÉGÉTALES EXOTIQUES ENVAHISSANTES
un polluant biologique à gestion très particulière 17

PRENDRE EN COMPTE LE RISQUE CLIMATIQUE
dans la gestion des anciens sites industriels 20

LA RÉHABILITATION D'UN ANCIEN SITE INDUSTRIEL :
un défi écologique relevé avec succès 22

Outils //

LE BON USAGE SUR LA BONNE FRICHE 24

LA BDSOLU POUR AMÉLIORER VOS DIAGNOSTICS DE SOL
et la valorisation des terres excavées 27

Ressources humaines - Formation //

INGÉNIEURE TRAVAUX
Responsable exploitation 30

LICENCE PROFESSIONNELLE..... 31

DEVENIR EXPERT EN DÉPOLLUTION DES SOLS
Mastère spécialisé chef de projets sites et sols pollués" (ssp) de mines Saint-Étienne 32

LE PARCOURS UNIVERSITAIRE EN ALTERNANCE
d'un apprenti ingénieur dans les sites et sols pollués 34

Actualité //

LES DERNIÈRES PUBLICATIONS 36

UPDS MAG n°16 Novembre 2024

Magazine édité par l'UPDS

Union des Professionnels de la Dépollution des Sites

183 avenue Georges Clémenceau 92000 NANTERRE
www.upds.org

Réalisation : UPDS

Comité de rédaction : Christel de LA HOUGUE, Franck LECLERC, Yves GUELORGET, Nicolas FOURAGE, Jonathan SÉNECHAUD

Crédits photo : @UPDS @adhérents UPDS

Reproduction interdite sans accord de l'UPDS

// CALENDRIER 2024

Cliquez pour plus d'info

Salon des Maires

19-21 novembre 2024 à Paris

Pollutec

26-27 novembre à Paris

Journée Technique d'information et de retour d'expérience de la gestion des sites et sols pollués

4 décembre 2024 à Paris

Rencontres Nationales de la Recherche sur les Sites et Sols Pollués

4-5 février 2025 à Paris

Assises Nationales du Foncier et des Territoires

6-7 février 2025 à Nancy

Intersol

25-27 mars 2025 à Lyon

Solscope

18-19 juin 2025 à Lyon

Pollutec

7-10 octobre 2025 à Lyon

// PUBLIER UN ARTICLE

Vous êtes un industriel, un aménageur, un établissement public foncier, un chercheur, un juriste, un institutionnel, un partenaire,... vous pouvez aussi contribuer à ce magazine !

Pour toute information :

upds@upds.org

// SUIVEZ-NOUS

// ÉDITO

Nicolas FOURAGE
Vice-Président
Ingénierie de l'UPDS

Chères lectrices, chers lecteurs, chers Maîtres d'Ouvrages, chers adhérent(e)s,

À la suite de notre récent colloque qui a rencontré un franc succès, cette 16ème édition de l'UPDS Mag illustre parfaitement l'évolution continue de nos métiers et leur forte adaptation aux enjeux actuels.

Alors que nous avons déjà évoqué certains enjeux majeurs de notre profession, cette édition met l'accent sur la gestion systémique et intégrée de la pollution des sols en tenant compte de leurs différentes fonctionnalités (biodiversité, stockage de l'eau et du CO_2, etc.) dans un contexte de changement climatique et de répétition des catastrophes météorologiques.

Cette 16ème édition de UPDS Mag n'en oublie pas pour autant la sécurité de nos interventions et de nos collaborateurs, notamment via la détection des infrastructures souterraines qui est primordiale pour assurer, au-delà de notre propre sécurité, l'intégrité des réseaux et protéger notre environnement.

Le récent logigramme présenté, élaboré par la commission HSE de l'UPDS est venu concrétiser de manière claire et synthétique le travail rigoureux et le retour d'expérience de nos adhérents.

Ce numéro conforte également notre conviction : les sols sont incontestablement une ressource précieuse et multifonctionnelle. De nombreux articles abordent des approches innovantes pour partager et utiliser ces ressources de manière équitable et durable, tout en préservant leurs multiples fonctions écologiques, économiques et sociales.

Cette vision et ces orientations inscrivent totalement notre profession dans le contexte de l'objectif de zéro artificialisation nette (ZAN) et nous préparent aux exigences attendues de la future directive cadre sur la surveillance et la résilience des sols.

N'oublions pas le contexte réglementaire (loi industrie verte, future directive sur les sols, etc.) et l'évolution des outils de gestion des terres polluées qui façonnent nos pratiques et préparent notre métier de demain.

À ce titre, je remercie l'ADEME et le BRGM pour leur participation active à ce numéro.

Enfin, tout ceci n'est pas possible sans la diversité, l'adhésion et l'adaptation de nos ressources humaines. Cette édition met en lumière le rôle central des professionnels de notre secteur d'activité. Leur expertise et leur engagement sont essentiels pour relever les défis de la dépollution et de la réhabilitation des sites contaminés.

Ces sujets, et bien d'autres, sont au cœur de notre mission : vous informer et vous accompagner dans la compréhension et la gestion des sols pollués. Nous espérons que cette édition vous apportera des éclairages nouveaux et des pistes de réflexion pour vos projets et vos actions.

Œuvrons ensemble vers une gestion toujours plus durable des sols pollués.

Je vous souhaite à toutes et tous une bonne lecture !

// UPDS

COLLOQUE UPDS

SITES POLLUES : ''NOUVELLES PERSPECTIVES POUR LES DONNEURS D'ORDRE''

L'UPDS, en partenariat avec l'ADEME, Brézillon, Ginger Burgeap, Colas Environnement et Ramboll, a organisé le 3 octobre 2024 un colloque dédié aux donneurs d'ordre dans le domaine des sites et sols pollués. Cet évènement, qui s'est tenu à l'Espace Centenaire de la Maison de la RATP à Paris, a rassemblé plus de 160 participants, dont une cinquantaine de donneurs d'ordre.(Cf Photo 1)

Cette journée a été structurée autour de trois grands thèmes abordés par des experts et suivis de tables rondes, offrant des perspectives variées sur les enjeux actuels :

1. Evolutions réglementaires : impacts pour les donneurs d'ordres et les experts du domaine;

2. Risques et responsabilités : vers un guide des bonnes pratiques;

3. Prise en compte des polluants émergents (micro plastiques et PFAS).

David HIEZ, président de l'UPDS, a ouvert la journée en soulignant l'importance de ces échanges pour une gestion responsable des sites pollués.

La première table ronde s'est concentrée sur les récentes réformes, notamment la loi Industrie Verte et son décret d'application du 6 juillet 2024. Une intervention du Ministère de la Transition Ecologique a détaillé les impacts de cette loi pour les donneurs d'ordre et les experts du domaine.

Photo 1 : un public attentif

La deuxième table ronde a permis de présenter le futur "Guide des Bonnes Pratiques" de l'UPDS, destiné à encadrer les relations entre donneurs d'ordre et prestataires du domaine des sites et sols pollués. Ce guide fournit des recommandations essentielles pour la rédaction de cahiers des charges et de contrats équilibrés et sécurisés, précisant les risques et responsabilités des parties. Il s'agit d'un outil précieux pour renforcer la transparence et l'efficacité des opérations de dépollution tout en protégeant les intérêts de chaque acteur.

La journée s'est conclue par une discussion sur les polluants émergents, en particulier les microplastiques et les PFAS, dont la présence dans l'environnement suscite des préoccupations croissantes. Cette table ronde (Cf Photo 2) a mis en lumière les défis posés par ces substances, qui nécessitent une surveillance accrue.

Les intervenants ont insisté sur l'importance de prendre en compte ces polluants dans les politiques de gestion des sites et sols pollués, afin d'anticiper les impacts sanitaires et environnementaux.

La journée a également célébré la créativité des participants avec la remise des prix du concours photo annuel de l'UPDS, placé cette année sous le thème « Lumières et couleurs sur les sites pollués ».

Enfin, la conclusion de la journée a été assurée par les vice-présidents de l'UPDS, Mme Amélie ROGNON, M. Nicolas FOURAGE et M. Philippe GERGELY qui ont partagé leur vision commune et interdisciplinaire de la gestion des sites et sols pollués. Au-delà de la simple conscience environnementale, ils ont souligné la nécessité d'un engagement collectif pour garantir une gestion durable, afin de léguer des terres saines et propres aux générations futures.

Photo 2 : Table-ronde n°3 sur les polluants émergents

Marie DUCLOS (UPDS)
Sofia OUAHAB (COLAS Environnement)

// HYGIÈNE ET SÉCURITÉ

RÉSEAUX SENSIBLES ENTERRÉS :

PRISE EN COMPTE ET ÉVITEMENT DU RISQUE SUR LES CHANTIERS

Dans une démarche d'amélioration continue, la commission Hygiène & Sécurité de l'UPDS a élaboré un logigramme illustré pour aider toutes les parties prenantes lors de travaux à proximité de réseaux. Cet outil d'aide à la décision, approuvé par nos adhérents, présente les étapes clés de la méthodologie de forage à proximité de réseaux ainsi que les responsabilités de chacun. Il vient en complément de la réglementation, offrant des conseils pratiques.

Les interventions de terrain et les travaux à proximité des réseaux concernent tous les professionnels de la dépollution des sites, tant sur les phases de diagnostic (forages, sondages) qu'en phase de travaux (terrassements, fouilles, excavations...).

Les acteurs de la profession des sites et sols pollués partagent un constat : les retours d'expériences de chantiers à propos d'incidents (découverte fortuite, heurt, casse) pour cause de réseaux souterrains mal ou non cartographiés ne sont pas rares, surtout sur les sites privés et d'autant plus lorsque ceux-ci ne sont plus en exploitation.

La commission Hygiène et Sécurité de l'UPDS a voulu capitaliser ces remontées de terrains en suivant une approche méthodique et collaborative. Les objectifs principaux de ce travail collectif étaient de poursuivre la sensibilisation des maîtres d'ouvrage vis-à-vis de leurs obligations réglementaires y compris sur site privé, uniformiser les pratiques au sein des professionnels adhérents de l'UPDS en adoptant une posture commune, pour *in fine* réduire les risques d'accidents corporels et de dommages aux infrastructures souterraines existantes.

Sur la base des retours d'expériences de terrain et de l'analyse de la réglementation, le groupe de travail a élaboré un logigramme définissant les étapes, les responsabilités et les actions complémentaires à mettre en œuvre (ex : prestation de sécurisation) dans le cas où les informations relatives à la présence et localisation des réseaux enterrés ne sont pas suffisantes pour intervenir en sécurité.

Figure 1 – Exemple d'endomagement de canalisation en zone urbaine

Cet outil de communication et de prévention est destiné à tous professionnels du métier ainsi qu'aux maîtres d'ouvrage, et indique la marche à suivre pour supprimer ou limiter les risques.

ENDOMMAGEMENT DE RÉSEAUX : DES CONSÉQUENCES PARFOIS DRAMATIQUES ET DES INCIDENCES DIVERSES

La présence de réseaux souterrains sur les chantiers représente un enjeu majeur de sécurité. La nature de certains réseaux dits sensibles (électricité, gaz, fluides...) et leurs dangers associés impliquent des

risques graves pour les travailleurs en cas d'accident (tels qu'électrocutions, explosions de gaz, incendies ou effondrements), mais également des dommages aux infrastructures existantes, des interruptions de services ou encore des conséquences environnementales.

Les endommagements de réseaux au cours d'une intervention de terrain (forages, sondages, fouilles, excavations, terrassements...) impliquent généralement un arrêt de chantier, dont la durée dépend de la gravité de l'incident. Dans la plupart des cas, des conséquences organisationnelles, techniques et financières en découlent.

Depuis la mise en place de la réglementation anti-endommagement en 2012, également connue sous le nom de réforme "DT-DICT", une réduction significative des dommages aux réseaux souterrains et aériens au cours des chantiers est observée. Ces obligations réglementaires visent à minimiser les risques et à garantir la sécurité de tous les intervenants sur le chantier. Par exemple, l'obligation de formation et d'habilitation AIPR (Autorisation d'Intervention à Proximité des Réseaux) pour les responsables de projets, les encadrants de chantier et les opérateurs est une des mesures phares de cette réglementation.

Néanmoins, les accidents et incidents de "casse réseau" subsistent, notamment dans les cas où la réglementation n'est pas respectée et/ou lorsque les informations relatives à la localisation des réseaux enterrés sont insuffisantes et imprécises pour travailler en sécurité.

En 2022, plus de 100 000 incidents liés aux réseaux enterrés ont été recensés sur le territoire national. Pour minimiser ces risques, il est essentiel que chaque acteur (maitre d'ouvrage et entreprises intervenantes) respecte la réglementation (source INRS).

RÔLE FONDAMENTAL DU MAÎTRE D'OUVRAGE

Il est essentiel que le maître d'ouvrage respecte ses obligations légales avant d'entamer des travaux à proximité des réseaux, afin d'éviter tout incident. Cela inclut notamment la réalisation de la Déclaration de Travaux (DT).

Si ces documents ne fournissent pas suffisamment d'informations sur la localisation des réseaux, des investigations complémentaires doivent être réalisées pour obtenir des données précises.

L'anticipation à travers ces démarches permet d'éviter les surprises, qu'elles soient humaines (accidents corporels), matérielles (dégâts sur les infrastructures), financières (coûts imprévus liés aux réparations et retards) ou environnementales (fuite de fluide, déversement accidentel...). En anticipant correctement et en respectant ces obligations, le maître d'ouvrage s'assure non seulement de la sécurité du chantier mais évite également des coûts supplémentaires et des interruptions potentielles qui peuvent survenir en cas d'incident.

De plus, la recherche des plans existants auprès des gestionnaires de réseaux, même sur des terrains privés, est cruciale. Cela permet d'avoir une vision claire des infrastructures en place avant le début de tous travaux. Ces pratiques permettent non seulement de minimiser les aléas techniques, mais aussi de garantir un déroulement fluide du chantier, sans retards coûteux liés à la réparation de réseaux endommagés ou à des interruptions de service imprévues.

LES SOLUTIONS

Pour éviter les risques de dommages humains graves, les retards de chantier et des coûts imprévus, il est indispensable de mettre en œuvre des solutions de détection adaptées et de rechercher systématiquement les plans des réseaux existants sur les sites privés. Plusieurs technologies permettent de localiser avec précision les infrastructures souterraines, comme les détecteurs électromagnétiques, les radars à pénétration de sol (GPR) (Fig.2) ou encore les dispositifs de détection de fuites pour les réseaux de gaz ou d'eau. Lors des repérages une aspiratrice peut être utilisée, technique dite "douce" afin de ne pas heurter le réseau (Fig.3). Ces outils facilitent l'identification des réseaux non répertoriés ou mal documentés, réduisant ainsi les risques d'accidents et de dommages.

Les professionnels qui interviennent pour réaliser ce type de prestation connaissent parfaitement ces solutions et ont un devoir de conseil auprès de leur client dès la phase de conception de leurs opérations.

"Faute d'avoir relevé et traité l'information en temps utile, en organisant notamment le dévoiement du réseau, le promoteur se retrouve confronté à l'arrêt de son chantier, à l'émergence de surcoûts et à l'impossibilité de livrer ses appartements dans les délais convenus. La plupart du temps, les causes de dommages constatées sont : des réseaux mal répertoriés et mal cartographiés; l'absence d'investigations ; des personnels insuffisamment sensibilisés aux risques ; des contextes d'urgence imposés aux entreprises, difficilement conciliables avec le formalisme DICT ; marquage-piquetage défaillant ; tentation de faire prévaloir l'observation sur le terrain, en se fiant par exemple à l'alignement supposé du réseau enterré par rapport au domaine public ; importance donnée à des informations orales non vérifiées (terrain annoncé libre de toute servitude alors qu'un réseau n'a pas été dévoyé). Il appartient donc aux maîtres d'ouvrage de mettre l'accent sur les investigations complémentaires et sur les informations données in fine dans les DCE. Les exploitants de réseaux doivent avoir pour souci constant d'améliorer la précision, la lisibilité de leurs plans et l'optimisation des délais de réponse aux DT et DICT. Quant aux exécutants, ils doivent s'approprier le guide technique et refuser notamment de démarrer un chantier si les conditions de sécurité ne sont pas réunies (absence de réponses aux DICT relatives aux ouvrages sensibles pour la sécurité)."

Olivier Thyarion (Directeur technique Gritchen Construction). Article SOLSCOPE 2018

Figure 2 – Exemple de radar à pénétration de sol (GPR)

En effet, si les démarches réglementaires auprès des concessionnaires publics se généralisent, la problématique des réseaux internes au site reste problématique. Tout comme pour les réseaux publics, il est impératif d'identifier ou de faire identifier par des sociétés spécialisées les réseaux privés. Ces réseaux, même s'ils ne sont plus utilisés peuvent demeurer à risque pour les intervenants, l'activité du site ou le voisinage. Au-delà des réseaux gaz, électricité, produit chimique ou pluvial, les impacts liés à l'endommagement de lignes basse tension, fibre optique, ou réseau d'eau peuvent être importants. Il est donc primordial, avant travaux, de couvrir les différentes problématiques liées aux activités actuelles ou passées du site.

Figure 3 – Repérages à l'aide d'une aspiratrice

Dans tous les cas, si des incertitudes subsistent, alors le programme des travaux ou l'implantation des sondages/forages devront être revus, si ce n'est suspendus dans l'attente d'informations fiables, et ce afin de garantir la sécurité du chantier

Le logigramme dédié (Fig. 4), coconstruit par les sociétés de l'UPDS, nous permet de nous poser les questions nécessaires avant toutes interventions et de prendre acte des actions complémentaires à mettre en oeuvre pour sécuriser l'intervention.

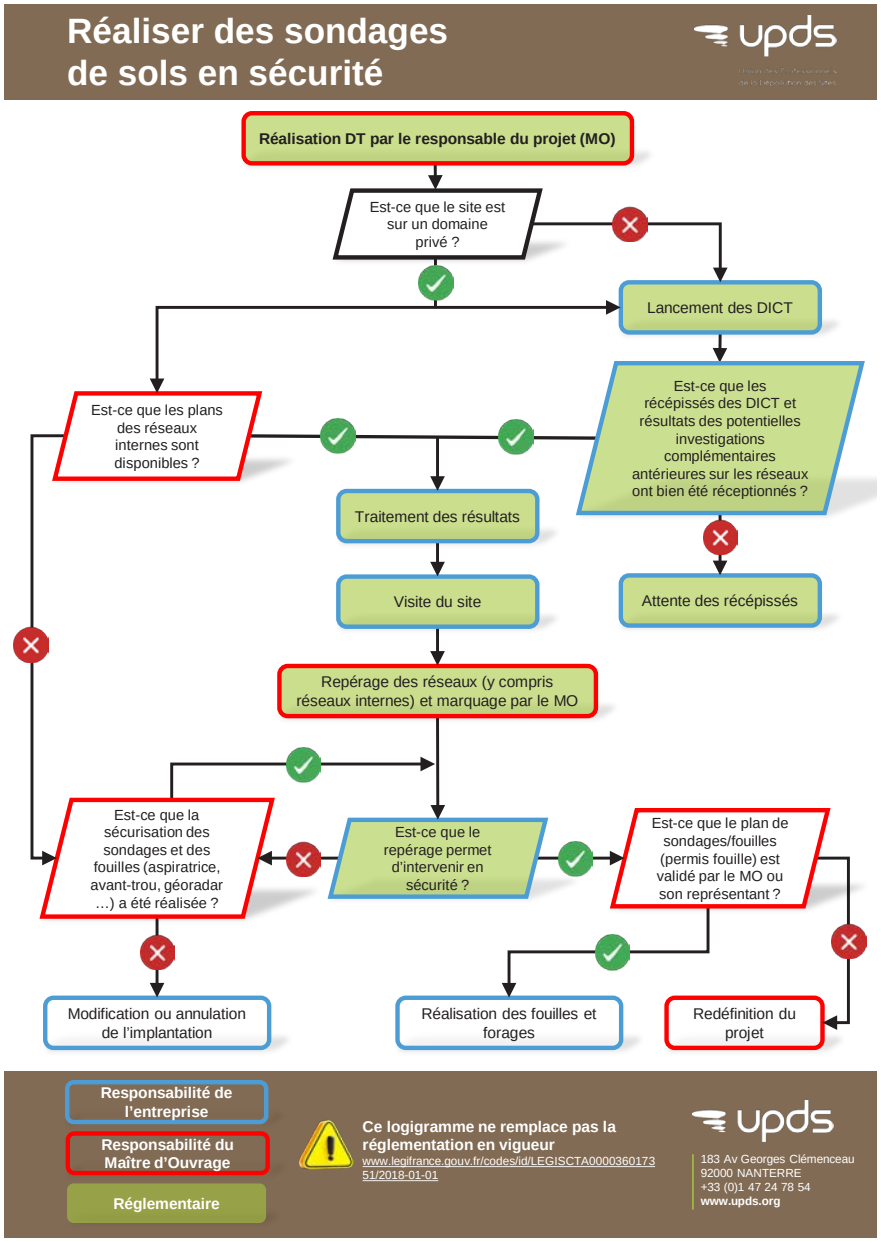


Figure 4 – Logigramme d'aide à la décision coconstruit par l'UPDS

CONCLUSION

En définitive et pour chaque projet, la prise en compte le plus tôt possible de la problématique des réseaux enterrés permet d'identifier les incertitudes, et le cas échéant d'anticiper puis de faire réaliser les investigations et démarches complémentaires de localisation. Cette démarche de prévention a pour but de sécuriser les futures interventions des entreprises tout en facilitant les phases de consultation de ces dernières. De plus, une fois réalisées, ces opérations de repérage des réseaux sont utiles à l'ensemble des futures opérations qui pourront avoir lieu sur le site (voirie, aménagement paysager, démolition, ...).

En l'absence de plans précis et de données fiables de repérage, notamment sur les sites privés, la systématisation des opérations de sécurisation des sondages et des fouilles dans les sols a fait ses preuves et permet de réduire grandement les risques, voire de les supprimer. Néanmoins, toutes les méthodes disponibles ne sont pas infaillibles : la vigilance doit toujours être de mise.

En clarifiant les étapes à suivre et les responsabilités de chacun, la vocation du logigramme de l'UPDS est de contribuer à une gestion plus efficace et plus sécurisée des interventions de ses adhérents, minimisant ainsi les risques d'accidents corporels et de dommages aux réseaux existants.

Cet outil doit continuer d'être diffusé régulièrement et largement aux acteurs de la dépollution des sites tout comme aux maîtres d'ouvrage. Support de communication et de discussion entre ces deux entités, sa finalité est de convaincre de la nécessité d'agir en prévention pour travailler en toute sécurité.

Pour la commission H&S de l'UPDS :

Alexis BERTRAND (VEOLIA)
Marine TOANEN (EODD)
Charlotte CHIBOUT (BREZILLON)

// DOSSIER : SITES POLLUÉS - PROTEGER LES RESSOURCES

LE PHYTOMANAGEMENT POUR LA VALORISATION ÉCOLOGIQUE DES SITES ET SOLS POLLUÉS

Les risques liés à la contamination des sites et sols pollués (SSPs) sont gérés au cas par cas par des solutions techniques qui doivent désormais prendre en compte les impératifs de préservation de la ressource en sol, et la valorisation écologique, économique et sociale des sites. C'est précisément le cas du phytomanagement, un mode de gestion qui se structure et gagne en maturité, comme le montre ce retour d'expérience de 10 ans de gestion des hydrocarbures d'une lagune industrielle.

LES STRATÉGIES DE PHYTOMANAGEMENT DES SITES ET SOLS POLLUÉS.

Le phytomanagement est un mode de gestion intégrée des sites et sols pollués qui allie les phytotechnologies (Figure 1) et la valorisation économique, sociale, et écologique des SSPs. Cette stratégie de gestion, basée sur le génie végétal et le génie pédologique, peut être économiquement et écologiquement plus intéressante notamment dans le cas de grandes surfaces polluées, que les techniques de dépollution classiques par traitement in-situ, sur site ou hors site. Le respect de la ressource en sol favorise également la valorisation écologique du site. Les coûts d'études, de mise en place et de suivi d'une stratégie de phytomanagement sont compensés par les services écosystémiques rendus par les sols (production de biomasse non alimentaire, régulation de la qualité de l'eau et de l'air, augmentation de la biodiversité, paysage, création d'îlots de fraicheur). Les valorisations sont multiples en fonction de l'usage du site (économique, écologique, social) et peuvent être complémentaires.

- La valorisation économique consiste à utiliser la biomasse produite dans des filières de valorisation adaptées afin de générer un revenu compensant les coûts de gestion des SSPs.

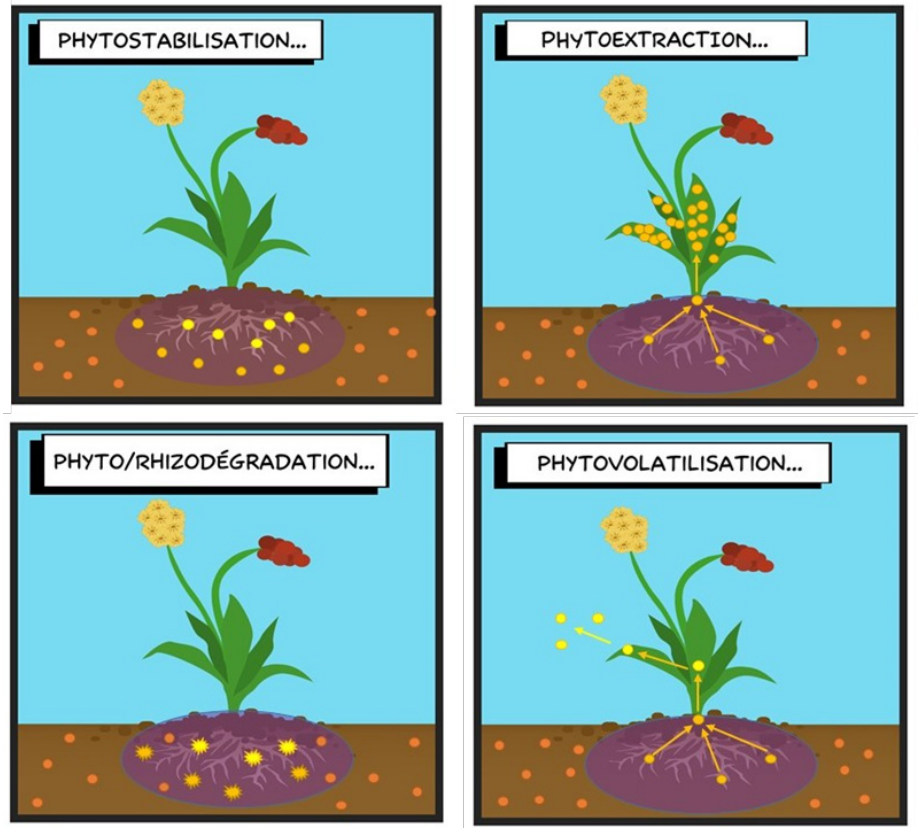


Figure 1. Illustration des principes des phytotechnologies de remédiation (phytoextraction, phytorhizodégradation, phytovolatilisation) et de gestion (phytostabilisation) des polluants organiques et des métaux sur les sites et sols pollués.

• La valorisation sociale du site permet l'utilisation du site comme une zone accueillant des aménagements paysagers comme des parcs urbains afin de permettre le retour des riverains, sous réserve de compatibilité sanitaire. Cela passe aussi par la création d'emplois locaux difficilement délocalisables.

• Les valorisations écologiques sont multiples selon les objectifs attendus. Au sens large, cela peut-être la restauration ou l'amélioration des fonctionnalités des sols (fertilité, la capacité de rétention en eau ou la biodiversité du sol). Aux sens stricts, le phytomanagement peut être intégré dans la restauration ou la conservation d'écosystèmes/espèces d'intérêt ou l'utilisation d'espèces génétiquement adaptées comme Arabidopsis halleri caractéristiques des pelouses calaminaires riches en Zn ou Alyssum murale sur les serpentines riches en Ni. De plus, les SSPs ou les friches abandonnées par leurs caractéristiques, l'absence d'entretien et de suivi sont possiblement des zones sur lesquelles se développent des espèces exotiques envahissantes (EEE) devenant ainsi des réservoirs et sources de diffusion de ces EEE dans les écosystèmes proches. Ainsi, la mise en œuvre du phytomanagement permet de lutter contre la dissémination des EEE et contre l'érosion de la biodiversité.

Les espèces végétales sont ainsi adaptatives aux conditions du site et aux objectifs de gestion du site, permettant l'utilisation d'espèces pérennes, à capacité d'auto-réensemencement où à des espèces annuelles nécessitant un semi régulier.

Les phytotechnologies basées sur les caractéristiques des plantes ont été pensées comme des techniques de gestion des flux de diffusion des polluants dans les 4 compartiments environnementaux que sont les sols, l'air, l'eau et la biosphère. (Figure 1). En effet, les phytotechnologies vont agir directement et indirectement sur les polluants, les caractéristiques pédo-agronomiques ainsi que la pédofaune.

La phytotechnologie et les espèces végétales varieront en fonction des objectifs de gestion des polluants, mais aussi de la typologie (concentration et accessibilité) des polluants dans les sols et des conditions pédoclimatiques sur le site. Dans le cadre d'une pollution organique, la phytorhizodégradation pourra être mise en œuvre pour diminuer les teneurs en polluants dans les sols, sous l'action de la plante, des systèmes racinaires et des microorganismes associés dont l'activité enzymatique va dégrader les polluants organiques (ex : hydrocarbures). Les systèmes racinaires sécrètent des exsudats racinaires qui fournissent des nutriments stimulant l'installation et le développement des microorganismes du sol. Cela abouti à une augmentation des capacités des sols à dégrader les polluants organiques.

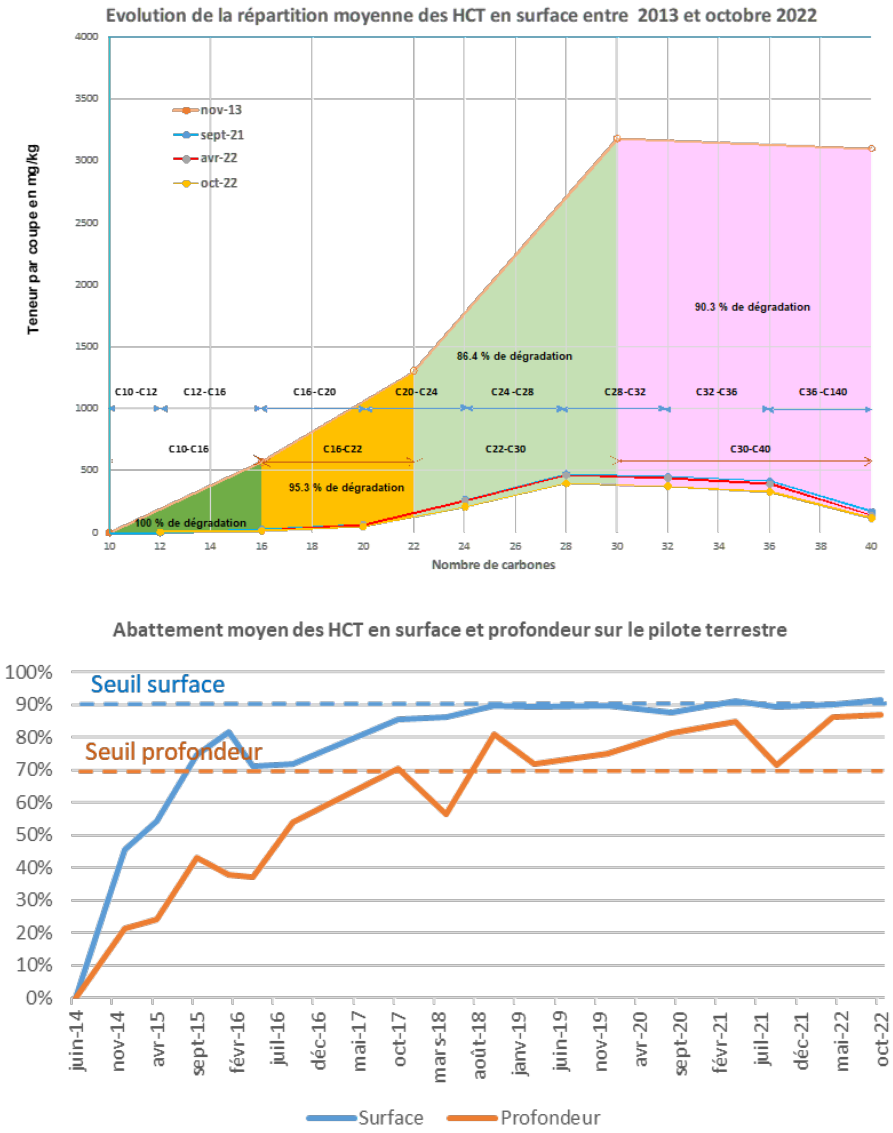


Figure 2. Suivi de l'évolution de la dégradation des HCT C_{10}-C_{40} dans des sédiments en surface et en profondeur pendant 7 ans. Taux d'abattement des HCT selon leur longueur de chaine (C_{10}-C_{16}, C_{16}-C_{22}, C_{22}-C_{30}, C_{30}-C_{40}) en surface.

RETOUR D'EXPÉRIENCES

Notre exemple concerne une industrie papetière qui a utilisé pendant plus de trente ans une zone de bassin tampon pour le stockage de ses effluents, à l'origine d'une contamination essentiellement par des hydrocarbures HCT (C_{10}-C_{40}) des sédiments (5 ha, 1 mètre d'épaisseur ; teneurs initiales entre 6000 et 14000 mg HCT C_{10}-C_{40} / kg matière sèche, les éléments traces métalliques n'étaient pas une problématique pour ce site).

L'objectif initial était de réduire de 70% les teneurs totales en HCT des sédiments et de végétaliser le site situé à proximité d'une zone Natura 2000.

Des essais de phytorhizodégradation des HCT, réalisés en laboratoire puis sur site, ont mis en évidence la faisabilité technique de phytoremédiation sur l'ensemble du site afin d'atteindre ces objectifs. À la suite de la végétalisation de l'ensemble de la

Figure 3. Illustration de la lagune avant et après mise en œuvre de la stratégie de phytomanagement avec une photographie d'Emys orbicularis.

lagune en 2014 par une strate herbacée sélectionnée pour le projet et la création d'une saulaie, la dégradation des HCT a été suivie durant 7 ans. Ce suivi a mis en évidence un abattement de 90% et de 70% des HCT présents respectivement dans les sédiments de surface (0-25 cm) et profonds (25-75cm). Les chaines carbonées les plus courtes (C10-C20) ont été entièrement dégradées par les microorganismes, tandis que les chaines les plus longues (C22-C40) ont des teneurs qui diminuent encore avec le temps (Figure 2). La saulaie continue de se développer et constitue un corridor écologique où la tortue Emys orbicularis peut de nouveau prendre possession du site pour s'alimenter, se reposer et se reproduire (Figure 3).

CONCLUSION

Le phytomanagement est une approche de gestion intégrée d'un site dégradé ou délaissé, qui fait appel à un ensemble de techniques utilisant les végétaux (les phytotechnologies) pour maîtriser la pollution des sols et redonner de la valeur au site. Par rapport aux techniques plus conventionnelles, le phytomanagement est particulièrement adapté pour gérer de grandes surfaces, dans un contexte où les pollutions peuvent être complexes. Cette approche, de plus en plus étudiée à l'échelle du pilote et du site, est amenée à évoluer vers une meilleure prise en compte des services écosystémiques pour aboutir à la bonne santé des sols.

Dans le cas du retour d'expérience présenté, l'atteinte des objectifs de remédiation a été liée à la démarche méthodologique utilisée, impliquant des phases successives de diagnostic sur site, de réalisation d'essais au laboratoire puis de pilotes en conditions pédoclimatiques réelles avant la mise en place de la solution la plus adaptée du point de vue technique et économique, à l'échelle du site. La restauration d'une strate herbacée couplée à une saulaie a favorisé l'assèchement partiel des sédiments contaminés où des processus d'oxydation des hydrocarbures ont pu être amorcés, auxquels se sont ajoutés des processus de biodégradation, particulièrement efficaces au niveau des rhizosphères associées aux couverts végétaux instaurés. En plus des 90% d'abattement des teneurs en HCT initiales, le phytomanagement a permis la valorisation écologique du site.

Alexandre PERLEIN (MICROHUMUS)
Jean-Christophe RENAT (MICROHUMUS)
Gaylord MACHINET (MICROHUMUS)

// DOSSIER : SITES POLLUÉS - PROTEGER LES RESSOURCES

LA VALORISATION ENVIRONNEMENTALE DES FONCIERS DÉGRADÉS.

COMMENT PASSER D'UNE FRICHE URBAINE À UN JARDIN SCIENTIFIQUE ET PÉDAGOGIQUE

Sur une ancienne friche industrielle en Nord Franche-Comté, le projet Ecopolis a contribué à la réhabilitation d'un foncier dégradé. Grâce à la création d'un living-lab (laboratoire vivant) le site a pu être valorisé via la mise en place d'un espace pédagogique et de partage pour sensibiliser aux techniques de phytomanagement ainsi que par la création d'un lieu de loisir ouvert au grand public.

La gestion des friches industrielles constitue un défi majeur pour de nombreuses régions, confrontées à l'héritage de sites abandonnés et souvent contaminés.

Ces espaces délaissés posent des problèmes environnementaux et sanitaires, tout en représentant un gaspillage de ressources foncières précieuses.

Transformer ces friches en atouts économiques et écologiques nécessite des approches innovantes et concertées.

Le développement de méthodologies de réhabilitation fondées sur la nature, comme le phytomanagement, est un levier essentiel pour revitaliser ces terrains et répondre aux enjeux sociétaux contemporains.

La friche Burgess Norton à Vieux Charmont[1] (25) est située en limite d'agglomération, à proximité immédiate de la coulée verte Belfort Montbéliard.

Plusieurs études préliminaires (en amont du projet Ecopolis) ont mis en évidence une pollution des sols présentant une forte hétérogénéité sur l'ensemble du site.

Ces premières études ont conclu à la présence d'un risque sanitaire sur la majorité du site en lien avec la présence de Pb, Cr et As. Afin d'étudier la gestion des pollutions et l'évolution de la qualité des sols via les phytotechnologies, une partie du site a été consacrée à la création d'un living lab et sera mise à disposition des chercheurs.

Figure 1 : plan d'aménagement du site

Il a également été décidé d'aménager un cheminement piéton et des belvédères (après gestion des pollutions par excavation et/ou remplacement des terres) afin de créer un sentier pédagogique à destination du public (Fig. 1).

LE PROJET ECOPOLIS

Le projet Ecopolis (Fig.2) regroupe un consortium d'acteurs publics et privés. Il est cofinancé par le Feder, la Région Bourgogne Franche Comté et Pays de Montbéliard Agglomération dans le cadre de France 2030 Territoires d'Innovation et par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR).

Ce projet vise à évaluer les performances des techniques de gestion de la pollution par les plantes : le phytomanagement. Il

[1] https://georisques.gouv.fr/webappReport/ws/installations/document/0789d6811d36421599dc58db85813079

Figure 2 : Consortium du projet Ecopolis

vise également à évaluer l'influence de la prise en compte de la bioaccessibilité des contaminants métalliques (Pb, Cd et As) sur les évaluations des risques sanitaires permettant de statuer sur les usages futurs des différentes zones du site.

Finalement, le living Lab permettra de sensibiliser un public le plus large possible à l'intérêt de ces techniques en mobilisant scientifiques et citoyens.

Le projet a permis de recaractériser la pollution sur 125 points de mesure. 21 grandes mailles ont été identifiées en fonction de l'usage et du degré de contamination des sols pour réaliser les analyses de bioaccessibilité et de transferts des contaminants pour évaluer les risques sanitaires et environnementaux du site. Afin d'évaluer l'impact de la prise en compte de la bioaccessibilité sur la gestion des pollutions, Tesora a réalisé des évaluations des risques sanitaires sur chacune des 21 grandes mailles du site. Pour identifier les usages futurs possibles des sols, 15 scénarios ont été étudiés :

• 5 cibles : travailleurs (adulte), agriculteurs urbain (adulte et enfant) et des visiteurs/promeneurs (adultes et enfant).

• 3 sources : concentrations totales dans les sols, concentrations bioaccessibles, concentrations bioaccessibles couplée à la consommation de végétaux.

La prise en compte dans les modèles de risques des concentrations totales conclue à un risque inacceptable sur l'ensemble des parcelles en lien principalement avec les teneurs en As et en Pb dans les sols. Cependant, la prise en compte de la bioaccessibilité de l'As, du Pb et du Cd, a permis de mettre en évidence une très faible mobilité de l'As dans les sols, contaminant contribuant majoritairement au risque. Lors de l'intégration de cette faible bioaccessibilité dans les calculs

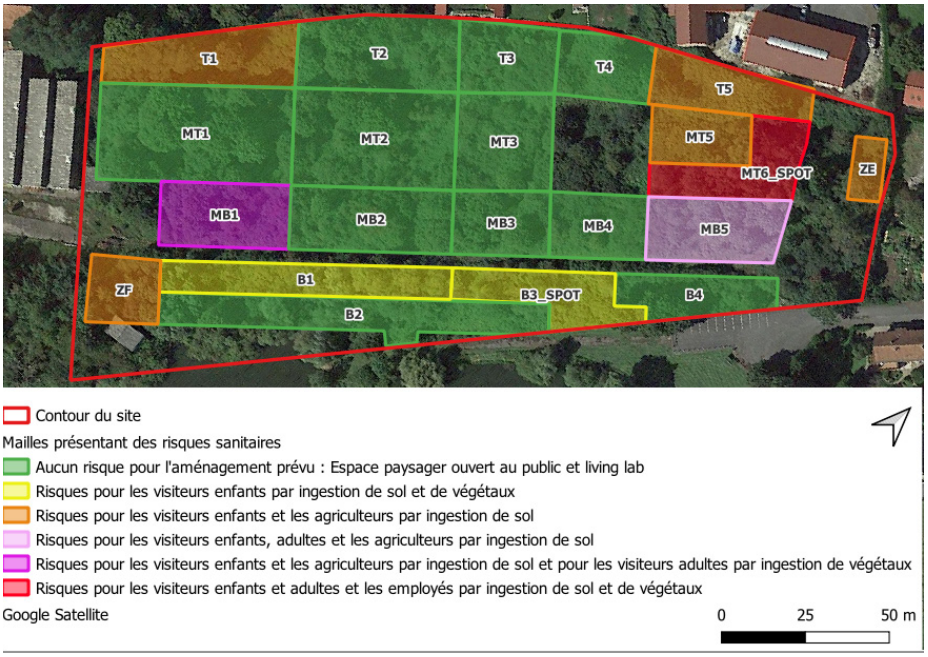


Figure 3 : Risques sanitaires définis selon les cibles et voies d'exposition

de risques sanitaires, 11 mailles ont été identifiées comme présentant un risque acceptable pour l'ensemble des usages (Fig 3)

La prise en compte de la bioaccessibilité a permis de mettre en évidence que presque 50% du site pouvait être valorisé en parc urbain ou en zone de maraichage (en considérant à ce stade uniquement l'ingestion de sol comme source de contamination) en lien avec la faible mobilité des contaminants des sols.

Les résultats de cette EQRS ont été superposés aux pollutions concentrées (qui doivent être traitées en priorité) afin de définir un nouveau plan de gestion des pollutions présentes sur le site.

Le site ayant déjà fait l'objet de mesures de gestion, l'objectif de définition des solutions de gestion dans le cadre du projet Ecopolis a été d'une part d'évaluer l'optimisation des volumes de sources de pollution et des coûts associés (étude complémentaire de bioaccessibilité, environnementale...), et d'autre part d'étudier les mesures de gestion alternatives qui auraient pu être prises.

Ainsi, 5 scénarios de gestion (en plus du scénario initial de gestion mis en place) ont été étudiés en intégrant une suppression totale ou partielle des pollutions du site en évaluant le traitement des sources par (i) phytomanagement (objectif du projet de recherche), (ii) retrait des sources et (iii) confinement des sources.

Les essais de phytomanagement et leur suivi auront lieu pendant plusieurs années. En l'absence de traitement immédiat des sources de pollution, un suivi environnemental de type TRIADE est préconisé sur le site pendant au moins 4 ans et a été intégré dans le chiffrage lors de la réalisation du bilan coûts-avantages afin de couvrir l'ensemble des coûts des solutions de gestion.

Afin d'évaluer l'impact de la prise en compte de la bioaccessibilité des contaminants du site, une comparaison des scénarios de gestion présentant des coûts similaires a été réalisé.

Ainsi, le scénario permettant l'accès aux mailles sanitairement compatibles, un retrait des pollutions concentrées au sud du site par excavation, évacuation et recouvrement et la sanctuarisation des mailles sanitairement incompatibles (zone de recherche pour le traitement des sources par phytomanagement) représente un montant de travaux similaire.

Des sources de pollution restant en place (pour les besoins de la zone de recherche), un suivi environnemental de type TRIADE est préconisé pendant une durée minimale de 4 ans. En cas d'échec des solutions de phytomanagement, l'évacuation des pollutions concentrées de la zone d'expérimentation scientifique a également été chiffrée.

Ainsi, la comparaison des scénarii de gestion avec et sans prise en compte de la bioaccessibilité a mis en évidence que la réalisation d'études complémentaires (maillage fin, mesures de bioaccessibilité, mesures environnementales) entraine des scénarios de réhabilitation plus favorables d'un point de vue environnemental, sociétal et économique, dans le cas d'une réhabilitation partielle du site ou dans le cas d'une réhabilitation complète de celui-ci. Il apparait en effet qu'à coût constant le site aurait pu présenter un autre visage avec plus de 50% des espaces réouverts au public car ne présentant pas de risques sanitaires (quel que soit l'usage envisagé) en lien avec la très faible bioaccessibilité de l'As sur l'ensemble du site.(figure 4)

Figure 4 : Gestion des surfaces selon le PG initial (gauche) et le PG issu d'Ecopolis (droite)

FOCUS : LE PHYTOMANAGEMENT

La gestion d'un site par phytomanagement permet de traiter la pollution du sol directement sur place (in situ). Son principal avantage réside dans la préservation de la biodiversité et des fonctions des sols en place et l'amélioration de la qualité des sols. Dans un même temps, il est possible que la biomasse produite soit valorisable dans des filières comme la méthanisation ou le bois.

Il existe plusieurs types de phyto technologies : (figure 5)

- La phytostabilisation
- La phytoextraction
- La phytodégradation

Le retrait des contaminants présents dans le sol est un processus long, limité aux zones accessibles par les racines des plantes. Les plantes doivent être sélectionnées en fonction des contaminants et des caractéristiques physico-chimiques du sol. Ainsi, ce n'est pas une technique de suppression totale, mais une méthode de gestion visant à réduire les risques sanitaires et environnementaux tout en confinant certains contaminants sur place.

Bien que les phytotechnologies offrent de nombreux avantages (alternative aux techniques de traitement intensif, moins coûteuses, adaptées pour la gestion de grandes friches industrielles, permettent de créer de nouveaux écosystèmes...), elles présentent néanmoins certaines limites qui doivent être prises en compte. L'écotoxicité et la profondeur des polluants peuvent restreindre leur utilisation. De plus, ces techniques nécessitent plusieurs années pour donner des résultats concluants.

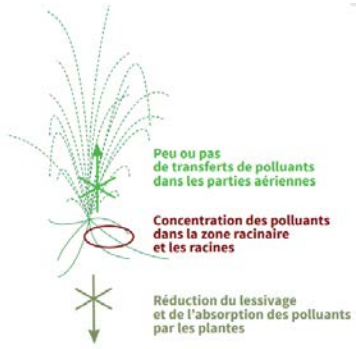


Figure 5 : Fonctionnement de la phyto stabilisation (Ademe, 2017)

UNE MÉTHODOLOGIE DUPLICABLE SUR LE NORD FRANCHE-COMTÉ

Ce projet répond à la fois à des enjeux environnementaux et sociétaux pour gérer de manière innovante l'héritage de la pollution dans un territoire particulièrement marqué par l'industrie.

Les agences d'urbanisme de Montbéliard et de Belfort ont élaboré une méthode en plusieurs étapes permettant : d'identifier et renseigner les sites pollués dans une base de données géoréférencée, de sélectionner les sites techniquement compatibles avec les phytotechnologies, de les hiérarchiser au regard d'une analyse multicritères et enfin de confirmer l'opportunité de mettre en œuvre ces techniques auprès des responsables politiques et des propriétaires.

A l'échelle du Nord Franche-Comté, les agences d'urbanisme ont identifié plus d'une centaine de sites industriels anciens potentiellement pollués.

Un travail de sélection et de hiérarchisation a été opéré avec les membres du consortium et plusieurs sites sembleraient compatibles avec les techniques étudiées sur le site de Vieux- Charmont.

CONCLUSION

Il a été mis en évidence au cours de ce projet l'intérêt de la mise en place d'un maillage fin du site et de l'étude de la bioaccessibilité des contaminants métalliques pour démontrer que plus de 50% du site d'étude aurait pu être valorisé en espace de parc urbain.

Grâce à la mise en place de phytomanagement au sein de la zone d'expérimentation scientifique, le site a été sanctuarisé permettant de maintenir et de dynamiser la biodiversité.

Le projet ayant pour objectif le maintien des essences ligneuses vise à promouvoir la présence de forêt urbaine permettant de maintenir un îlot de fraicheur. La création du sentier pédagogique et du living lab a permis de reconnecter les berges de l'étang mais également de créer une zone d'échange, de partage de connaissance et de sensibilisation des populations aux gestions douces des pollutions.

La reconversion de ce site à passif environnemental est donc un succès et a également permis la création du "parc des alliaires" en septembre 2023, faisant de cette ancienne friche un site de recherche pour la gestion des pollutions via le phytomanagement et espace de médiation scientifique et ludique.

Benjamin PAUGET (TESORA)

// DOSSIER : SITES POLLUÉS - PROTEGER LES RESSOURCES

DÉPOLLUER ? ET APRÈS ?

Dépolluer un sol, c'est bien ; lui rendre ses fonctionnalités c'est mieux, surtout s'il est destiné à compenser de l'artificialisation. Encore faut-il pouvoir caractériser et évaluer ses fonctions. C'est l'objet de la démarche expérimentale mise en œuvre par l'EPF des Hauts de France, destinée à réaliser un diagnostic de la fonctionnalité des sols.

La préservation des sols est devenue en quelques années un enjeu majeur de la lutte contre le changement climatique avec notamment la Loi Climat et Résilience et la future Directive-cadre européenne sur les sols. Cette prise de conscience collective que le sol n'est pas seulement un support pour des usages mais qu'il offre des fonctions qui vont bien au-delà, encourage les professionnels de la dépollution des sols à considérer les sols non plus sous le seul angle de leur qualité chimique.

Montachet Expertise et Conseil (ME&C) s'est intéressé depuis 2021 à la refonctionnalisation des sols après dépollution, notamment lorsque les sites ne sont pas immédiatement destinés à des projets de construction ou peuvent être renaturés en compensation d'aménagement dans le cadre du ZAN.

CONTEXTE DE LA DÉMARCHE ET OBJECTIF

Parallèlement, l'Etablissement Public Foncier de Hauts-de-France (EPF HDF), par les actions de requalification des fonciers dégradés qu'il mène auprès des collectivités, est un acteur clé de la requalification et de la désartificialisation des sols, tant sur un plan régional que national. Conscient de ce rôle majeur dans la mise en œuvre pratique du ZAN, l'EPF de Hauts-de-France, a confié à ME&C une démarche expérimentale en vue de qualifier et quantifier les fonctionnalités des sols et ainsi permettre tout à la fois de :

- Rendre compte de ses actions en matière de re-fonctionnalisation des sols,
- Poursuivre l'amélioration de ses pratiques, notamment de finalisation des opérations.

Dans cette démarche, la notion de quantification est apparue essentielle pour permettre de passer d'une approche purement qualitative à une approche quantitative facilitant la comparaison des données, et donc des sites, dans le temps et dans l'espace.

UNE PREMIÈRE ÉTAPE BIBLIOGRAPHIQUE ET CONCEPTUELLE ...

Une première étape bibliographique visant à définir l'état de l'art a tout d'abord été menée afin de déterminer quels seraient les indicateurs les plus pertinents pour évaluer la fonctionnalité des sols sur un site requalifié, ainsi que la manière de les évaluer de façon économiquement viable et techniquement aisée pour être reproduite sur le terrain par un bureau d'étude.

A l'issue de cette recherche bibliographique, une série d'indicateurs quantifiables, répondant aux critères de viabilité économique et de reproductibilité, a été sélectionnée pour chaque fonction évaluée. Ces indicateurs comprennent :

- Des indicateurs classiquement utilisés en agronomie afin d'évaluer la fertilité des sols, comme la teneur en matière organique, ou les teneurs en éléments nutritifs majeurs N, P et K
- Des indicateurs permettant d'évaluer la capacité des sols à infiltrer et/ou à stocker les précipitations, tel que la perméabilité mesurée au perméamètre double anneau (illustration 1),
- Des indicateurs d'abondance et de diversité de la micro, méso et macro-faune

Illustration 1 Evaluation de la perméabilité des sols de surface au perméamètre double anneau.

Quelles fonctions prendre en compte ?

La loi « Climat et résilience » du 22 août 2021, définit la notion d'artificialisation comme « l'altération durable de tout ou partie des fonctions écologiques d'un sol, en particulier de ses **fonctions biologiques, hydriques et climatiques**, ainsi que de son **potentiel agronomique** par son occupation ou son usage ». La désartificialisation est quant à elle définie comme la restauration de tout ou partie de ces fonctions.

Ce sont ces quatre fonctions qui ont été retenues par l'EPF HDF et Montachet Expertise et Conseil dans le cadre de ce projet (la fonction « climatique » ayant été abordée uniquement sous l'angle du stockage de carbone).

du sol prélevés notamment par dispositif berlèse ou piège barber,

• Des indicateurs de la richesse du sol en carbone, comme la teneur en carbone organique.

L'originalité de la démarche ne vient pas tant des indicateurs eux-mêmes, qui sont pour la majorité des paramètres souvent mesurés dans d'autres contextes (à l'exception de la faune du sol qui reste encore un domaine peu exploré), mais surtout dans le fait de les acquérir de façon simultanée pour en faire un traitement global et une interprétation multi-paramètres.

Des grilles de notation semi-quantitatives, destinées à attribuer à chaque indicateur une note comprise entre 0 et 3, ont ensuite été élaborées afin de faciliter la comparaison des points de sondages ou des sites entre eux.

…. AVANT LA MISE EN ŒUVRE PRATIQUE SUR SIX SITES DE L'EPF

La méthodologie a ensuite été mise en œuvre sur six sites mis à disposition par l'EPF HDF offrant un panel varié de situations en termes de typologie et d'ancienneté de remise en état dont une prairie naturelle, un terril, trois sites réhabilités et un site non encore réhabilité.

Lors de la mise en œuvre de la méthodologie sur les sites de l'EPF, les indicateurs ont ainsi été quantifiés soit par l'intermédiaire de mesures et/ou observations sur site, soit par des prélèvements et analyses d'échantillons en laboratoire.

Pour chaque site, deux à trois points de mesures ont été effectués, dans des zones présentant des caractéristiques différentes, appelées Zone d'Intérêts Différenciés (ZID).

Pour chaque zone d'intérêt différencié, les investigations consistaient à observer les sols, idéalement dans une fosse réalisée à la pelle hydraulique (Cf illustration 2) et à défaut à la tarière à main, et à prélever des échantillons en vue de leur analyse sur site ou au laboratoire.

Le diagnostic des fonctionnalités des sols comprend ainsi :

1. L'acquisition de données bibliographiques à travers une étude documentaire et une visite du site, avec notamment une comparaison des typologies de surface du site avant et après travaux,

2. Des investigations sur site et l'analyse en laboratoire d'indicateurs caractéristiques des différentes fonctions des sols,

3. L'attribution de notes semi-quantitatives sur la base des grilles élaborées au préalable,

4. La mise en forme des résultats afin d'obtenir une « carte d'identité » des sols ou de pouvoir comparer les différents points de prélèvements sur un même site ou sur des sites différents.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

A réception des résultats du laboratoire, une notation semi-quantitative a été attribuée à chaque indicateur de chaque sondage sur la base des grilles élaborées.

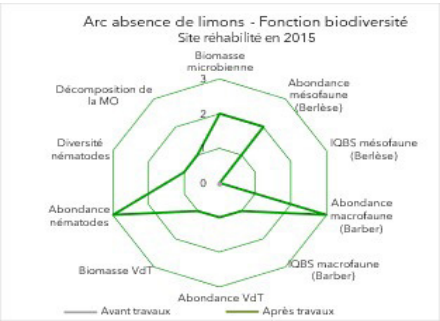
Sur la base des notes semi-quantitatives attribuées, les résultats sont présentés sous la forme de graphique « radar », à raison d'un graphique pour chaque point et pour chaque fonction afin de permettre une comparaison plus aisée entre les points et/ou entre les sites.

Les graphiques élaborés à partir des données acquises sur un site localisé à Arques (62) pour la fonction biodiversité, présentés ci-dessous (Cf. illustration 3), illustrent leur mode de représentation et les comparaisons possibles entre deux points, que ce soit dans le temps ou dans l'espace.

Ces graphiques illustrent pour l'une des quatre fonctions étudiées les notations pour deux zones du site, requalifié en 2015, ayant fait l'objet d'une finalisation différente. L'un correspond aux remblais du site non recouverts et l'autre aux remblais recouverts par 30 cm de limons. Une note hypothétique de 0 a été attribuée à chaque indicateur de la fonction biodiversité pour le site avant travaux étant donné que celui-ci était entièrement construit.

Dans l'ensemble, le profil des limons d'apport montre de meilleures notes que dans les sols remblayés non recouverts pour la fonction biodiversité, notamment pour la biomasse microbienne, la décomposition de la matière organique par les nématodes, et la biomasse des vers de terre.

Illustration 2 : La démarche de diagnostic de la fonctionnalité des sols comprend la réalisation de fosses à la pelle hydraulique, comme pour certains diagnostics de la qualité des sols classiquement réalisé par les membres de l'UPDS, mais nécessite de porter un regard différent sur les horizons rencontrés. Il ne s'agit plus d'évaluer sa pollution mais ses fonctionnalités.



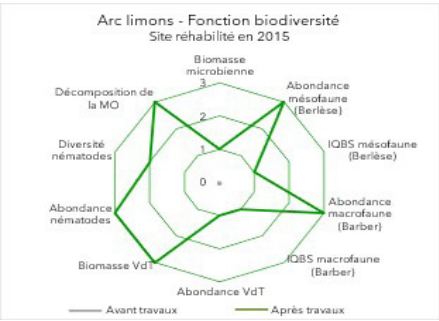


Illustration 3 : Graphique radar de la fonction biodiversité du site Arques International avec apport de limons (à droite) et sans apports de limons en surface (à gauche)

ALLER PLUS LOIN POUR LA FONCTION BIOLOGIQUE ?

Pour la fonction biologique, un essai de classification de la faune piégée au moyen de pièges barber et berlèse a été tenté pour distinguer le rôle fonctionnel des différentes familles identifiées dans les échantillons de sol.

Ainsi, chaque ordre identifié a été classé selon sa fonction a priori la plus importante dans les sols entre les fonctions ingénieurs du sol, ingénieurs de la litière, ingénieurs chimiques, régulateurs biotiques, prédateurs, et consommateurs primaires.

Les graphiques ci-contre (Cf. Illustration 4) présentent le résultat de cette approche sur les deux zones étudiées du site Arc International.

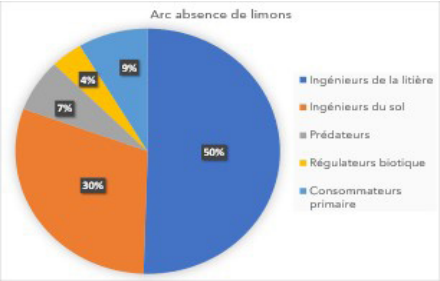
La comparaison entre les graphiques ci-dessus montre un équilibre différent des fonctions assurées par les organismes du sol entre les deux points de prélèvement.

En toute rigueur scientifique, ce mode de présentation est discutable dans la mesure où, comme indiqué ci-dessus, chaque ordre a été assimilé à une seule fonction alors que certains ordres peuvent avoir différentes fonctions. Malgré cette faiblesse, il nous a semblé intéressant de conserver cette présentation qui permet d'apprécier un état d'équilibre (ou de déséquilibre) des organismes du sol et de comparer plus facilement les échantillons entre eux qu'avec uniquement une liste d'individus issue du travail d'identification.

CONCLUSIONS

Ces essais ont été riches d'enseignements, tant sur la mise en œuvre de la méthodologie que sur les améliorations possibles en matière de travaux de requalification et de re fonctionnalisation des sols, que ce soit sur :

• Les investigations et les essais : Il est important d'identifier au minimum un point d'observation et d'analyse des sols par zone d'intérêt différencié (ZID). Idéalement, il faudrait faire un échantillon témoin hors site pour évaluer la "trame brune naturelle" et disposer d'une référence locale car les sites ne sont pas toujours comparables entre eux.



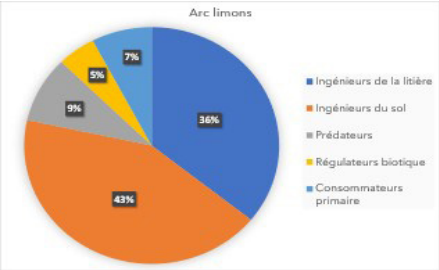


Illustration 4 : Graphique de la répartition des différentes espèces du sol

• Les valeurs de références : Il n'y a peu ou pas de sources de valeurs de références pour certains indicateurs, notamment pour la fonction biologique. Les valeurs de références seront donc à construire dans le temps. Pour le moment, on peut comparer les points entre eux en attendant d'acquérir de la donnée. Il faut accepter que les valeurs soient comparées entre elles plutôt qu'à des seuils.

• Les résultats et leur interprétation : Le "site de référence" (prairie naturelle), n'a pas été le mieux noté sur l'ensemble des indicateurs alors qu'il devait constituer le "sol de référence". Il est ainsi apparu que "LE" sol idéal n'existe pas et que les différents sols apportent des fonctions différentes en fonction de leurs caractéristiques, sans que l'un puisse être systématiquement considéré comme meilleur que l'autre.

• Les réflexions sur la finalisation des opérations de requalification : avant de définir les opérations de requalification, il peut être judicieux de se poser la question des fonctions que l'on souhaite donner au sol post travaux pour orienter au mieux les opérations à mettre en place.

PERSPECTIVES

Les démarches ainsi mises en œuvre ouvrent des perspectives intéressantes pour l'évolution des métiers de la gestion de la pollution des sites pollués notamment en ce qu'elles permettent d'aller plus loin que le seul objectif de dépollution des sols et d'envisager, après dépollution, de redonner des fonctionnalités aux sols traités. La finalisation des opérations de gestion de la pollution peut ainsi permettre d'améliorer encore les bilans environnementaux et de constituer une compensation efficace de l'artificialisation des sols.

Cette approche, élaborée pour les besoins de l'EPF et dans la perspective de la refonctionnalisation des sols, pourrait aussi être utilisée en amont des projets d'aménagement pour évaluer l'impact de l'artificialisation et ainsi permettre la mise en œuvre de la démarche ERC dans la perspective du ZAN.

Tanguy LATRON (MONTACHET Expertise et Conseil)

// DOSSIER : SITES POLLUÉS - PROTEGER LES RESSOURCES

LES ESPÈCES VÉGÉTALES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

UN POLLUANT BIOLOGIQUE À GESTION TRÈS PARTICULIÈRE

Comment une plante peut-elle être considérée comme un polluant ? Pourquoi devons-nous la gérer ?

"La prolifération des plantes invasives est aujourd'hui considérée comme la deuxième cause d'extinction des espèces par le GIEC. Sur les 1.379 espèces végétales exotiques présentes en France, presque 10 % deviennent invasives."

Une espèce végétale exotique envahissante (EVEE) est une plante non indigène, introduite par l'Homme (volontairement ou accidentellement) dans une région où elle n'était pas naturellement présente. Evoluant en dehors de son aire de répartition naturelle, elle se développe alors rapidement et abondamment menaçant ainsi les écosystèmes, les habitats ou les espèces locales.

Bien que ces plantes ne soient pas des polluants au sens classique du terme, comme les toxines ou pathogènes, ces plantes sont considérées comme tels car elles perturbent les écosystèmes naturels engendrant des dommages écologiques, économiques et potentiellement sanitaires.

Illustration 1 : Friche intervention SSP avec Ailante et Budleia

UN IMPACT ÉCOLOGIQUE

Lorsqu'une EVEE envahit un habitat, elle entre en compétition souvent inégale avec les plantes locales. Elle peut avoir un avantage par rapport à cette dernière en termes d'accès aux ressources (lumière, eau, nutriments), mettant en danger son développement et entrainant une perte de biodiversité.

Cette prolifération modifie les habitats naturels et les écosystèmes, au travers d'un changement de structure et de composition des habitats, affectant toutes les autres espèces dépendantes de l'habitat impacté.

UN IMPACT ÉCONOMIQUE

La gestion des territoires dans un but économique est également affectée par les EVEEs, au travers, entre autres, d'atteintes aux infrastructures, de diminution des rendements agricoles, de coûts de gestion élevés, de dégradation des paysages naturels et de diminution de la qualité des sites de loisirs.

UN IMPACT SANITAIRE

Certaines EVEE produisent du pollen allergène, affectant la santé humaine. D'autres peuvent altérer la qualité de l'eau en obstruant les cours d'eau, favorisant ainsi le développement de maladies liées à l'eau stagnante.

Ces impacts peuvent se cumuler et il est important de souligner que l'implantation de ces espèces peut être définitive rendant toute tentative de retour en arrière impossible. Le coût économique de leurs conséquences est estimé à plus de 12 milliards d'euros par an en Europe (source Agence Européenne pour l'Environnement – fév 2023)

LE CONTEXTE DES FRICHES ET SITES ET SOLS POLLUÉS

Les friches et les sites et sols pollués représentent des milieux anthropisés avec des qualités de sols très hétérogènes : milieux souvent rudéraux et pauvres en matière organique. Ces sites présentent les conditions idéales de développement des EVEEs, qui ont besoin de moins de ressources que les espèces indigènes et s'adaptent mieux aux changements climatiques, encore plus lorsqu'il s'agit de friches laissées en place depuis des années.

Plus de 100 espèces d'EVEEs ont été identifiées sur l'ensemble du territoire français.

LA GESTION ET LE CONTRÔLE DES ESPÈCES VÉGÉTALES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

La réglementation associée aux EVEE est celle liée aux "Biodéchets" : les résidus issus de l'enlèvement de tous types de végétaux sont considérés comme des déchets verts (article R541-8 du code de l'environnement et circulaire du 10 janvier 2012).

Tout abandon de déchets est un acte répréhensible et puni par loi : ainsi on ne peut légalement laisser sur place des déchets de plantes invasives même lorsqu'ils sont biodégradables. Par ailleurs, le brulage est interdit sauf dérogation.

Pourtant dans les faits, la situation reste compliquée par méconnaissance de ces végétaux qui sont parfois laissés à l'air libre dans un processus de compostage non encadré, pouvant entraîner une gestion de risques non négligeable.

Une gestion proactive et intégrée est essentielle, reposant sur de la prévention, la détection précoce avec réponse rapide suivie de méthodes de contrôle adaptées.

Les méthodes habituelles de contrôle bien qu'intéressantes, comportent des risques :

- Le stockage - compostage (Nomenclature ICPE 2780) (Compostage de déchets non dangereux ou matière végétale) avec valorisation par épandage. Il s'agit de la méthode la plus utilisée mais étant une gestion à risques d'un point de vue biodiversité à cause du potentiel élevé de dissémination et/ou multiplication des graines. Pour que cette méthode soit réellement efficace, la gestion doit être étudiée selon le cycle biologique de l'espèce contaminante en prenant en compte les divers aspects liés à la reproduction de cette plante : graine, boutures, degré de résistance...

- La méthanisation : Elle est encadrée par la rubrique ICPE 2781 (méthanisation de déchets non dangereux ou matière végétale) et s'applique principalement aux végétaux peu ligneux (aquatiques et amphibies), ce qui présente une limite de mise en œuvre notable de cette méthodologie de gestion.

- L'incinération en centres agréés soumis à la rubrique ICPE 2771 (traitement thermique de déchets non dangereux) est une autre technique habituelle de gestion de ces plantes, mais produisant des rejets atmosphériques trop forts et non adaptés à cause d'un fort taux d'humidité dans les végétaux.

Ces valorisations socio-économiques représentent donc des solutions de traitement qui conservent des risques écologiques, économiques et sanitaires évitables.

UNE SOLUTION INNOVANTE : LA SÉQUESTRATION

Les méthodes de gestion citées ci-avant peuvent apparaître comme des « solutions de pansement » sans valeur ajoutée qui impactent le budget et la mise en œuvre des projets de développement de sites.

Il existe néanmoins depuis quelques années une solution innovante de valorisation: la séquestration. Cette technique de séquestration permet de faire de ces polluants biologiques une ressource à la base d'un processus de transformation de la plante qui permet la création d'une nouvelle matière première sous la forme d'un biomatériau remplaçant le plastique pétrosourcé.

En donnant une valeur financière à

Matière première – bioproduit

ces polluants biologiques, l'existence de ce processus permet d'encourager l'éradication des EVEEs sur les sites contaminés de façon contrôlée et sans impact négatif sur la biodiversité locale.

Le processus permet aux donneurs d'ordre d'agir sur le changement climatique à travers des produits alternatifs aux plastiques pétrosourcés et en permettant la préservation de la biodiversité locale au travers de l'éradication des EVEEs.

EN QUOI CONSISTE CE PROCESSUS DE SÉQUESTRATION ?

Pour que les bénéfices de cette intervention soient réels, il est nécessaire que la chaine de production, allant de la collecte à la production de l'objet, soit contrôlée par des spécialistes de la biodiversité.

1. Première étape : Stockage, Collecte & Logistique

Exemples de bioproduits : Rampe / Poteau / Tables de pique-nique

Il s'agit de l'étape la plus complexe du processus en termes de biodiversité, car elle doit être gérée de façon très différente selon les espèces, afin d'éviter le risque de dissémination. Cette collecte maitrisée peut s'effectuer de manière mécanisée ou manuelle.

2. Transformation sur la plateforme technique

La transformation est effectuée selon un cycle breveté par la société Rosobren : le cycle Dereen®. La première plateforme de transformation selon ce cycle est localisée au centre de la France, à Pouligny St Pierre.

Le cycle permet la production de copeaux de biomatériaux, qui peuvent ensuite être utilisés pour divers objets design, à destination non alimentaire (mobilier urbain, panneaux, supports de bureautique, etc.

Photos du process de fabrication des biomatériaux

CONCLUSION

En présence d'un site pollué par des espèces végétales exotiques envahissantes, il existe une solution vertueuse qui s'inscrit dans un modèle d'économie circulaire en donnant de la valeur à des déchets qui autrement n'en auraient pas.

Pour mettre en œuvre cette solution, RSK propose un écosystème d'acteurs spécialistes : botanistes pour le reconnaissances des EVEEs, Rosobren pour la valorisation du biodéchets issu d'une intervention d'éradication.

La présence du botaniste est primordiale afin de conseiller le donneur d'ordre sur la méthode de collecte, et s'assurer que l'objectif final reste bien l'éradication des EVEEs et la mise en place d'un suivi par l'intermédiaire des indicateurs de rémanence des EVEEs.

Cette méthode représente un marché spécifique, basé sur le génie écologique qui ne doit pas entrer dans un marché de production ou d'exploitation commerciale. Il aspire à apporter une réponse à une conséquence d'un dérèglement des populations végétales par l'incitation à l'éradication dans un schéma vertueux d'économie circulaire.

Sébastien ILLOVIC (ADEV Environnement)
Esme BOUILLIEZ (RSK Environnement)

// DOSSIER : SITES POLLUÉS - PROTEGER LES RESSOURCES

PRENDRE EN COMPTE LE RISQUE CLIMATIQUE

DANS LA GESTION DES ANCIENS SITES INDUSTRIELS

Comment mettre en évidence les dommages potentiels liés aux évolutions du climat du court au long terme ?

CONTEXTE

Projeter des évolutions climatiques sur un site en activité et en évaluer les risques devient un exercice majeur dans le cadre d'une stratégie environnementale, au même titre que les bilans des émissions de gaz à effet de serre ou les analyses de pollutions.

L'accroissement manifeste de la fréquence et de l'intensité des aléas climatiques, débordement de rivières, feux de forêt, canicules ou tempêtes pour ne citer que les plus notoires en France, incite de plus en plus d'acteurs à prendre les devants et évaluer les faiblesses de leur chaîne de valeur.

Les anciens sites industriels, bien qu'ils ne présentent plus d'activité, n'échappent pas à ce besoin d'évaluation.

Ces derniers sont souvent maintenus sous l'observation des autorités et de leurs propriétaires pour leurs potentiels risques de pollution.

Les futurs aléas climatiques sont autant de craintes de voir des polluants se disperser au-delà de leur périmètre actuel et/ou d'affecter la pérennité des installations de gestion de ces polluants. (Photo 1)

Photo 1 – Ancien site industriel réhabilité avec notamment un enrochement en bordure de rivière

CARACTÉRISER LES RISQUES POUR MIEUX LES QUALIFIER

Pour évaluer les risques climatiques, il faut rappeler que ces derniers sont définis depuis le cinquième rapport du GIEC par trois composantes principales : un aléa ou la caractérisation d'un évènement climatique ayant lieu à un endroit précis, une vulnérabilité ou une faiblesse structurelle liée à un site et sa capacité d'adaptation, et une exposition ou la caractérisation des activités qui peuvent être affectées par ces aléas.

Pour chaque typologie d'activité, la définition du risque climatique (Fig.1) reposera sur cette définition générique mais il convient d'adapter, en fonction de l'activité, le détail de ces composantes et leur mode d'évaluation.

Ainsi, pour des anciens sites industriels, ce sont les risques susceptibles d'affecter la dispersion des pollutions issues des anciennes activités qui retiennent l'attention et qui seront scrutés.

Dans le cadre d'une récente étude réalisée

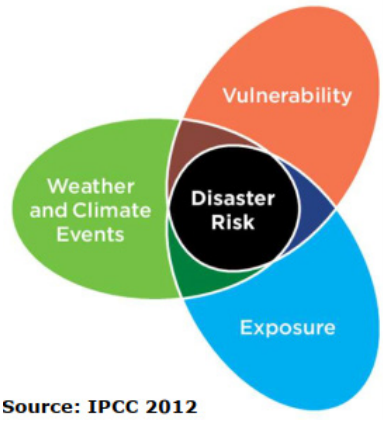


Figure 1 Composantes principales d'évaluation du risque climatique.

pour un client ayant en gestion un ensemble de plusieurs dizaines d'anciens sites industriels en France, nous avons retenu les risques suivants ;

- Intrusion marine
- Mouvement des sols (naturel)
- Perte de biodiversité
- Dispersion des poussières
- Dommages aux ouvrages
- Dommages aux accès et infrastructures
- Migration des polluants (eaux souterraines)
- Dommages aux réseaux énergétiques et hydrauliques

MÊLER LA CONNAISSANCE DU SITE ET LES INDICATEURS CLIMATIQUES

L'exercice d'évaluation du risque climatique diffère d'autres travaux d'évaluations environnementales dans le sens où il requiert un travail sur des indicateurs variés et spécifiques à chaque risque identifié.

On cherche à mobiliser des valeurs issues de nombreuses bases de données (par exemple des projections climatiques issues du portail DRIAS-Climat de Météo France, des indicateurs locaux sur l'exposition aux risques d'inondation, ou encore des indicateurs spécifiques au site comme la qualité des infrastructures du gestionnaire) et à les traduire en une valeur unique de l'état et de l'évolution d'un risque, et de ses composantes aléa, vulnérabilité et exposition.

Cette évaluation repose fatalement sur une part de subjectivité car il n'est pas toujours possible de disposer d'indicateurs quantitatifs suffisamment précis, ou parce que les sites peuvent avoir des caractéristiques particulières n'apparaissant pas dans ces indicateurs, comme une configuration locale singulière (une protection naturelle, une infrastructure additionnelle ou une mesure d'adaptation disponible sur site comme un groupe électrogène de secours pour assurer le fonctionnement de pompes hydrauliques).

Un protocole d'évaluation est mis en place

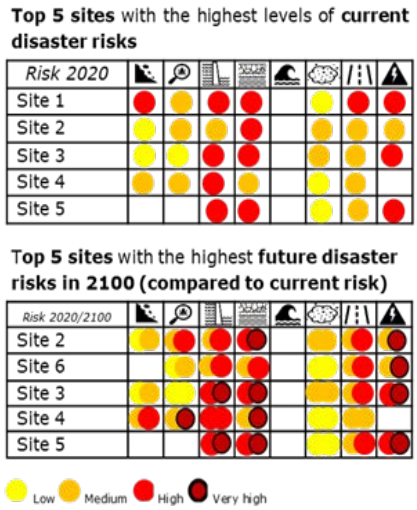


Figure 2 Exemple de résultats synthétiques, classement d'une sélection de sites selon une évaluation des risques et évolution de ces risques entre 2020 et 2100.

pour confronter les indicateurs chiffrés mobilisables et les évaluations des connaisseurs du site.

UN CLASSEMENT DES RISQUES ET DE LEUR ÉVOLUTION DANS UN PÉRIMÈTRE DÉFINI

Les aléas étant de natures différentes et l'évaluation du risque étant spécifique à chaque risque identifié, le résultat de cet exercice est donc un classement du risque au sein du périmètre de travail, et donc un classement des sites les plus à risque, des risques les plus fréquents et de l'intensité de l'évolution de ces risques à horizon fin de siècle dans notre exercice. (Fig.2)

Cette étude permet donc de générer une matrice avec un code couleur allant du jaune au rouge selon les sites, les risques, l'horizon de temps et de confronter les résultats de cette matrice à la réalité du terrain, c'est-à-dire à ses mesures d'adaptation existantes ou planifiées.

Dans le cas des friches industrielles, les risques les plus présents sont le plus souvent liés aux régimes de précipitation et aux épisodes de sécheresse, et donc aux dommages aux ouvrages et aux potentielles migrations de polluants via les cours d'eau et les nappes phréatiques.

UN TRAVAIL UTILE POUR CONFRONTER LA VISION DÉJÀ EXISTANTE DU RISQUE

Si la matrice met en évidence un risque accru de débordement de cours d'eau à proximité d'un site déjà équipé d'une infrastructure de protection, l'étude peut poser la question du dimensionnement de ces infrastructures (enrochement, capping, gestion des eaux pluviales) pour les prochaines décennies.

Dans le cas des friches industrielles, ce risque est naturellement déjà considéré avec une forte attention par leurs gestionnaires mais le focus sur le risque climatique peut contribuer à rehausser la vigilance au-delà de la réglementation, en prenant en compte l'évolution de l'intensité des aléas.

Dans d'autres cas, l'étude pourra révéler des risques non pris en compte aujourd'hui ou en dehors des obligations de suivi existantes.

L'étude permet enfin de mettre en évidence les sites qui sont exposés à plusieurs risques et qui nécessitent, plus que d'autres, une approche multiparamétrique pour en renforcer la résilience en cas d'aléa climatique.

En d'autres termes, cette étude ne vient pas remplacer la notion existante du risque pour les acteurs qui y sont confrontés, elle contribue à la renforcer en y ajoutant une couche d'évaluation complémentaire.

Les indicateurs climatiques évoluent et deviennent de plus en plus précis, permettant ainsi de toujours mieux évaluer les sites avec une résolution améliorée.

L'accès à un nombre croissant d'outils et de services répond à cette demande grandissante et facilite l'analyse des indicateurs climatiques.

Sébastien BRUYÈRE (RAMBOLL France)
Lilian LOYER (RAMBOLL France)
Nicolas AMPEN (RAMBOLL France)

// DOSSIER : SITES POLLUÉS - PROTEGER LES RESSOURCES

LA RÉHABILITATION D'UN ANCIEN SITE INDUSTRIEL :

UN DÉFI ÉCOLOGIQUE RELEVÉ AVEC SUCCÈS

Dans le cadre de projets de réhabilitation d'anciennes friches industrielles, il existe plusieurs enjeux (économiques, sociétaux et environnementaux) dont notamment la protection des milieux naturels voire la restauration écologique de zones qui favoriseront la biodiversité.

Face à l'expansion urbaine croissante et à la pression immobilière, la reconversion des friches représente un défi à relever pour les prochaines décennies.

Dans ce contexte, la réhabilitation de sites peut mêler différents savoir-faire pour traiter les pollutions anthropiques concentrées, maîtriser les risques sanitaires mais aussi prendre en compte les enjeux écologiques globaux.

Le défi du ZAN (Zéro Artificialisation Nette des sols) fixé à l'horizon 2050 permet l'accélération de ce processus pour recréer des espaces exploitables sans consommer d'espaces agricoles ou forestiers.

Photographie des berges du lit du Gier avant travaux

UNE RESTAURATION ESSENTIELLE POUR PRÉVENIR LES RISQUES D'INONDATION

Le site de Rive de Gier a, depuis le XIXe siècle, abrité de nombreuses activités industrielles notamment de verrerie ou encore de cokéfaction de goudron.

Lourd de ce passif industriel qui a marqué les 62 000 m² du terrain, les parties prenantes et pouvoirs publics ont souhaité procéder à la réhabilitation complète du foncier.

La zone présentait notamment un risque accru d'inondation, comme en témoigne la crue de 2008 qui a touché le centre-ville.

Au-delà des aspects de gestion des impacts sols et nappe, l'une des principales missions de ce projet de réhabilitation mené par Colas Environnement était donc de prévenir les risques d'inondation en réaménageant et en élargissant les berges du lit du Gier dans une logique de désartificialisation des sols et de renaturation comme l'imposent les obligations environnementales et sanitaires.

Ce site présentait également des sources de pollution et pollutions concentrées aux hydrocarbures totaux (HCT) et solvants chlorés (COHV) liées à l'activité passée du site.

UNE STRATÉGIE COMPLÈTE POUR RESTAURER LE COURS D'EAU

Afin d'atteindre cet objectif, Colas Environnement en association avec Perrier TP et TPCF, a entrepris des travaux de recalibrage du cours d'eau sur environ 800 mètres linéaires, tout en cherchant à restaurer ses fonctionnalités écologiques et morphologiques.

Les travaux de démolition des anciennes berges artificielles et les opérations de terrassement ont nécessité le dévoiement temporaire du Gier dans un canal latéral

Photographie des berges du lit du Gier en phase de travaux

afin de réaliser le remodelage du lit.

Des opérations de pêche ont été menées en amont des opérations de recalibrage, avec plus de 300 kg de poissons récupérés qui ont pu être relâchés en aval.

UNE GESTION EXEMPLAIRE DES MATÉRIAUX ET DE L'ENVIRONNEMENT

Les opérations mises en œuvre ont engendré la gestion de près de 90 000 m^3 de matériaux qui ont été excavés. Plus de cinquante pour cent ont été revalorisés sur place tandis qu'environ 45 000 m^3 ont dû faire l'objet de criblage, traitement sur site et/ou évacuation hors site en fonction des degrés de pollution rencontrés.

La gestion des matériaux impactés par la pollution organique a été réalisée de manière à respecter les normes en vigueur. Dans le cadre du chantier, plus de 35 000 tonnes de matériaux ont fait l'objet de traitement et/ou d'évacuation en filières agréées. Pour garantir la parfaite traçabilité de ces matériaux, les équipes ont adopté une démarche de suivi adaptée et qualitative.

Plus précisément, le traitement sur site a consisté en des opérations de criblage, de tri manuel mais également à l'utilisation de trommels pour séparer les matériaux contaminés et non-contaminés. Ces techniques ont permis d'évaluer les volumes de terres affectées par la renouée du Japon, une plante invasive présente surtout sur les berges des cours d'eau et associée à de la

Vue aérienne de la gestion des matériaux

pollution.

Un processus de concassage a également été mis en œuvre dans l'objectif de réduire la taille des particules rendant les matériaux plus faciles à manipuler et à intégrer dans des solutions de remblaiement sur site.

C'est donc dans cette démarche d'économie circulaire que les opérations menées ont permis la réutilisation de plus de 49 000 m^3 de matériaux compatibles avec un remblaiement sur site.

Le groupement impliquant Colas Environnement a collaboré étroitement avec le maître d'ouvrage de cette opération, Saint-Étienne Métropole, bénéficiant de l'appui en maîtrise d'œuvre de VDI et de SOCOTEC Environnement pour la partie dépollution.

Ainsi, la restauration du site a permis au cours d'eau de s'étendre sur une surface de 45 000 m^2, soit trois fois plus qu'avant les travaux.

CONCLUSION

Le projet de réhabilitation du site de Rive de Gier représente un exemple concret de reconversion d'un ancien site industriel vers un nouvel usage urbain mixte.

Ce projet d'ampleur a permis de par son montage d'intégrer des opérations classiques de dépollution multi-techniques (sur site et hors site) ainsi que des travaux permettant les adaptations aux changements climatiques avec une volonté de renaturation des milieux naturels.

En mettant l'accent sur les enjeux écologiques, cette restauration a permis de prévenir les risques d'inondation tout en restaurant les fonctionnalités naturelles du cours d'eau.

En permettant la dynamisation de la reconversion des friches, le défi du ZAN induit donc également l'apparition et la prise en compte de nouvelles problématiques qui viennent s'entremêler avec nos métiers habituels de réhabilitation mais qui permettent de répondre plus globalement aux attentes et enjeux actuels de la société.

Alexandre VILBERT (COLAS ENVIRONNEMENT)
Sofia OUAHAB (COLAS ENVIRONNEMENT)

// OUTILS

LE BON USAGE SUR LA BONNE FRICHE

Anticiper l'usage futur du site dans un projet de reconversion de friche est une étape essentielle. Environner correctement la mutabilité d'un site est le préalable à la définition du "bon usage au bon endroit". Cette notion clé, repose sur une réflexion contextualisée à chaque étape : de la planification urbaine au volet opérationnel.

Dans un contexte général de pression sur la ressource sol (pression écologique, fonctionnelle mais également économique), l'objectif ZAN 2050 impulse une nécessaire (r)évolution des comportements de toute la chaîne décisionnelle et des modèles de développement.

Au-delà d'un impératif de sobriété (ADEME, 2022), il est une occasion d'inverser le regard porté sur les espaces délaissés en plaçant leur reconquête au cœur des politiques publiques et des préoccupations locales.

C'est ainsi que les espaces urbains traditionnellement délaissés de la "fabrique urbaine" : dents creuses contraintes, capacités résiduelles de divisions foncières, friches et espaces vacants ... retrouvent une dimension stratégique forte. Ils sont autant d'occasion de faire projet, dans des situations parfois complexes, mais riches de leur environnement et bénéficiant souvent de localisations privilégiées.

La prise en compte de ces "espaces délaissés", et notamment des friches (polluées ou non), est un enjeu des politiques urbaines et depuis 2021 une obligation réglementaire (Légifrance, 2021).

Leur intégration bien en amont au sein des documents de planification vise à mieux anticiper la capacité de mutabilité des friches, facilitant in fine les opérations de reconversion.

LES ÉTAPES CLÉS POUR ÉVITER LES FAUX PAS

Ce qui amène bien souvent les collectivités à se pencher sur la question des friches est soit un projet (ex : besoin d'un équipement public proche de la centralité) soit la volonté de remédier à un espace dégradé, facteur de perte d'attractivité du quartier. Il s'agit de questionnement légitime, et qui mérite d'être accompagné (ex : le service Urbanvitaliz).

Toutefois, le projet envisagé est-il le plus adapté à l'endroit prévu ? Est-ce le fruit d'une analyse des opportunités et contraintes à l'échelle de la collectivité, compte tenu des diverses exigences liées à la transition écologique qui apparaissent parfois complexes à conjuguer (ex :

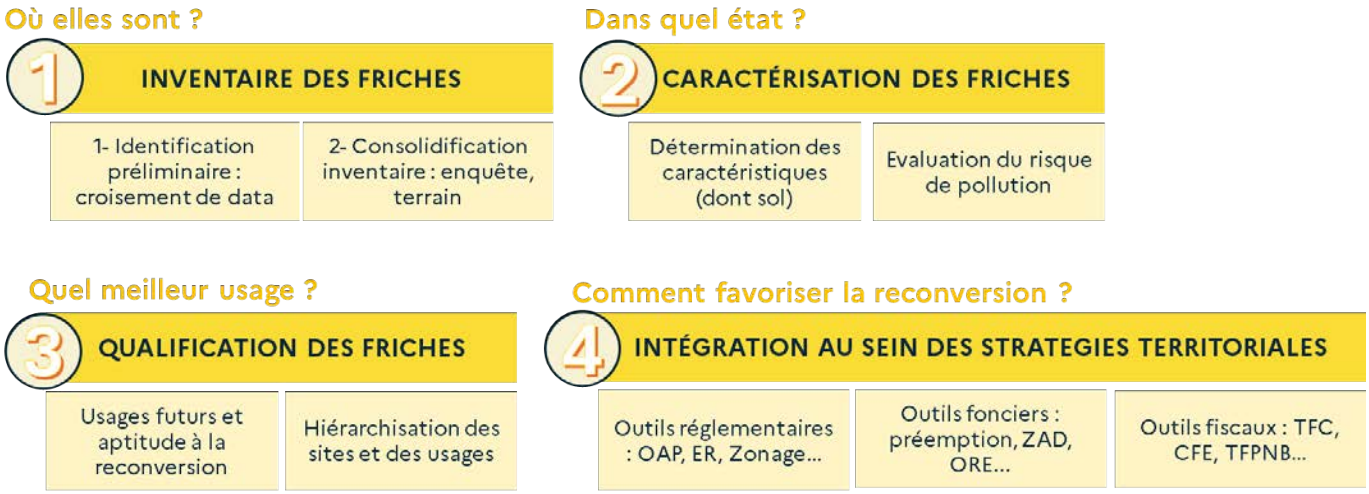


Illustration 1. Schéma des étapes clés pour réussir la reconquête des friches en amont d'un projet de reconversion (Source ADEME).

développement des énergies renouvelables, réindustrialisation, préservation des surfaces agricoles et qualité biologique et agronomique des sols, résilience des territoires, etc.) ? Pas toujours.

Aussi, il est impératif et urgent de mettre en place une approche territoriale progressive et structurée (cf. illustration n°1)

Au-delà du recensement des friches à l'échelle territoriale, la qualification de chaque friche est une étape essentielle.

• La seconde est liée à la dimension projet : un site mal environné initialement peut amener à être identifié pour porter un projet non adapté au contexte du site. Cela peut générer une attractivité moindre pour les porteurs de projets voire générer des contraintes non identifiées au départ. Par exemple, la planification d'un projet de construction ou extension d'un équipement sensible (école, Ephad...) à proximité immédiate d'une friche industrielle, dont l'ampleur de la pollution, notamment

Elle met à disposition des territoires et porteurs de projets, des outils, des guides, du retour d'expérience et du financement pour réussir leur projet de reconversion. (Illustration 2)

En particulier, pour accompagner les territoires et porteurs de projets dans les réflexions sur la capacité de mutabilité et de reconversion des friches, l'ADEME a développé un nouvel outil, en libre accès (ADEME, 2024). MUTAFRICHES est un outil d'aide à la décision visant à définir les

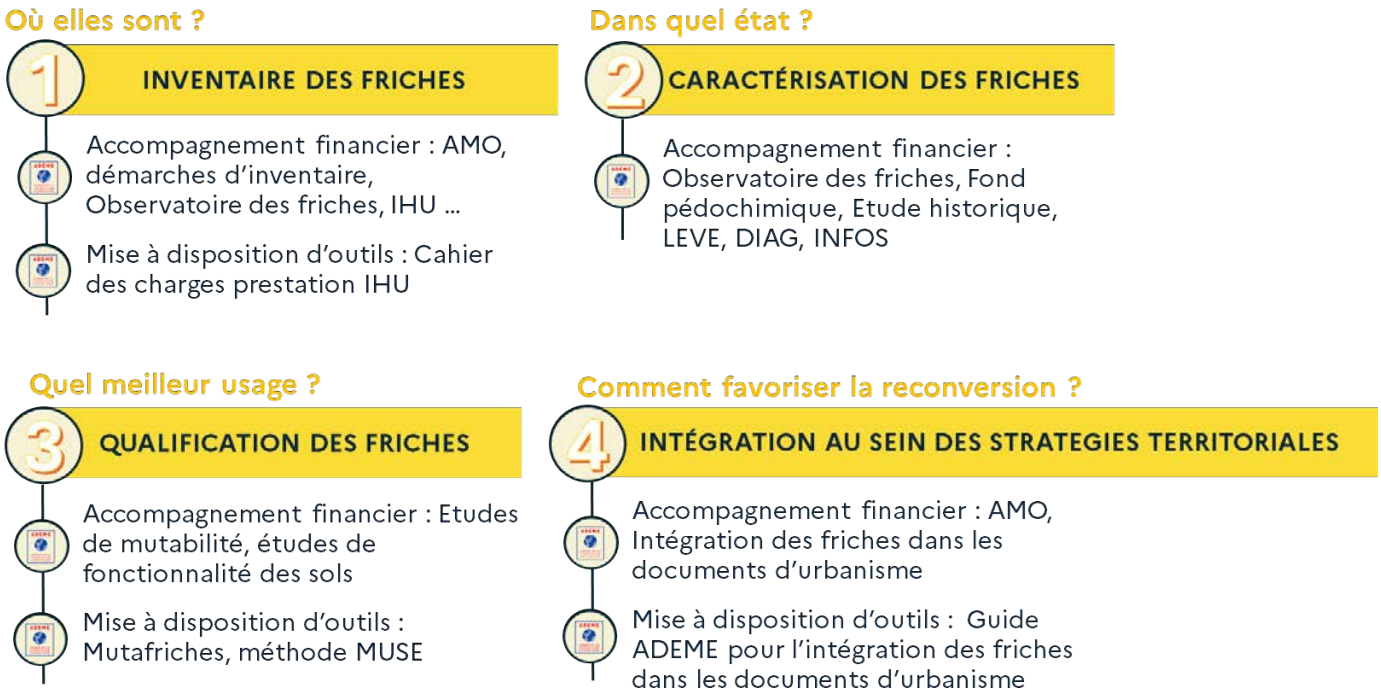


Illustration 2. Liste des outils de l'offre ADEME, selon le découpage du schéma de l'illustration 1 (ADEME, 2023)

En effet, les caractéristiques initiales du site en question (notamment les caractéristiques des bâtis, la présence de pollution, la présence de pleine terre, la qualité agro-pédologique des sols ...) et de l'environnement dans lequel ce dernier s'inscrit (sensibilité environnementale et paysagère, capacité des réseaux...), préfigurent de ses capacités de mutabilité et des futurs usages possibles.

Une mauvaise prise en compte de ces éléments de contexte peut engendrer le fléchage vers un usage non approprié. Cela peut avoir plusieurs conséquences :

• La première est réglementaire : le document d'urbanisme peut flécher au site un usage non adapté, freinant ainsi sa capacité de reconversion.

l'éventuelle extension hors site n'aurait pas été appréhendée.

• La troisième est une conséquence indirecte : une mauvaise analyse de la capacité de reconversion d'un site en amont et sa non intégration au sein des politiques territoriales peut amener à la consommation de sols rendant d'importants services écosystémiques : terres fertiles, régulation hydraulique ... Une mise en commun et une réflexion systémique globale sont nécessaires pour éviter ce type d'écueil.

OUTILLEZ-VOUS !

L'ADEME soutient les initiatives favorables à l'intégration du potentiel stratégique des friches dans les démarches territoriales.

usages potentiels les plus adaptés à une friche donnée.

Il contribue ainsi à la réflexion concernant un projet de reconversion, de manière factuelle et objective, sur la base de caractéristiques (qualitatives ou chiffrées) du site et de son environnement, et sans le contraindre a priori avec des besoins ou aspirations qui pourraient manquer de justifications au moyen d'études.

Plus de ressources : https://agirpourlatransition.ademe.fr/collectivites/amenager-territoire/planification-territoriale/foncier-friches

LA PREUVE PAR L'EXEMPLE

Certains territoires ont identifié de longue date l'enjeu de la qualification des friches dans le cadre d'une stratégie de sobriété foncière.

"La démarche engagée en 2008 pour reconquérir les friches industrielles situées en centre-ville est une démarche de long terme qui durera de 20 à 25 ans. Il s'agit d'un dossier central pour le développement de notre bassin de vie, que ce soit en termes d'urbanisme, d'économie, d'identité locale et d'écologie. La question de la dépollution doit être prise en compte très en amont, avant même de définir le programme d'aménagement"

Claude Fita Maire de Graulhet de 2008 à 2020

C'est le cas de la commune de Graulhet qui, dès 2008 a engagé un programme pluriannuel de dépollution et de reconversion de ses friches industrielles.

Adossée à la procédure de révision de son Plan Local d'Urbanisme, la commune a d'abord mené un travail d'Inventaire Historique Urbain (BRGM, 2011) ayant permis d'identifier 451 sites de friche présentant une potentielle pollution.

Forte de ce constat et consciente du potentiel stratégique de ce foncier, la commune de Graulhet a fait le choix de recruter en interne, pendant 3 ans, un chargé de mission friches.

Les sites identifiés ont par la suite fait l'objet d'un arbitrage stratégique tenant compte de leur potentiel de mutabilité afin de prioriser leur reconversion. C'est ainsi que le site des anciennes mégisseries Ilote et Escapat, foncier de 4ha, localisé à proximité du centre-ville fut identifié comme un foncier stratégique et site de reconversion prioritaire.

En 2009, dans le cadre du nouveau projet urbain de la commune (rendu possible par la révision du PLU), Graulhet actait la construction d'un complexe cinématographique de 280 places, l'aménagement paysager des berges du Dadou et la construction d'une crèche familiale de 65 places sur l'autre rive.

D'autres sites, comme celui de BAPEL DOURCHIE (ancienne tannerie/mégisserie) porté par la commune ou plus récemment la Friche Bourdaries-Deras ont également fait l'objet d'une reconversion (avec le soutien financier de l'ADEME respectivement en 2010 et 2023), pour le 1er site en faveur d'un projet de renaturation des berges et création d'un parc paysager et pour le 2nd pour le développement d'une activité industrielle.

Les opérations de reconversion se poursuivent à Graulhet avec notamment, la reconversion de l'ancienne station-service de Crins, la reconversion de la Friche Bourdaries-Deras au profit de l'atelier Fourès, celle de l'Ancien garage MAURIES pour une remise en état du site et la création d'une voie de désenclavement du côteau à l'arrière.

Frédérique CADIÈRE (ADEME)
Laurent CHÂTEAU (ADEME)
Anna LEFOULON (ADEME)

Bibliographie

[ADEME, 2022a] Feuilleton Sols des scénarios de Transition(s) 2050. Quels enjeux pour une gestion durable des sols à l'horizon 2050 ?, 2022. https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/5438-prospective-transitions-2050-feuilleton-sols.html

[ADEME, 2022b] Intégrer les friches à risque de pollution dans les démarches de planification territoriale : Guide ADEME, 2022, https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/5223-integrer-les-friches-a-risque-de-pollution-dans-les-demarches-de-planification-territoriale-guide.html

[ADEME, 2023] La reconquête des friches, l'ADEME vous accompagne, réf. 011770, 2023, https://librairie.ademe.fr/sols-pollues/5458-la-reconquete-des-friches-l-ademe-vous-accompagne.html

[ADEME, 2024] Evaluer la mutabilité des friches - Outil MUTAFRICHES, 2024, https://librairie.ademe.fr/7241-evaluer-la-mutabilite-des-friches-outil-mutafriches.html

[BRGM, 2011] Inventaire historique urbain (IHU) de la ville de Graulhet. Rapport final, phase 1. BRGM/RP-59256-FR, 2011, https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-59256-FR.pdf

[Légifrance, 2021] Loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, JORF n°0196 du 24 août 2021, https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043956924

https://urbanvitaliz.fr/

// OUTILS

LA BDSolU POUR AMÉLIORER VOS DIAGNOSTICS DE SOL

ET LA VALORISATION DES TERRES EXCAVÉES

Au cœur des démarches de gestion des sites et sols (potentiellement) pollués, les fonds pédogéochimiques anthropisés (FPGA) servent de référence, en particulier pour mener à bien les diagnostics de sols et la valorisation des terres excavées. Pour déterminer ces fonds, qui correspondent aux concentrations habituelles des sols en substances chimiques d'origines naturelle et anthropique, la Base de Données des analyses de Sols Urbains, BDSolU, a été construite et vient de livrer ses premiers résultats.

L'IMPORTANCE DE CONNAÎTRE LA QUALITÉ DE NOS SOLS URBAINS

Hormis leur empiètement sur les anciennes terres agricoles, les territoires des agglomérations urbaines s'étendent sur des sols souvent mal connus ou sur des remblais de qualité douteuse, parfois impactés par des décennies d'histoire et d'activités artisanales et industrielles.

Le fond pédogéochimique dans ces territoires est donc fortement anthropisé. Or, la connaissance de la qualité chimique des sols urbains, sur lesquels des populations vivent en nombre croissant, devient une préoccupation majeure dans de nombreux pays.

Comme plusieurs d'entre eux, la France a adopté une politique d'encadrement des sites et sols pollués, fondée sur la gestion des risques sanitaires et environnementaux suivant l'usage des milieux.

Or, celle-ci ne comprend pas de valeurs guides permettant de statuer sur l'état des sols.

En cas de suspicion de pollution, la démarche commence par la comparaison de l'état du sol considéré à celui des sols « sains » voisins de la zone d'investigation. Il s'agit de différencier, parmi les concentrations de substances observées dans les sols, la part du FPGA de celle attribuable aux activités du site étudié. Par ailleurs, les terres excavées, considérées comme des déchets en dehors de leur site d'origine, et encore souvent déposées en installations de stockage de déchets (ISD), entrent peu à peu dans une logique d'économie circulaire.

Figure 1. Prélèvement de sol urbain dans l'agglomération de Toulouse Métropole © BRGM.

Leur valorisation, fondée sur plusieurs critères, dont le maintien de la qualité des sols du site receveur, notamment en s'appuyant sur le FPGA, est devenue l'objet d'importants enjeux.

Pour répondre à ces besoins, l'Agence de la Transition Écologique (ADEME) et le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) ont signé en 2010, 2014 et 2018 des conventions pour la détermination des gammes de teneurs habituellement rencontrées pour les principaux métaux, métalloïdes et composés persistants présents dans les sols urbains.

En produisant ces FPGA urbains avec la Base de Données des analyses de Sols Urbains (BDSolU), le BRGM vise à aider les acteurs impliqués dans la gestion des sites pollués ou potentiellement pollués, notamment lors de l'engagement d'un diagnostic de site ou d'une démarche de gestion des terres excavées. Les informations recueillies peuvent également servir dans le cadre d'interprétations de l'état des milieux, d'aménagements urbains (jardins collectifs, projets d'agriculture urbaine), d'études sanitaires, d'états des lieux préalables à l'implantation d'installations classées, ou d'états des lieux post accident.

COLLECTE DES DONNÉES

Contrairement à d'autres bases (par ex. le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS) piloté par l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentaire et l'Environnement (INRAE) pour les sols agricoles), la BDSolU ne s'appuie pas sur des campagnes périodiques de prélèvement et analyse de sols.

Pour recueillir les analyses nécessaires à la constitution des FPGA, elle fait appel aux résultats existants ou en cours d'acquisition tels que ceux des "Diagnostics des établissements accueillant des enfants et des adolescents" (ETS), des projets d'aménagements urbains (comme les "Quartiers Nantais" ou "Nantes-Pirmil" conduits par le BRGM en région Pays-de-la-Loire) et de détermination de référentiels de fonds pédogéochimiques régionaux comme "GeoBaPa", ou encore à l'échelle d'une métropole (comme "Fond Pédogéochimique Urbain (FGU) Toulouse", voir Figure 1).

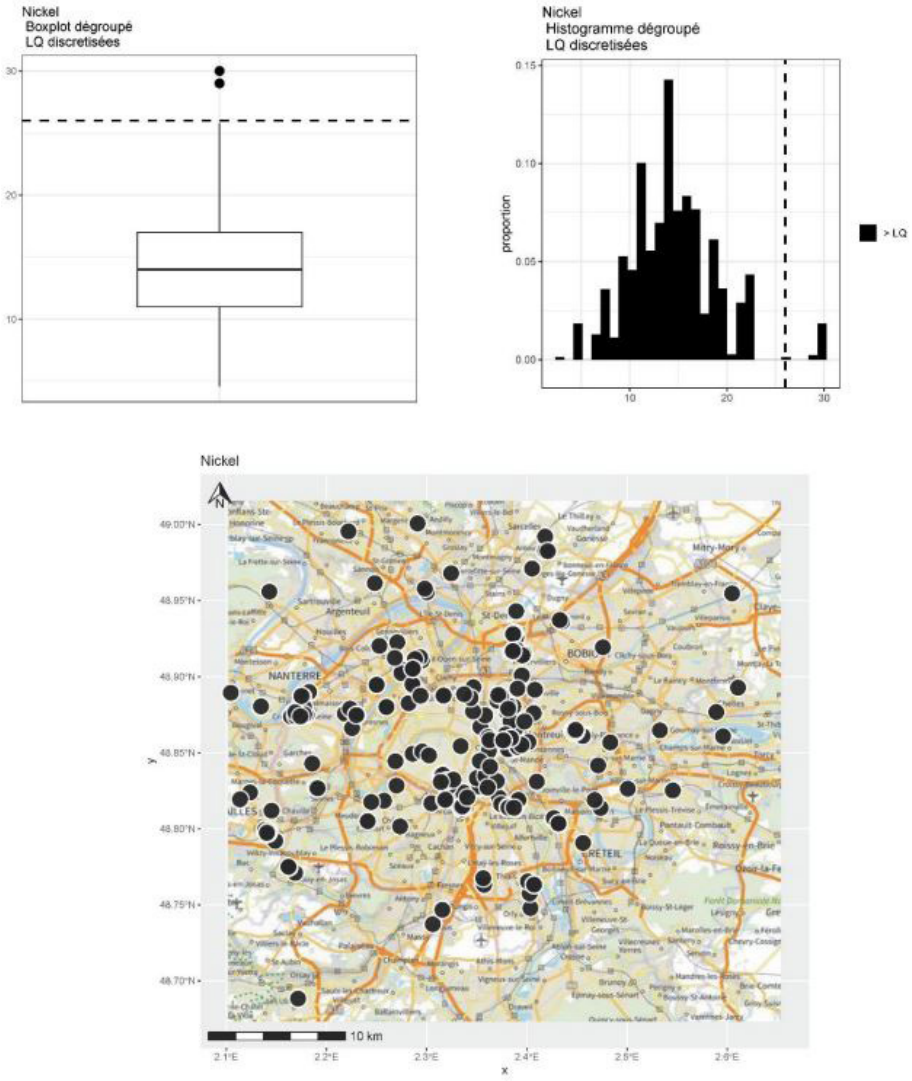


Figure 2. Diagramme en boîte, histogramme et carte de distribution spatiale des sondages pour les analyses de nickel du Grand Paris entre 0 et 30 cm. © BRGM.

Les échantillons destinés à la détermination des FPGA doivent être prélevés à différentes profondeurs correspondant aux usages constatés et aux risques d'exposition aux polluants pour les populations présentes sur les sites qui seront étudiés par la suite.

Les résultats d'analyses recherchés sont ceux des principaux métaux/métalloïdes et des composés organiques présentant un caractère persistant en raison des enjeux environnementaux et sanitaires qui leur sont associés : antimoine, arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), polychlorobiphényles (PCB), dioxines, furanes et substances poly et perfluoroalkylées (PFAS).

La BDSolU permet la conservation et la valorisation des analyses de ces échantillons et des informations relatives aux conditions de leur obtention, comme la description des lieux de prélèvement, des sondages, des niveaux de sols observés et des matériaux rencontrés mais aussi des modalités d'échantillonnage et d'analyse.

Des conventions entre le propriétaire des données et le BRGM encadrent les conditions de transfert des données et les contraintes d'utilisation ou de diffusion attachées à leur éventuelle confidentialité.

TRAITEMENT DES DONNÉES ET RESTITUTION DES RÉSULTATS

Les données collectées sont traitées par le BRGM selon un protocole mis au point en partenariat avec INRAE, le bureau de conseils eOde (Services experts Sites pollués et Géostatistiques) et avec l'appui de Mines Paris – PSL (Ecole nationale supérieure des mines de Paris).

Préalablement aux calculs, une étape de sélection des données vise l'utilisation d'un maximum de données tout en garantissant la meilleure représentativité du FPGA possible.

Cette étape est rendue nécessaire en raison de la diversité des projets qui contribuent à la BDSolU et des hétérogénéités qui en découlent. Ensuite, une séquence de calcul compense la présence éventuelle de points de prélèvement regroupés géographiquement.

Elle vérifie aussi la qualité des données obtenues, puis détermine, en tenant compte

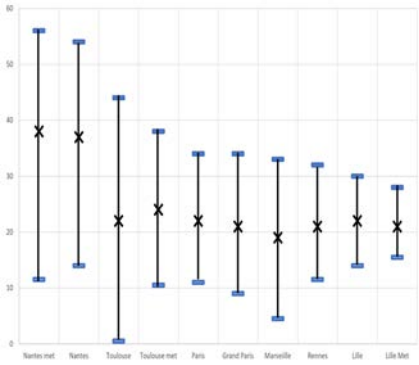


Figure 3. FPGA du chrome (mg/kg sec) obtenus avec les données BDSolU pour différentes zones urbaines (villes et métropoles) entre 0 et 30 cm.

des résultats d'analyses non quantifiés, les principales valeurs statistiques.

Si le nombre de données fiables disponibles le permet, les limites basse et haute des FPGA sont calculées.

Les résultats se présentent sous la forme de tableaux de valeurs statistiques accompagnés des représentations graphiques des populations de résultats d'analyse (histogramme et boite à moustache) et d'une carte géographique des points de prélèvement dans l'agglomération urbaine étudiée (Figure 2).

Préparés pour plusieurs intervalles de profondeur, ils sont aujourd'hui consultables depuis les pages du site internet BDSolU.fr et concernent actuellement 9 zones urbaines de France métropolitaine (Figure 3).

MODALITÉS D'ÉCHANGES DE DONNÉES ET DE PARTENARIAT

L'ADEME apporte un soutien financier aux villes et agglomérations qui souhaitent mieux connaître la qualité des sols de leur territoire, et y déterminer des FPGA.

Les opérations d'échantillonnage et d'analyse doivent être planifiées et peuvent être conduites avec l'assistance du BRGM en vue d'alimenter et de compléter la BDSolU.

S'ils le souhaitent, les contributeurs bénéficient, dans le cadre d'une convention d'échanges de données, d'une restitution de l'ensemble des informations brutes de la BDSolU disponibles sur leur territoire.

Ces partenariats peuvent aussi comprendre des études et des interprétations plus poussées, en prenant par exemple en compte le contexte géologique local, comme cela a été le cas dans le cadre du projet FGU Toulouse (Figure 4).

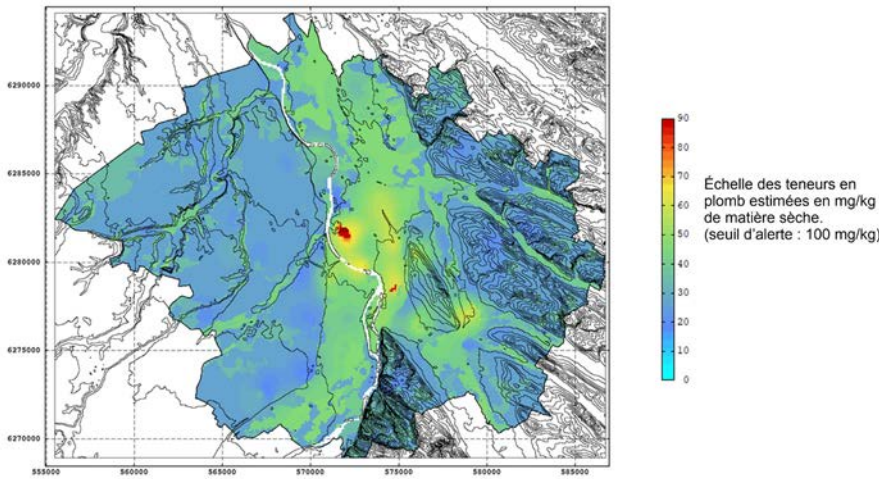


Figure 4. Cartographie géostatistique des teneurs en plomb du FPGA dans les sols urbains de la Métropole de Toulouse ©BRGM.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Début 2024, la BDSolU compte près de 163 000 analyses pour 4 000 échantillons. Ces données présentent, pour plusieurs zones géographiques, un effectif suffisant pour y déterminer des valeurs de fond.

Depuis 2021, le BRGM a rejoint le Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (GIS Sol) dont la BDSolU constitue désormais l'un des programmes.

L'interrogation simultanée des données interopérables de BDSolU et de la base de données nationale sur les sols (études pédologiques) DoneSol d'INRAE fait partie des prochains objectifs pour, à terme, permettre des croisements avec d'autres bases de données en France et à l'étranger.

Mais surtout, l'effort de bancarisation d'analyses issues des activités en lien avec la gestion des sols des villes doit être poursuivi pour couvrir un maximum de territoires urbains à diverses échelles au niveau national.

Plus le nombre de données représentatives des FPGA présentes en base sera conséquent, plus il sera possible de proposer à l'ensemble des acteurs de précieux outils d'aide à la décision, plus précis et plus complets.

A cet effet, les métropoles, les communautés de communes, les villes, les établissements publics fonciers, l'ensemble des maîtres d'ouvrage et les bureaux d'études impliqués dans l'aménagement et la gestion des sols urbains sont chaleureusement invités à contribuer !

Vous pouvez prendre contact via bdsolu@brgm.fr.

Jean-François BRUNET (BRGM) (auteur principal)
Dominique GUYONNET (BRGM)
Stéphane BELBÈZE (BRGM)
Etienne TAFFOUREAU (BRGM)
Noémie DUBRAC (BRGM)
Hélène ROUSSEL (ADEME)
Antonio BISPO (INRAE)
Nicolas SABY (INRAE)
Christine LE BAS (INRAE)
Hélène DEMOUGEOT-RENARD (eOde)
Baptiste SAUVAGET (eOde)
Chantal DE FOUQUET (Mines Paris – PSL)

Remerciements
Nous remercions l'ADEME, le BRGM et le Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques pour leur soutien financier au cours des projets porteurs de la BDSolU.

// RESSOURCES HUMAINES - FORMATION

INGÉNIEURE TRAVAUX

RESPONSABLE EXPLOITATION

L'interview et le portrait de Chloé Caroff (Remea) pour découvrir son travail sur le terrain où les défis techniques et les relations humaines contribuent aux petits et grands succès quotidiens.

Chloé, D'où vient ton intérêt pour l'ingénierie ?

CC : Cela vient d'une facilité à visualiser, comprendre et résoudre tout ce qui est en rapport aux sciences, mathématiques et physique et d'un besoin de m'investir pour notre planète. C'est donc dans le métier des SSP que j'ai pu trouver ma voie en combinant ces deux domaines et centres d'intérêt.

Quel est ton cursus ?

CC : Après un cursus classique Bac S, suivi d'une classe prépa MP (Math/Physique), je me suis orientée vers l'ENSG, Ecole de Géologie située à Nancy, dans laquelle je me suis spécialisée dans la Géotechnique et plus particulièrement la Géotechnique de l'Environnement.

En quoi consiste ton métier ?

CC :Je suis Cheffe de Projet. Je gère donc des chantiers depuis la préparation jusqu'à la clôture. Au-delà de mener à bien le projet en termes techniques et conformément aux besoins du client, j'ai également la charge du bon respect des règles QHSE, de la relation fournisseur, du suivi financier et du suivi contractuel. J'ai eu l'occasion de travailler par « intérim » en tant que responsable de notre Biocentre situé à Gaillon (27) et depuis début 2024 j'ai en charge le management du personnel opérationnel et la gestion de notre parc matériel.

Depuis combien de temps travailles-tu chez Remea ?

CC : Je suis chez Remea depuis maintenant 11 ans. J'ai intégré les équipes de l'agence Sud en avril 2013 pour mon stage de fin d'études, puis j'ai été embauchée en CDI à

Chloé Caroff

l'agence Nord en novembre 2013.

Cela ne m'empêche pas d'avoir pu travailler au travers de la France entière et à l'étranger.

Que préfères-tu dans ton travail ?

CC : Le challenge : j'aime les défis techniques qui nécessitent une réflexion intense ainsi que les imprévus que nous rencontrons régulièrement sur les chantiers. J'aime le travail de chantier car il est chaque fois différent suivant le lieu, les terrains ou polluants rencontrés, et les techniques utilisées.

C'est enrichissant et on apprend tous les jours, même après des années dans le métier.

Une recommandation pour les jeunes femmes qui voudraient suivre la voie de l'ingénierie ?

CC : Je reste persuadée que les femmes avec leurs initiatives, leur façon de voir et appréhender les choses qui est bien différente de celle des hommes, ainsi que leur maitrise de soi et capacités à prendre du recul, sont des atouts pour les entreprises.

Elles ont l'étoffe pour réussir dans ce milieu et mener à bien des projets d'envergure.

De plus en plus de femmes sont dans les métiers proches du BTP prouvant que nous sommes autant capables que les hommes.

Joanna SZESZOL (REMEA)

// RESSOURCES HUMAINES - FORMATION

LICENCE PROFESSIONNELLE

Marius SCHOUB, étudiant en alternance en licence Professionnelle Géomatériaux Altérations et Environnement (GEA) de la Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Étienne, nous présente son parcours et donne son avis et ses recommandations.

Bonjour Marius, est-ce que vous pouvez vous présenter ?

MS : Je m'appelle Marius Schoub j'ai 23 ans, j'ai fait un BTS de géologie appliquée à Nancy, en alternance dans l'entreprise ABO-ERG Environnement à Lyon. Aujourd'hui je suis en Licence professionnelle Géomatériaux Altérations et Environnement (GAE) à l'Université Jean Monnet, en alternance toujours dans cette entreprise sur Lyon.

Pourquoi avoir choisi la Licence Professionnelle GAE ?

MS : J'ai choisi naturellement la Licence Professionnelle Géomatériaux Altérations et Environnement parce qu'elle s'inscrit dans la continuité de mon BTS et forme au métier que je souhaite faire : Technicien Sites et Sols Pollués. Cette licence professionnelle m'apporte des connaissances concrètes et complémentaires après le BTS.

Comment est organisée la formation ?

MS :La formation se déroule en 2 semestres. Le premier étant plus théorique, avec des notions de géologie, d'environnement et de géotechnique. Puis le second semestre reprend ces aspects, principalement sous forme d'enseignements pratiques (TP) et de sorties sur le terrain.

Quels seraient les modules ou cours que vous retiendriez ?

MS : Les modules qui m'ont le plus marqué sont bien évidemment les cours sur les Sites et Sols Pollués avec différents intervenants de plusieurs bureaux d'études. Cela a permis d'aborder la norme NFX 31-620 et les nomenclatures associées de manière différente. J'ai également apprécié le cours de chimie des polluants, celui-ci m'ayant permis de mieux comprendre le comportement de certains polluants et de mieux les appréhender sur le terrain.

Qu'est-ce qui vous plait dans les SSP ?

MS : Ce qui me plaît dans le domaine des SSP, c'est la rencontre de problématiques toujours différentes sur le terrain, ce qui demande une adaptation quotidienne pour chaque type d'investigations entrepris.

Je suis tombé dans le domaine des SSP un petit peu par hasard. A la suite de mon baccalauréat, je recherchais une alternance principalement axée dans le domaine de la géologie. J'ai choisi de me spécialiser dans ce domaine, car pour moi cela réunit à la fois ma passion pour la géologie, mais aussi un métier d'avenir avec des problématiques d'actualité en plein essor.

Dans le cadre de l'alternance, quelles sont vos missions en entreprise (et quel suivi vous avez) ?

MS : Les missions qui me sont confiées en entreprise concernent des prélèvements de matrices de sols, air et eaux, dans le cadre d'études menées avant construction, pour différents types de clients tels que des industriels, des promoteurs, des particuliers, en France. J'ai fait également du suivi de travaux de dépollution dans le cadre de Maîtrise d'Oeuvre, d'Assistance à Maitrise d'Ouvrage et des rédactions de diagnostics dans le cadre de la recherche d'amiante naturelle dans les ballasts.

J'ai un suivi régulier avec mon tuteur en entreprise. Nous échangeons souvent au téléphone et au bureau, nous essayons de faire des points plus importants tous les trimestres. J'ai été initié au métier de Technicien SSP en binôme pendant 2 mois, puis j'ai été par la suite autonome sur les chantiers qui sont situés dans toute la France. J'ai appris à bien m'organiser et je gère mes rendez-vous. La licence professionnelle avec des cours qui sont plus concrets m'a également permis d'acquérir plus d'autonomie technique.

Marius SCHOUB

Si vous aviez un conseil à donner aux futurs étudiants ?

MS : L'alternance permet d'acquérir de l'expérience professionnelle ce qui est un atout indéniable sur le marché du travail. L'appui financier est aussi non négligeable. L'alternance m'apporte de la conscience professionnelle : organiser et gérer mes propres chantiers, échanger en direct avec les clients de façon technique ou non technique (vulgarisation des informations si nécessaire). Si j'ai un conseil à donner : il ne faut pas hésiter à chercher dans toute la France son alternance.

Marius SCHOUB (ABO ERG ENVIRONNEMENT)
Véronique LAVASTRE (Licence Pro. GAE, Saint Etienne)

// RESSOURCES HUMAINES - FORMATION

DEVENIR EXPERT EN DÉPOLLUTION DES SOLS

MASTÈRE SPÈCIALISÉ CHEF DE PROJETS SITES ET SOLS POLLUÉS" (SSP) DE MINES SAINT-ÉTIENNE

Mines Saint-Étienne propose depuis octobre 2020 un "Mastère Spécialisé chef de projets Sites et Sols Pollués" (sous l'acronyme MS SSP). Cette formation multidisciplinaire répond à une demande identifiée d'expertise en matière de gestion et de filières de traitement des SSP : une approche intégrée, pragmatique et économiquement rationnelle des problématiques de sites à réhabiliter, de validation d'études et de suivi de projets.

Accréditée par la "Conférence des Grandes Écoles" (CGE), cette formation est labellisée par le pôle de compétitivité Chimie et Environnement "Auvergne-Rhône-Alpes" (AuRA) AXELERA et bénéficie du soutien de "l'Union des Professionnels de la Dépollution des Sites" (UPDS) ainsi que de la Région AuRA.

Né de l'observation et de l'écoute des besoins des divers professionnels (que sont les collectivités territoriales, bureaux d'études, entreprises de travaux, aménageurs, etc.) en matière de dépollution des sites et sols, le MS SSP a été spécifiquement conçu pour répondre à une demande clairement identifiée d'expertise en matière de gestion et de filières de traitement SSP en octroyant les outils permettant de solutionner tout problème ou défi liés au traitement de ce secteur en constante et perpétuelle mutation.

Son champ d'activité couvre autant l'accompagnement, l'orientation et le développement économique d'un site à réhabiliter que la validation des études, le suivi du projet depuis les phases en amont jusqu'aux phases en aval, la participation au retour d'expérience.

Afin de développer les compétences requises, liées aux métiers de Chef(fe) de projets SSP, cette formation vise l'appropriation :

- Des connaissances du secteur des SSP, afin de maîtriser les interactions entre l'ensemble des parties prenantes et le déroulement de la conduite des opérations en vigueur dans le cadre de projets de dépollution, de réhabilitation et d'aménagement SSP,
- Des enjeux (sociaux/sociétaux, environnementaux et économiques) afférents à tout projet de dépollution, de réhabilitation et d'aménagement SSP,
- Des méthodes et outils en termes de management, de méthodes et d'outils de la mise en œuvre de projets de dépollution, de réhabilitation et d'aménagement SSP et de l'obligation de garantie de résultats.

Le programme du MS SSP comprend:

- Un ensemble d'enseignements de 450 heures incluant des enseignements théoriques, des travaux pratiques, des travaux de groupe ainsi que des visites de sites,
- Un travail personnel préparé dans le cadre d'une mission en entreprise et débouchant sur la soutenance d'une thèse professionnelle.

La professionnalisation est organisée autour du projet scientifique et de la mission en entreprise à conduire en étroite relation avec la formation théorique ci-dessus brièvement évoquée.

Avec ce parcours, l'apprenant acquiert une spécialisation de haut niveau et des compétences métier qui le rendent directement opérationnel.

Adaptée aux besoins de l'entreprise, l'apprenant disposant d'une vision périphérique de l'ensemble du processus lié à tout projet SSP, cette formation facilite l'insertion professionnelle et ouvre des perspectives de carrière à des postes à haute responsabilité.

La formation s'appuie principalement sur l'expertise en matière d'enseignement et de recherche de Mines Saint-Étienne mais fait appel également à des compétences pédagogiques externes aussi bien académiques que professionnelles.

Elle s'adresse à des titulaires de diplômes d'Ingénieurs généralistes ou de spécialité, à des universitaires diplômés d'un Master 2 en sciences de l'Ingénieur et de l'Environnement mais également à des titulaires de diplômes de troisième cycle ou de diplômes étrangers équivalents.

Cette formation est aussi dédiée à des Ingénieurs d'entreprise (disposant d'une expérience professionnelle en génie des procédés, génie civil, chimie, environnement, génie biochimique, génie chimique) souhaitant renforcer ou acquérir des compétences en matière de projets de dépollution, de réhabilitation et d'aménagement SSP.

Retrouvez toutes les informations utiles sur l'espace formation de Mines Saint-Étienne (modalités d'admission, dossier d'inscription, programme pédagogique détaillé): https://www.mines-stetienne.fr/formation/mastere-specialise-sites-et-sols-pollues/.

Fernando PEREIRA (MINES SAINT-ÉTIENNE)

// RESSOURCES HUMAINES - FORMATION

INGÉNIEUR DANS LES SITES ET SOLS POLLUÉS

DE L'ALTERNANCE UNIVERSITAIRE AUX MISSIONS DE TERRAIN

De la thermique des bâtiments aux sites et sols pollués, en passant par la gestion des déchets en environnement nucléaire, cet article vous présente mon parcours universitaire et professionnel lié par un fil conducteur : l'environnement. Aujourd'hui, il me permet d'exercer le métier d'ingénieur d'études en sites et sols pollués chez Apave.

Ce qui m'a conduit au métier des SSP

CL : Aussi loin que je m'en souvienne, j'ai toujours eu un intérêt pour l'environnement.

Le dérèglement climatique, l'impact des activités humaines sur les écosystèmes et les technologies à mettre en place pour réduire ces impacts me passionnent.

Un parcours dans l'environnement

CL : Après l'obtention d'un baccalauréat technologique option Energie et Environnement, j'ai débuté mon cursus universitaire par un DUT en Thermique et Energie. Durant ces 2 années, j'ai pu acquérir des connaissances variées notamment en thermodynamique, en mécanique des fluides ou en mathématiques.

J'ai ensuite souhaité poursuivre mes études vers une formation plus professionnalisante dans le secteur environnemental.

Mes recherches m'ont conduit vers le domaine du nucléaire, très développé en France (70% du mix énergétique français en 2019).

Cette technologie m'a immédiatement intéressé compte tenu de sa capacité à produire massivement de l'électricité tout en ayant un impact environnemental et un impact climatique maitrisés en comparaison aux énergies fossiles.

Dès 2019, j'ai donc décidé d'intégrer une licence professionnelle en Assainissement, Démantèlement et Gestion des déchets en environnement nucléaire.

Cette formation m'a permis d'acquérir des connaissances en physique nucléaire, cycle du combustible, ainsi qu'en gestion des déchets.

Pour mon alternance, j'ai intégré l'entreprise Orano DS en charge du démantèlement des infrastructures nucléaires. J'occupais un poste d'assistant opérateur déchets au sein de l'usine de traitement et de recyclage du combustible nucléaire usé (Orano La Hague).

Mon rôle était de collecter, trier et orienter les déchets radioactifs issus des opérations de démantèlement de la partie la plus ancienne de l'usine. Je réalisais également des opérations de suivi de chantier et d'amélioration et d'optimisation du traitement des déchets.

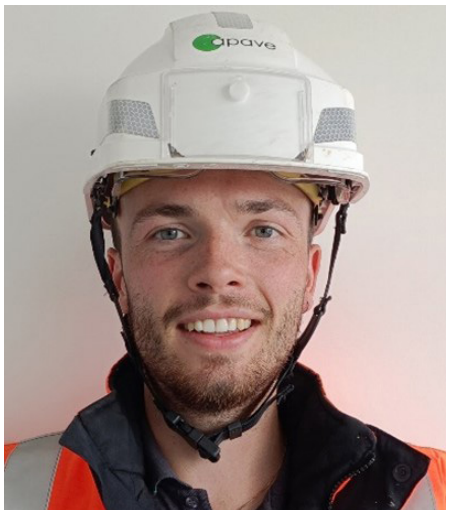
Une première expérience qui m'a permis d'appréhender le travail en zone sensible avec le port d'EPI et m'a également offert une culture sécurité et sureté importante.

Mon attrait pour la réhabilitation des sites

CL : Cette immersion dans le monde professionnel a été très enrichissante.

En effet, percevoir les impacts environnementaux liés aux diverses activités industrielles permettait de mener les actions pour démanteler et remettre en état ces sites industriels (sites pétrochimiques, chimiques, pharmaceutiques...).

J'ai donc voulu compléter mon cursus en intégrant un nouveau domaine qui



Clément LE ROUX

m'offrirait l'opportunité d'avoir une action plus concrète sur la réhabilitation et la dépollution de l'environnement.

J'ai ainsi intégré une licence professionnelle dans les mesures de la qualité des milieux pour acquérir des compétences en chimie, en géologie et en hydrogéologie.

Dans le cadre de cette formation en alternance, comme apprenti technicien en dépollution au sein de l'entreprise SARPI Veolia, j'ai réalisé mes premières expériences dans le domaine des sites et sols pollués et je suis devenu rapidement un "acteur" de la dépollution des milieux.

On m'a confié des missions variées de prélèvements environnementaux (eaux,

air, sols…), de maintenance d'unités de dépollution in-situ et on-site (pompage / écrémage, venting, biosparging, biopile…) ou de suivis de travaux hors site (excavation des sols).

Ces expériences réussies m'ont permis d'intégrer directement SARPI en tant que technicien en dépollution.

Pendant une année en CDD, j'ai ainsi pu diversifier mes activités en participant à des missions de traitement de sols impactés par des Perfluorés (PFAS) ou encore à des chantiers d'envergure comme la dépollution de la raffinerie à Lacq, au sein de l'équipe en charge de la réhabilitation du site d'un des puits gaziers.

Ces expériences professionnelles très riches ont conforté mon intérêt pour le domaine des sites et sols pollués, mais n'ont pu néanmoins combler pleinement ma volonté d'interagir sur l'ensemble d'un projet SSP, de la phase d'étude pour identifier la problématique et son impact dans le/les milieu(x), jusqu'à la phase de dépollution.

Mon parcours d'ingénieur SSP en apprentissage

CL : Pour répondre à mon objectif de devenir ingénieur SSP, j'ai donc repris mes études en intégrant le MASTER Génie de l'Environnement et Industrie à l'Institut de Physique du Globe de Paris (75). J'ai choisi ce master pour la qualité de ses enseignements, en sites et sols pollués, en gestion des eaux et en gestion de projet, parfaitement en adéquation avec mes aspirations professionnelles.

Une grande partie des enseignements sont délivrés par des professionnels ce qui permet d'associer le côté théorique et le côté pratique via leur vision de terrain.

J'ai, entre autres, eu l'occasion de partager les connaissances en sites et sols pollués de Mr Stéfan COLOMBANO (Ingénieur/ Chercheur au BRGM) et Mr Arnault PERRAULT (Directeur de Colas Environnement) sur des sujets comme le comportement des polluants dans l'environnement et les techniques de dépollutions.

Cette formation m'a de plus offert un regard nouveau sur la culture environnementale et les enjeux climatiques avec, notamment des conférences sur le climat, dispensées par des experts du domaine dont Mme Sophie SZOPA, membre du GIEC.

Mes premiers pas en tant qu'apprenti ingénieur

CL : Pour concrétiser ce master en alternance, j'ai intégré dès septembre 2022, en tant qu'apprenti ingénieur d'études en sites et sols pollués, le Groupe Apave.

Les activités de conseil en environnement et sites et sols pollués sont portées par la certification LNE dans les domaines A (démarches de gestion de la pollution des sols), B (ingénierie des travaux de réhabilitation) et D (délivrance de l'attestation ATTES-ALUR).

Ma motivation première pour devenir ingénieur est liée à la réalisation de missions sur le terrain tout en ayant une vision globale des études et des problématiques spécifiques du site investigué.

Je suis venu en renfort d'une équipe composée d'ingénieurs, de chefs de projet et de superviseurs opérant en région parisienne pour Apave.

Dans un premier temps , j'étais en charge de l'élaboration de rapports INFOS présentant la première étape d'un projet d'étude SSP.

Par la suite, j'ai pu découvrir les différents aspects des études géologiques et hydrogéologiques, analyser le passé historique de sites industriels, en utilisant diverses plateformes comme Géorisques, Infoterre et des outils logiciels SIG (Système d'Information Géographique) que j'ai dû apprendre à maitriser notamment pour réaliser des cartographies.

Par la suite, j'ai effectué mes premières visites de sites accompagné d'ingénieurs Apave, Ils m'ont permis d'affiner mon expertise et d'identifier rapidement les éléments importants pour bien organiser mes missions (sources potentielles de pollution, échanges clients…).

Enfin, j'ai pu réaliser mes premiers plans d'investigations, tels que présentés en figure 1, dans l'objectif d'auditer les sources retenues en phase INFOS.

Du fait de mes expériences précédentes de technicien, j'ai su rapidement m'adapter à ces diverses missions, comme les prélèvements d'eaux souterraines. Bénéficiant de l'expérience des collaborateurs de l'équipe SSP, j'ai naturellement progressé vers la phase DIAG des projets. Comprenant l'analyse et l'interprétation de résultats d'analyses sur les échantillons prélevés, elle concrétise le projet en identifiant les sources de

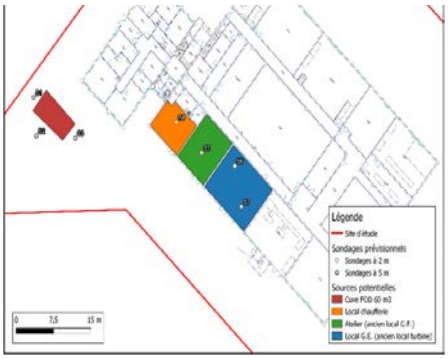


Figure 1 – Exemple de plan d'investigation

pollution et permet de poser un avis sur la compatibilité entre le site et les activités qui y sont projetées.

Ces premières missions m'ont déjà permis d'appréhender les multiples facettes constituant les projets d'études en sites et sols pollués, comme la diversité des sites, les caractéristiques des sols, la variété des polluants et la pluralité des activités. Aucun projet ne ressemble à un autre, c'est ce qui fait la diversité du métier d'ingénieur SSP. Anti-routine garantie !

Un CDI à la clé grâce à ma formation

CL : Après l'obtention de mon diplôme de master, j'ai pu intégrer sereinement mon prochain poste en CDI au sein du Groupe Apave qui m'a confirmé sa confiance.

Mon objectif sera de renforcer mes compétences sur les missions INFOS-DIAG, de prendre de l'expérience et d'étendre mes compétences vers des missions plus techniques (PG, IEM…).

Ma conscience des enjeux climatiques et mon intérêt pour l'environnement font l'intérêt de ce métier qui me convient parfaitement. J'ai le sentiment d'agir concrètement à la réhabilitation des milieux impactés par l'activité humaine.

Contribuer à un avenir plus durable donne du sens à ce que je fais !

Clément LE ROUX (APAVE)

// ACTUALITÉ

LES DERNIÈRES PUBLICATIONS

SITES ET SOLS POLLUÉS

REGLEMENTATION

Décret n ° 2024-452 du 21 mai 2024 relatif à l'expérimentation d'un certificat de projet dans les friches

Décret n ° 2024-742 du 6 juillet 2024 portant diverses dispositions d'application de la loi industrie verte et de simplification en matière d'environnement

Arrêté du 31 octobre 2024 relatif à l'analyse des substances per-et polyfluoroalkyléesdans les émissions atmosphériques des installations d'incinération, de co-incinération et d'autres traitements thermiques de déchets:

GUIDES ET RAPPORTS

Mise à disposition de fonds pédogéochimiques urbains (BDSolU) du 10 juin 2024 : statistiques de base et gammes de fond obtenues pour plusieurs métaux et molécules organiques.

Etat des lieux des sources directes d'émissions en PFAS du 26 juin 2024 : étude bibliographique pour caractériser les PFAS des différentes activités utilisatrices et émettrices afin de dresser le profil chimique de leurs émissions.

Etat des lieux sur la méthodologie pour la détermination des valeurs de fond en PFAS dans les sols Européens du 14 octobre 2024

Note de synthèse sur le projet de norme pour l'analyse des PFAS dans les matrices solides

Reconversion des friches polluées au service du renouvellement urbain : enseignements technico-économiques

Projet MICROSOF : recherche de microplastiques dans 33 sols français de février 2023

Bilan de la recherche sur la multifonctionnalité des sols de décembre 2023

Evaluer la mutabilité des friches- Outil MUTAFRICHES de juin 2024

Reconversion de la friche "franges industrielles" de la MEL, un projet inspirant ! de juin 2024

PIEGEAge des Composés Halogénés Lipophiles Organiques Rémanents – Projet Piegeachlor de mai 2024

BAPPET : Base de données des teneurs en éléments traces métalliques de plantes potagères d'octobre 2024

Composés perfluoroalkylés et polyfluoroalkylés (PFAS) dans les sols en place et matériaux excavés (sols et sédiments) : identification, quantification et valeurs de référence – VALGO de avril 2024

VTR –Le benzène–avis de l'ANSES deJuillet 2024

VGAI – Le benzène– Avis de l'ANSES deJuillet 2024

pollutec paris

ACTIVATEUR
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

Le nouveau rendez-vous des acteurs et accélérateurs du changement

26-27 NOV
2024

PARIS EXPO
PORTE DE
VERSAILLES
HALL 1

upds MAG
LE MAGAZINE DES PROFESSIONNELS
DE LA DÉPOLLUTION DES SITES

upds
Union des Professionnels
de la Dépollution des Sites.

183 Av. Georges Clémenceau
92000 Nanterre
T : 01 47 24 78 54
www.upds.org