

intersol'2021

Congrès-Exposition International sur les Sols, les Sédiments et l'Eau
International Conference-Exhibition on Soils, Sediments and Water



Les Sols : des Opportunités pour la Transition des Territoires

Soils: Opportunities for the Transition of Territories

www.intersol.fr

7, 8 & 9 septembre 2021 – Paris, France

Formation :
Colloque reconnu
par la DG03

Wallonie
environnement
SPW

En partenariat avec :
In partnership with:



En collaboration avec / In collaboration with:



Entreprises / Companies



Institutionnels / Institutional





Vision convergentes : Mobiliser les friches

pour accroître la
résilience de nos
sociétés



SAVE THE DATE!
Programme bientôt disponible

www.webs-event.com

16 & 17 novembre 2021

Charleroi - Belgique

Une organisation



World Event Business Solutions



+ 1200

analyses différentes

physico-chimiques,
microbiologiques,
toxicologiques
et écotoxicologiques



Eau



Sols, sédiments et roches



Déchets



Emissions de déchets



Hygiène du travail



MERIEUX
NutriSciences

www.merieuxnutrisciences.com/eu

Mardi 7 septembre 2021 / Tuesday September 7, 2021

09h00

Accueil et inscription des participants / Welcome and participant's registration

09h20

Discours de bienvenue / Welcoming speech

Le sol, une opportunité comme ressource / Soil, an opportunity as a resource

Fonctions et services des sols / Soils' functions & services

Modérateur / Moderator : Philippe Oudin, Gérant - Semaco Environnement & Professeur associé - Ecole des Mines de Nancy

09h30

La terre, un déchet ? La procédure de sortie du statut de déchet des terres excavées / Earth, a waste? Procedure to exit from waste status of excavated soils

Fanny Vellin, Avocate spécialisée en Droit de l'Environnement – CLP Cliperton

09h50

Créer un marché des certificats de biodiversité pour valoriser les sols, régime juridique et perspectives / Create a market for biodiversity certificates to promote the soils; legal regime and prospects

Lionel Roche, Avocat associé – Aklea

10h10

Que faut-il faire pour une gestion durable des ressources et des déchets agricoles (expérience Russe) ?

Dmitrii Khomiakov, Head of the Department of Agroinformatics - Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University (Russie)

10h30

Pause café / Coffee break

11h00

Stratégies de gestion durable des sédiments urbains : état de l'art et perspectives / Strategies for the sustainable management of urban sediments: state of the art and perspectives

Julien Couvidat, Post-doctorant – Laboratoire Deep (INSA Lyon)

11h20

Utilisation de modèles géostatistiques pour optimiser la gestion des terres excavées par filières sur des critères de coûts en y incluant du tri sélectif / Using geostatistical models for cost-based optimization of excavated soil management solutions including selective sorting

Jean-Baptiste Mathieu, Ingénieur – Kidova

11h40

Le projet PHYTEO : pertinence de la filière culture de plantes aromatiques productrices d'HE pour le phytomanagement de sols pollués par les éléments traces métalliques / The PHYTEO project: relevance of the sector of aromatic plants culture, producing essential oils, for the phytomanagement of soils, polluted by metallic trace elements

Robin Raveau, Doctorant – UCEIV-ULCO

12h00

Etude de faisabilité de l'utilisation de la mousse de polyuréthane pour la création d'un substrat de culture / Feasibility study of the use of polyurethane foam for the creation of a culture medium

Mathieu Artous, Ingénieur d'études – Institut Agro, Agrocampus-Ouest

12h20

Retour de la pratique de 2 collectivités de la Métropole parisienne du guide méthodologique de gestion des sols urbains / Feedback upon the practices of 2 communities in Paris metropolitan area about the methodological guide for urban soil management

Laurent Dechesne, Directeur Général – Cluster Eaux-Milieus-Sols

12h40

La solution numérique pour évacuer les terres directement du chantier vers l'exutoire, avec la garantie des meilleures conditions économiques, environnementales et de traçabilité /

The digital solution to evacuate the soils directly from the site to an outlet, with the guarantee of the best economic, environmental and traceability conditions

Karl Sache, Ingénieur Géologue – Yterres

13h00

Déjeuner / Lunch

14h00

Table ronde / Round table

Requalification et reconstruction de sols urbains, comme opportunité pour favoriser le retour de la nature en ville / Requalification and rebuilding of urban soils, as an opportunity to promote the return of nature in the city

Organisation & Modération / Organization & Moderator: Laurent Dechesne, Directeur général - Cluster Eau-Milieus-Sols

Comment, à partir de friches urbaines, des sites et sols pollués et des biodéchets urbains, on parvient à répondre à de nouveaux besoins exprimés par le marché, lesquels visent à renaturer la ville et les espaces urbains sans, pour cela, mobiliser des ressources (de la bonne terre), ailleurs. On ne pourra pas éviter la conception de solutions alternatives pour ne pas faire de la prédation sur de la « terre naturelle ».

Dans ce contexte, cette table ronde visera à montrer les solutions/innovations/savoir-faire, développés par les uns et les autres, pour présenter ce que les opérateurs ont imaginé afin de répondre aux besoins du marché et de valorisation des ressources, et comment les collectivités et promoteurs s’emparent de ces solutions dans le cadre de leurs opérations. 3 territoires de la Métropole du Grand Paris interviendront pour présenter leurs projets ou besoins d'organisation de leurs filières de gestion des sols, complétés par des échanges avec la Région Île-de-France et la Drieat ou l'Ademe Île-de-France.

How, from urban wastelands, polluted sites and urban bio-waste we manage to meet new needs, expressed by the market, which aim to renature the city and urban spaces without, for this, mobilizing resources (good soil) elsewhere? We will not be able to avoid the design alternative solutions so as not to make predation on “natural soils”.

In this context, the round table will aim to show the solutions / innovations / know-how, developed by each other, to present what the operators have imagined in order to meet the needs of the market, and how the communities and promoters seize these solutions as part of their operations. 3 territories from Greater Paris Metropolis will intervene to present their projects or organizational needs for their soil management sectors, completed by discussions with Île-de-France Region and the Drieat or Ademe Île-de-France.

Programme

Introduction par l'Ademe et par le Cluster Eau-Milieus-Sols / Introduction by Ademe and the Cluster Eau-Milieus-Sols

La gestion des déblais en Île-de-France : cadre, objectifs et actions portées par la Région. Présentation d'exemples franciliens / Management of excavated rubble in Île-de-France: framework, objectives and actions carried by the Region / Presentation of Île-de-France's examples

Laurent Catrice, Chargé de mission Economie Circulaire et Déchets - Conseil régional d'Île-de-France

Réflexions sur le développement d'une filière de gestion et de valorisation des sols dans les projets d'aménagement urbain à l'échelle d'un territoire urbain : le territoire Grand Orly Seine Bièvre / Reflexions on the development of a land management and recovery sector in urban development projects at the scale of an urban area: Grand-Orly Seine Bièvre

Stéphanie Bardon, Cheffe de mission Economie Sociale et Solidaire / Economie Circulaire - Etablissement Public Territorial Grand-Orly Seine Bièvre

Présentation des travaux de recherche sur la production et l'usage des Technosols dans les projets d'aménagement sur le territoire Est Ensemble / Presentation of research work on production and use of Technosols in development projects in the Est Ensemble area

José Rocha Araujo, Doctorant & Chef de projet - Est Ensemble

Retours et échanges avec d'autres collectivités et entreprises présentes

Paris Est Marne Bois, Ville de Paris, Métropole du Grand Paris, Grand Paris-Grand Est / Feedbacks and discussions with other present communities and companies: Paris Est Marne Bois, City of Paris, Metropolis of Grand Paris, Grand Paris-Grand Est...

Le sol, une opportunité pour l'environnement / Soil, an opportunity for the environment

Le sol en interaction avec les enjeux environnementaux / Soil in interaction with environmental stakes

Part. 1

Modératrice / Moderator: Souhir Soussou, Directrice scientifique - Fertl'Innov Environnement

15h00

Évaluation de la qualité écologique des sols grâce à des référentiels nationaux et à une expertise issus de la recherche académique / Assessment of the ecological quality of soils using national benchmarks and expertise derived from academic research

Battle Karimi, Directrice Scientifique – Novasol Experts

15h20

L'ingénierie pédologique au service de la préservation de la ressource en sol / Soil pedological engineering for the preservation of soil resources

Gaylord Erwan Machinet, Ingénieur – Microhumus

15h40

Pause café / Coffee break

16h00

Restauration de la biodiversité, connaissance des sols et stockage du carbone sous les lignes électriques gérées par RTE (Réseau Transport Electricité) / Biodiversity's restoration, knowledge of soils and carbone storage under power lines of RTE (French Electricity Network)

Claire-Emmanuelle Mercier, Présidente - ATESyn

16h20

Méthode de reconstruction du panache pour identifier les sources de solvants chlorés / Plume reconstruction method for identifying sources of chlorinated solvents

Jacques Martelain, Senior managing scientist in environmental forensics and litigation support – Terraquatron & Directeur et Géologue cantonal – République et Canton de Genève

16h40

Potentiel de développement débloqué d'un terrain contaminé par des solvants chlorés en utilisant des techniques de biorestauration améliorées / Unlocked development potential of a contaminated land with chlorinated solvents using improved bioremediation techniques

Rogier De Waele, Sales & Account Manager– Greensoil Group (Belgique)

17h00

Discussions - Pitch exposants / Exhibitors pitches

17h30

Fin de la première journée / End of Day One

La terre, un déchet ? La procédure de sortie du statut de déchet des terres excavées

Fanny Vellin, Avocate spécialisée en Droit de l'Environnement – CLP Cliperton

Jusqu'à maintenant, il n'existait aucun cadre réglementaire sur la réutilisation des terres excavées et des sédiments. Au contraire, en qualifiant de « déchet » les terres déplacées hors de leur site d'excavation, la réglementation limitait leur réutilisation.

En effet, aucun contrat portant sur la gestion de ces terres ne permettait au maître d'ouvrage du site d'excavation de se départir de sa responsabilité vis-à-vis des dommages susceptibles d'être causés par ces terres.

Le statut de déchet interdit par ailleurs aux propriétaires des terrains qui reçoivent des terres déplacées de bénéficier de contreparties financières.

C'est dans ce contexte qu'a été préparé le projet d'arrêté de sortie du statut de déchet des terres excavées (« SSD ») qui assouplit et précise le cadre juridique relatif à réutilisation des terres excavées.

Quelles sont les conséquences de cette nouvelle réglementation pour les maîtres d'ouvrage des sites d'excavation ? pour les aménageurs ? pour les bureaux d'études ? Quelles entreprises peuvent mettre en œuvre la procédure de sortie du statut de déchet ? Qui contrôle cette mise en œuvre ? Quelles opérations de valorisation sont concernées par cette procédure de sortie du statut de déchets ?

L'exposé répondra à ces différentes questions.

The soil, a waste? The procedure for ending waste status of excavated soil

Until now, there has been no regulatory framework for the reuse of excavated soil and sediments. On the contrary, by classifying soil moved from its excavation site as "waste", the regulations limited its reuse.

Indeed, no contract relating to the management of this soil could allow the project owner of the excavation site to divest himself of his responsibility for any damage that may be caused by this soil.

Moreover, this status prohibits the owners of the land who receive displaced soil from benefiting from financial compensation.

It is in this context that the draft decree for the exit of waste status of excavated soil was prepared, which eases and clarifies the legal framework relating to the reuse of excavated soil.

What are the consequences of this new regulation for the project owner of excavation sites? for developers? for engineering departments? Which companies can implement the procedure for the exit of waste status? Who controls this implementation? Which recovery operations are concerned by this procedure for the exit of waste status?

The presentation will answer these different questions.

What needs to be done for sustainable management of agricultural resources and waste? (Russian experience)

Dmitrii Khomiakov
Head of the Agroinformatics Department
PhD (Biology); DSc (Technical); Professor - Russia, Moscow
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education M.V. Lomonosov
Moscow State University, Faculty of Soil Science
khom@soil.msu.ru

Key words: soil, sustainable management, soil resources, decarbonization of soils, food systems.

In our opinion, sustainable development implies "climate-neutral" agriculture, where: 1) the reproduction of soil fertility, preferably expanded, is necessarily ensured, achieved through technologies that include the assessment and adjustment of the expenditure and input items of the balance of elements of mineral nutrition of plants in agrocenoses; 2) the maximum use of organic matter resources, including animal waste (or rather secondary resources); 3) there is no decrease in humus reserves in arable soils (decarbonization); 4) their degradation and all types of erosion are completely excluded; 5) uncontrolled circulation and intake of carbon, phosphorus and nitrogen-containing compounds in the environment.

"Green agrochemistry" - the inadmissibility of uncontrolled entry of chemical elements and substances into the environment, the reduction of the number of stages of the full cycle of obtaining agrochemicals, as well as the utilization and useful use of waste and by-products of agricultural production. The latter are actively involved in the turnover, become goods, raw materials, components used, among other things, as part of the means of reproduction of soil fertility. This corresponds to the world practice of using fertilizers [1], when implementing the principles of sustainable management of soil resources [2, 3].

The National Security Strategy of Russia, approved by Presidential Decree No. 683 of 31.12.2015, provides that food security is ensured, inter alia, by increasing soil fertility, preventing depletion and reducing the area of agricultural land and arable land. At the same time, the preservation, restoration and improvement of the soil fertility of agricultural land are components of the development and improvement of agricultural production.

Quote from the Decision of the meeting of the Presidium of the Council of Legislators of Russia at the Federal Assembly of the Russian Federation of 18.12.2020 "On measures to ensure the fertility of agricultural land": it is necessary to legally define the concepts of soil and its fertility as a fundamental unique property.

Soil is an essential component of the biosphere and the basis of the food system. One of the goals of national development of any country can be the preservation of soils and their ecological functions. The plan for achieving them should include programs for implementing measures to ensure the expanded reproduction of soil fertility on agricultural land.

References

1. FAO. 2019. The international Code of Conduct for the sustainable use and management of fertilizers. – Rom: FAO, 2019. – 56 p.
2. FAO and ITPS. 2015. Status of the World's Soil Resources: Main Report / Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. - Rome, Italy: FAO, 2015. - 650 p.
3. FAO 2017. Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management / Food and Agriculture Organization of the United Nations. - Rome, Italy: FAO, 2017.- 26 p.

Titre : Stratégies de gestion durable des sédiments urbains : état de l'art et perspectives

Auteurs : Julien Couvidat¹, Qiufang Zhan¹, Vincent Chatain¹, Laëtitia Bacot², Gislain Lipeme Kouyi¹, Mathieu Gautier¹, Damien Tedoldi¹, Cécile Delolme^{1,3}

¹ Univ Lyon, INSA Lyon, DEEP (Déchets Eaux Environnement Pollutions), EA 7429, 69621 Villeurbanne Cedex, France

² GRAIE, Campus LyonTech la Doua, 66 bd Niels Bohr – CS 52132, 69603 Villeurbanne Cedex

³ ENTPE, 3 rue Maurice Audin, 69518 Vaulx-en-Velin Cedex

Mots-clés : sédiment urbain, assainissement pluvial, modes de gestion, valorisation, gestion intégrée

Objectifs :

- Synthèse des connaissances sur les sédiments urbains de l'assainissement pluvial
- Etat de l'art des modes de gestion actuels
- Evaluation multicritères de filières de gestion
- Synthèse à destination des opérationnels

Caractère innovant :

Les ouvrages centralisés de gestion des eaux pluviales tels que les bassins d'infiltration et de rétention accumulent des sédiments comme attendu de par leur fonctionnement. Le curage en est ainsi une pratique courante, que ce soit par entretien régulier ou pour restaurer les fonctions des ouvrages. En l'absence de solutions alternatives, ces sédiments prennent le statut de déchets et sont le plus souvent éliminés dans des filières adéquates (Installations de Stockage notamment), entraînant un coût pour le gestionnaire de l'ouvrage. De plus, les quantités en jeu sont mal connues, car peu consignées et/ou publiées. Bien que peu récente, une étude de 2003 estimait la masse de sédiments curés en France, à la fois dans les bassins et les fossés, autour de 5 Mt en France¹.

A travers le projet DESIR, le but est de réaliser une synthèse globale à la fois sur les caractéristiques de ces sédiments urbains, mais aussi des modes de gestion actuels et des pratiques des gestionnaires. Ce travail de synthèse pluridisciplinaire permet d'élaborer ensuite des scénarios de gestion évalués selon une comparaison multicritères prenant en compte les aspects techniques et environnementaux, mais aussi économiques et sociétaux, afin d'initier des filières de gestion pérennes (en collaboration avec la plateforme technologique PROVADEMSE). Les pistes envisagées s'inscrivent dans un schéma de ville durable, en lien avec l'adaptation au changement climatique, la désimperméabilisation des villes, et la limitation des déchets, en favorisant la gestion intégrée des sédiments au sein des ouvrages, ou en favorisant les pratiques d'économie circulaire locale par la valorisation des sédiments. Les propositions issues de ce projet feront l'objet d'un transfert opérationnel vers les gestionnaires d'ouvrage.

¹ Ruban, V., Clozel, B., Conil, C., & Durand, D. (2003). Origine, caractérisation et gestion des boues de l'assainissement pluvial routier et urbain. *Points sur les connaissances actuelles et perspectives In Bull. Labo. Ponts et Chaussées*, 246, 117-126.

Résumé :

Dans les zones urbaines, les bassins de rétention et d'infiltration constituent une solution usuelle de gestion des eaux pluviales. En favorisant la décantation, ces bassins accumulent une couche de sédiments en surface. Cette couche sédimentaire constitue un réservoir des contaminants liés au ruissellement des eaux de pluie sur les surfaces urbaines, tels que les métaux et métalloïdes, les contaminants organiques ou encore les microorganismes pathogènes. Le contexte urbain, au sens d'un environnement très fortement anthropisé et imperméabilisé, crée les conditions d'un dépôt dont la spécificité peut être observée, que ce soit structurellement ou de par le contenu en phases majoritaires ou contaminantes. D'autre part, cette couche sédimentaire contient de nombreuses phases réactives, comme le fer (Fe) ou la matière organique (MO), capables d'affecter un large éventail de processus, dont les cycles biogéochimiques, la toxicité et la biodisponibilité des contaminants traces.

Le curage des sédiments accumulés dans les bassins est plus ou moins régulièrement réalisé, que ce soit à titre préventif en entretien des bassins, ou à titre curatif pour restaurer les fonctions des ouvrages (colmatage, diminution du stockage). La gestion de ces sédiments urbains contaminés à des degrés divers est le plus souvent réalisée de manière empirique, par des gestionnaires locaux et en dehors de toutes recommandations spécifiques, officielles ou non. La mise en place de filières vertueuses d'économie circulaire, de valorisation et de réemploi des matières dans le cadre des sédiments urbains est peu observée, bien qu'elles existent dans le domaine des sédiments portuaires ou de canaux. Plusieurs facteurs peuvent représenter des freins à ce développement : la diversité des pratiques d'entretien des bassins, des filières, des volumes en jeu, des opérateurs, le manque de connaissances sur la composition de ces sédiments, et le manque de recommandations et d'expérimentations à grande échelle. La synthèse des connaissances et des pratiques actuelles est ainsi nécessaire afin de développer des modes de gestion plus pérennes, d'un point de vue environnemental mais aussi économique, des sédiments issus des différentes filières (urbains, routiers, boues de fossés, etc...). C'est dans ce contexte qu'a été initié fin 2019 le programme DESIR avec l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC) et l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine (OTHU), avec pour objectif le développement et l'évaluation de stratégies de gestion durable des sédiments de bassins d'infiltration et de rétention des eaux pluviales.

L'objectif principal de cette communication est de présenter une synthèse pluridisciplinaire des connaissances actuelles sur la spécificité de ces sédiments urbains, des modes de gestion associés, et de présenter les premiers résultats du programme DESIR sur l'évaluation de scénarios de gestion intégrée et de valorisation. La gestion est envisagée ex-situ, après curage pour entretien ou curatif, mais aussi in-situ, avec une approche intégrée des sédiments à l'ouvrage à travers les multiples fonctionnalités apportées par la relation entre l'ouvrage, le néosol sédimentaire et son environnement urbain : filtre réactif, biodiversité, lutte contre les conséquences du réchauffement climatique, acceptabilité sociale, etc.

Using geostatistical models for cost-based optimization of excavated soil management solutions including selective sorting

J.-B. Mathieu¹, Florine Garcia¹ and M. H. Garcia¹
¹KIDOVA

Jean-Baptiste Mathieu (engineer/researcher)
 jb.mathieu@kidova.com
 155, avenue R. Salengro, 92370 Chaville, France

Keywords: Brownfield redevelopment, excavated soil management optimization, cost-based approach, selective sorting, geostatistics, spatial uncertainties, decision making, SRModeling, SoilRemediation Suite.

Objectives: A cost-based approach is presented and illustrated on a case study to optimize the management of excavated soils, by available management solutions (treatment, reuse, disposal, containment...) and optional selective sorting, using geostatistical soil contamination models to quantify spatial uncertainties.

Innovative nature of the proposed topic: the management of excavated soils is addressed as an optimization problem in order to minimize the costs of excavated soil management solutions and optional selective sorting, based on geostatistically quantified spatial uncertainties about soil contaminations. Selective sorting reduces uncertainties, but it is only proposed when its cost is offset by savings that can be achieved by confidently redirecting enough excavated soils to less expensive management solutions than those that would be chosen without it. This approach is integrated into the SRModeling software solution (Garcia *et al.*, 2021; Mathieu *et al.*, 2019), as a post-processing of geostatistical soil contamination models.

Abstract: Whether it is required by project owners or proposed by engineering companies, using geostatistics has become a common practice to model soil contaminations at diagnosis stages of potentially contaminated sites (RECORD, 2013; GeoSiPol, 2012; GeoSiPol, 2005). Geostatistical models quantify the spatial uncertainty about soil contaminations and are generally confronted with remediation objectives to identify with confidence contaminated soils to be remediated and uncertain soils to be managed in a decision-making perspective. Using geostatistical models to decide on the best management solutions of excavated soils is not usual and requires a specific approach to take into account uncertainties about soil quality, costs of soil management solutions and the possible use of selective sorting to reduce uncertainties when the cost/benefit ratio is favorable.

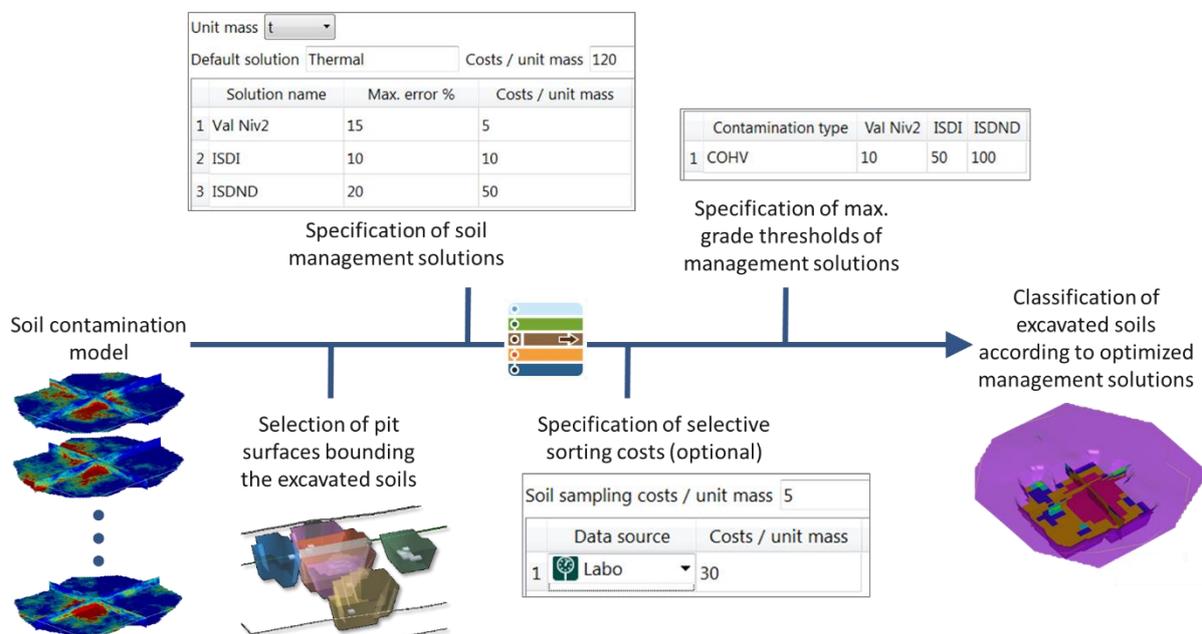


Figure 1: workflow for optimal cost-based management of excavated soils.

The proposed approach (Figure 1) meets these objectives by taking into account the following elements.

- Choice of possible excavated soil management solutions.
- Choice of contaminants or families of contaminants to be taken into account to assess soil contamination levels.
- Unit cost (per unit mass of excavated soils) of each soil management solution.
- Maximum (acceptable) grade thresholds of each soil management solution for the selected contaminants or families of contaminants.
- Acceptable misclassification error of each soil management solution (maximum percentage of soils wrongly deemed acceptable that can be handled by a management solution).
- Local uncertainties about contaminated soils provided by a geostatistical model.
- Option of using selective sorting if it is cost-effective as a means of reducing uncertainties to send enough soils to less expensive management solutions.

One of the benefits of this approach is to take advantage of the modeling efforts carried out at diagnosis stage to optimize redevelopment projects by evaluating the costs of excavated soil management while taking into account uncertainties about soil contaminations. The implementation of the approach is illustrated with a case study of a site impacted by an organo-chlorinated soil contamination (Figure 2).

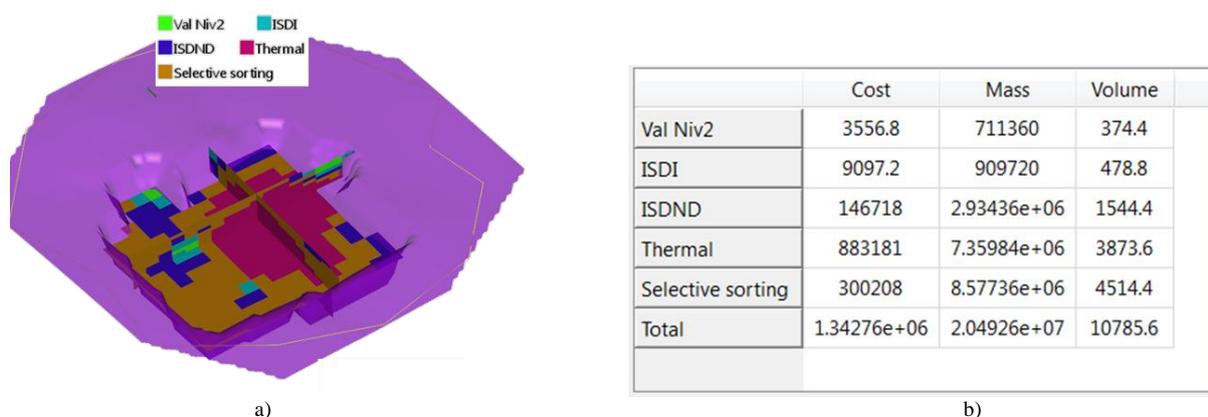


Figure 2: results of the cost-based optimization approach to manage excavated soils with a) 3D visualization of the classification of excavated soils according to optimized soil management solutions, b) costs (unit: €), soil masses (unit: kg) and soil volumes (unit: m³) associated with the optimized soil management solutions.

References

Garcia F., Mathieu J.-B., Garcia M.H., Greuillet C. & Jacquemin P. Use of a 3D software solution dedicated to contaminated sites and soils for the management, visualization, sharing and perpetuation of data and study results. Oral presentation at Intersol 2021, Paris, 18-20 Oct. 2021.

GeoSiPol. *Etudes de démonstration de l'intérêt de la géostatistique dans le domaine des sites et sols pollués*, GeoSiPol¹ report, 2012.

GeoSiPol. *Géostatistique appliquée aux sites et sols pollués – Manuel méthodologique et exemples d'application*, GeoSiPol report, 2005.

Mathieu J.-B., Garcia F., Trocmé C., Garcia M.H., Mirgon C., Bellier C., Taffoureau E. & MATRICE Team. Suite d'outils logiciels pour la conduite de campagnes de reconnaissance de sites potentiellement pollués couplant mesures sur site et traitement géostatistique des données. Poster and article at the 4èmes Rencontres de la recherche sur les sites et sols pollués – ADEME, Paris, France, 26-27 Nov. 2019.

RECORD (2013). *Retour d'expérience critique sur l'utilisation de méthodes géostatistiques pour la caractérisation des sites et sols pollués*, RECORD report 11-0514/1A.

¹ Association and working group dedicated to the application of geostatistics to contaminated sites and soils (www.geosipol.org).

Le projet PHYTEO : pertinence de la filière culture de plantes aromatiques productrices d'HE pour le phytomanagement de sols pollués par les éléments traces métalliques

Robin Raveau¹, Joël Fontaine¹, V. Bert², Anissa Lounès-Hadj Sahraoui¹

¹ Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEiV, EA 4492), Université du Littoral Côte d'Opale, SFR Condorcet FR CNRS 3417, 50 rue Ferdinand Buisson, 62228 Calais cedex, France.

² Unité Technologies Propres et Economie Circulaire, INERIS, DRC/RISK, Parc Technologique Alata, BP2, 60550 Verneuil-en-Halatte, France.

Mots-clés : Sols pollués – Eléments traces métalliques – Phytomanagement – Plantes aromatiques – Huiles essentielles – Inoculation mycorhizienne – Projet PhytEO

Objectifs : Contribuer au développement d'une nouvelle filière non alimentaire de valorisation de la biomasse végétale produite sur sols agricoles pollués par des éléments traces métalliques (ETM), par le biais de la culture de Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales (PPAM) et la production d'huiles essentielles, combinée à la phytostabilisation aidée. Il s'agira d'étudier la faisabilité technique et l'éventuel intérêt socio-économique de ce mode de gestion comme voie de reconversion des sols agricoles pollués. Ce projet s'appuie sur la mise en place de démonstrateurs *in situ* à l'échelle de l'hectare sur le site de Metaleurop.

Caractère innovant du projet : Le projet PHYTEO financé par l'ADEME, dans lequel s'inscrivent ces travaux, propose d'évaluer pour la première fois la pertinence du phytomanagement des sols pollués en couplant la phytostabilisation aidée par un amendement biologique à base de champignons mycorhiziens, grâce à la culture de PPAM, avec une nouvelle filière de valorisation non alimentaire de la phytomasse produite sur des sols pollués par des ETM. La production de molécules à haute valeur ajoutée telles que les huiles essentielles, présentant de surcroît des activités biologiques, pourrait permettre de répondre à des critères de performances économiques et environnementales. Ce projet aborde des aspects à la fois techniques et socio-économiques et repose sur un partenariat universitaire transdisciplinaire, institutionnel et privé.

La coriandre ainsi que la sauge sclarée ont toutes deux montré une bonne capacité à s'installer, à se développer et à produire une quantité importante de biomasse sur des sols présentant une forte pollution historique par les ETM. Bien que l'ajout d'un amendement biologique à base de champignons mycorhiziens à arbuscules ait permis d'augmenter de façon significative les taux de mycorhization des racines de coriandre et de sauge sclarée, aucun gain n'a été observé ni au niveau de la croissance de ces deux PPAM, ni au niveau de la quantité et de la qualité des HE. Un effet positif en termes d'immobilisation des ETM dans le sol, en particulier du Pb, et une réduction des transferts des ETM (Cd et Pb) dans les parties aériennes a toutefois été montré chez la sauge sclarée. En présence de l'inoculum mycorhizien, les transferts d'ETM dans les inflorescences ont été réduits, tout comme la mobilité du Cd dans le sol associé. D'autre part, les HE distillées à partir de la biomasse de sauge sclarée (inflorescences) ou de coriandre (parties aériennes ou graines) cultivée sur sols pollués présentent une qualité très satisfaisante, caractérisée par leur non contamination en ETM ou en résidus de pesticides (traces). Leurs compositions chimiques, non altérées par la pollution en ETM et l'inoculation mycorhizienne, affichent divers principes actifs (linalol, acétate de linalyle, germacrène, α -pinène, γ -terpinène, 2-décenal, décanal et 2-dodécenal) qui sont à l'origine de plusieurs propriétés biologiques potentiellement valorisables dans des domaines à vocation non-alimentaire, tels que la

protection des cultures (effets fongistatiques, anti-germinatifs et herbicides) ou la santé humaine (effets anti-inflammatoires et antioxydants). L'ensemble des résultats de cette étude et de l'analyse technico-économique de la filière PPAM-HE soulignent le haut potentiel de la sauge sclérée dans une démarche de phytomanagement de sols pollués par les ETM et son intérêt dans la refonctionnalisation des sols pollués liée à une modulation de la structure des communautés bactériennes et fongiques, telluriques et racinaires.

Robin Raveau – **Ph.D.**

Unité de Chimie environnementale et Interactions sur le Vivant
50, rue Ferdinand Buisson - Bâtiment F – CS 80699
62228 Calais Cedex - France

Etude de faisabilité de l'utilisation de la mousse de polyuréthane pour la création d'un substrat de culture

ARTOUS Mathieu, Ingénieur d'études - Agrocampus-Ouest Angers
2, rue André le Nôtre - 49045 Angers
mathieu.artous@agrocampus-ouest.fr / Tél. : 06-88-64-46-90

Aujourd'hui, les mégapoles sont confrontées à des problèmes environnementaux majeurs (pollution, îlots de chaleur urbains, inondations...). Dans le même temps, la demande sociétale converge vers le besoin de végétalisation des villes pour développer des services écosystémiques permettant notamment une adaptation au changement climatique. L'utilisation de la terre végétale des parcelles agricoles pour la végétalisation urbaine est actuellement controversée en raison de la diminution régulière des surfaces arables. La construction de sols urbains fertiles végétalisés doit donc s'orienter vers des matériaux alternatifs capables de mimer les fonctions d'un sol. Inventé en Allemagne dans les années 30, les polyuréthanes (PU) sont un groupe spécial de matériaux polymères qui sont à bien des égards différents de la plupart des autres types de plastiques (multitude d'applications possibles en fonction des adjuvants comme isolant thermique, isolant phonique...). En France, la production annuelle de polyuréthane est évaluée à 250 kt en 2011 et seulement 3 kt sont recyclées chaque année. Le potentiel de valorisation de ce déchet est donc questionné et la voie agronomique pour la construction de sols fertiles pourrait être envisagée.

Une étude a été menée pour évaluer la pertinence d'ajout de mousses de polyuréthane dans un substrat de plantation, et savoir si elles peuvent lui conférer des caractéristiques physico-chimiques intéressantes pour la croissance végétale sans risque pour l'environnement et la santé. Ce travail doit permettre d'évaluer la pertinence agro-environnementale de substrats à base de mousses pour l'aménagement de toitures végétalisées en système extensif (charge maximale en eau du substrat inférieure à 180 kg/m²).

Les substrats testés sont des mélanges de compost, de mousses et de terre arable (profondeur 0-30cm). Les mousses utilisées sont issues de l'âme de matelas en polyuréthane provenant d'un gisement établi par Ecomobilier. Elles ont été broyées puis tamisées à travers une grille de maille 20mm. Le compost préparé par l'entreprise Brangeon Recyclage est un compost de MIATE (NF U44-095). Les mousses ont été intégrées au cours du processus de compostage afin de les hygiéniser (durant l'étape de fermentation). Quatre ratios volumiques de mélanges compost/mousse ont été réalisés : M1 (100/0) ; M2 (80/20) ; M3 (60/40) ; M4 (40/60). De la terre arable est ajoutée à ces quatre mélanges, à différents ratios volumiques pour constituer les substrats finaux (0 %, 20 %, 40 % et 60 % de terre).

Les analyses écotoxicologiques préalables montrent l'innocuité des substrats testés. Les analyses physico-chimiques illustrent la modification de certains paramètres après apport de mousses (pH, réserve utile...). L'ajout de mousses peut permettre de diluer certaines teneurs en sels ou en éléments nutritifs présents en grandes quantités dans le compost.

Des essais sous serre sur 54 jours ont permis de suivre le développement du ray-grass anglais selon plusieurs modalités expérimentales (M1 ; M1-TV20 ; M1-TV40 ; M1-TV60 ; M2 ; M2-TV20 ; M2-TV40 ; M2-TV60 ; M3 ; M3-TV20 ; M3-TV40 ; M3-TV60 ; M4 ; M4-TV20 ; M4-TV40 ; M4-TV60). La biomasse végétale est positivement corrélée avec la proportion de terre arable dans les substrats, indiquant son importance pour la qualité agronomique de ces mélanges. À pourcentage volumique de terre arable équivalente, la proportion de mousses est positivement corrélée à la production de biomasse. Ainsi, certains mélanges ont été sélectionnés pour des essais à plus grande échelle, en fonction de leur pertinence agronomique pour être utilisés comme substrats sur des toitures végétalisées. Trois

substrats sont testés dans des bacs lysimétriques de 480 litres (M3-TV20, M4-TV20 et M4-TV40). Cette expérience de deux ans consiste à étudier la croissance de quatre espèces végétales habituellement présentes sur les toitures végétalisées (ray-grass anglais, euphorbe, stipes et millepertuis), et leur relation avec l'évolution des propriétés agronomiques des substrats en conditions climatiques réelles. De plus, un suivi analytique des eaux de percolation est mis en place tout au long de l'expérience afin d'étudier la libération d'éléments potentiellement écotoxiques.

Use of polyurethane foam for the creation of a vegetated growing medium

Today, megalopolises are facing major environmental issues (pollution, urban heat islands, floods, etc.). At the same time, societal demand focuses on the need for cities to revegetate in order to develop ecosystem services allowing in particular adaptation to climate change. The use of topsoil from agricultural fields for urban revegetation is currently controversial due to the steady decrease in arable land. The construction of fertile vegetated urban soils must therefore be oriented towards alternative materials capable of mimicking the soil functions. Invented in Germany in the 1930s, polyurethanes (PU) are a special group of polymeric materials that are in many ways different from most of the other plastic types (multitude of possible applications depending on additives such as thermal insulation, phonic insulation...). In France, the annual production of polyurethane is estimated at 250 kt in 2011 and only 3 kt are recycled each year. The potential for recovering this waste is therefore questioned and the agronomic way for the construction of fertile soils could be considered.

A study was conducted to assess the suitability of adding polyurethane foams to a planting growing medium (GM), and whether they can give interesting physicochemical characteristics for plant growth without any risk to the environment and health. This work should make it possible to assess the agro-environmental relevance of foam-based substrates for the development of green roofs in an extensive system (maximum water load of the GM less than 180 kg / m²).

Tested GMs were mixtures of compost, foams and arable topsoil. The foams used come from the core of polyurethane mattresses from a deposit established by Ecomobilier. They were crushed and then sieved through a 20mm mesh screen. The compost prepared by Brangeon Recyclage corresponded to Materials of Agronomic Interest from Water Treatment (standard NF U44-095). The foams were incorporated during the composting process to sanitize them (during the fermentation stage). Four volume ratios of compost / foam mixtures were achieved: M1 (100/0) ; M2 (80/20) ; M3 (60/40) ; M4 (40/60). Topsoil is added to these four mixtures M1 to M4 at different volume ratios to form the final GM (0%, 20%, 40%, and 60% of topsoil).

Preliminary ecotoxicological analyzes showed the harmlessness of the tested GM. The physico-chemical analyzes illustrate the modification of some parameters after the addition of foams (pH, GM water reserve, etc.). Adding foams could dilute some salt or nutrient levels present in large amounts in the compost.

Greenhouse trials over 54 days made it possible to follow the development of perennial ryegrass according to several experimental methods (M1 ; M1-TV20 ; M1-TV40 ; M1-TV60 ; M2 ; M2-TV20 ; M2-TV40 ; M2-TV60 ; M3 ; M3-TV20 ; M3-TV40 ; M3-TV60 ; M4 ; M4-TV20 ; M4-TV40 ; M4-TV60). Plant biomass was positively correlated with the proportion of topsoil in the GM, indicating its importance for the agronomic quality of these mixtures. At an equivalent volume % of topsoil, the proportion of foams was positively correlated with biomass production. Thus, some mixtures were selected for larger scale trials, based on the agronomical relevance to be used as GM on green roofs. Three GM (M3-TV20, M4-TV20 and M4-TV40) are actually tested in lysimetric tanks of 480 L (15 and 20 cm GM thickness). This 2-year experiment consists in studying four plant species growth usually

present in green roofs (perennial ryegrass, spurge, needle grass and St. John's wort), and their relation with GM agronomic properties evolution, under climatic conditions. Additionally, analytical monitoring of percolation water is set up throughout the experiment in order to study the release of potentially ecotoxic elements.

Retour de la pratique du guide méthodologique de gestion des sols urbains

Présentation par le Cluster Eau-Milieux-Sols

Introduction

Avec l'ensemble des membres du Cluster Eau Milieux Sols et sur la base d'une analyse de plus de 500 références bibliographiques (publications, guides, études, réglementations, présentations d'innovations), nous avons mis en place une démarche pédagogique de sensibilisation-formation et un guide pratique permettant une gestion des sols plus durable et innovant. Les cibles du guide sont les collectivités et plus généralement les maîtrises d'ouvrage, en demande d'une meilleure connaissance sur le sujet des sols, de plus en plus ouverts à l'innovation et au développement durable.

Par une approche spécifique à chaque phase du projet d'aménagement, le guide a pour objectifs de répondre aux enjeux de :

- Gestion durable des sols urbains et de la requalification de ses fonctionnalités
- Réduction des risques des sols anthropisés et sous-sols,
- Réalisation de projets plus végétalisés et favorables à la biodiversité.

Pour répondre à ces enjeux et dans le cadre du programme de recherche-appliquée ECOCIT'EMS, ce Guide Méthodologique Sol a été rédigé sous forme d'un diaporama didactique, interactif et évolutif **suivant le triptyque :**

Gestion durable et innovant des sols

- Gestion globale, économe et durable des sols et des terres excavées
- Economie circulaire des Sols et de la Biomasse ou Biodéchets
- Filières innovantes et d'excellence régionale des Sols

Fonctions et services écosystémiques des sols urbains

- Nouveaux usages des sols : végétalisation en pleine terre ou sur revêtement perméable (voirie, toiture...), abatement des eaux pluviales, agriculture urbaine, reprenant les grandes fonctions et services écosystémiques des sols urbains.
- Amendement des sols substrats favorables à la biodiversité

Gestion et réduction des risques

- Réduction et suivi des pollutions et des risques
- Meilleure connaissance et suivi des sous-sols, et de leurs interfaces avec les sols superficiels : stabilité des carrières et remblais, sous-sols argileux, remontée de nappe.
- Gestion et suivi numérique des sols : capteurs et outils numériques dont les SIG

Guide et formations doivent aider les différents acteurs, maîtrises d'ouvrage (Communautés de communes, collectivités, départements), les aménageurs et les entreprises, à mieux prendre en compte les questions de la gestion des sols et sous-sols dans les **5 phases du projet d'aménagement et de la bonne gestion du patrimoine foncier.**

Le guide référentiel Sol a pour vocation de donner les premières « clés » techniques et organisationnelles à **la maîtrise d'ouvrage** afin qu'elles s'assurent de la qualité du diagnostic, du suivi et d'une gestion économe et durable des sols.

Dans le cadre du projet d'aménagement, ce guide référentiel et atelier d'information permettent de :

- Présenter des enjeux du sol dans un projet d'aménagement urbain,
- Présenter le rôle de chaque acteur dans un projet d'aménagement, de mieux mobiliser ressources et compétences
- Aider à construire le cahier de charges du diagnostic de pollution sol par rapport au contexte (nature du site, avancement et complexité du projet) et des futurs usages,
- Mieux maîtriser les risques liés à la qualité des sols dans les projets d'aménagement
- Présenter la faisabilité des innovations techniques et organisationnelles dans la gestion des sols,
- Valoriser les moyens de traitement et suivi de la qualité des sols.

En lien avec sa mission d'animation de la filière Eau Milieux Sols Francilienne, les Ateliers d'information et Guide référentiel Sol organisés par le Cluster EMS :

- Mettent en avant de nombreuses solutions alternatives et innovantes proposées par les membres et les partenaires (entreprises et centres de Recherche),
- Facilitent les échanges entre différents acteurs et accompagnera les actions mises en œuvre depuis la création du Cluster Eau Milieux Sols

Faisabilité du guide sur les territoires Seine Amont et Grand Orly Seine Bièvre : territoires Productifs et Innovants

Dans le cadre de cette première édition du guide, notre zone d'étude est située dans l'ancien territoire Seine Amont (**Vitry-sur-Seine, Choisy-le-Roi, Valenton et Ivry-sur-Seine**), elle fait actuellement partie du territoire Grand Orly Seine Bièvre depuis le 01 janvier 2016. En raison de son passé industriel (activité fluviales, industrielles), des sites et des sols ont été potentiellement dégradés par des pollutions (concentrées ou diffuses) et l'exploitation des zones de carrières. Les causes de pollutions sont multiples : gestion sommaire des déchets, accidents d'exploitation ou rejets atmosphériques accumulés sur le long terme.

Ces sites sont par ailleurs fragiles par la proximité avec la Seine (remontée des nappes, inondation) et par la mise en œuvre de travaux du grand Paris (production de déblais). Les projets d'aménagements et la reconversion économique du territoire passeront par une meilleure maîtrise de la gestion des sols et par la mise en place des moyens de sensibilisations sur l'importance des sols (les solutions innovantes, économiques et respectueuses des citoyens et d'environnement).

Ce territoire est représentatif des problématiques sol d'une zone urbaine dense ayant eu un passé industriel et d'activité de production important. Ce guide sera donc reproductible dans des secteurs similaires, en particulier l'ensemble du territoire métropolitain du Grand Paris.

Propositions de formation et d'information

Entre avril et juin 2021, nous l'avons testé avec 4 collectivités : Vitry sur Seine, Valenton, Orly et le territoire Grand Orly Seine Bièvre auprès de 30 agents et partagé lors de nos événements



Le projet ECOCIT'EMS est cofinancé par le
Fonds Européen de Développement Régional

- 8 avril 2021: Ville de Vitry sur Seine Journée d'information et de présentation du Guide Référentiel Sol et identification des besoins : questions/réponses par phase du projet d'aménagement, innovations et retours d'expérience
- 17 mai 2021 Forum Sol et Ateliers sur les filières de valorisations Sol/Biomasse
- 25 juin et 12 juillet 2021 : EPT GOSB
- 13 juillet 2021 : Ville d'Orly
- 7-9 septembre 2021 : Intersol <https://www.webs-event.com/fr/event/intersol/programme>

Le format idéal des formations-sensibilisation, nous semble être un format de 2 ½ journées de présentation du guide et des méthodes de gestion, suivi de 1 à 2 autres ½ journée d'études de cas sur des projets terminés ou en cours.

Les échanges lors de ces ½ journées nous permet de bien identifier les besoins des collectivités et d'envisager des interventions complémentaires d'experts, pour la plupart membre du Cluster Eau Milieux Sols Paris Ile de France.

**La solution numérique
pour évacuer les terres directement du chantier vers l'exutoire, avec la garantie des
meilleures conditions économiques, environnementales et de traçabilité**

Karl SACHE, Ingénieur Géologue – Yterres
Tél. : 01 49 62 01 23 – Cell. : 06 22 70 16 05 – Email : karl.sache@yterres.fr

Résumé

Yterres est une entreprise ayant un statut juridique Société par Actions simplifiée Unique. Cette société est créée en novembre 2019 sous la tutelle de l'entreprise YPREMA. Elle est composée d'une équipe de 5 personnes. Yterres est la solution numérique pour évacuer les terres directement du chantier vers l'exutoire, avec la garantie des meilleures conditions économiques, environnementales et de traçabilité. Devant l'évolution permanente des réglementations concernant les terres et les difficultés d'accès aux exutoires, Yterres accompagne ses clients terrassiers dans l'optimisation des projets d'évacuation et la livraison de matériaux recyclés. Dans le cadre d'un projet d'évacuation sur la commune de Palaiseau (91), au niveau de la gare SNCF, une entreprise de travaux publics a consulté Yterres via son site internet permettant la mise en relation entre les deux entités.

Un premier chiffrage indicatif a été donné au client par un système de pricing RT-PILOT. L'objectif pour le client est d'évacuer les 5000 tonnes de terres inertes avec la meilleure garantie de traçabilité. Le jour des évacuations, Yterres est intervenue sur le chantier pour fournir au client un téléphone et une imprimante portative permettant de réaliser les bons d'enlèvement. Les différents transporteurs récupèrent ce ticket tout en respectant la distanciation physique et l'apportent jusqu'à l'exutoire. Le lieu de dépôt se trouvant à Prasville (28) est équipé d'un téléphone permettant de scanner le code barre inscrit sur le bon d'enlèvement. Le rôle de l'exutoire est d'insérer sur le téléphone le poids net du camion et la référence de son bon de pesée. Une synchronisation automatique est réalisée à la fin de la journée. Dès le lendemain, Yterres peut fournir à son client le récapitulatif des tonnages évacués depuis son chantier jusqu'à l'exutoire. Cette solution SOLU-TERRES permet l'intégration du numérique dans le Bâtiment et les Travaux Publics, la dématérialisation du processus de traçabilité, un gain de temps et la sécurisation du personnel lors du chantier.

Mots-clés : numérique, terres, environnement, traçabilité, réglementations, exutoires, RT-PILOT, SOLU-TERRES

Évaluation de la qualité écologique des sols grâce à des référentiels nationaux et une expertise issus de la recherche académique

Battle KARIMI, Directrice scientifique (battle.karimi@novasol-experts.com)
Novasol Experts, 64 rue Sully - Maison Régionale de l'Innovation, 21000 Dijon

Les organismes des sols (microorganismes, nématodes, arthropodes, vers de terre) assurent de nombreuses fonctions à la base de la fertilité physique, chimique et biologique des sols : structure et stabilité du sol, décomposition de la matière organique, contribution aux cycles des éléments majeurs comme le carbone, l'azote et le phosphore, facilitation des flux de nutriments disponibles pour la croissance des plantes mais aussi la dépollution et le stockage du carbone. Ce patrimoine biologique est également le garant de la capacité de résilience des sols et de la durabilité des usages (agricoles, urbains et industriels) dans un contexte de changements globaux. Néanmoins, il peut être altéré ou à l'inverse stimulé par les pratiques relevant de l'agriculture, de l'urbanisation ou des activités industrielles. Ces pratiques doivent donc être raisonnées en fonction de leur impact et de la qualité biologique naturelle de chaque sol. Pour cela, il est nécessaire d'avoir une expertise opérationnelle pour juger la qualité écologique d'un sol afin d'évaluer l'impact des pratiques associées à son usage.

Dans ce contexte, Novasol Experts propose une évaluation innovante de la qualité écologique des sols. Cette dernière repose sur une expertise et des outils développés en écologie microbienne des sols et en agroécologie au sein de l'institut de recherche publique INRAE. La mission de Novasol Experts est d'accompagner de façon opérationnelle les professionnels dans leur volonté de mieux connaître leur sol et l'impact environnemental de leurs activités dans un contexte de transition agroécologique et de développement des villes durables. Le bureau d'étude répond à ces besoins en apportant son expertise scientifique par une offre de services complète.

L'analyse des besoins est la première étape, primordiale pour expliciter les tenants et les aboutissants de chaque projet. Elle permet au bureau d'étude d'élaborer avec le client la stratégie technique la plus adaptée.

L'élaboration de la stratégie d'étude est l'étape-clé qui garantit des résultats robustes, indispensables à une évaluation objective et pertinente de la qualité écologique des sols. Novasol Experts met à disposition son expertise et son expérience en conduite de projet pour concevoir et mettre en œuvre des stratégies d'étude et des dispositifs expérimentaux répondant le plus justement aux problématiques des acteurs de terrain dans les contextes agricole, industriel ou urbain. Le bureau d'étude met en adéquation les bioindicateurs à mobiliser et l'échantillonnage à déployer avec les besoins exprimés, le type de communication envisagé et le niveau de formation et d'information des professionnels travaillant avec les sols.

L'expertise de Novasol Experts repose sur les connaissances acquises dans le cadre de travaux de recherche conduits ces vingt dernières années à l'INRAE en écologie des communautés microbiennes, en écologie fonctionnelle, en écologie spatiale et en ingénierie écologique. Cette expertise permet une interprétation écologique objective du diagnostic établi pour conclure sur la qualité biologique des sols et l'impact des modes d'usage et des pratiques.

Fort de cette expertise, le bureau d'étude peut également accompagner les professionnels dans la réflexion, la conception et la mise en place de projets de recherche et de développement, comme par exemple évaluer l'impact écologique d'un intrant, déterminer la composition microbienne d'un biostimulant et en évaluer l'innocuité sur les organismes ou la persistance dans les sols.

Enfin Novasol Experts propose une offre de formation à destination des professionnels sur des thématiques en lien avec le sol, la biodiversité et l'agroécologie qui peuvent se tenir sous forme d'atelier de restitution de résultats ou de journées théoriques et/ou techniques. L'expérience du bureau d'étude en communication et vulgarisation scientifique est un atout pour aider les professionnels à mieux appréhender les sols et leur biodiversité, pour les accompagner dans leur stratégie de communication sur la qualité écologique de leurs sols, à l'échelle nationale comme internationale.

L'ingénierie pédologique au service de la préservation de la ressource en sol

Gaylord Erwan MACHINET
Microhumus
18 rue d'Alsace 54140 Jarville La Malgrange
info@microhumus.fr

Mots clés : ingénierie de formulation, terre végétale, technosols, norme supports de culture NF U44-551, économie circulaire.

Résumé

Pour répondre aux besoins des entreprises d'aménagement paysager, des entrepreneurs et des promoteurs publics tout en préservant la ressource en sol, Microhumus a développé une technologie d'ingénierie pédologique. Cette expertise s'appuie sur des licences d'exploitation (CNRS, INRA, Université Lorraine) et sur une l'expérience de Microhumus acquises dans la caractérisation des matières organiques et organo-minérales en microscopie électronique à transmission (MET), la formulation d'engrais et d'amendements organiques, l'amendement de sols agricoles pauvres ou dysfonctionnels, la construction de sols éprouvée pour créer des sols économes en eau au Moyen-Orient, et au cours de ses projets en phytomanagement. L'ingénierie des sols (ingénierie pédologique) est applicable pour la formulation de terre de substitution à partir de stériles de carrières, de matériaux inertes, ou de terres dépolluées issues de plateformes de biotraitement (dénomination interne SubsTer®), mais aussi applicable in-situ pour la restauration des sols dégradés (dénomination interne OptimSitu®)

L'ingénierie de formulation de terre végétale SubsTer® tout comme la construction de sols fertiles sur friches (...) fournissent des services pour la production locale de terres végétales et de sols sans opérer de prélèvements dans les milieux naturels, et en s'inscrivant dans l'économie circulaire.

1. Introduction : les enjeux liés à la préservation de la ressource en sol

A travers l'urbanisation croissance, la prise de terres et l'imperméabilisation des sols sont des problèmes globaux majeurs. Selon les relevés de la couverture terrestre entre 1990 et 2006, la prise de terres a dépassé 1.000 km² par an. Parmi les solutions citées figurent (Commission européenne, 2013) :

- La limitation de l'imperméabilisation des sols en créant, entre autres, des incitatifs au recyclage des terres plutôt qu'à l'aménagement de nouveaux sites (Graindorge, 2018), et en mettant en évidence le potentiel des friches industrielles ;
- La compensation de l'imperméabilisation des sols par le « desealing » (désimperméabilisation des sols).

D'autre part, il est nécessaire d'avoir une approche de l'économie circulaire concernant des secteurs économiques différents :

- Les consommateurs de sols fertiles tels que les entreprises d'aménagement paysager et de construction ;
- Les propriétaires de sites ayant des exigences en matière de restauration de sol, comme les carrières en cours de réhabilitation, les friches industrielles ou les sites réaménagés, les anciens sites d'enfouissement, etc.

- Les producteurs de déchets inertes ou de sous-produits tels que les carrières et les sites de traitement des terres d'excavation

2. La solution de formulation de terres végétales sur plateforme

Pour relever le défi de la préservation de la ressource en sol, Microhumus a mis à profit son expertise en ingénierie pédologique dans la formulation de terres de substitution.

Le procédé SubsTer® garantit la production d'une terre respectant la norme Support de culture NF U44-551 dénomination « terre végétale » ou « terre support », et la traçabilité des matériaux. Le procédé mobilise des ressources recyclées minérales et organiques disponibles localement. SubsTer® est une initiative qui s'inscrit dans une logique de développement durable, pour le respect de l'environnement, et favorise la dynamique des territoires.

La terre de substitution SubsTer® est valorisable par des entreprises d'aménagement paysager, par des entrepreneurs et par des promoteurs publics. Il s'agit d'une alternative à l'utilisation des terres agricoles et des terres des zones naturelles, pour la préservation des ressources et la mise en œuvre de l'économie circulaire.

SubsTer® s'est développé à travers un réseau de producteurs indépendants en France, en Belgique et en Suisse. Au total environ 100 000 Tonnes de terres ont été ainsi produites sur diverses plateformes.

Processus technique : ingénierie des sols

De nombreux matériaux inertes et sous-produits peuvent être valorisés par une ingénierie de formulation de terre végétale fonctionnelle :

Pour les terres normalisables Supports de culture NF U44-551, les matériaux valorisables doivent être issus d'horizons de surface humifères ou d'horizons profonds pouvant être mélangés avec des matières minérales, et des matières organiques d'origine végétale :

- Minéraux stériles, y compris les produits invendus dans les carrières
- Matériaux de découverte

D'autres catégories de matières premières peuvent être valorisées sous forme des terres de substitution fertiles et fonctionnelles, sans être normalisables :

- Sédiments dragués
- Terre excavée, matériaux de démolition
- Terre inerte dépolluée

La proportion des matières premières est fonction de leurs propriétés agro-environnementales, des quantités disponibles et des objectifs d'usage.

Notre procédé est décliné en trois principales étapes :

- La première est une étude de faisabilité technique basée sur le diagnostic agro-environnemental des matières premières (caractérisation agronomique + recherche de l'absence de polluants), ainsi que sur des essais en laboratoire et en chambre de culture ;
- La seconde étape est une étude de faisabilité économique qui prends en compte les coûts de valorisation des matières premières, les coûts d'acquisition et de transport des matières premières secondaires, les coûts de criblage et d'assemblage ;
- La dernière étape est une étude de formulation qui aboutit au protocole d'assemblage des différents matériaux pour la production des terres de substitution.

La formulation d'une terre végétale fertile et fonctionnelle intègre la sélection d'amendements locaux (ex : amendements organiques, engrais organo-minéraux).

Chaque projet est adapté aux caractéristiques finales attendues du produit, en fonction des matières premières disponibles, et de la valorisation envisagée des terres à vocation paysagère, potagère, ou encore de chantier.

Les terres de substitution peuvent faire l'objet d'essais pilotes de démonstration sur site. Une caractérisation fine de la structure des terres de substitution révèle un bon biofonctionnement au cours du temps (figure 1).

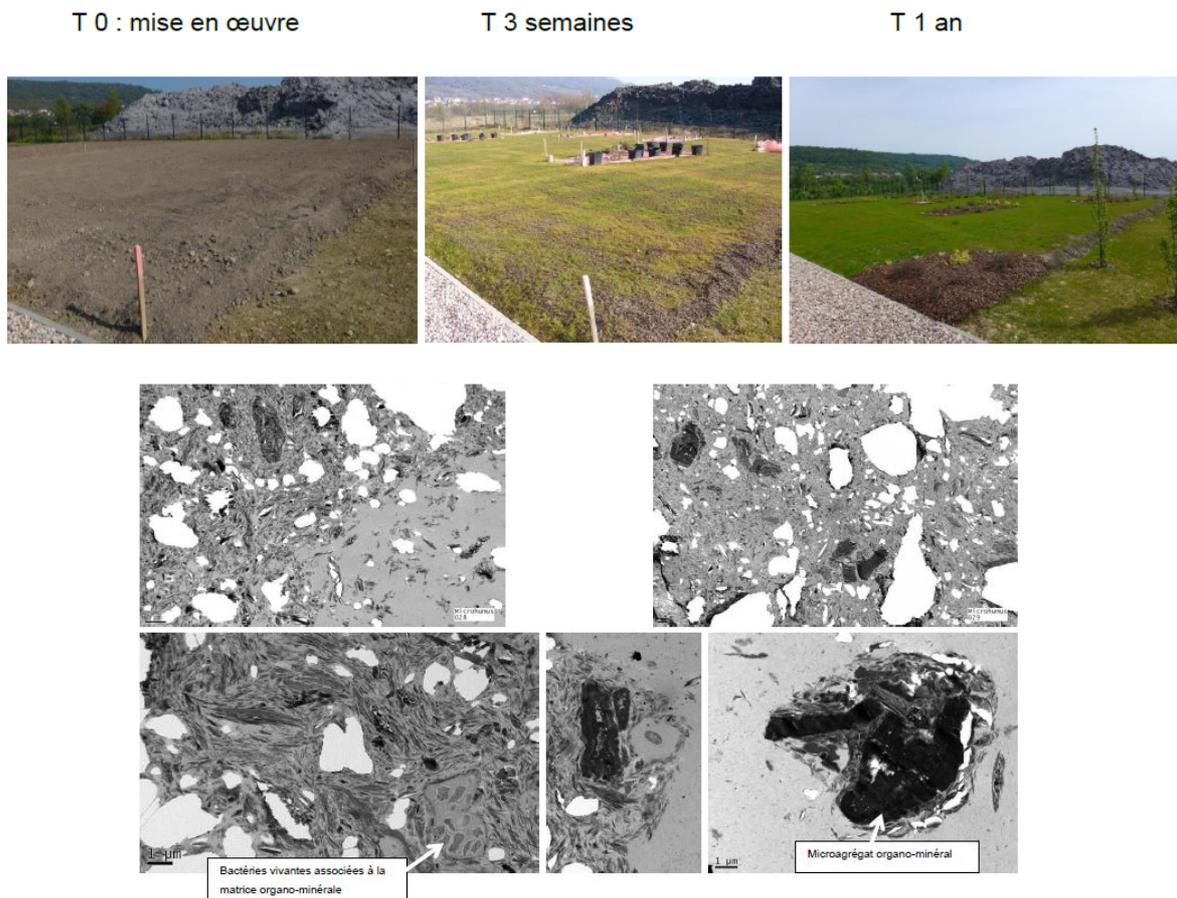


Figure 1 : Illustration des associations organo-minérales traduisant le bon fonctionnement de la terre de substitution au cours du temps.

La présentation illustrera les différentes étapes du procédé et mettra en évidence la qualité agronomique des terres de substitution en s'appuyant sur le suivi agronomique d'un démonstrateur (qualification de la structure des sols à travers la formation de bio-micro-agrégats, + augmentation de la biomasse et de l'activité microbienne).

3. Restauration de sol in situ

Pour la formulation de technosols fonctionnels, l'amélioration du sol et la restauration des sols dégradés, il est nécessaire de procéder différemment et par différentes approches en fonction des situations :

- Diagnostic agro-pédologique ;
- Ingénierie pédologique pour reproduire des horizons pédologiques en valorisant les matériaux présents sur place (y compris les terres excavées) ;

- Ingénierie écologique ou l'utilisation de propriétés écosystémiques (sols vivants) pour améliorer naturellement les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols au fil du temps ;
- Ingénierie végétale en sélectionnant des plantes adaptées aux conditions pédoclimatiques, dans le but d'améliorer les sols ou de valoriser les sites.

Les formulations sont basées sur (figure 2) :

- Une expertise scientifique et technique, et une infrastructure de laboratoire,
- Une méthode exclusive de caractérisation des échantillons (activité biologique, micro-agrégats) basée sur la microscopie électronique de transmission, sous licence INRA - Université lorraine,
- Une expérience sur le terrain des différentes industries impliquées.

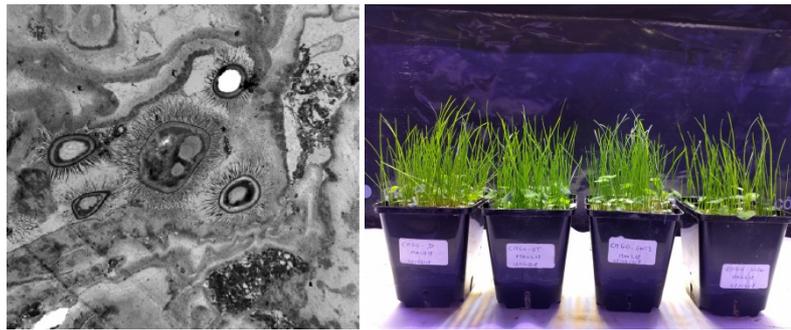


Figure 2 : Illustration de l'activité biologique d'une terre de substitution en microscopie électronique à transmission (gauche), et essai de germination au laboratoire (droite).

Les différentes étapes d'un projet sont illustrées par la figure 3.



Sélection végétale

Mise en œuvre de la terre végétale de substitution

Suivi de la végétation

Figure 3 : Illustrations des différentes étapes d'un projet

Microhumus met à profit son expertise en ingénierie pédologique pour aménager des sites tels que des carrières en fin d'exploitation.

Nos services comprennent l'étude de faisabilité technique et économique, la formulation, la fourniture d'un guide de mise en œuvre et de fiches de données agronomiques, des conseils sur les plantes et l'approvisionnement si nécessaire ainsi qu'un suivi.

Un exemple de projet est la réhabilitation d'une carrière (Société des Carrières de l'Est établissement COGESUD) comme prairie calcaire sèche, avec construction de sols sur place à la suite d'essais (figure 4).



Figure 4 : Exemple de projet de réhabilitation de carrière en prairie calcaire.

La présentation illustrera les étapes du procédé et s'appuiera sur les résultats obtenus lors du suivi agronomique et phytosociologique du démonstrateur.

4. Valorisation des travaux

Après avoir débuté en Lorraine, la technologie est aujourd'hui valorisée partout en France, en Belgique et en Suisse, que ce soit par des plateformes ou in situ.

Les avantages potentiels pour les entreprises qui produisent et vendent Subster® sont :

- Participation à l'économie circulaire
- Préservation des ressources naturelles en sols non renouvelables
- Production d'un soutien culturel normalisé, de qualité agronomique contrôlée
- Prévention de la propagation des plantes envahissantes
- Optimisation du tri des matériaux avant mise en décharge
- Amélioration de l'équilibre économique
- Surface d'économie dans les carrières

D'autre part, la production et la valorisation des terres sur place permettent :

- La récupération de certains matériaux présents sur place
- La réduction des nuisances de transport (bilan CO2)
- La diminution des coûts de transport et d'enfouissement
- La diminution des contraintes légales (p. ex., la terre excavée reste sur place)
- La restauration du sol et la croissance des plantes par la création de sols fonctionnels et biologiquement actifs.

Références :

European Commission. (2013). *Hard surfaces, hidden costs: Searching for alternatives to land take and soil sealing*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Graindorge, P. (2018). Associer des "déchets" et proposer une terre de substitution. *Recyclage & Valorisation*, 62.

Restauration de la biodiversité, connaissance des sols et stockage du carbone sous les lignes électriques Réseau Transport Electricité

Caractère innovant du sujet proposé : Proposer de nouveaux espaces et des approches techniques pour concilier biodiversité, santé des sols et stockage carbone

Mots-clés : Connaissance des sols, santé des sols, gestion différenciée, éco-pâturage, biodiversité, continuités écologiques, stratégie bas Carbone, outils de terrain.

Objectifs : Faire le lien entre la gestion différenciée (mise en place ou prévue) des espaces sous les lignes électriques (en vue d'y restaurer la biodiversité), la connaissance des sols et le stockage carbone.

Contenu de la proposition de communication :

Depuis 2018, plusieurs parcelles dans l'emprise des lignes électriques haute-tension, exploitées par RTE (Réseau Transport Electricité), gestionnaire de réseau, parcourant le PNR des Pyrénées Ariégeoises ont été aménagées afin de préserver la biodiversité et restaurer les continuités écologiques. En effet, sur ces zones aménagées, une gestion différenciée (principalement de la remise en pâturage) a été mise en place afin d'éviter les coupes (répétitives, non différenciées et systématiques) de la végétation qui permettent de sécuriser les lignes.

Pour cela des conventions sont signées avec des agriculteurs locaux qui, après « nettoyage » des parcelles par des entreprises de travaux forestiers, ont à charge l'entretien de ces parcelles par remise en pâturage (bovins, ovins).

Après quelques années de recul, il a été montré que cette remise en pâturage engendre plusieurs intérêts, à savoir :

- Diminution des coûts d'entretien pour RTE,
- Amélioration de la biodiversité et restauration des continuités écologiques,
- Meilleure acceptabilité sociétale pour RTE (auprès des propriétaires, des élus, des agriculteurs...),
- Extension des surfaces agricoles pour les agriculteurs.

Ce mode de gestion différenciée, en encadrant les pratiques des agriculteurs (non-utilisation de produits phytosanitaires, réensemencement local, petits élevages, etc.), peut également avoir un effet positif dans l'amélioration de la qualité des sols mais aussi dans le stockage du carbone pour la réduction des GES (gaz à effet de serre).

Aujourd'hui nous nous interrogeons sur :

- la relation entre la qualité des sols et les actions en faveur de la biodiversité sur les espaces sous les lignes électriques,
- - l'intérêt pour les gestionnaires des lignes électriques d'insérer les actions de gestion différenciée dans leur stratégie bas-carbone, par des actions favorisant la qualité des sols.

L'entreprise RTE, engagée dans une politique bas-carbone dans le secteur du bâtiment, pourrait alors prétendre au label Bas-Carbone en privilégiant des modes de gestion qui favorisent la séquestration. Ce label, porté par le ministère français de la Transition écologique et solidaire « vise à favoriser l'émergence de projets additionnels de réductions d'émissions de gaz à effet de serre (GES), ce qui

englobe les émissions évitées et séquestrées, sur le territoire français, par la mise en place d'un cadre de suivi, notification et vérification des émissions de GES ».

Dans ce contexte d'acquisition de connaissance, la méthode proposée par ASUP et ATESyn, bureaux d'études techniques, impliqués dans l'accompagnement de projets et la recherche de solutions en faveur de l'environnement naturel, est la suivante :

- ✓ Diagnostiquer les parcelles sous les lignes électriques, après réalisation des aménagements et avant les prochains, sur d'autres parcelles, en déployant des indicateurs basés sur des interventions rapides, avec des résultats qualitatifs et quantitatifs ; un des outils envisagés est l'indicateur de santé des sols « Biofuntool® », élaboré par le CIRAD et l'IRD (qui a pour objet, avec des technologies adaptées au terrain, d'évaluer trois compartiments du sol : dynamique du carbone, cycle des nutriments, maintien de la structure) ;
- ✓ Evaluer la santé des sols en rapport avec la qualité et l'usage des parcelles (dans ce cas, il est opportun que l'occupation des parcelles soit la même sur tout le terrain d'expérimentation, en l'occurrence, le pâturage) ;
- ✓ Elaborer un référentiel permettant de consolider l'interprétation des données de terrain et déployer un programme de suivi ;
- ✓ Préciser les caractéristiques nécessaires pour disposer d'un site expérimental pertinent : : durée, surface, montants financiers etc.

Au-delà de la stratégie nationale Bas-carbone, RTE pourrait également s'engager dans l'initiative « 4 pour 1000 » en présentant ce mode de gestion différenciée et les bénéfices qu'il pourrait y avoir pour le stockage du carbone par les sols. Cette initiative, lancée par la France le 1er décembre 2015 lors de la COP 21, consiste à fédérer tous les acteurs volontaires du public et du privé dans le cadre du Plan d'action Lima-Paris. Elle vise à montrer que l'agriculture, et en particulier les sols agricoles, peuvent jouer un rôle crucial pour la sécurité alimentaire et le changement climatique. Tous les partenaires sont invités à faire connaître ou mettre en place des actions concrètes sur le stockage du carbone dans les sols et le type de pratiques pour y parvenir.



Siège social

SAS ATESYN
NAVASOL EcoCentre d'Affaires
ZI Les Pignès Lot 28
09 270 Mazères
Capital social de 50 000 €
N° SIREN 789 237 849 - RCS Foix

Agence Massif Pyrénéen

NAVASOL EcoCentre d'Affaires
ZI Les Pignès Lot 28
09 270 Mazères
Tél. : 05 81 06 16 84
contact@atesyn.fr
www.atesyn.fr

Agence Massif Alpin

Espace Entreprise Savoie
364 rue Nicolas Parent
73000 Chambéry
contact@atesyn.fr



Laurent Rigou
tél. : +33(0)9 65 00 57 23 / +33(0)6 85 91 98 06
mail : l.rigou-asup@agretpy.fr

ATELIER SOLS, URBANISME ET PAYSAGES
12, rue de l'église 65690 ANGOS
SIRET 798 272 472 00019
www.solsetpaysages.canalblog.com

ASUP est membre du
réseau Agret-Py



www.agretpy.fr

Jacques Martelain

Senior managing scientist in
Environmental forensics and
litigation support

TERRAQUAtron

61, route de Saint Romain
Fr-69450 Saint Cyr au Mont d'Or

Tel. + 33 (0) 6 72 73 53 40
j.martelain@orange.fr

Directeur et géologue cantonal

République et canton de Genève

Service de géologie, sols et déchets
Quai du Rhône 12
CH-1205 Genève

Tel. + 41 (0) 78 842 34 11
jacques.martelain@etat.ge.ch

Plume reconstruction method for identifying sources of chlorinated solvents

This presentation discusses a method for identifying sources of chlorinated solvent releases without the need to formulate site-specific degradation rates.

Instead, converting measured concentrations of daughter products to equivalent concentrations of parent products furnishes the needed information.

This method (Murphy and al.) will be illustrated with a case study and consists of two parts:

1. Developing a picture of what the plume would have looked like if biodegradation and hydrolysis had not occurred

This approach, available when investigating PCE, TCE, carbon tetrachloride (CT) and 1,1,1-trichloroethane (TCA) groundwater plumes, is to use the molecular weight of a compound and concentration values to reconstruct the possible location of the release.

The approach employs the reconstruction of the parent concentrations assuming that no degradation occurred, by including the molecular weights of compounds of the original anaerobic and hydrolysis products.

2. Factoring in what is known about groundwater flow direction.

Finally, the relevance of this method for identifying areas where biodegradation has occurred and for age-dating plumes will also be discussed.

Méthode de reconstruction de panaches pour l'identification des sources de solvants chlorés

Cet exposé présente une méthode permettant d'identifier les sources de pollution de solvants chlorés sans qu'il soit nécessaire d'appréhender des taux de dégradation spécifiques au site.

Au lieu de cela, la conversion des concentrations mesurées des produits de filiation en concentrations équivalentes des produits de base, fournit les informations nécessaires.

Cette méthode (Murphy et al.) sera illustrée par une étude de cas et comprend deux parties :

1. Dresser un tableau de ce à quoi le panache aurait ressemblé si la biodégradation et l'hydrolyse n'avaient pas eu lieu

Cette approche, disponible lors de l'étude des panaches d'eaux souterraines de PCE, TCE, tétrachlorure de carbone (CT) et 1,1,1-trichloroéthane (TCA), consiste à utiliser le poids moléculaire des composés et leurs valeurs de concentration pour reconstituer le lieu possible du rejet.

L'approche utilise la reconstruction des concentrations initiales en supposant qu'aucune dégradation ne s'est produite et en incluant les poids moléculaires des composés des produits anaérobies et d'hydrolyse d'origine.

2. En tenant compte de ce que l'on sait sur la direction de l'écoulement des eaux souterraines.

Enfin, la pertinence de cette méthode pour l'identification des zones où la biodégradation s'est produite et pour la datation des panaches sera également examinée.

**Potentiel de développement débloqué d'un terrain touché par des solvants chlorés,
en utilisant des techniques de biorestauration améliorées**

M. Slooijer, M. De Camillis, L. De Bie, R. De Waele, (Greensoil Group, Papendrecht, The Netherlands)

Rogier De Waele, Sales & Account Manager

www.greensoilgroup.com / r.dewaele@greensoilgroup.com

mobile: +32 479 85 45 75 | office: +32 89 39 59 29

Thor Park 8300, 3600 Genk - BE, België

Les solvants chlorés sont souvent utilisés à des fins très diverses, allant du nettoyage des machines, des vêtements et des pièces électroniques à l'utilisation dans la fabrication de produits chimiques. Cependant, ils ont causé divers problèmes environnementaux, comme la contamination du sol et des eaux souterraines. L'assainissement de ces contaminations est souvent un grand défi, surtout lorsque le délai est limité et que le propriétaire veut vendre ou réaménager la parcelle de terrain contaminée le plus tôt possible.

Dans ce cadre, Ramboll et GreenSoil collaborent pour s'occuper des travaux d'assainissement d'un site de développement de brownfield à Malines, en Belgique. L'ancien site de traitement des métaux est fortement contaminé par du tétrachloroéthène et du trichloroéthène, à une profondeur de 16m et sur une surface de plus de 5.000m².

Les mesures de confinement prises précédemment utilisaient une barrière hydraulique (10m³/h) combinée à un système conventionnel de traitement des eaux souterraines. Cependant, la source n'a pas encore été identifiée et l'enlèvement de masse a été limité. De plus, la migration des eaux souterraines due à la barrière P&T a conduit à une forte contamination horizontale et verticale.

Dans ce contexte, Ramboll et GreenSoil ont décidé qu'il était important d'identifier les zones sources avant d'entreprendre d'autres travaux d'assainissement. Cette enquête a montré la présence de trois zones sources principales.

Après l'enlèvement des bâtiments contenant de l'amiante et l'excavation des zones sources, un système d'assainissement in situ, conçu pour traiter la contamination résiduelle dans les eaux souterraines, a été installé entièrement sous le niveau du sol. Il était important pour le client que le réaménagement du site à des fins industrielles puisse se poursuivre parallèlement au programme d'assainissement des eaux souterraines, plutôt que d'attendre la fin de la phase d'assainissement.

La technique de biorestauration améliorée implique l'utilisation d'un substrat organique, ou donneur d'électrons (dans ce cas, Dehalo-GS), ainsi que des nutriments, des oligo-éléments et des vitamines, qui fermentent pour stimuler la biodégradation anaérobie des solvants. Une gestion attentive de la technique garantit que le donneur d'électrons fermente à la bonne vitesse, en libérant régulièrement de l'hydrogène pour maintenir le processus de biodégradation, tout en ne diminuant que marginalement le pH du sol et de l'eau.

Le système d'assainissement comprend 180 puits d'extraction et d'infiltration, dont les têtes de puits sont installées à 2 m sous la surface du sol, ce qui permet de poursuivre les travaux de développement en surface.

Des concentrations aussi élevées que 19.000 µg/l de PCE et 6.400 µg/l de TCE ont été observées sur le site. Une fois la biorestauration commencée, les concentrations de produits de dégradation ont augmenté avec le temps. En deux ans, la plupart des puits ont approché/atteint les valeurs seuils de restauration fixées à 500 µg/l pour le PCE, 500 µg/l pour le TCE, 1500 µg/l pour le 1,2-DCE et 500 µg/l pour le VC.

La phase active d'assainissement se poursuivra pendant un total de trois ans, la surveillance des eaux souterraines après l'assainissement se poursuivant jusqu'en 2024.

Jusqu'à présent, ces résultats ont démontré la capacité accrue de dégradation biologique sur le site et la dichlorination complète des divers contaminants. Dans l'intervalle, les travaux de réaménagement ont déjà commencé, car il n'y a pas de limites dues aux travaux d'assainissement en cours.

Mercredi 8 septembre 2021 / Wednesday September 8, 2021

09h00

Accueil et inscription des participants / Welcome and participant's registration

Le sol, une opportunité pour l'environnement / Soil, an opportunity for the environment

Le sol en interaction avec les enjeux environnementaux / Soil in interaction with environmental stakes

Part. 2

Modérateur / Moderator: Laurent Thannberger, Directeur scientifique - Valgo

09h20

Première étape vers la compréhension du comportement des composés aromatiques polycycliques oxygénés (CAP-O) dans les sols et eaux souterraines / First step towards understanding the behavior of oxygenated polycyclic aromatic compounds (O-PACs) in soils and groundwater

Wassim Almouallem, Doctorant (Ineris, UHA, Ademe)

09h40

Distribution et impact des PFAS dans différents compartiments représentatifs de la Seine, faisant suite à un à un accident industriel / Distribution and Impact of PFAS in different reservoirs related to the Seine River, after an industrial fire

Hugo Carronnier, Ecotoxicologue - Valgo

10h00

Essais de traitement d'élimination des PFAS dans des effluents industriels / Assays for PFAS removal in industrial effluents

Atefa Moravej, Chargée de recherche - Valgo

10h20

Mesure de la qualité de l'air des sites pollués / Air quality measurement in polluted sites

Sylvain Bourgeon, Directeur Commercial France & International - Ecomesure

10h40

Pause café / Coffee break

Optimiser la gestion des sols dégradés / Optimize the management of degraded soils

Les outils techniques et stratégiques au service des sols / Technical and strategic tools at the service of soils

Modérateur / Moderator: Laurent Thannberger, Directeur scientifique - Valgo

11h00

Dernières évolutions du cadre réglementaire de la gestion des sites et sols pollués – Points de vigilance / Latest evolutions in the regulatory framework for the management of polluted sites and soils – Points of vigilance

Marie-Léonie Vergnerie, Avocat Associée - Fieldfisher

11h20

Surveillance des gaz du sol grâce à l'utilisation de chambre à flux / Monitoring of soil gases through the use of flow chamber

• *Sylvain Mourard, Responsable Commercial France – Eau & Environnement, Laboratoire Mérieux NutriSciences*

• *Pierre-Louis Guillerm, Senior Consultant - Ramboll*

11h40

Maitrise des rejets en phase chantier / Control of outlets during the construction phase

Alix Scheer, Ingénieur de projets – Züblin Umwelttechnik

12h00

L'Intelligence Artificielle au service des sites et sols / The Artificial Intelligence at the service of polluted sites and soils

Aurélien Triger, Président - EvalDépol

12h20

Utilisation d'une solution logicielle 3D dédiée aux sites et sols pollués pour la gestion, la visualisation, le partage et la pérennisation de données et résultats d'étude / Use of a 3D software solution dedicated to contaminated sites and soils for the management, visualization, sharing and perpetuation of data and study results

• *Florine Garcia, Ingénieure / Chercheuse - Kidova*

• *Patrick Jacquemin, Chef de projet de réhabilitation de sites pollués - Ademe*

12h40

Discussions - Pitch exposants / Exhibitors pitches

13h00

Déjeuner / Lunch

14h00

Oxydation Chimique *In Situ* en zone saturée par une technologie électrochimique : EBR® (Electro Biological Remediation). Protocole de mise en œuvre de tests de traitabilité sur site / *In Situ* Chemical Oxydation in saturated area by an electrochemical technology : EBR (Electro Biological Remediation). Protocol for the implementation of onsite treatability tests

- *Philippe Oudin, Gérant – Semaco Environnement & Professeur à l'École des Mines de Nancy*
- *Elie Elgressy, Gérant – Elgressy Engineering Services Ltd (Israël)*

14h20

Reconversion d'un site par mise en œuvre d'une solution de lavage des sols et recyclage des bétons : économie en ressource naturelle et gestion circulaire des sols / Reconversion of a site by implementing a solution of soil washing and concrete recycling: saving natural resources and circular soil management

- *Kevin Le Foll, Directeur Projets – Remea*
- *Thomas Perrier, Managing Consultant - Ramboll France*

14h40

Traitement des sols pollués par les pesticides au Canada, en Chine, en Colombie, en Suède et aux États-Unis. Utilisation de la réduction chimique *In Situ* : 25 ans de retour d'expérience / Treatment of pesticide-impacted soils in Canada, China, Colombia, Sweden, and the United States using *In Situ* chemical reduction: 25 years of lessons learned

Erwan Goulian, Technical Representative France - PeroxyChem Environmental Solutions

15h00

Pollutions aux PFAS : partage de retours d'expérience concernant les schémas conceptuels, l'interprétation des données et les options de traitement des sols et nappes / Pollution by PFAS: sharing feedbacks of conceptual design, interpretation of data and treatment options for soils and groundwaters

Sébastien Kaskassian, Responsable Innovation – Tauw France

15h20

Pause café / Coffee break

15h40

Etudes de Cas de Gestion de Impact à Risque Sanitaire non-acceptable des polluants volatils des Sites pollués sur l'air ambiant intérieur des entreprises et des locaux résidentiels (Solvants polaires & chlorés : TCE, PCE, DCE, VC et aussi BTEX, HC₅₋₁₆, etc.) / Case Studies of Polluted Site Management in Case of non-acceptable toxic Risks by Indoor Air Contamination via volatile Pollutants (Polar & Chlorinated Solvents: TCE, PCE, DCE, VC and also BTEX, HC₅₋₁₆, etc.)

Frank Karg, Scientific Director of HPC Group (INOGEN JV) & CEO President of HPC International (France & Allemagne)

16h00

Six études à l'échelle pilote évaluant le traitement in situ de PFAS dans les nappes / Six Pilot-Scale Studies Evaluating the In-Situ Treatment of PFAS in Groundwater

Mariangela Donati, District Manager – Regenesis (Royaume-Uni)

16h20

Biorestauration cyclique d'un site de Xylène fortement impacté à Westerlo (BE) - Traitement biologique à 100 % sur site du sol, des eaux souterraines et des vapeurs du sol / Cyclic bioremediation of a site, heavily impacted by Xylène in Westerlo (BE) – 100% onsite biological treatment of soil, groundwaters and soil vapors

Rogier De Waele, Sales & Account Manager – Greensoil Group (Belgique)

16h40

Désorption thermique *In Situ* d'un site en zone urbaine – Multiples projets de recherche et développement / *In Situ* thermic desorption of a site in an urban area – Multiple research and development projects

Joaquim Halen, Account Manager – Haemers Technologies (Belgique)

17h00

Discussions - Pitch exposants / Exhibitors pitches

17h30

Fin de la deuxième journée / End of Day Two

First step towards understanding the behavior of oxygenated polycyclic aromatic compounds (O-PACs) in soils and groundwater

Wassim ALMOUALLEM^{1,2,3,4}, Julien MICHEL¹, Sophie DORGE², Cécile JOYEUX³,
Didier LE NOUEN³, Gwenaëlle TROUVÉ²

¹Ineris, Direction Sites & Territoires, Verneuil en Halatte, F-60550, France

²Université de Haute-Alsace, Laboratoire Gestion des Risques et Environnement (LGRE) EA2334, Mulhouse, France

³Université de Haute-Alsace, Laboratoire d'Innovation Moléculaire et Applications (LIMA) UMR 7042 CNRS, Mulhouse, France

⁴ADEME, Service Friches Urbaines et Sites Pollués (SFUSP), Angers, France

Keywords: Oxygenated Polycyclic Aromatic Compounds (O-PACs), soil, groundwater, sorption isotherm, transfer.

Objectives: the aim of this study is to assess O-PAC migration in groundwater in order to know if they could form large contamination plumes in groundwater and therefore trigger a risk for sensitive targets such as drinking water wells.

Innovative nature of the proposed topic: O-PAC migration in groundwater and parameters controlling their behavior in soils have never been assessed whereas it is well established in literature that these compounds are toxic, persistent and always present in soils of PAH contaminated sites.

Abstract

Oxygenated Polycyclic Aromatic Compounds (O-PACs) are toxic, persistent, highly leachable and often abundant at PAH contaminated sites. Furthermore, many studies have proven that O-PACs could be formed during and after the application of some remediation techniques on PAH contaminated sites^{1,2}. However, in contrast to the 16 US EPA PAHs classified as priority pollutants and due to the lack of regulations and data regarding their behavior in soils, O-PACs are not included in health risk assessment studies and monitoring programs of PAH contaminated sites. However, these aromatic compounds could as well have an impact and contribute to the risk for human beings and the Environment. This study constitutes an important step in the process of understanding the transfer of these compounds within the soil system and in determining the related parameters that could affect their behavior.

Two PAH/O-PAC couples were chosen for this study: fluorene/fluorenone (FLU/FLUone) and acenaphthene/dibenzofuran (ACE/DBFUR). These compounds were primarily selected regarding their available data, the possibility of their laboratory manipulation as well as the similarity in their molecular structures. Sorption isotherms onto a non-contaminated soil were individually determined using controlled batch experiments for all four compounds. Effects of ionic strength and liquid to solid ratio (L/S) on the sorption of FLU and FLUone were furthermore investigated through controlled batch experiments.

For both O-PACs and PAHs, experimental data showed that the sorption kinetics were designated by the occurrence of two distinct phases. A fast-initial phase followed by a second much slower sorption process. Sorption equilibrium was achieved within less than 24 hours of mixing while no degradation of the studied compounds was observed. For all studied compounds and in all experimental conditions, linear sorption models best fit the isotherm data. Results revealed that ACE and DBFUR were similarly adsorbed onto the soil where the values of organic carbon-water partition coefficient (K_{oc}) were 1184 and 1153 L/kg, respectively. In the same experimental conditions, K_{oc} of FLU (1931 L/kg) was higher than that of FLUone (1355 L/kg), showing a smaller affinity of FLUone towards the solid phase. Furthermore, decreasing the L/S ratio from 100 L/kg to 50 and 30 L/kg, increased the sorption of FLUone onto the soil by 64 and 77% respectively, while the sorption of FLU was slightly increased by 13 and 31% respectively. Moreover, increasing the ionic strength of the aqueous phase by a factor of 6 favored

the sorption of FLUone by 62% while the sorption of FLU slightly decreased by 13%. These results provided meaningful first information regarding O-PAC behavior in soils: highly soluble O-PACs such as FLUone could easily migrate in groundwater, form larger contamination plumes than PAHs and reach drinking water wells. In addition, the difference in PAH and O-PAC behavior when decreasing the L/S ratio and increasing the ionic strength is a first hint that mechanisms responsible for O-PAC fate and transport in soils could be different than the ones responsible for PAH retention in soils. Further studies are in progress at different scales (lab and field scales) in order to better understand the migration potential of O-PACs.

Acknowledgments: authors thank the French Energy and Environmental Agency (ADEME) and Ineris for their financial supports.

References

- (1) Ramdahl T. "Polycyclic aromatic ketones in environmental samples". *Environmental Science and Technology* 17 (1983): 666–670.
- (2) Lundstedt, S., White, P.A., Lemieux, C.L., Lynes, K.D., Lambert, I.B., Öberg, L., Haglund, P. and Tysklind, M. "Sources, Fate, and Toxic Hazards of Oxygenated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) at PAH- contaminated Sites". *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 36 (2007): 475–485.



Distribution et impact des PFAS dans différents compartiments représentatifs de la Seine, faisant suite à un à un accident industriel

Distribution and Impact of PFAS in different reservoirs related to the Seine River, after an industrial fire

Hugo CARRONNIER; Laurent THANNBERGER

VALGO, Petit-Couronne – France

Mots clés : PFAS, PFOA, PFOS, PFHxS, dissémination, toxicité

Objectifs : comprendre la participation d'un accident industriel à un fond général de pollution par les PFAS

Caractère innovant du projet : la cohérence des compartiments investigués, sur une portion importante de la Seine.

1. Contexte général

Les équipes de VALGO ont été brusquement confrontées à la problématique des PFAS, lors de l'incendie de Lubrizol en septembre 2019. En tant que site industriel voisin, quelques bacs encore debout de l'ancienne raffinerie de Petit-Couronne, dont VALGO assure la réhabilitation, ont servi au stockage temporaire d'urgence des eaux d'incendie. Cet évènement a été transformé en opportunité par les équipes de R&D et 2 sujets se sont rapidement construits :

- un sur l'étude de l'impact de cet incendie sur les eaux de la Seine et réservoirs connexes
- l'autre sur des essais de décontamination des eaux souillées, prenant en compte le paramètre PFAS

2. Travaux réalisés

Cette présentation a comme objectif principal de déterminer la répartition des composés perfluorés dans la vallée de la Seine à partir du site de Lubrizol, afin de déterminer l'étendue de la contamination.

Plus spécifiquement cette étude a porté sur :

- Étude de distribution du PFOA, du PFOS, et du PFHxS dans l'environnement
- La distribution des PFAS dans les eaux de surface
- La distribution des PFAS dans les sédiments de la Seine
- Et un éclairage par des analyses secondaires sur les eaux souterraines.

Le second objectif de cette étude consiste à tracer une ébauche de la chaîne trophique de ces composés, en se penchant sur :

- La distribution des PFAS chez deux espèces de poisson, une carnassière : *Sander lucioperca*, et une intermédiaire *Rutilus rutilus*.
- La distribution des composés dans l'alimentation de ces espèces (plancton).

La concentration en composés perfluorés dans des végétaux aquatiques, le jonc fleuri (*Butomus umbellatus*), est également mesurée afin de faire le lien entre ces deux études.

3. Hypothèses initiales

Le relargage des eaux d'extinction de l'incendie de Lubrizol a entraîné :

- Une augmentation de la concentration en PFAS dans les sédiments avec un gradient décroissant
- Il existe probablement un taux basal de composés perfluorés dans les eaux de la Seine, lié aux activités industrielles usuelles, même en amont de la zone affectée par Lubrizol.



- Une contamination de la flore et de la faune avec une plus forte concentration dans les espèces carnassières

4. Travaux complémentaires

Cette étude de dispersion a été complétée par une étude d'impact du PFOA, du PFOS et du PFHxS sur la santé humaine.

5. Conclusions

Nous avons mis en évidence une contamination globale des eaux, des sédiments, des végétaux, et des poissons par les composés perfluorés, puis nous avons détaillé les effets délétères qu'ils pouvaient avoir sur l'homme, par leurs mécanismes d'action.

Notre étude et la littérature scientifique nous permettent de penser que la voie d'exposition principale demeure la consommation d'eau contaminée. On retrouve dans ces eaux des concentrations en PFAS extrêmement importantes, or, actuellement, ces substances ne sont pas traitées par les stations d'épuration, ou de manière incomplète. Il est également possible d'absorber des perfluorés (principalement le PFOS) par la consommation de poissons contaminés, mais, peu consommés par la population française, ce risque reste moindre.

D'après notre étude, il est peu probable que l'utilisation massive de mousses anti-incendie lors de l'incident sur le site de la société Lubrizol ait un lien avec les concentrations en PFAS qui ont été mesurées dans les eaux souterraines, et que le rejet des eaux chargées en PFAS dans la Seine ait pu avoir un impact sur la santé humaine. Il semble plutôt que cette contamination soit liée à l'industrialisation massive et à l'urbanisation des bords de Seine. Les sites d'entraînement de pompiers semblent aussi être une source majeure de composés perfluorés et il conviendrait d'étudier la contamination des sols et des eaux souterraines dans leur proximité, en évaluant le risque de contamination des sols et des nappes phréatiques.

Enfin il serait opportun de mettre en œuvre des mesures de protection des eaux souterraines à proximité de ces sites spécifiquement impactés par les composés perfluorés.



Key words: PFAS, PFOA, PFOS, PFHxS, dispersion, toxicity

Purpose: Measure the impact of an industrial fire upon the general background of a PFAS pollution

Innovative dimension of the project: complementarity of compartments that were investigated, upon a broad portion of the Seine River

1- Context Overview:

VALGO's technical teams suddenly faced up the PFAS problematic, after the industrial fire in Lubrizol company, during September 2019. Due to its position as neighbor site, the former refinery of Petit-Couronne, where VALGO performs rehabilitation works, was asked for the emergency storage of run-off waters. Several tanks, just before to be dismantled were used for the temporary storage of huge effluent volumes. Turning this event into opportunity, the R&D teams built rapidly two subjects about PFAS concerns, to study:

- 1) The impact of this fire upon the water of the Seine River and connected compartments;
- 2) Water remediation assays taking into account the PFAS parameter.

2- Achieved work

The main objective of this presentation is to determine the distribution of perfluorinated compounds in the Seine Valley from the Lubrizol site, in order to determine the extent of contamination.

More specifically, this study focused on:

- Study of the distribution of PFOA, PFOS, and PFHxS in the environment
- The distribution of PFAS in surface waters
- The distribution of PFAS in the sediments of the Seine River
- a Point of view completed by secondary groundwater analyses.

The second objective of this study is to draw a sketch of the trophic chain of these compounds, by looking at:

- The distribution of PFAS in two fish species, a carnivorous fish: *Sander lucioperca*, and an intermediate *Rutilus rutilus*.
- The distribution of compounds in the diet of these species (plankton).

The concentration of perfluorinated compounds in aquatic plants, the flowering rush (*Butomus umbellatus*), is also measured in order to link these two studies.

3- Initial hypothesis

The release of the Lubrizol fire extinguishing water resulted in:

- An increase in the concentration of PFAS in the sediment with a decreasing gradient.
- There is probably a basal level of per fluorinated compounds in the waters of the Seine, linked to the usual industrial activities, even upstream of the area affected by Lubrizol.
- Contamination of flora and fauna with a higher concentration in carnivorous species.



4- Complementary works

This dispersion study was complemented by a study of the impact of PFOA, PFOS and PFHxS on human health.

5- Results and Conclusion

We have highlighted a global contamination of water, sediments, plants and fish by perfluorinated compounds, then we have detailed the deleterious effects they could have on humans, through their mechanisms of action.

Our study and the scientific literature led us to believe that the main route of exposure remains the consumption of contaminated water. We find in these waters extremely important concentrations of PFAS, but, currently, these substances are not treated by the treatment plants, or in an incomplete way. It is also possible to absorb perfluorinated substances (mainly PFOS) through the consumption of contaminated fish, but, since they are rarely consumed by the French population, this risk remains lower.

According to our study, it is unlikely that the massive use of fire-fighting foams during the incident at the Lubrizol site was related to the concentrations of PFAS that were measured in the groundwater, and that the discharge of PFAS impacted water into the Seine could had an impact on human health. Rather, it seems that this contamination is linked to the massive industrialization and urbanization of the banks of the Seine. Firefighter training sites also appear to be a major source of perfluorinated compounds and the contamination of soil and groundwater in their vicinity should be studied, assessing the risk of soil and groundwater contamination.

Finally, it would be appropriate to implement measures to protect groundwater in the vicinity of those sites specifically impacted by perfluorinated compounds.



Essais de traitement des PFAS dans des effluents industriels *Assays for PFAS removal in industrial effluents*

Atefa MORAVEJ; Laurent THANNBERGER

VALGO, Petit-Couronne – France

Mots clés : PFAS, PFOA, PFOS, élimination, oxydation, floculation, affinité

Objectifs : Identifier et tester des voies connues ou nouvelles de traitement des pollutions par les PFAS

Caractère innovant du projet : les travaux de validation sur échantillons réels ont montré des comportements différents de ceux obtenus sur modèles de laboratoire.

1. Contexte général

Les équipes de VALGO ont été brusquement confrontées à la problématique des PFAS, lors de l'incendie de Lubrizol en septembre 2019. En tant que site industriel voisin, quelques bacs encore debout de l'ancienne raffinerie de Petit-Couronne, dont VALGO assure la réhabilitation, ont servi au stockage temporaire d'urgence des eaux d'incendie. Cet évènement a été transformé en opportunité par les équipes de R&D et deux sujets se sont rapidement construits :

- 1) un sur l'étude de l'impact de cet incendie sur les eaux de la Seine et réservoirs connexes ;
- 2) l'autre sur des essais de décontamination des eaux souillées, prenant en compte le paramètre PFAS

2. Objectifs des travaux

L'étude vise à acquérir des connaissances couvrant l'identification des familles PFAS, leur devenir et leur comportement dans l'environnement, ainsi que la compréhension du potentiel des différentes techniques d'assainissement dans le sol et l'eau, en prévision de développements ultérieurs. Différentes technologies sont étudiées concernant les PFAS ; cependant, la plupart des développements en sont à un stade précoce, de sorte qu'il existe des opportunités pour beaucoup d'ingéniosité. Dans cette étude, différentes techniques de traitement de l'eau avec des modifications ont été utilisées pour découvrir leur potentiel de traitabilité pour les PFAS.

3. Résultats & conclusion

D'après les résultats de cette étude, l'oxydation chimique pour le traitement des PFAS nécessite un équilibre minutieux entre les radicaux libres, la cinétique de la réaction et les piègeurs de radicaux. Le persulfate activé par la chaleur a permis d'obtenir la dégradation la plus avancée pour le PFOS, lors d'essais en laboratoire. Le persulfate chauffé génère du PFOA comme sous-produit de l'oxydation. Selon les résultats de cette étude, il est possible d'éliminer le PFOA par une étape de coagulation/floculation. L'application in situ de l'oxydation représente un défi important. Ce défi est lié à la matière organique du sol, aux minéraux et aux piègeurs de radicaux supplémentaires, qui sont en concurrence pour les oxydants (Bruton & Sedlak, 2017 ; Park et al., 2016). Il a été observé que des doses élevées d'oxydants peuvent entraîner une cinétique rapide et ne créent pas nécessairement des conditions optimales pour la génération de radicaux libres. Sur la base des résultats de cette étude, il existe d'autres aspects de l'oxydation chimique pour les PFAS qui nécessitent une étude plus approfondie. L'application de doses d'oxydant plus faibles qui peuvent être appliquées de manière séquentielle doit être évaluée. C'est une étape nécessaire pour simuler des doses d'oxydant plus faibles qui représentent l'injection sur le terrain sur le site. Une évaluation supplémentaire, comparant l'effet des doses d'oxydant sur des échantillons prélevés sur le terrain par rapport à des échantillons dopés en laboratoire pour les PFAS, sera instructive pour évaluer la cinétique de compétition due à la présence de précurseurs. Ajouter une analyse de « TOP » lors d'études d'oxydation chimique



permettra de mieux quantifier la masse totale de PFAS qui est présente dans les échantillons avant et après les traitements oxydatifs. Les données TOP peuvent fournir une indication avancée sur la destruction des PFAS totaux. L'utilisation du permanganate pour activer le persulfate sera prometteuse dans les applications industrielles. La raison en est que (1) le persulfate nécessite souvent des activateurs anthropiques, cependant, les injections de permanganate sont simples ; (2) dans certains cas, l'utilisation du permanganate pour activer le persulfate est rentable car l'activation thermique du persulfate sur le site nécessite plus d'énergie ; (3) de fortes doses de persulfate produisent des sels et une acidité qui n'est pas favorable ; et (4) la cinétique de décomposition avec du persulfate activé par le permanganate est plus efficace dans le temps qu'avec l'utilisation du seul permanganate.

L'utilisation de l'étape de coagulation/floculation comme étape complémentaire est efficace et réduira les coûts pour l'application sur le terrain. Les résultats ont montré que le chlorure ferrique était celui qui éliminait le plus de PFOS. En outre, des essais avec certaines protéines spécifiques ont montré une grande affinité avec le PFOS par rapport à d'autres individus de la famille des PFAS.



Key words: PFAS, PFOA, PFOS, elimination, oxidation, flocculation, affinity

Purpose: Identify and test known or new pathways for the treatment of PFAS pollutions

Innovative dimension of the project: Validation works upon real samples showed very different results in comparison with lab models.

1. Context overview

VALGO's technical teams suddenly faced up the PFAS problematic, after the industrial fire in Lubrizol company, during September 2019. Due to its position as neighbor site, the former refinery of Petit-Couronne, where VALGO performs rehabilitation works, was asked for the emergency storage of run-off waters. Several tanks, just before to be dismantled were used for the temporary storage of huge effluent volumes. Turning this event into opportunity, the R&D teams built rapidly two subjects about PFAS concerns, to study:

- 1) The impact of this fire upon the water of the Seine River and connected compartments;
- 2) Water remediation assays taking into account the PFAS parameter.

2. Objectives of the work

The study aims to build a knowledge covering the identification of PFAS families, their fate and behavior in the environment, and understanding the potential of different remediation techniques in soil and water that can be useful for further studies and developments. Different technologies are evolving concerning PFAS; however, most developments are in early stages, so opportunities exist for much ingenuity. In this study, different water treatment techniques with modifications has been employed to discover their treatability potential for PFAS.

3. Results & conclusion

Based on the results from this study, chemical oxidation for treatment of PFAS requires a careful balance of free radicals, reaction kinetics and radical scavengers. Heat-activated persulfate consistently achieved the highest degradation for PFOS in bench-scale testing. Heat-activation persulfate generates PFOA as by-product of oxidation. The possibility to remove PFOA with coagulation/flocculation step exists according to results of this study. There is a significant challenge for in-situ application of oxidation. This challenge is associated with soil organic matter, minerals and additional radical scavengers, which compete for oxidants (Bruton & Sedlak, 2017; Park *et al.*, 2016). It was observed that high oxidant dosages can result in rapid kinetics and does not necessarily create optimal condition for free radical generation. Based on the results of this study, there are additional aspects of chemical oxidation for PFAS that require further investigation. Application of lower oxidant dosages which can sequentially be applied should be evaluated. This is a necessary step to simulate lower oxidant dosages which represents field injection on the site. An additional evaluation, comparing the effect of oxidant doses on field-collected samples versus PFAS laboratory spiked samples, will be informative to assess competition kinetics due to the presence of precursors. Addition of TOP analyses to chemical oxidation studies can be used to better quantify total PFAS mass which are present in the samples before and after oxidative treatments. The TOP data may be able to provide a line of evidence on PFAS destruction. The use of permanganate to activate persulfate will be promising in industrial applications. The reason will be (1) persulfate often requires anthropogenic activators; however, permanganate injections are simple; (2) in some cases use of permanganate to activate persulfate is cost-effective as heat activation of persulfate in the site requires more energy; (3) high doses of persulfate produce salts and acidity that is not favorable; and (4) Decomposition kinetics using persulfate activated with permanganate is more consistent over the time in comparison with the use of only persulfate.



The use of coagulation/flocculation as a complementary step is effective and will reduce cost for field-application purposes. Results showed that ferric chloride had the highest removal of PFOS. Besides, assays with some specific protein showed a high affinity with PFOS in comparison with other PFAS individuals.

Mesure de la qualité de l'air en sites pollués

Sylvain BOURGEON – Société Ecomesure
Responsable commercial
+33 (0) 7 79 64 62 68, sylvain.bourgeon@ecomesure.com

Les sites dits pollués le sont souvent en connaissance de la pollution des sols, néanmoins il est primordial de prendre en compte la pollution de l'air.

ECOMESURE est de plus en plus souvent amenée à assurer la surveillance sur sites pollués, qui deviennent un véritable défi dans des régions déjà très urbanisées et où la gestion des terres polluées est cruciale. Les solutions proposées s'adaptent aux besoins du terrain, nos systèmes intègrent différents types de capteurs, chacun pouvant mesurer un ou plusieurs polluants : souvent un capteur PID pour mesurer les composés organiques volatiles (COV) est nécessaire sur ces projets. Nous pouvons aussi utiliser des capteurs électrochimiques pour mesurer le H₂S, le NH₃, sans oublier des capteurs infrarouge (IR) pour CH₄, CO₂ et bien sur un capteur optique pour les poussières (PM₁₀, PM_{2,5} et TSP).

L'air pollué se propage rapidement dans son environnement, l'impact environnemental est important. Il est primordial de le mesurer en temps réel et d'avoir un moyen de surveillance permettant d'enclencher des actions. Nos solutions pour mesurer la qualité de l'air permettent de programmer des alarmes automatiques en fonction de dépassement de seuils de concentration de polluants en respectant la réglementation.

Plusieurs acteurs sont concernés par la pollution des sols, on le voit notamment sur les récents projets du Grand Paris. Les communes et des riverains situés à proximité des sites et sols pollués sont directement impactés, et c'est souvent à l'entreprise dépositaire de mesurer la pollution des sols.

Ecomesure a déployé des solutions pour la mesure des sols pollués. Notamment sur des anciennes friches industrielles polluées où il est question de nettoyer les sols pour y réimplanter une usine ou encore des habitations. Pour s'assurer de l'évolution du lavage des sols de toute pollution Ecomesure a installé des ECOMSMART en autonomie énergétique. Grâce à cela les opérateurs du projet ont pu analyser en temps réel la baisse de contamination de l'air aux COV.

En France nous avons notamment installé nos solutions pour mesurer l'impact environnemental aux environs d'une usine chimique ayant brûlé. Sur ce projet l'ECOMSMART a été couplé avec ECOMWIND pour mesurer la direction et la vitesse du vent en plus de différents polluants.

Pour obtenir un rapport facilement exploitable à la fin de chaque campagne de mesure, nos clients téléchargent sur la plateforme web un document sous format pdf leur indiquant la comparaison entre les valeurs mesurées et les normes à ne pas dépasser. Aussi nous proposons des alertes combinées sur notre plateforme web, où il est possible de régler des alertes en fonction de paramètres variés comme par exemple la direction du vent et une concentration de polluant.

Dans le souci d'être toujours au plus près des attentes de ses clients ECOMESURE va bientôt proposer une station balise, facile à transporter et déployable rapidement sur les sites industriels et les chantiers.



Marie-Léonie Vergnerie

Avocate Associée

Droit de l'Environnement

48 rue Cambon, 75001 Paris

Tel : +33 (0)1 70 37 81 00

mlv@fieldfisher.com

GESTION DES SITES ET SOLS POLLUES: DERNIERES EVOLUTIONS DU CADRE REGLEMENTAIRE

La loi d'accélération et de simplification de l'action publique, dite loi ASAP, du 7 décembre 2020, a modifié le cadre réglementaire applicable à la réhabilitation des sites ICPE en post-cessation d'activité avec l'objectif annoncé de sécuriser la dépollution des friches industrielles.

Parmi les mesures-phares, applicables à toutes les cessations d'ICPE soumises à autorisation ou enregistrement déclarées à partir du 1^{er} janvier 2022, on compte notamment :

- le remplacement des services de l'Etat par des bureaux d'études certifiés pour attester de la mise en œuvre des mesures de mise en sécurité ainsi que de l'adéquation et de la mise en œuvre des mesures proposées par l'exploitant pour la réhabilitation du site ;
- la possibilité pour le préfet de fixer un délai contraignant pour la réhabilitation du site ;
- la possibilité pour le préfet d'autoriser, sous certaines conditions, le transfert de l'autorisation délivrée à un tiers demandeur à un nouveau tiers intéressé.

Un décret soumis à consultation du public jusqu'au 2 mars dernier précise ces nouvelles mesures tout en intégrant les outils de la méthodologie nationale mise à jour en avril 2017 et en modifiant certaines dispositions relatives au dispositif du tiers demandeur ainsi qu'aux SIS (secteurs d'information sur les sols).

La présentation se propose de revenir sur ces évolutions (avec mise à jour à la date d'Intersol) et de mettre en lumière les points de vigilance à retenir pour les acteurs de la gestion de sites et sols pollués.

MANAGEMENT OF POLLUTED SITES AND SOILS: LATEST REGULATORY DEVELOPMENTS

The French Act to Accelerate and Simplify Public Action of December 7, 2020, known as the ASAP Act, modified the regulatory framework applicable to post-closure remediation of ICPEs (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) with the stated objective of securing the decontamination of brownfields.

Among the flagship measures, applicable to all closures of ICPE sites subject to authorization or registration, and declared from January 1, 2022, are:

- the replacement of State services by authorized consulting firms to confirm the implementation of safety measures as well as the adequacy and implementation of the measures proposed by the operator for site-remediation;*
- the possibility for the Prefect to set a binding deadline for site-remediation;*
- the possibility for the Prefect to authorize, under certain conditions, the transfer of the authorization issued to a third party applicant to a new interested third party for site-remediation.*

A decree subject to public consultation until March 2, 2021 set out these new measures while integrating the national methodology tools updated in April 2017 and modifying certain provisions relating to the third party requesting system as well as to SIS ("secteurs d'information sur les sols").

The presentation aims to review these changes (with an update up until the Intersol dates) and highlight the key points to be retained for those involved in the management of polluted sites and soils.

Surveillance des gaz du sol grâce à l'utilisation de chambre à flux

Sylvain MOURARD, Responsable Commercial France - Water & Environment - Mérieux NutriSciences France
Pierre-Louis GUILLERM, Consultant SSP - Ramboll France

L'échantillonnage du gaz du sol permet d'apporter des précisions sur les niveaux de pollution d'un sol contaminés.

L'approche technique avec une chambre à flux permet de:

- définir l'étendue de la source polluante,
- identifier les bons points d'échantillonnage pour l'eau et la terre,
- évaluer le risque d'inhalation de vapeurs,
- vérifier l'efficacité des technologies d'assainissement.

L'utilisation de la chambre de flux permet de déterminer le débit massique des polluants volatils émis par le sol.

Ces mesures ont pris une valeur très importante dans l'analyse des risques et dans les processus décisionnels au sein des activités de dépollution: elles permettent d'évaluer «l'intrusion de vapeur», c'est-à-dire le processus par lequel les substances chimiques polluantes présentes dans le sol ou dans les eaux souterraines peuvent remplir le sol non saturé atteignant ainsi l'environnement ci-dessus et altérant la qualité de l'air intérieur et / ou extérieur, avec un risque potentiel pour la santé humaine.

L'Institut Italien de Protection et de Recherche de l'Environnement a publié en 2018 les «Lignes directrices sur la surveillance des gaz du sol», auxquelles Mérieux NutriSciences a participé avec des campagnes de mesures avec nos chambres à flux.

Dans cette présentation, nous proposons de mettre l'accent sur les avantages de l'utilisation de chambres à flux dans la surveillance des gaz du sol, et nous proposerons une étude de cas avec la collaboration de la société d'ingénierie leader Ramboll. Nous parlerons d'un exemple d'application lors de l'échantillonnage de gaz interstitiel, dans une zone à surveiller pour le risque environnemental-sanitaire. La surveillance avec des chambres à flux a été proposée pour résoudre les problèmes d'échantillonnage avec les sondes Nesty.

Caractère innovant

Les avantages de l'utilisation de chambres à flux dans la surveillance des gaz du sol: l'approche technique

Mots-clés et objectifs

gaz du sol - chambre à flux - risque d'inhalation de vapeurs - technologies d'assainissement

Maitrise des rejets en phase chantier

Simon SENANT, Ingénieur de Projet - Züblin Umwelttechnik GmbH
Agence de Strasbourg - 6, rue Gutenberg - BP 197 - F-67725 Hoerdt Cedex
+33 (0)6 74 12 24 97 / simon.senant@zueblin.de

"L'eau n'est pas un bien commun, mais un bien hérité qui doit être protégé, défendu et traité de manière appropriée il est nécessaire de développer une politique de l'eau intégrée dans la communauté."

(Extrait des considérants de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau)

En 2019, le chiffre d'affaire lié aux travaux publics est de 44,5 milliards d'euros (source : FNTP) avec une augmentation de 8.6% par rapport à l'exercice précédent. Bien que la crise liée au Covid-19 ait induit une chute d'environ 10% du chiffre d'affaire sur 2020 (source : FNTP) les plans de relance mis en œuvre territorialement ont permis une relance du secteur. Les chantiers de génie civil génèrent des rejets atmosphériques liés à l'utilisation des engins de chantier ainsi que des rejets aqueux liés au ruissellement des eaux pluviales et l'utilisation d'eau lors de la phase travaux. Des scandales liés au déversement d'eaux contenant de la laitance de ciment ont marqué l'opinion publique.

Le droit français condamne les rejets d'eau dans le milieu naturel entraînant un impact sur la santé ou la faune et la flore avec une peine allant jusqu'à 75 000 € d'amende et deux ans d'emprisonnement. La loi allemande concernant les normes de rejets des chantiers est déléguée aux cantons et aux communes. En cas d'impacts, l'indemnité devra couvrir la perte écologique associée. Dans le cas de la Suisse, les valeurs règlementaires sont renseignées dans l'ordonnance sur la protection des eaux. Les indemnités à verser en cas d'impacts avérés sont proportionnels aux dommages.

Les rejets de chantier de génie civil génèrent des problématiques ponctuelles concernant différents paramètres tels que :

- L'alcalinité des eaux liée entre autres à la présence de ciment ;
- La présence de matière en suspension ou de phase non aqueuse ;
- La présence de composés dissous (substances organiques ou inorganiques) ;
- La présence de composés volatils et d'odeurs.

Des solutions techniques ont été élaborées au gré de nos expériences internationales pour répondre aux besoins des chantiers. Les installations initialement prévues pour des traitements de longues durées et fixes ont été transposées en installations compactes et universelles afin de pouvoir répondre rapidement et à moindre coût aux demandes.

La mise en place dans un conteneur de la plupart des composants permet de limiter l'emprise sur le site du chantier, de garantir une robustesse de l'installation et de faciliter la mobilité des unités selon l'avancement du chantier. Basées sur une technologie des procédés simple, ces installations se prennent facilement en main et nécessitent que très peu de maintenance. La mise en place d'automates connectés à des sondes permet un fonctionnement autonome, le suivi en temps réel des paramètres de l'installation et l'envoi d'alertes en cas de mauvais fonctionnement. De plus, la prise en main à distance est possible limitant le déplacement d'opérateurs spécialisés sur site.

Le nombre de chantier en augmentation ces dernières années, les scandales liés à des déversements illicites ont induit un mouvement de l'opinion publique traduite par la proposition de loi citoyenne et l'introduction du terme « écocide » dans la constitution. Des solutions techniques simples et efficaces issues du traitement des sites et sols pollués sont applicables afin de permettre la réduction des impacts liés aux rejets des travaux de génie civil.

L'Intelligence Artificielle au service des sites et sols pollués

Muzammel MUHAMMAD^{a,b}, Tanguy WESTELYNCK^a, Alice OTHMANI^b, Aurélien TRIGER^a

^a EVALDEPOL-4, rue Pierre Fontaine-91058 Evry Cedex

^b UPEC-LISSI-EA 3956-122, rue Paul Armangot, 94400 Vitry sur Seine

Mots clés : Diagnostic, Sites et Sols pollués Machine-Learning, Intelligence Artificielle,

Imaginez un outil capable d'apprendre, automatiquement, à partir de tous les projets de gestion et réhabilitation de sites pollués réalisés historiquement. Les connaissances ainsi acquises seraient ensuite mises au service de tous les acteurs du domaine pour la gestion et la réalisation de futurs projets. Il serait ainsi possible de réaliser un retour d'expérience (REX) à une très grande échelle.

C'est l'une des nombreuses possibilités que les nouvelles technologies d'Intelligence Artificielle et de Machine-Learning (Apprentissage Automatique) permettent.

EvalDépol a lancé en 2019, en partenariat avec l'UPEC-LISSi, un ambitieux projet de recherche industrielle dont l'objectif est de développer des outils numériques innovants, basés sur l'intelligence artificielle, pour aider à la gestion et la réhabilitation des sites et sols pollués.

Le développement de tels outils peut être comparé, de façon très simplifiée, au développement et à la conception d'une nouvelle voiture. Il y a d'une part la création de la carrosserie et d'autre part la mise au point du moteur et son intégration dans la carrosserie. Le moteur de la voiture correspond aux algorithmes d'Intelligence Artificielle et la carrosserie à l'outil numérique capable d'accueillir ces algorithmes.

EvalDepol travaille sur ces deux sujets en parallèle :

- **Développement d'un outil numérique :** La plateforme KiWi-Maps a été conçue et développée en interne. Elle permet de :
 - Transformer toutes les informations générées lors d'un diagnostic de site en données exploitables numériquement : c'est l'étape de numérisation/digitalisation des informations.
 - Visualiser et traiter les données :
 - Des méthodes mathématiques déterministes (telles que les Polygones de Thiessen) sont utilisées.
 - Un traitement des données par I.A. sera également proposé.
- **Mise au point d'algorithmes d'Intelligence Artificielle adaptés à la problématique des Sites et Sols pollués :** les premiers travaux ont conduit à la rédaction d'un brevet en cours de dépôt. Ces algorithmes brevetés seront intégrés à la plateforme numérique KiWi-Maps.

Lors de la session 2020 d'Intersol, nous avons présenté notre démarche de conception de la carrosserie de l'outil : la plateforme KiWi-Maps. Nous avons également évoqué l'apport de l'I.A. à cet outil.

Pour cette nouvelle session d'Intersol nous proposons de présenter les premiers résultats acquis lors du test de nos algorithmes sur des données provenant de différents sites impactés. Les résultats de prédictions réalisées par les algorithmes d'Intelligence Artificielle ont notamment été comparés aux interpolations réalisées par la méthode des Polygones de Thiessen. La comparaison des résultats de ces deux méthodes permet d'appréhender les possibilités offertes par l'I.A. pour la gestion et la réhabilitation des SSP.

Use of a 3D software solution dedicated to contaminated sites and soils for the management, visualization, sharing and perpetuation of data and study results

Florine Garcia¹, Jean-Baptiste Mathieu¹, Michel H. Garcia¹, Claire Greuillet² and Patrick Jacquemin²
¹KIDOVA, ²ADEME

Dr Garcia Florine (engineer/researcher)
florine.garcia@kidova.com
155, avenue R. Salengro, 92370 Chaville, France

Jacquemin Patrick (project manager)
patrick.jacquemin@ademe.fr
Technoparc 3 bât 9, 1202 rue l'Occitane, 31670 Labège, France

Keywords: Brownfield, remediation, redevelopment, 3D software solution, data and model integration, study conduct, project owner, project management, 3D visualization, SoilRemediation.

Objectives: The use of a 3D software solution is presented and illustrated as part of the strategy of the French Agency for Ecological Transition (ADEME) to manage the data and results of 35 years of investigations and studies of a former industrial site before resuming studies in order to consolidate a management plan including remediation.

Innovative nature of the proposed topic: A 3D software solution (SoilRemediation®) dedicated to contaminated sites and soils has been developed to meet the needs of project owners who are confronted with the follow-up and sequencing of studies and site works in redevelopment projects of brownfields or other potentially contaminated sites. This solution enables import, management, visualization (1D, 2D and 3D), analysis (exploratory or statistical), sharing and perpetuation of all possible types of data and study results. The latter include geological and site contamination interpretations and models as well as site or construction work information to keep track of them. It is associated with a mobile application (SRMobile) that makes it easy to collect data during investigation surveys and import them into the 3D software solution.

Abstract: The redevelopment of brownfields or more generally potentially contaminated sites generally requires to carry out multiple successive studies over more or less long periods of time. Several companies can be involved and follow one another, from one study to another. A study can include historical or documentary analyses (plans, aerial pictures...), investigations with the collect of data (properties and contamination of surface or subsurface soil, water and air media, geophysics...), data analyses and interpretations (soil profiles, well tests...), modeling (geological, hydrogeological, soil or other medium contamination) and site works (confinements, excavations, partial remediation...).

At the end of the studies, the site owners or managers usually get back reports in which the data and results are summarized in tables and figures. The reports can be complemented by Excel or other types of data files. Such deliverables, however, are not or poorly suited to the follow-up of studies, to the archiving of data and study results, to their sharing from a study to the next one and more generally to a centralized management and easy access of all the knowledge of a site. They also represent a cost for extracting and formatting data or study results, whenever required from one study to another, with the risk of introducing errors or missing useful information. The full recovery of all the data and study results they paid for, and their regrouping in a software tool, is expected but remains a challenge for most site owners or managers to conduct and facilitate the redevelopment of potentially contaminated sites. The 3D software solution (SoilRemediation®) has been designed to meet this demand (Mathieu *et al.*, 2021, Garcia *et al.*, 2019, Mathieu *et al.*, 2019).

As part of its mission as project manager in the management of a former solvent regeneration site whose owner is failing, ADEME has chosen to use this 3D software solution to prepare a call for tenders for additional investigations, a design plan for the treatment of source areas and the monitoring of the site. This site shows complex soil contaminations by multiple compounds (hydrocarbons, BTEX, VHOC, PCB...). It has been the subject of numerous investigations and studies by seven engineering companies for 30 years. Data and study results have been extracted and loaded in SoilRemediation from 160 PDF files, 38 Word files, 62 Excel files, 4 PowerPoint presentations, 18 AutoCAD files (DWG) and 214 image files (PNG, JPG). They are summarized in the table below and illustrated in Figure 1. That way, a thorough analysis of the various data and

results was possible and led to the decision that geostatistical models would be useful to have a current state of knowledge of the spatial uncertainty about soil contaminations. The motivation of ADEME to carry out this work is twofold: 1) gathering, checking and clearing all available data, 2) facilitating the work of the engineering companies interested in responding to the call for tenders (all available data and study results provided within a single SoilRemediation project, guidance provided about the complementary investigations that should be needed to reach the study objectives). ADEME plans to continue using this 3D software solution during the course of the site redevelopment project in order to ensure the quality control and the management of the forthcoming investigation and monitoring data as well as study results.

Environmental data classified according to 47 investigation surveys and 30 data sources	
189 excavated structures: 43 boreholes, 31 excavations, 33 piezairs, 82 piezometers	275 different types of soil observations
163 soil contamination measurements 239 groundwater contamination measurements 13 soil gas measurements	392 hydraulic head data of the shallow and deep aquifers
17 sediment contamination measurements 156 ambient air contamination measurements	186 pictures associated to the site, boreholes or samples
Other data	
24 maps and georeferenced pictures	Digital elevation model at 1 m resolution from IGN
Georeferenced sheet pile lines and surfaces	

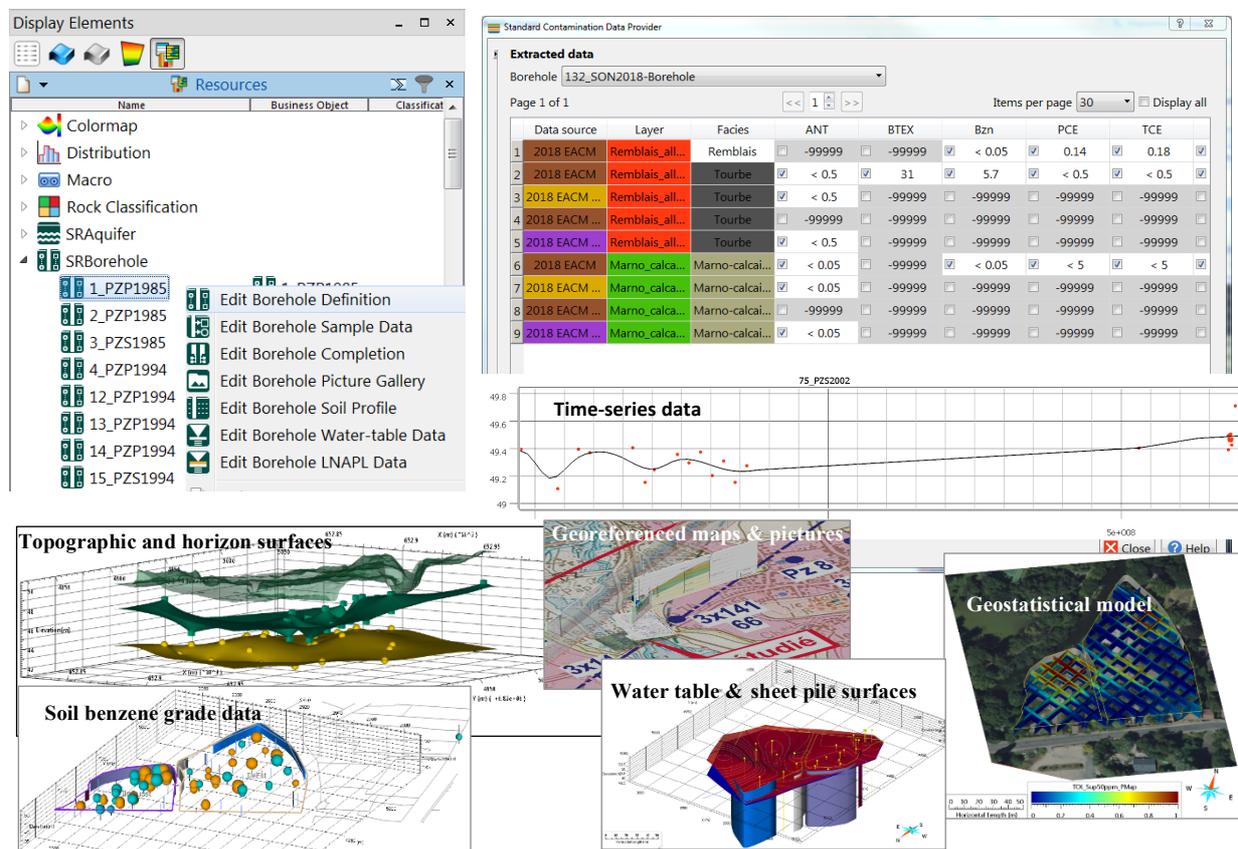


Figure 1: example of data and study results loaded from files or created in SoilRemediation.

References

Mathieu J.-B., Garcia F. & Garcia M.H. Using geostatistical models for cost-based optimization of excavated soil management solutions including selective sorting. Oral presentation at Intersol 2021, Paris, 18-20 oct. 2021.

Garcia F., Mathieu J.-B., Garcia M.H. & MATRICE Team. Calcul de plans d'échantillonnage rationalisés pour la conduite de campagne de reconnaissance (FUI MATRICE). Oral presentation and article at the 4èmes Rencontres de la recherche sur les sites et sols pollués – ADEME, Paris, France, 26-27 Nov. 2019.

Mathieu J.-B., Garcia F., Trocmé C., Garcia M.H., Mirgon C., Bellier C., Taffoureau E. & MATRICE Team. Suite d'outils logiciels pour la conduite de campagnes de reconnaissance de sites potentiellement pollués couplant mesures sur site et

traitement géostatistique des données. Poster and article at the 4èmes Rencontres de la recherche sur les sites et sols pollués – ADEME, Paris, France, 26-27 Nov. 2019.

Oxydation Chimique In situ en zone saturée par une technologie électrochimique : EBR® (Electro Biological Remediation) Protocole de mise en œuvre de tests de traitabilité sur site

LOUDIN Philippe (SEMACO Environnement – Université de Lorraine), ELGRESSY Elie (ELGRESSY Engineering Services Ltd),

**Contact : Dr. Philippe OUDIN SEMACO Environnement 29 rue de la Commanderie 54000 Nancy
Tel : +333 83 57 34 20 oudin@semaco.fr**

Contexte / enjeux

La technologie EBR® brevetée en Europe a été élaborée par la société Elgressy puis co-développée avec le bureau d'étude SEMACO. Elle est basée sur l'utilisation de réacteurs électrochimiques hybrides couplant plusieurs types d'électrodes capables de produire in situ une série d'oxydants chimiques dont notamment : • O₂ ; • H₂O₂ ; • OH. ; ...

Cette production est obtenue par des mécanismes électrochimiques connus depuis des décennies (tels que la réaction d'électro-fenton) et qui ont fait l'objet d'applications par le passé dans les procédés de traitement des polluants récalcitrants des effluents industriels. Les principes de base de ces réactions sont très bien connus depuis plusieurs décennies.

Dans le cadre de la dépollution des nappes, la technique EBR® a démontré son efficacité sur des sites présentant une contamination spécifique des eaux souterraines par des solvants chlorés.

La littérature décrit en effet très bien les réactions de dégradation électrochimique des hydrocarbures aliphatiques et halogénés. Cependant, il n'existe que peu d'informations sur l'efficacité de cette technique sur des contaminations par substances organiques plus complexes.

Principes des tests de traitabilité sur site

Afin de pouvoir vérifier la traitabilité de la contamination d'un aquifère, il a été proposé de réaliser des tests préalables. La question de la représentativité de l'échantillonnage s'est vite posée sur les paramètres tels que : le volume d'échantillon à prélever, la conservation de l'échantillon dans le temps, ...).

Il a donc été proposé de construire une unité mobile pilote d'EBR® permettant réaliser des tests de traitement sur site en pompant directement la nappe dans des bacs de traitement et ainsi procéder à une électro oxydation dans des conditions le plus proche possible de la réalité.

Objectifs :

Le but de la présentation sera de présenter au public d'une part le retour d'expérience de ces essais sur site et notamment en termes de :

- Présentation du protocole d'essais sur site à l'aide d'une unité pilote dédiée ;
- Validation de la traitabilité de molécules complexes ;

- Observation de l'influence de la présence de métaux sur les phénomènes d'électro-oxydation ;
- Prise en compte de polluants particuliers difficilement étudiables dans un laboratoire.

Un point sur l'évolution du premier site en fonctionnement installé en 2019 sera également présenté après plus d'un an de fonctionnement.

Sur le plan développement :

Ces essais sur site font suite à la mise en place d'une unité pilote en 2019-2020 au laboratoire de l'Institut Jean L'Amour de l'Université de Lorraine sont donc dans la continuité logique de développement de cette technologie.

Des vidéos de présentation de cette technique est disponible aux liens suivants ;

- <https://www.youtube.com/watch?v=DO3IP5gkgiM>
- <https://www.youtube.com/channel/UClIpDYnFfcVn05EPnAnYq1A>

Acteurs :

Les acteurs en présence sont :

- Le Bureau d'Etude **SEMACO Environnement**
 - Mise en œuvre de la technologie et d'essais sur site
 - Réalisation de tests en laboratoires
- **Un site industriel en activité** exploitant une activité de traitement de surface
- **Plusieurs sites présentant une contamination des eaux**
- La société **ELGRESSY**
 - Concepteur et constructeur des réacteurs électrochimiques

Reconversion d'un site par lavage des sols et recyclage des bétons : Economie en ressource naturelle et gestion circulaire des sols

Pierre-Yves KLEIN, Président, REMEA
22-24 rue Lavoisier, 92000 Nanterre,
Tel. 01 47 76 56 76, M +33 (0) 6 72 74 57 96 Mail: pierre-yves.klein@remaa-group.com

Thomas Perrier, Managing Consultant - Ramboll France
M +33 (0) 6 20 44 91 04, Mail : tperrier@ramboll.com

Caractère innovant : un PCT poussé permettant une réutilisation de la ressource sol à un taux exceptionnel de plus de 90%. Un des plus grands chantiers de lavage en France de ces dernières années.

Mots clés : PCT, lavage, économie circulaire, valorisation, tri des bétons

1. Présentation du projet

Le site de 9 hectares, implanté dans l'Est de la France a accueilli entre 1960 et 2010 des activités de production de pigments et colorants solubles. Suite à la fermeture du site, des investigations environnementales ont été réalisées. Ces investigations, constituées de plus de 200 sondages entre 10 et 20m de profondeur ont permis de collecter et d'analyser plus de 1 000 échantillons de sol. Les eaux souterraines au droit du site ont également été investiguées à l'aide d'un réseau de 45 piézomètres, échantillonnées à fréquence trimestrielle.

Plusieurs types de contaminations ont ainsi été identifiés : métaux lourds, solvants chlorés, substances agrochimiques, molécules organiques spécifiques aux anciennes productions du site.

Au total, le volume de matériaux impactés à traiter a été estimé en phase d'étude à 65 000 m³ (soit environ 127 000 tonnes).

Compte tenu de la géologie des terrains (alluvions grossières gravelo-sableuses) une solution de terrassement couplée à un lavage sur site a été privilégiée par rapport à une évacuation en filières hors site.

Les quantités en jeu et la nature des travaux à réaliser ont conduit à l'établissement d'un Plan de Conception de Travaux (PCT) approfondi afin de trouver et dimensionner les solutions techniques les mieux adaptées et ainsi atteindre les objectifs de traitement tout en limitant l'impact écologique du chantier sur son environnement.

2. Un PCT au service de l'Economie circulaire

Sur ces bases, le projet a été construit dans une approche de limitation des évacuations de matériaux et des apports extérieurs en optimisant le réemploi sur site.

Pour maximiser les matériaux réemployés, différentes pistes ont été étudiées lors du PCT.

Des essais de nettoyage des bétons issus de la démolition des superstructures et des infrastructures ont été réalisés afin de valider la possibilité de leur réemploi en remblai sur site.

Pour les sols, une série d'essais pilotes en laboratoire et sur site a été mise en œuvre. Ces essais ont permis de valider l'efficacité d'un traitement par lavage des sols impactés. Ils ont également permis d'optimiser les paramètres du lavage sur la fraction sableuse, validant la possibilité de réutiliser l'ensemble des matériaux de granulométrie >100µm, permettant ainsi d'augmenter les quantités de matériaux réemployés sur site.

3. Un PCT également au service de la ressource naturelle et de l'environnement

Lors des mêmes essais pilotes, d'autres points ont été suivis avec attention.

La capacité et l'efficacité du traitement des eaux ont été étudiées afin de permettre la réutilisation des eaux de lavage en circuit fermé et ainsi limiter la consommation en eaux.

L'optimisation de la déshydratation des boues a été étudiée afin de limiter les tonnages évacués et ainsi diminuer d'autant les quantités évacuées et le trafic routier associé.

L'ensemble des travaux de traitement et une partie des opérations de terrassement ont également été dimensionnés afin de pouvoir être réalisés sous tentes ventilées avec traitement des effluents gazeux afin d'empêcher le transfert des polluants vers l'atmosphère.

4. La solution de traitement mise en œuvre

La solution mise en œuvre a consisté en des terrassements en partie sous tente ventilée avec traitement des effluents gazeux. Les matériaux terrassés étaient envoyés vers une unité de lavage sous tente ventilée composée de :

- un module rotatif sous eau permettant d'assurer la dissociation des particules et le lavage des fractions de granulométrie grossière ;
- une unité de séparation par criblage lavage des éléments >1mm ;
- une unité de traitement des sables par double hydrocyclonage pour séparer et laver les matériaux de granulométrie >100µm ;
- Un module de traitement physico-chimique par coagulation/floculation, un décanteur et un filtre presse à membranes pour décanter et déshydrater les particules de diamètre <100µm ;
- Un module de traitement des eaux par filtres à sable et filtres à charbon actif.

Les bétons ont été triés et nettoyés sur site sur un atelier dédié composé d'un crible avec un overband magnétique couplé à un séparateur aéraulique.

Après caractérisation chimique et validation des concentrations résiduelles, les matériaux lavés ont ainsi été utilisés en remblai sur site.

5. Le bilan de l'opération

Sur les 2 années qu'a duré le chantier de réhabilitation, 170 000m³ ont été terrassés afin de permettre le lavage de 151 000 tonnes de matériaux (soit près de 20% de plus que l'estimatif initial).

Prêt de 95% de ces matériaux lavés ont été réutilisés en remblais sur site en complément des 90 000 tonnes de bétons issus de la démolition des superstructures et des infrastructures. Grâce au réemploi des matériaux du site aucun apport de matériaux extérieurs n'a été nécessaire. Les contaminations ont été concentrées dans la fraction fine représentant moins de 5% de la masse initiale impactée et éliminées hors site.

La mise en place d'un confinement sous tente et le traitement des effluents gazeux avant rejet et la maîtrise du trafic routier ont permis de limiter significativement l'impact environnemental du chantier.

La consommation en eau nécessaire au lavage des terres a été divisée par 10 grâce à la mise en place du recyclage des eaux et à la récupération des eaux de pluie.

Ce résultat a pu être atteint grâce à la démarche d'essais et de pilotes mise en place par le Maître d'Ouvrage et son Assistant avec l'appui de l'entreprise de travaux. Ceci souligne l'apport positif des PCT réalisés en amont des travaux dans le cadre d'une approche partenariale entre les différents intervenants.

Treatment of Pesticide-impacted Soils in Canada, China, Colombia, Sweden, and the United States using *In Situ* Chemical Reduction: 23 Years of Lessons Learned

Erwan Goulian

Technical Representative France

goulianerwan@pm.me / erwan.goulian@dgextern.com

Mike Mueller

Business Development Manager, EMEA
Active Oxygens / Soil & Groundwater Remediation

PeroxyChem Tirol, Austria

P +43 (0)5238.53262 | M +43 (0)664.180.3060 | E mike.mueller@evonik.com

www.peroxychem.com www.evonik.com

Background/Objectives: Agricultural land is often converted to residential use as urban centers grow. An issue that may be encountered during these changes in land use is the presence of chlorinated pesticides and herbicides at concentrations above regulatory criteria. Over the past two decades, soil at many pesticide/herbicide-impacted sites has been successfully remediated using an *in situ* chemical reduction (ISCR) treatment based on zero valent iron combined with organic carbon. A cycled, anaerobic/aerobic approach is generally used. This ISCR treatment has enabled attainment of residential remediation standards and has served as an environmentally sustainable, greener alternative to excavation and off-site disposal. As a result, ISCR technology is now viewed as a proven alternative to traditional excavation and off-site disposal.

Approach/Activities: Large-scale *in situ* treatment is usually conducted only after completion of bench-scale testing on a representative soil sample(s) to determine if adequate removal efficiency can be attained. The bench work also provides estimates of the required soil amendment dosage and treatment time. In some cases, bench results indicate that remedial objectives cannot be attained. In cases where bench testing yields positive results, a variety of site-specific scale-up issues must be addressed, and regulatory approval secured before treatment at a site can be initiated. After successful bench-scale testing, a pilot-scale demonstration may be warranted, and prudent, to ensure successful scale-up under field conditions. Treatment at sites can be conducted *in situ* or on excavated soil using a variety of soil mixing equipment to incorporate the soil amendments. In most cases, irrigation is also required to achieve a soil water content that is conducive to the reductive dehalogenation process.

Results/Lessons Learned: A variety of soils containing chlorinated herbicides and pesticides, including 2,4-D, 2,4,5-T, Metolachlor, Chlordane, DDT, Dieldrin, Aldrin, Lindane, and Toxaphene, have been treated to the applicable criteria. In some cases, treatment has been completed rapidly, without difficulty, within the predicted period of time, and on budget. In others, soil characteristics, weather, and unexpected site conditions (e.g., extreme pesticide concentrations) have rendered treatment slower or ineffective often due to the need for multiple treatment cycles. A particularly difficult treatment scenario is combining different technologies such as conducting chemical oxidation followed by ISCR. Case studies, both successful and unsuccessful, will be presented. Reasons for observed performance will be proposed and discussed.

Pollutions aux PFAS : partage de retours d'expérience concernant les schémas conceptuels, l'interprétation des données et les options de traitement des sols et nappes

PFAS contamination cases: sharing experiences on conceptual site models, data interpretation and soil / groundwater treatment options

Héloïse Thouement et Sébastien Kaskassian*, TAUW France, Stefan Wagner, TAUW GmbH, John van Tol et Charles Pijls, TAUW bv, Herwig De Wilde, TAUW België.

* Responsable Innovation, TAUW France, 120, avenue Jean Jaurès, 69007 Lyon, s.kaskassian@tauw.com

Caractère innovant du sujet proposé : prise en compte des PFAS dans les études SSP

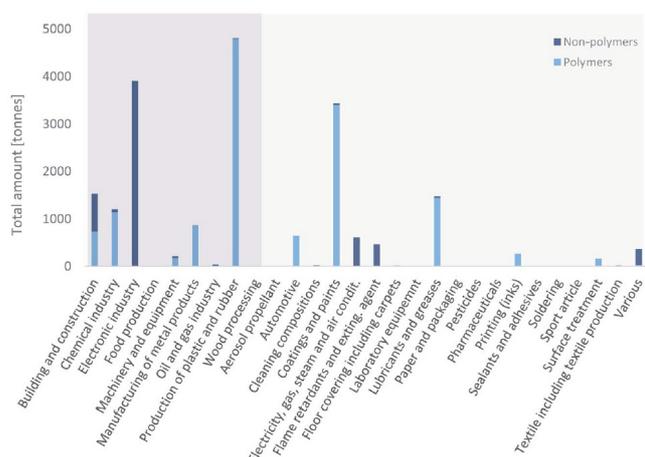
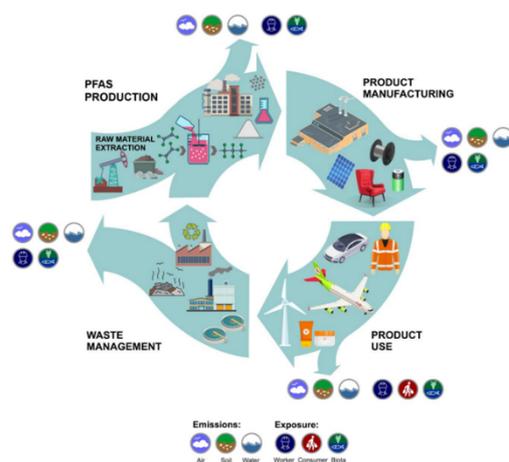
Mots clés : PFAS, schémas conceptuels, bruit de fond, lavage de sol, filtration d'eau sur CA et résines.

Objectifs : partage du retours d'expérience et illustration au travers de 2 cas d'études de pollution aux PFAS.

Les **PFAS, substances per- et polyfluoroalkylées**, constituent une famille de plus de 4 000 (voire 6 000) molécules variant de par la taille de leur chaîne carbonée (entre 2 et 16, voire jusqu'à 24 atomes de carbone, on distingue les chaînes courtes < 8 carbones, des chaînes longues), de part le groupement fonctionnel (acide, alcool, sulfonique, etc.) et le nombre d'atome de fluor, que l'on peut classer selon différents groupes :

- PFAS non polymères au sein desquels se trouvent les acides carboxyliques perfluorés (PFAA, on trouve notamment le PFOA dans cette sous-famille), les acides sulfoniques perfluorés (PASF, on trouve notamment le PFOS dans cette sous-famille) et leurs dérivés fluorotélomères (par exemple, l'alcool 8:2-FTOH qui est un précurseur des PFOA et PFOS), les iodures carboxyliques perfluorés (PFAI), les dérivés d'éthers carboxyliques per- et polyfluorés (PFPE) ;
- PFAS polymères au sein desquels se trouvent les fluoropolymères (par exemple les PTFE et PVDF), les polymères fluorés à chaîne latérale, les polyéthers perfluorés. Certaines de ces molécules sont de potentiels précurseurs d'autres PFAS.

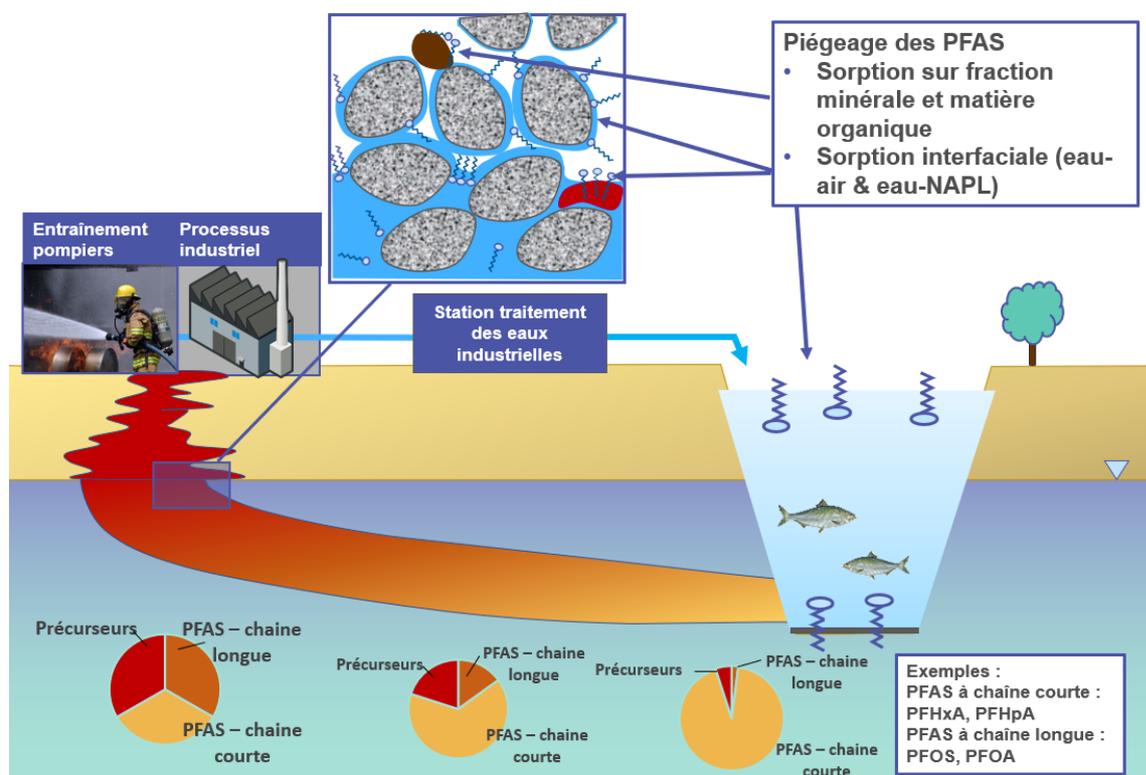
De par leur propriétés de tensioactifs et de charge, les PFAS sont utilisés dans de nombreuses activités industrielles (chimie, plasturgie, traitement des métaux, etc.), d'application dans les produits de consommation (textile, papier / carton, fluides frigorigères, etc.) ou d'usage professionnel (mousses incendie, résines et peintures, etc.). Utilisés depuis les années 1950 mais considérés très récemment comme POP, ces substances s'avèrent être présentes à des niveaux significatifs dans tous les compartiments de l'environnement (sol, sédiments, eau, biota, flore, etc.) et de la chaîne trophique jusqu'à l'homme.



Dans le cadre de la gestion des sites pollués, le **Schémas Conceptuels** aident à déterminer d'une part les molécules à prendre en compte, en fonction des secteurs d'activité considérés, et les milieux à investiguer, en fonction des mécanismes régissant leur comportement dans l'environnement et le mode de dispersion.

Sur une plateforme industrielle, différentes activités à l'origine d'émissions de PFAS ont été identifiées :

- Activités historiques liées aux procédés industriels (fuites chroniques) et gestion des rejets aqueux (station de traitement),
- Zone d'entraînement des pompiers du site, extinction d'incendies : PFAS présents dans les fluides incendie (récupération vers la station de traitement et infiltration dans le sol).



Exemple de schéma conceptuel de pollutions PFAS liées à diverses activités sur une plateforme chimique

Les PFAS introduits dans le milieu souterrain sont essentiellement piégés par les mécanismes de sorption sur la fraction minérale des sols (charge cationique et zwitterionique) et la matière organique, à l'interface air-eau (zone non saturée et zone de battement) ainsi qu'à l'interface NAPL-eau lorsque celle-ci existe (zones d'incendie notamment). Ces mécanismes concourent à des facteurs de retard élevés (>10 à >1000 selon les cas [3]), générant une émission pérenne dans le temps. Les PFAS à chaîne courte sont plus mobiles ; certaines molécules, appelées « précurseurs » (téломères polyfluorés par exemple) se décomposent en d'autres PFAS. Des processus de biodégradation (défluoration réductrice, [4]) récemment mis en évidence peuvent enfin contribuer à une atténuation naturelle lente de certains PFAS (PFOS et PFOA notamment).

Outre les précautions à prendre en termes d'échantillonnage (matériau HDPE, vêtements en coton ou PVC, etc. [5]), les **programmes d'investigations** doivent aussi anticiper plusieurs difficultés :

- quelles matrices prélever et où ? Bien que l'étude historique et le schéma conceptuel apportent des réponses, l'étude doit tenir compte de la présence quasi-ubiquitaire des PFAS dans

l'environnement. L'utilisation de modèles de prédiction des comportements associés aux activités du site peut également permettre de délimiter le secteur géographique et les compartiments à étudier ;

- quelles analyses ? De part leur nombre, il n'est pas possible d'analyser tous les PFAS. A ce jour les « packs analytiques » ciblent quelques dizaines de molécules. Des méthodes globales permettent d'approcher la « somme des PFAS » : la méthode TOPA (Total Oxidisable Precursor Analysis) mesurant la quantité de précurseurs est adaptée aux problématiques liées aux fluides incendie (les plus récentes formulations pouvant contenir plus de 50% de précurseurs), la méthode AOF (Adsorbable Organic bound Fluor) quantifiant le « fluor organique total » est adapté pour comparer différents échantillons ;
- comment interpréter les résultats ? En France, l'Anses proposait en 2015 les concentrations maximales de 0,075 µg/L en PFOA et 0,18 µg/L en PFOS dans les eaux de boisson [6]. La directive européenne de 2020 [7], applicable dès 2026, régle les PFAS dans les eaux de consommation : 0,1 µg/L pour la somme de 20 PFAS considérés comme préoccupants et 0,5 µg/L pour la totalité des PFAS (sans fournir la liste des molécules à considérer ni la technique analytique à utiliser). Des études (France et Europe) permettent de définir des « valeurs de bruit de fond » dans les eaux souterraines et de surface (maximum proche de 0,01 µg/L pour le PFOA en France) ainsi que dans les sols de surface (maximum à 0,46 µg/kg pour le PFOA en région parisienne [8]) et sédiments (maximum à 1,1 µg/kg pour le PFOA en France [9]).

Deux cas d'étude de traitement seront présentés :

- Sols excavés provenant de l'aménagement des zones portuaires traités par lavage : 95% de réduction des PFOS et PFOA pour des sols contenant une fraction d'argile faible (<20%). Cette solution a été préférée aux traitements par stabilisation / immobilisation (ajout d'un liant chimique) ;
- Nappe impactée sur une aire d'exercice incendie générant un panache de plusieurs kilomètres de longueur : mise en place d'une barrière de fixation en 2014 et traitement par filtration sur charbon actif (100 m³/h, 50 µg/L PFAS en entrée, objectif de 0.5 µg/L en sortie). Un pilote d'optimisation est en cours pour tester des supports de filtration alternatifs (résines et coton modifié).



Unité de lavage de sol (source : DEME)



Pilotes de traitement des eaux souterraines par filtration

[1] EU Commission draft document on PFAS, 2020.

[2] Glüge ., Scheringer M., Cousins I.T., DeWitt J.C., goldenman G., Herzke D., Lohmann R., Ng C.A., Trier X., Wang Z., 2020. An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). Environ. Sci.: Processes Impacts, 2020, 22, 2345.

[3] Brusseau M.L., Yan N., Van Glubt S., Wang Y., Chen W., Lyu Y., Dungan B., Carroll K.C., Holguin F. O., 2018. Comprehensive retention model for PFAS transport in subsurface systems. Wat. Res., 148, 41-50.

- [4] Huang S., Jaffe P.R., 2019. Defluorination of Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) by *Acidimicrobium* sp. Strain A6. *Env. Sci. Tech.* 53, 19.
- [5] <https://pfas-1.itrcweb.org/>
- [6] Anses, 2015. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation , de l'environnement et du travail. Maison-Alfort.
- [7] Directive (UE) 2020/2184 du parlement européen et du conseil du 16 décembre 2020 L_2020435FR.01000101.xml (europa.eu).
- [8] Gaspéri, J., Ayrault, S., Moreau-guigon, E., Alliot, F., Labadie, P., Budzinski, H., Blanchard, M., Muresan, B., Caupos, E., Cladière, M., Gateuille, D., Tassin, B., Bordier, L., Teil, M., Bourges, C., Desportes, A., Chevreuil, M., Moilleron, R., 2016. Contamination of soils by metals and organic micropollutants : case study of the Parisian conurbation. *Environ. Sci. Pollut. Res.*
- [9] Munoz, G., Giraudel, J., Botta, F., Lestremau, F., Dévier, M., Budzinski, H., Labadie, P., 2015. Spatial distribution and partitioning behavior of selected poly- and per-fluoroalkyl substances in freshwater ecosystems : A French nationwide survey. *Sci. Total Environ.* 517, 48–56.

INTERSOL 2021

Case Studies of Polluted Site Management in Case of non-acceptable toxic Risks by Indoor Air Contamination via volatile Pollutants (Polar & Chlorinated Solvents: TCE, PCE, DCE, VC and also BTEX, HC₅₋₁₆, etc.)

Etudes de Cas de Gestion de Impact à Risque Sanitaire non-acceptable des polluants volatils des Sites pollués sur l'air ambiant intérieur des entreprises et des locaux résidentiels (Solvants polaires & chlorés : TCE, PCE, DCE, VC et aussi BTEX, HC₅₋₁₆, etc.)

**Dr. Frank Karg: Scientific Director of HPC-Group (INOGEN JV) and
CEO President of HPC INTERNATIONAL SAS / France & Germany
Email: frank.karg@hpc-international.com / Phone: +33 607 346 916**

Introduction:

Polluted Sites shows often contaminations of Indoor Air by volatile Pollutants (as Polar & Chlorinated Solvents: TCE, PCE, DCE, VC and also BTEX & aliphatic Hydrocarbons HC₅₋₁₆, etc.) by Migrations from contaminated Soils, Soil Gas (vapor) and Groundwater.

In case of subsoil contamination by those volatile Pollutants via Migrations from contaminated Soils, Soil Gas (vapor) and Groundwater, the Health Impact is often higher than toxicological risk levels, as the maximum Cancer Risk of 10E-5, etc. (applicable in nearly all industrialized Countries as France, Germany, Netherlands, Italy, Spain, UK, USA, Canada, Sweden, Denmark, etc.).

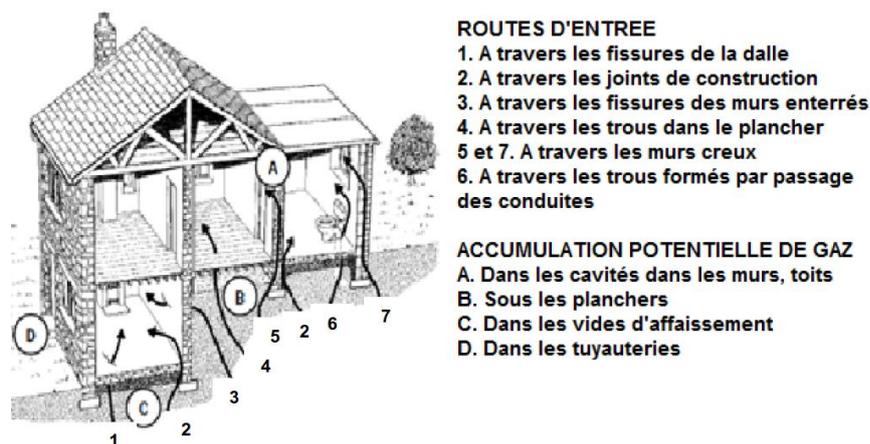


Fig. 1: Migration Pathways of volatile Pollutants into Buildings (Johnson 2001)

The problem is, that those Polluted Site related Indoor Air Contamination is often existent in form of multi-pollutant exposures to “Contaminant Cocktails”. In this case concentration Guidelines or Concentration Levels for Residential Indoor Air (for ex.

VRAI, VAR, VGAI, etc. in France, etc.) or Working Place related Concentration Limits (for ex. VLEP, VME, VLE in France or MAK, etc. in Germany, etc.) are not only applicable, because of the exposure by Pollutant Cocktails.

Working Place related Concentration Limits are mostly applied in case of professional use of the concerned pollutants, because in this case needed HSE procedures are normally applied. These Working Place related Concentration Limits do not cover Exposures to Pollutants coming from Polluted Sites and contaminated Sub-soil. In this case Working Place related Concentration Limits must be defined by an Health Risk Assessment Approach as TERQ: Toxicological Exposure Risk Quantification), including the Pollutant Cocktail.

After **definition of Indoor Air Concentration Limits for Contaminated Site Pollutants, the TERQ** should also define Concentration Limits (or Remediation Goals) also for the Pollution Sources, responsible for the pollutant transfer to the Indoor Air, which means the contaminated Soil Gas (Vapor), Soil and Groundwater. The same approach is needed in case of Residential Buildings and Indoor Contamination by volatile pollutants. Its clear, that those Concentration Limits will be stricter as for industrial or commercial building use, because of the presence of more sensitive persons, as children, etc.

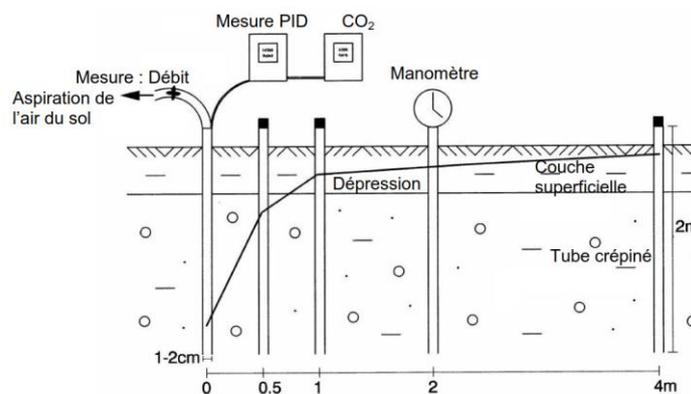


Fig. 2 : Principle of SVE-reatment (Bohm & Johner 2005)

The non-saturated zone can be very often remediated by SVE: Soil Vapor Extraction for limiting the pollutant transfer to the Indoor Air. This concerns also the contaminated soil itself, because Remediation by excavation works have to be avoid limiting emissions of volatile pollutants to the atmospheric air and to neighborhood. If those excavations of contaminated soils (with volatile pollutants) must be realized (for ex. in case of foundations, cellars, subsoil parkings or piping constructions, etc., than the excavation

zone must be covered by a nearly tight halls or tents with extraction and treatment of contaminated air.

Very often the origin of contaminated Indoor Air is polluted Groundwater. In this case the Indoor Air Pollution can be in the origin of contaminated Groundwater Plumes off-site and in down gradient of the Contaminated Site itself. In this case remediation Goals for acceptable Indoor Air Concentration Limits must be also defined via TERQ for the contaminated Groundwater.

The contaminated site treatments must be applied for zones showing exceeding of TERQ Concentration Limits & Remediation Goals (for acceptable Indoor Air Limits) concerning soil gas and Groundwater. Beside the SVE-Treatments for Soil and Soil gas the Groundwater decontamination Treatments are very different and should be in preference in-situ (as for ex. via microbiological in-situ Treatments in form of DNBA: Dynamized Natural Bio-Attenuation etc.) to avoid toxic emissions.

Additional protective prevention and treatment technologies for Building protections are applied, as for ex. Tightening measurements in BCZ: Building Connection Zones (BCZ to services as Wastewater and Groundwater pipes, electric cables or Gas piping, etc.) but also Gas Drainages around buildings or under foundations, ventilation of Sanitary Spaces under buildings, higher Indoor Air Ventilation rates and Indoor Air decontamination, for ex. via Charcoal (Activated Carbon) Filters, etc.

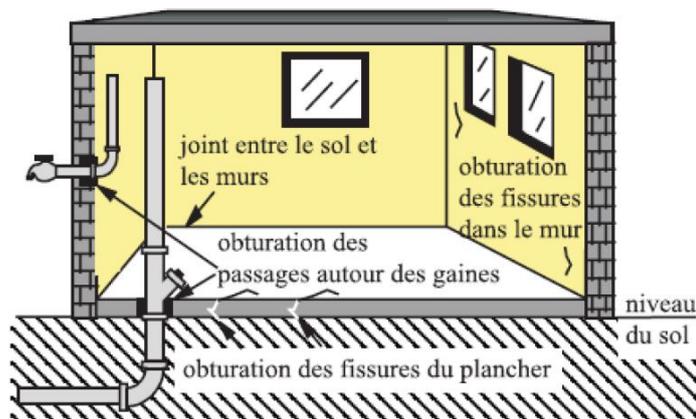


Fig. 3 : Thithening Works at Building Connection Zones (BCZ) to services (ROBE 2014)



Fig. 4: Zone of applied Contaminated Site Remediation and Building Prevention Measurements in the Paris Region / France (2021).

The **presented Case Studies** will show the related Polluted Site Remediation Strategies concerning Soil, Soil gas and Groundwater for Indoor Air Sanitation and also associated protective prevention and treatment technologies for Building protections and the experiences of Remediation Efficiency on sites in France, Germany, Spain, etc. These Case Studies are concerning Polar & Chlorinated Solvents: TCE, PCE, DCE, VC and also BTEX and aliphatic Hydrocarbons, as HC₅₋₁₆, etc.).

Dr. Frank P. M. KARG

President CEO of HPC INTERNATIONAL (France, Germany, Hungria, Kosovo, Algeria, etc.)
Scientific Director and member of Board of Shareholders of HPC-Group / International
Court Expert in France (Supreme Court of Rennes / France)

HPC INTERNATIONAL S.A.S.

H. de Recherche,
Centre de Perharidy
29680 Roscoff / France

Tel: +33 607 346 916 (cell) / +33 298 681 313 (office)
Email : frank.karg@hpc-international.com

Six Pilot-Scale Studies Evaluating the In-Situ Treatment of PFAS in Groundwater

Ing. Mariangela Donati, District Manager, REGENESIS, mdonati@regenesi.com

Ir. Kris Maerten, Technical Manager, REGENESIS, kmaerten@regenesi.com

Rick McGregor, President, InSitu Remediation Services Ltd. (IRSL), rickm@irsl.ca

There is considerable interest in developing an in situ remediation approach to target per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) compounds in groundwater. Potential techniques have been trialled at laboratory scale but many have not previously received testing in the field. This presentation discusses a series of field-scale pilot studies that have been completed to evaluate six of these potential in situ remediation approaches. The studies were completed within a mixed PFAS and BTEX plume at a large petroleum hydrocarbon facility located in the Middle East.

Various PFAS compounds were detected within the pre-treatment with concentrations ranging up to 18,000 ng/L. The groundwater was also impacted with gasoline-range petroleum hydrocarbons along with various additives including MTBE and TBA. The aquifer comprised a fine sand with a discreet high-K, coarse sand layer within the target treatment zone. Six pilot-scale permeable reactive zones (PRZs) were created in the aquifer situated in a slightly saline, sulfate-iron reducing environment. The pilot-scale field studies comprised the use of two chemical oxidants: hydrogen peroxide and sodium persulfate; as well as four adsorbents: Powdered Activated Carbon (PAC), Colloidal Activated Carbon (CAC), Ion-Exchange Resin (IER) and Biochar.

The site conditions, applications and results will be shown within the presentation. Comparisons will be made of reagent distribution across the injection depth, showing that CAC and sodium persulfate distributed most uniformly. Discussion will be made of disproportionate amounts of PAC and Biochar entering the monitoring well packing and how this may affect groundwater analysis. The efficacy of the various treatments will be shown, discussing why chemical oxidation appears ineffective for PFAS, that PAC, IER and Biochar show initial reductions in concentrations, followed by contaminant break-through and that CAC shows sustained treatment, with all PFAS constituents remaining at 'non-detect' for 550 days of monitoring.

This presentation will further detail the successful CAC remedial approach, in which the aquifer surface is coated with a 1-2µm layer of activated carbon, which adsorbs PFAS from the groundwater. By deploying this method at site boundaries or near to contaminant sources, the route of exposure to down-gradient receptors is eliminated. This approach has been completed on 16 sites worldwide, with over 120 other sites having been evaluated for treatment. Questions of longevity, competitive sorption, sorption capacity and treatment of short-chain PFAS will be explored, with long term data shown.

Biorestauration cyclique d'un site de Xylène fortement impacté à Westerlo (BE) - Traitement biologique à 100 % sur site du sol, des eaux souterraines et des vapeurs du sol

*R. De Waele, M. De Camillis, M. Van Camp, et M. Slooijer
(GreenSoil Group, Papendrecht, The Netherlands)*

Rogier De Waele, Sales & Account Manager

www.greensoilgroup.com / r.dewaele@greensoilgroup.com

mobile: +32 479 85 45 75 | office: +32 89 39 59 29

Thor Park 8300, 3600 Genk - BE, België

Objectives. Cette session montre comment la biorestauration circulaire a été appliquée sur un site fortement touché par le xylène à Westerlo, en Belgique, et comment le contrat forfaitaire favorise l'innovation et la rentabilité.

Contexte. Un ancien site de production de triacétate a causé une forte contamination au xylène, jusqu'à 27.850mg/kg dans le sol et 89.000µg/l dans les eaux souterraines, à une profondeur de 10 m-bgl, ce qui a donné une masse totale de 90T de xylène.

RSK en combinaison avec GreenSoil a proposé un contrat à prix forfaitaire au client. Dans le cadre de ce contrat à prix forfaitaire, une approche de restauration biologique 100 % sur site et in situ a été proposée, étant à la fois plus durable et plus économique que les techniques conventionnelles (hors site).

Assainissement. La restauration consiste en l'excavation et l'enfouissement sur place à 100 % pour le sol (terminé) et le biosparging pour les eaux souterraines (en cours). Les sols excavés sont placés dans des biopiles, où le dosage des nutriments et le bioventing stimulent la biodégradation des contaminants. Après le traitement des sols, le site est nivelé et un système amélioré de biosparging in situ est installé sous le niveau du sol. Ce système in situ traite la contamination résiduelle du sol et des eaux souterraines.

Au cours du projet, des techniques novatrices comme la technique de filtration de l'air par biopile (BAFT) et le biolaveur régénératif (RBS) ont été mises au point avec succès pour réduire les coûts, en particulier ceux liés à la consommation de charbon actif.

BAFT. Après l'achèvement du traitement du sol, les biopiles ont été reconçues pour traiter les vapeurs du sol (500-2000 ppm de xylène) provenant des nouvelles biopiles, car elles contiennent encore des éléments nutritifs et des bactéries actives appelées "technique BAFT".

RBS. Les vapeurs du sol sont également traitées par un bio-épurateur (RBS) développé en interne qui peut traiter à la fois l'air contaminé et les eaux souterraines, conçu avec un système de régénération continue des boules de matériaux porteurs.

Résultats. Les 20.500 m³ de sol fortement impacté ont été nettoyés en 1,5 an, bien en dessous des valeurs cibles de remédiation (~400mg/kg). En partant de niveaux de concentration jusqu'à 10.000 mg/kg, les biopiles ont été réduites en 60-80 jours avec des niveaux de concentration inférieurs à 50 mg/kg.

Le "procédé BAFT" et le "RBS" ont tous deux atteint des efficacités d'élimination de 60 à 90 % dans le traitement de vapeurs de sol fortement chargées (jusqu'à 2 000 ppm de xylène) provenant d'autres dépôts de décharge actifs.

Le système de traitement biologique de l'eau a fonctionné avec une efficacité élevée, en particulier compte tenu des concentrations élevées d'influents (taux d'efficacité allant jusqu'à 99-99,9%) et a éliminé la majeure partie de la masse d'eau souterraine entrante, ce qui a également entraîné une réduction notable du charbon actif.

Conclusions. Le projet a montré la puissance de la biorestauration circulaire sous tous ses aspects et a prouvé que l'innovation, la durabilité et le coût peuvent aller de pair. 99% de la contamination a été dégradée biologiquement soit dans le sol, soit dans les eaux souterraines, soit dans l'air. En outre, 0m³ de sol a quitté le site et le sol nettoyé a été utilisé comme traitement de l'air. Un autre résultat remarquable est que la consommation de charbon actif a été réduite avec une diminution de 98% des déchets.

Les principaux coûts financiers à risque étant le traitement des sols (hors site), la consommation de charbon actif et le traitement des déchets ont été gérés par le modèle circulaire de bioremédiation permettant d'offrir un résultat garanti par ce contrat forfaitaire.

Désorption thermique In Situ d'un site en zone urbaine – Multiples projets de recherche et développement

Joaquim Halen¹, Diego Haaker, Ysaline Depasse, Aline Jordens, Jan Haemers

1.Account Manager, joaquim.halen@haemers-tech.com, 0479/70.51.78, Chaussée de Vilvorde 104. 1120 Bruxelles

Caractère innovant

L'abstract ci-dessous présente différents projets de recherche et développement sur une technologie déjà innovante en elle-même : la désorption thermique In situ. Ces projets couvrent un large champ de recherche : de l'optimisation des efficacités énergétique et économique à l'amélioration des connaissances de la chauffe des sols et de désorption des hydrocarbures, en passant par le traitement des vapeurs désorbées.

Mots Clés

Désorption thermique, in-situ, recherche et développement, hydrocarbures, sol, contamination, monitoring, efficacité énergétique, revalorisation.

Objectif

L'objectif premier de ce projet est l'assainissement d'une parcelle contaminée aux hydrocarbures via une technologie de désorption thermique in-situ. Le site a également été utilisé pour implémenter de nombreux projets de recherche et de développement qui permettent l'amélioration constante d'une technologie émergente.

Abstract

Il ne fait aujourd'hui plus aucun doute que la gestion des sols contaminés constitue un enjeu majeur pour la durabilité de notre développement sociétal. Alors que les zones urbaines et péri-urbaines comptent des milliers de sites contaminés, la conversion des sols agricoles au bénéfice de l'extension urbaine est encore le paradigme prévalent. Avec plus de 20 millions d'ha de terres agricoles qui disparaissent chaque année dans le monde (soit plus de 6.000m² par seconde), le recyclage des terrains pollués est plus que jamais un devoir moral pour un développement réellement durable. Les villes doivent d'abord recycler leurs friches avant de s'étendre en empiétant sur les campagnes.

Cependant, pour bousculer ce paradigme, il est indispensable d'avoir à disposition un panel de technologies d'assainissement efficaces, innovantes, économiquement viable et dont le bilan environnemental après décontamination est positif.

C'est dans cet esprit que les équipes d'Haemers Technologies développent depuis plus de 20 ans les technologies de désorption thermique in situ et ex situ. En tant qu'entreprise, elle a décidé d'appliquer à elle-même les principes qu'elle prône : Recycler des terrains contaminés. En effet, le projet décrit dans cet abstract est le siège d'Haemers Technologies, que la société a acquis en reprenant l'obligation de dépollution. Le projet d'assainissement comporte plusieurs projets de recherche et développement ayant pour but l'atteinte des objectifs d'efficacité technique et économique, d'innovations et de minimisation du bilan environnemental mentionnés ci-dessus.

La contamination en hydrocarbure étendue sur environ 100m² et sur 5m de profondeur est la conséquence de l'utilisation historique du site, un garage de réparation automobile. L'eau de la nappe sous-jacente se trouvant à 5m, la couche flottante fut également traitée. Les concentrations maximum et moyennes mesurées dans les sols étaient respectivement de 12.000 mg/kg DM et 2.400 mg/kg DM. La zone a été traitée en deux batch de

HAEMERS Technologies S.A.

Head Office & Operations Ch. De Vilvorde 104, 1120 – Brussels (Belgium)

R&D Drève de l'infante, 27F-2K, 1410 – Waterloo (Belgium)

VAT BE0432.461.632

Phone (+32)-2.219.13 42



45 brûleurs chacun. La température objective de 250°C a été atteinte après un mois de chauffe pour chacun des batches. L'entièreté du projet s'est déroulée sur un peu plus de 4 mois et aura donc permis d'atteindre des taux de décontamination tels que la parcelle cadastrale peut repasser en catégorie 1. La catégorie 1 en Région de Bruxelles Capitale correspond à un site exempt de pollution et sur lequel ne repose plus aucune obligation liée à la gestion des sols pollués. C'est le niveau de dépollution le plus élevé.

Sept projets de recherche et de développement ont été implémentés durant le traitement.

Trois d'entre eux sont directement liés à la performance énergétique du système de chauffe *In Situ*. Leurs objectifs furent principalement de diminuer les consommations (gaz naturel, propane, diesel) et/ou de réduire les temps de traitement.

Deux autres tests ont été mis en œuvre dans le but d'affiner les connaissances d'Haemers Technologies quant à la répartition de la chauffe dans le sol et la cinétique de désorption des hydrocarbures. Ces informations sont précieuses pour une optimisation du moment d'arrêt de la chauffe, tout en garantissant l'atteinte des objectifs. En plus d'accroître la compréhension des effets de la chauffe du sol, ces données permettent d'affiner les modèles de simulation qui eux même permettent une optimisation technique.

Le traitement des vapeurs désorbées par un oxydateur catalytique individuel installé sur les brûleurs permettant une oxydation complète des contaminants organiques a été mis en œuvre. Cette nouvelle combinaison, permet d'augmenter encore la polyvalence de la technologie de désorption thermique, de diminuer les coûts des traitements des vapeurs et d'assurer la conformité des rejets des produits de combustion avec les normes en vigueur.

Finalement, de nouveaux prototypes de brûleur au diesel et au propane ont été testés, améliorant la gestion de la combustion d'autres carburants que le gaz naturel.

En plus de servir d'exemple à suivre quant au recyclage des terrains pollués, le projet présenté a permis d'avancer la fiabilité, la prédictibilité et le coût des solutions de désorption thermique existantes et de garantir qu'un traitement jusqu'à la valeur de bruit de fond (Catégorie 1) est faisable à un coût raisonnable et dans un délai court.

Jeudi 9 septembre 2021 / Thursday September 9, 2021

09h00

Accueil et inscription des participants / Welcome and participant's registration

09h30

Table ronde / Round table

Renaturation des friches et sobriété foncière : les premières réponses de la loi portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience / Renaturation of wasteland and land sobriety: the first replies to the law in terms of combating climate change and strengthening resilience

Organisation et Modération / Organization & Moderators:

Aurélie Ohannessian, Chargée de projets et innovation Sites et Sols Pollués - AXELERA

Lionel Roche, Avocat associé - Aklea

Intervenants / Speakers :

- *Séverine Cohuet, Chef de projet Sites et Sols Pollués à la direction régionale Île-de-France - Ademe*
- *Côme Molin, Chef de projet partenarial d'aménagement - Métropole de Saint-Etienne*
- *Gaël Plassart, Président - SCIC CRISALID*
- *Gabriel Bally, Directeur technique - Valgo*

10h30

Pause café / Coffee break

Le sol, une opportunité pour l'aménagement / Soil, an opportunity for the development

Valorisation des sols et aménagements / Soils valorization and development

Modérateur / Moderator: Jacques Martelain, Gérant - Terraquatron & Directeur et Géologue cantonal - République et Canton de Genève

11h00

Les polices d'assurances en matière de passif environnemental : un nouvel outil pour la revitalisation des friches industrielles ? / Environmental liability insurance policies: a new tool for the the brownfields revitalization

- *Fanny Vellin, Avocate spécialisée en Droit de l'Environnement – CLP Cliperton*
- *Nicolas Dzubanowski, Souscripteur principal Risques Environnementaux – SCOR*

11h20

Analyse de la jurisprudence française : qui est responsable de la pollution des sols ? / Analysis of French law case: who is responsible for soil pollution?

Louise Tschanz, Avocate spécialisée en Droit de l'Environnement

11h40

Quel apport des travaux menés par le Sénat et l'Assemblée Nationale en 2020 sur la pollution des sols et la revalorisation des friches ? / What is the contribution of the reports issued by the French Senate and House of Representatives regarding contaminated land and brownfield redevelopment?

Carine Le Roy-Gleizes & Pauline Leddet-Troadec, Avocats – Foley Hoag

12h00

La reconversion des friches industrielles : vers une évolution de la législation pour un aménagement durable des territoires / The reconversion of industrial brownfields: towards a legislative evolution for a sustainable management of the territories

Laurence Lanoy, Avocat associé – Laurence Lanoy Avocats

12h20

Valorisation des sols et aménagements dans le cadre d'une occupation temporaire de la ZAC des Gratte-Ciel à Villeurbanne / Valuation of soils and development within the framework of a temporary occupation of the Gratte-Ciel ZAC in Villeurbanne

Chloé Milloz, Responsable du pôle Environnement de Lyon – SCE

12h40

Refertiliser la ville durable : la nécessité de redéfinir la place et la fonction du sol dans les projets de reconversion urbaine. L'exemple de la ZAC du Village Olympique et Paralympique (Jeux de Paris 2024) / Refertilize the sustainable city: the need to redefine the place and function of soil in urban reconversion projects. The ZAC example of the Olympic and Paralympic Village (Paris 2024's games)

- Yves Petit-Berghem, Professeur – Laboratoire de Recherche en Projet de Paysage (LAREP) - Ecole Nationale Supérieure de Paysage (ENSP)
- Léna Joncour, Paysagiste-Concepteur, Chargée de projet - Champ Libre Paysagiste-Urbaniste

13h00

Déjeuner / Lunch

14h00

Développement d'une filière de gestion et de valorisation des sols dans les projets d'aménagement urbain suivant différentes échelles / Raising a management and recovery process in urban development projects at different scales

Dally Randriambololona Barry, Chef de projet - Territoire Grand Orly Seine Bièvre

14h20

Résilience des territoires : vers une approche intégrative de la transformation des friches / Resilience of territories: towards an integrative approach of the transformation of brownfields

Samia Sediri, Doctorante - Université Grenoble-Alpes, INRAE, CNRS

14h40

Mutualisation de compétences et innovation : les clés de la réussite pour la reconversion de friches en projets d'agriculture urbaine / Pool the skills and innovate: the keys to success in converting wastelands into urban agriculture projects

Benjamin Pauget, Responsable R&D - Tesora

15h00

Les incidences du projet de décret modifiant les dispositions relatives aux sols pollués et à la cessation d'activités des ICPE / The impact of the draft decree amending the provisions relating to polluted soils and the end of operations of the regulated facilities

Carine Le Roy-Gleizes & Pauline Leddet-Troadec, Avocats – Foley Hoag

15h20

Pause café / Coffee break

15h40

Géofriches : la plateforme d'aide au pilotage pour la réhabilitation des friches / Geofriches: the piloting assistance platform for the rehabilitation of wastelands

Benjamin Pauget, Responsable R&D – Tesora

16h00

Transformation et dynamisation d'un ancien site industriel : Reconversion d'un ancien dépôt pétrolier / Transformation and revitalization of an old industrial site: conversion of a former oil depot

Jonathan Senechaud, Développement d'activité Sites et Sols Pollués – Colas Environnement

16h20

Le phytomanagement pour la reconversion et la valorisation des friches / The phytomanagement for the reconversion and the valuation of wastelands

Gaylord Erwan Machinet, Ingénieur – Microhumus

16h40

Discussions - Pitch exposants / Exhibitors pitches

17h00

Fin de la troisième journée / End of Day of Three

Fin du congrès / End of the congress

Les polices d'assurances en matière de passif environnemental : un nouvel outil pour la revitalisation des friches industrielles ?

Fanny Vellin, Avocate spécialisée en Droit de l'Environnement – CLP Cliperton
Nicolas Dzubanowski, Souscripteur principal Risques Environnementaux – SCOR

Les polices d'assurance en matière de passif environnemental sont très courantes dans les pays anglo-saxons et dans les pays nordiques mais peinent à émerger en France.

Au contraire, les entreprises industrielles françaises ne s'assurent que rarement contre les aléas liés à la découverte de pollutions historiques. Elles s'assurent généralement uniquement contre les aléas liés à la découverte de pollutions accidentelles ou graduelles issues du fonctionnement normal de l'entreprise.

Pourtant, la jurisprudence actuelle de la Cour de cassation et du Conseil d'Etat (encore trop méconnue des professionnels) rend inefficace toutes les clauses contractuelles relatives à l'obligation de remise en état du dernier exploitant, ce qui place le vendeur d'un site industriel dans une véritable insécurité juridique. De même, les dispositions du Code de l'environnement permettent également d'activer, à titre subsidiaire, la responsabilité du propriétaire en cas de pollution des sols, ce qui place également l'acquéreur d'un site industriel dans une situation incertaine.

Cette insécurité juridique ne peut être palliée que par des assurances en matière de passif environnemental.

Ce type d'assurance présente également de nouveaux attraits dans le cadre des opérations de « tiers demandeur ».

L'exposé répondra aux quatre questions ci-dessous :

- Quels aléas couvrent les polices d'assurance de passif environnemental ?
- Dans quelle mesure la souscription à une police d'assurance en matière de passif environnemental peut protéger le vendeur d'un site industriel ?
- Dans quelle mesure la souscription à une police d'assurance en matière de passif environnemental peut protéger l'acquéreur d'un site industriel ?
- Pourquoi les polices d'assurance en matière de police environnementale peinent à émerger en France ?

Topic: Environmental Liability Insurance: A New Tool for Brownfield Regeneration?

Environmental liability insurances are very common in Anglo-Saxon and Nordic countries but are struggling to emerge in France.

French industrial companies generally insure themselves only against the hazards related to the discovery of accidental or gradual pollution resulting from the normal operation of the company. However, they rarely insure themselves against the risks linked to the discovery of historical pollution.

However, in France, the current jurisprudence of the Cour de cassation and the Conseil d'Etat (still little known by professionals) renders ineffective all contractual clauses relating to the last owner's obligation to restore the site, which places the seller of an industrial site in a real legal uncertainty. In the same way, the provisions of the Environmental Code also allow in the event of soil pollution, to engage subsidiarily the owner's responsibility, which also places the purchaser of an industrial site in an uncertain situation.

This legal uncertainty can only be overcome by environmental liability insurance.

This type of insurance has appeals also for "third party claimant" operations.

The presentation will answer the following four questions:

- What contingencies are covered by environmental liability insurances?
- To what extent can taking out an environmental liability insurance protect the seller of an industrial site?
- To what extent can the underwriting of an environmental liability insurance protect the purchaser of an industrial site?
- Why are environmental liability insurances struggling to emerge in France?

Analyse de la jurisprudence française : qui est responsable de la pollution des sols ?

Maître Louise Tschanz
Avocate fondatrice du cabinet Kaizen Avocat
Spécialiste en droit de l'environnement - Barreau de Lyon
louise.tschanz@kaizen.avocat.fr
Tél. : 04 28 38 20 01
35, rue du Tonkin, 69100 Villeurbanne
www.kaizen.avocat.fr

Les enjeux sanitaires et environnementaux de la pollution des sols occupent une grande place dans le débat public. Les préoccupations des citoyens et des acteurs économiques sont grandissantes, ce qui a conduit à une judiciarisation du sujet.

Au regard de sa transversalité, les juges se sont prononcés sur de nombreux aspects de la pollution des sols, ce qui rend difficile une compréhension juridique globale. Cette présentation a donc pour objet de décrypter les enjeux juridiques pour les entreprises à la lumière de la jurisprudence.

En effet, il existe des risques au niveau pénal, administratif et civil qui sont encore parfois méconnus. Nous concluons cette présentation en évoquant les perspectives d'évolutions du cadre juridique de la pollution des sols, notamment suite au rapport de la commission d'enquête du Sénat sur les problèmes sanitaires et écologiques liés à la pollution des sols du 8 septembre 2020.

Objectifs :

- Comprendre les problématiques qui émergent pour les industriels avec les jurisprudences récentes
- Présenter les risques juridiques encourus au niveau pénal, administratif et civil pour les entreprises tant vis-à-vis des tiers que des salariés
- Exposer les perspectives d'évolutions du cadre juridique de la pollution des sols

Caractère innovant du sujet proposé :

- Analyse jurisprudentielle approfondie
- Analyse des perspectives d'évolution des contraintes juridiques relatives à la pollution des sols
- Présenter un panorama clair et opérationnel des responsables juridiques de la pollution des sols

Mots clefs : pollution des sols, jurisprudence, cadre juridique, industries, ICPE

INTERVENTION INTERSOL 2021

« Quel apport des travaux menés par le Sénat et l'Assemblée Nationale en 2020 sur la pollution des sols et la revalorisation des friches? »

« What is the contribution of the reports issued by the French Senate and House of Representatives regarding contaminated land and brownfield redevelopment? »

Carine Le Roy-Gleizes et Pauline Leddet-Troadec

Avocats au Barreau de Paris

Attorneys at the Paris Bar

Mots clés : COMMISSION D'ENQUÊTE - SENAT - MISSION D'INFORMATION - ASSEMBLEE NATIONALE - POLLUTION DES SOLS - REVALORISATION DES FRICHES - PROPOSITIONS D'EVOLUTION DU CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE

Objectif : *Anticiper les potentielles évolutions réglementaires en matière de sites et sols pollués*

En septembre 2020, la commission d'enquête sénatoriale sur la pollution des sols a publié les conclusions de son rapport; celui-ci a également été discuté au Sénat en janvier 2021. Ce rapport contient des propositions d'évolution du cadre technique et réglementaire des sites et sols pollués.

Par ailleurs, une mission d'information de l'Assemblée Nationale a présenté en janvier 2021 des recommandations sur la revalorisation des friches.

L'objet de la présentation est d'exposer comment ces propositions ont d'ores et déjà été mises en œuvre ou sont susceptibles de l'être, et donc quel peut être leur impact sur la gestion des sites pollués en France.

On relèvera qu'une proposition de loi visant à refonder la politique de gestion et de protection des sites et sols pollués a d'ores et déjà été déposée au Sénat en mai 2021.

Key Words: FRENCH SENATE – INQUIRY COMMISSION – FRENCH HOUSE OF REPRESENTATIVES – INFORMATION COMMISSION – CONTAMINATED LAND – BROWNFIELD REDEVELOPMENT – PROPOSED EVOLUTIONS OF TECHNICAL AND REGULATORY FRAMEWORK

Purpose : *Anticipate the French potential regulatory changes regarding contaminated land*

In September 2020, the French Senate inquiry commission on contaminated land published its report's conclusions. The report has also been discussed in the Senate in January 2021. It contains recommendations on the technical and statutory evolutions of contaminated lands.

In addition, the French House of Representatives has published recommendations on industrial brownfields redevelopment in January 2021.

This presentation is aiming at describing how these recommendations have already been implemented, or could be. Thus, it is their potential impact on contaminated land management in France that is at stake.

It should be noted that a bill aiming at reforming the management and protection of contaminated land and soil policy has already been introduced in the Senate in May 2021.

Carine Le Roy-Gleizes, avocate au Barreau de Paris, est associée du Cabinet Foley Hoag. Elle est spécialisée en droit de l'environnement industriel. (cleroygleizes@foleyhoag.com)

Carine Le Roy-Gleizes, attorney at the Paris Bar, is partner at Foley Hoag. She focuses her practice on industrial environmental law. (cleroygleizes@foleyhoag.com)



Pauline Leddet-Troadec, avocate au Barreau de Paris, est collaboratrice du Cabinet est spécialisée en droit de l'environnement industriel. (pleddet@foleyhoag.com)

Pauline Leddet-Troadec, attorney at the Paris Bar, is associate at Foley Hoag. She focuses her practice on industrial environmental law. (pleddet@foleyhoag.com)





Sur le thème :

« Les Sols : des Opportunités pour la Transition des Territoires »



Laurence Lanoy
Docteur en droit
Avocat / Spécialiste en droit de l'environnement
3, rue Antoine Arnauld • 75016 PARIS
Tél. +33 (0)1 45 20 13 10 •
Fax : +33 (0)1 45 20 14 59 •
llanoy@laurencelanoy.com

La reconversion des friches industrielles : vers une évolution de la législation pour un aménagement durable des territoires

The reconversion of brownfield sites: towards a legislative evolution for a sustainable development of the territories

Dans le cadre de la lutte contre la pollution des sols, une commission d'enquête du Sénat a été chargée pendant six mois de dresser un état des lieux sur les sites pollués en France puis a formulé des propositions au Gouvernement dans un rapport rendu au Sénat le 8 septembre 2020 sur les « *Pollutions industrielles et minières des sols : assumer ses responsabilités, réparer les erreurs du passé et penser durablement l'avenir* ».

Ce rapport préconise tout d'abord d'instaurer une véritable réglementation des sites et sols pollués permettant de mieux identifier le débiteur de la remise en état et d'introduire une définition du statut de friches industrielles dans le code de l'urbanisme afin notamment de faciliter la reconversion des friches dans une logique de développement durable.

La valorisation des friches s'inscrit en effet dans la trajectoire du « zéro artificialisation nette » (ZAN) prônée par le Gouvernement et plus particulièrement dans l'objectif de renaturation des terres artificialisées énoncé dans le Plan biodiversité du Gouvernement en date du 4 juillet 2018. Le recyclage foncier des friches vise donc à maîtriser l'étalement urbain et l'artificialisation des sols mais également à limiter la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers.

La commission d'enquête identifie ensuite la contrainte principale freinant les acteurs à réhabiliter des friches industrielles, à savoir le coût de la dépollution qui peut dépasser la valeur foncière du site et préconise alors la mise en place d'un fonds de dépollution des sites et sols pollués.

C'est d'ailleurs dans cette optique de prise en charge d'une partie des coûts de réhabilitation que le Gouvernement vient de lancer le 17 décembre 2020 un appel à projets pour le recyclage foncier de friches en Ile de France s'adressant tant aux acteurs publics tels que les collectivités territoriales ou les entreprises publiques locales qu'aux entreprises privées.

Laurence Lanoy, avocat spécialiste en droit de l'environnement, fera le point sur les enjeux du recyclage foncier et les propositions du rapport de la commission d'enquête du Sénat. Elle présentera les modalités du recyclage foncier et évoquera les avantages qu'il y aurait à réglementer le statut des friches dans le code de l'urbanisme.

* * *

Avocat depuis 1990 et Docteur en droit, Laurence Lanoy a développé une pratique approfondie en droit de l'environnement avant de fonder en 2005 le cabinet Laurence Lanoy Avocats. Elle conseille et assiste des entreprises nationales et internationales, des collectivités publiques et des cabinets d'avocats internationaux notamment en droit de l'environnement et du développement durable, en droit minier et en droit de l'énergie.

« Gratte Terre Project » : Experiment to revive urban soil

Chloé Milloz, Responsable du pôle Environnement de Lyon – SCE

INTRODUCTION

In 2020, a temporary occupation initiative was launched in Villeurbanne center city. A selection of projects was granted an agreement for temporary occupation for part of the ZAC Gratte-Ciel, amongst which the “Gratte Terre” project.

“Gratte Terre” project is led by a consortium gathering following actors:

- SCE: urban planning and environment firm _ lead of the consortium
- Parc et Sport: landscaping company
- Thierry Boutonnier : Artist
- Jardins d’Yvonne: gardening association
- SPES : Academic support association

The temporary occupation is an opportunity to quickly and effectively experiment responses to environmental and social issues. “Gratte-Terre” project was designed so as to:

- Coordinate in-situ experiments on fertile soils reconstitution in a dense urban environment ;
- Develop a tree nursery based on local vegetal species encountered around the city center, to allow reusing them in the future urban development project;
- Identify alternative solutions to excavation and export of urban soils, reusing them within the framework of a circular economy;
- Provide a space for meeting, sharing and learning about environment, agriculture and food production in the city

Main challenges for the project success are:

- Organize and pilot the temporary occupation, which brings together private and associative structures around nature in the city
- Capitalize, through the creation of technical and organizational references, to advocate for sustainable approaches in urban planning projects (soil reuse, fight against the « heat island » effect, ...)

EXPERIMENT

1. Fertile soil reconstitution

Urban soils are natural soils that have been disturbed by development in a way that affects their functioning and properties.

In urban projects, excavated soils are often disposed of at landfills and the recycling rate for high quality purposes is low. Moreover, the wasteland is often let mineral and unused during many years, reinforcing the “heat island” effect.

The experiment aims at the reconquest and/or upgrading of urban soils onsite, involving their reuse in the future urban project. This reuse may replace totally or partially the usual substitution by fertile outdoor soils.

3 different natures of soils were experimented at the site:

- Fertile soils
- Mix of inert soils (excavated from neighboring urban projects) and compost
- Pure compost

Different types of seedlings were then used to experiment their effects on soil fertility restoration : Clover, moha, luppus, etc.

2. Creation of an urban nursery

The goal of this experiment is to impulse a circular plant economy within the future urban project of Gratte-Ciel, by providing plants that carry genetic and epigenetic adapted to the local context. It was declined in different steps:

- Collection of seeds considered as representative of the local urban biodiversity ;
- Experiment with different seeds savings and germination technics;
- Tree transplant

➔ Both soil reconstitution and urban nursery will be studied from a technical and economic perspective over the 3 years planned for the project

More than an experiment, a collaborative project, seeking social, environmental and climatic impact

Beyond technical and economic aspects, the global impact of the temporary occupation for the suburb inhabitants is also key to our experimentation. As a matter of fact, the project also aims to:

- Reduce the heat island effect, through the development of vegetation on site
- Recycle green waste through the development of composters on site
- educate the public on environmental issues: Gratte-Terre must become a place for sharing know-how, for education on ecology and a place for urban agriculture, hosting trainings for schools and associations for instance.

Refertiliser la ville durable : la nécessité de redéfinir la place et la fonction du sol dans les projets de reconversion urbaine

L'exemple de la ZAC du Village Olympique et Paralympique (Jeux de Paris 2024)

Yves Petit-Berghem, Professeur
Laboratoire de recherche en projet de paysage (Larep) - Ecole Nationale Supérieure de Paysage
10, rue Maréchal Joffre - 78000 Versailles
y.petitberghem@ecole-paysage.fr

Léna Joncour, Paysagiste-concepteur
Chargée de projet chez Champ Libre Paysagiste-Urbaniste
50, rue Edouard Pailleron - 75019 Paris
[lena.joncour@gmail.com](mailto:lana.joncour@gmail.com)

Mots-clés : sol, ressource, refertilisation, ville durable, projet

Résumé :

Dans la lignée du concept de fertilité selon Bernardo Secchi, comme croisement des propriétés du sol et de la configuration urbaine et territoriale, les potentialités de fertilité peuvent être définies par la capacité productrice du sol tant par des cultures vivrières que par des usages et activités spécifiques adaptés au contexte. En ville, les sols à potentiel de cultures maraîchères, de cultures vivrières, de boisement participent aux réflexions socio-écologiques d'une nouvelle fabrique urbaine où les enjeux reposent sur une meilleure utilisation des ressources dans un cadre contraint où nous avons affaire à des anthroposols reconstitués fabriqués par l'homme, suite à des apports de matériaux terreux ou artificiels. Dans la conception même du projet de reconversion urbaine, une autre réflexion sur le sol invoque le réemploi : les sols sont refertilisés grâce à l'utilisation de déchets et de sous-produits urbains. Cette solution présente une dimension écologique car elle permet de recycler une partie des volumes importants des déchets générés par les villes à faible coût énergétique et de réduire la distance de transport des matériaux utilisés. L'anthroposol construit prend part au schéma de reconversion d'un quartier dans une échelle plus large du flux des matériaux, dans une réflexion plus fine que la démarche réalisée encore aujourd'hui qui consiste à enfouir les matériaux sous une couche de terre végétale. Si la démarche est séduisante, elle consiste aussi à redéfinir la place et la fonction du sol dans les projets de reconversion urbaine. Pourquoi et comment la production d'un substrat fertile, à partir de matières et matériaux recyclés, pourrait-elle faire évoluer la fonction sur le sol et la conception même du projet de reconversion ? Quel sol offrir et mettre en scène pour dépasser la vision d'une matière inerte support et condition d'un projet spatial, mais également élément d'intention et de création dans ce qui fait la matérialité du projet ? Quelle signification donnée au sol redevenu vivant mais portant aussi les traces d'un passé urbain où le substrat renaît des déchets de la démolition ?

La proposition reposera sur une étude de cas sur le site de la Zone d'Aménagement Concertée (ZAC) du Village Olympique et Paralympique (Paris 2024), à cheval entre Saint-Denis et Saint-Ouen, et présenté aujourd'hui comme l'une des futures grandes références en matière d'innovation et de construction écoresponsable. La prise de conscience de l'urgence d'agir sur un sol portant les traces d'un passé industriel a conduit la Solidéo (Société de livraison des ouvrages olympiques) à engager une démarche de production d'un substrat fertile. La réappropriation du sol s'est inscrite plus globalement dans la démarche de projet de l'équipe de maîtrise d'œuvre, composée de Dominique

Perrault Architecte, l'agence TER paysagiste, et Urban Eco écologue. Le recyclage des matériaux de démolition du site, et de la métropole, pour la création d'un substrat, est rendu possible dans un processus comparable à une pédogenèse accélérée.

En partant du constat qu'un nouveau modèle est à inventer et à développer pour trouver des solutions pour nos sols urbains, cette proposition a pour objectif d'étudier l'anthroposol construit pensé et conçu sur ce site et de voir si un modèle répliquable à d'autres projets dans la forme du réemploi est possible afin de rendre compatible une action architecturale et paysagère avec la préservation de l'environnement. Nous montrerons l'intérêt de cette proposition pour la connaissance sur les savoirs et les pratiques des projets de reconversion urbaine et nous nous interrogerons sur les retombées attendues pour les maîtrises d'œuvre et d'ouvrage.

Bibliographie

Coulon, A., Damas, O. (2016). *Créer des sols fertiles : du déchet à la végétalisation urbaine*. Paris: Editions Le Moniteur.

Dictionnaire d'agroécologie. (2016). Fertilité biologique des sols. <https://dicoagroecologie.fr/encyclopédie/fertilité-biologique-des-sols/>

ENSP. (2016). *Déchets, Les carnets du paysage*, n°29, Actes Sud.

Folléa, B. (2019). *L'archipel des métamorphoses: la transition du paysage*. Marseille: Edition Parenthèses.

Gobat, C., Guenat, J.-M. (2019). *Sols et paysages: types de sols, fonctions et usages en Europe moyenne*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

Lorrain, D., Halpern C., & Chevauché, C. (2018). *Villes sobres: nouveaux modèles de gestion des ressources*. Condé-sur-Noireau: SciencesPo les presses.

Mantziaras, P., Viganò, P. (2016). *Ressource et projet, Le sol des villes*. Italie: MatisPresses, Collection: vuesDensemble Essais.

Pernet, A., Bardaine, C. (2019). *Un paysage du renversement: des agriculteurs à l'école du sol*. Rennes: Éditions du Commun.

Petit-Berghem, Y. (2016). *Écologie et paysage. Réinterroger le vivant*, Toulouse: UPPR Éditions.

Plaine Commune. (2017). *Le projet Métabolisme urbain de Plaine Commune*. https://eco.plainecommune.fr/fileadmin/user_upload/Mini_Sites/L_Espace_Eco/1_Nos_atouts/Plaqueette_projet_MU.pdf

Rémy, É., Canavese, M., Berthier, N., & Petit-Berghem, Y. (2018). « Le parc des Docks à Saint-Ouen (Seine-Saint-Denis). Entre passé industriel et écologisation du site : quel héritage humain et pédologique ? ». In *Situ* [En ligne] 37, 15, <http://journals.openedition.org/insitu/19018> ; DOI : 10.4000/insitu.19018

Vidal, R. (2011). *Entre ville et agriculture, une proximité à reconstruire*. Métropolitiques. <https://www.metropolitiques.eu/Entre-ville-et-agriculture-une.html>

Biographie

Yves Petit-Berghem est professeur à l'École nationale supérieure de paysage de Versailles et membre du Laboratoire de recherche en projets de paysage (Larep). Directeur du master Théories et Démarches du Projet de Paysage (Université Paris-Saclay), Yves Petit-Berghem mobilise une approche transversale entre l'écologie, la géographie (interface entre milieux et sociétés) et le projet de paysage. Ses activités de recherche interrogent les dynamiques écologiques et socio-paysagères gravitant autour des projets ainsi que les processus qui les animent. Ses travaux récents portent sur l'évolution des pratiques des professionnels du paysage, notamment ceux qui sont confrontés au défi de la requalification des sols en contexte urbain.

Léna Joncour est paysagiste DEP diplômée de l'École nationale supérieure de paysage de Versailles. Elle est déjà riche d'une solide expérience acquise en apprentissage à la Solidéo, Société de livraison des ouvrages olympiques pendant ces deux dernières années. Dans ce cadre, elle a porté l'implantation des pistes de VTT sur le site de la colline d'Élancourt, point culminant de l'Île-de-France avec des enjeux paysagers et écologiques majeurs. Léna Joncour a également travaillé sur les problématiques paysagères telles que la production de substrat ou le contrat de culture pour le Village Olympique et Paralympique ainsi que le Cluster des médias. Enfin, Léna Joncour a une expérience en maîtrise d'œuvre de deux ans en apprentissage chez Charles Dard Paysagiste.



Développement d'une filière de gestion et de valorisation des sols dans les projets d'aménagement urbain suivant différentes échelles

Dally Randriambololona Barry, Chef de projet – Territoire Grand Orly Seine Bièvre

Présentation de l'étude portée par l'EPT Grand Orly Seine Bièvre, en partenariat avec le Cluster Eau-Milieus-Sols

Aujourd'hui, le territoire du Grand Orly Seine Bièvre (T12), tout comme l'ensemble de la région Ile de France, connaît d'importantes reconfigurations urbaines. En effet, avec plus d'une cinquantaine de projets d'aménagement (en cours/ à venir), 11 projets de renouvellement urbain, des gares du Grand Paris Express, les JO 2024 etc., le territoire du T12, fait face à une augmentation conséquente des déchets du bâtiment et travaux publics (BTP). Ainsi, la question de la préservation de la ressource en sol et la gestion des déchets du BTP sont des défis à relever pour lutter contre le changement climatique et la perte de la biodiversité. D'autre part, la Loi sur la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV - 2015) en lien avec le Plan Climat-Air-Energie Territorial (PCAET) fixent des objectifs de réduction des émissions de gaz à effets de serres (GES) « de 40 % entre 1990 et 2030 et diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 » (LTCEV-2015) ainsi qu'un objectif de « valoriser, sous forme de matière, 70 % des déchets du secteur du BTP en 2020 » (LTCEV-2015).

Pour faire face à ces enjeux, l'EPT Grand Orly Seine Bièvre souhaiterait mettre en place une démarche plus vertueuse de la gestion des flux de terres, et, plus particulièrement des terres excavées issues des travaux de BTP sur le périmètre du territoire (T12). De ce fait, en partenariat avec le Cluster Eau-milieus-sols, le territoire réalise une étude diagnostic, du **potentiel de développement d'une filière d'économie circulaire appliquée à la valorisation des terres excavées.**

L'étude réalisée fait l'état des lieux de la filière de gestion des terres excavées sur le Grand Orly Seine Bièvre.

Lors de l'intervention à l'Intersol, nous présenterons la démarche adoptée par l'EPT Grand Orly Seine Bièvre et le Cluster Eau-milieus-sols pour faire émerger cette filière de valorisation des terres excavées.

Cette démarche s'articule en 3 axes de travail qui sont :

- La quantification du gisement en terres excavées produit sur le territoire du T12.
- L'identification du besoin des cibles de la filière (opportunités pour valoriser les terres excavées sur les projets d'aménagement ou autre)
- Etude de la capacité de stockage et de traitement du territoire (foncier disponible pour l'installation de plateforme de traitement de terres).

Lors de l'intervention, nous présenterons également, les difficultés que nous avons rencontrées lors de cette étude et les solutions que nous avons mis en place pour faire face à ces freins. Notamment la quantification du gisement (calcul du volume de terres produit sur le territoire/projets d'aménagement). Nous présenterons également les premières pistes de valorisation que nous avons identifiées qui sont à même d'évoluer.

Titre : Résilience des territoires : vers une approche intégrative de la transformation des friches.

Samia Sedir^{1, 2}

Université Grenoble-Alpes, INRAE, CNRS, Grenoble INP, GAEL, 38000 Grenoble, France;

Université Paris-Saclay, CNRS, AgroParisTech, Ecologie Systématique et Evolution, 91405, Orsay, France.

Résumé :

La remobilisation des espaces en friches s'est principalement faite en s'appuyant sur des valeurs foncières marchandes, qui ont contribué à pérenniser dans certaines conditions et territoires le statut de friche de ces espaces. L'absence d'une rentabilité économique ou financière du bien dans les cycles courts de l'aménagement ayant conduit à son inutilisation et au désintéressement des acteurs du territoire. Cependant, la dépendance des humains à l'égard des systèmes naturels, rend essentiel de comprendre comment la réutilisation et gestion des friches pourraient affecter la capacité des écosystèmes à évoluer et à répondre durablement aux besoins des sociétés. Par ailleurs, les effets potentiels et/ou avérés du changement global sur la biosphère interrogent la résilience des territoires à des échelles locales. En effet, les territoires sont les arènes où se matérialisent des effets souvent combinés de la mondialisation et de la globalisation des marchés, de l'urbanisation croissante, de la métropolisation, de la désindustrialisation, des atteintes à l'environnement, et des effets déjà perceptibles du changement climatique. De plus, tous les territoires ne sont pas égaux face au changement global, leur capacité de résilience n'étant pas les mêmes pour tous les acteurs et les écosystèmes.

Notre objectif alors, est de proposer une nouvelle approche interdisciplinaire, pour encadrer la transformation des friches au sein des territoires, en s'appuyant sur une perspective de système socio-écologique interconnecté et dynamique, qui reconnaît l'interdépendance des objectifs de développement économique, de développement social et des impératifs écologiques.

Nous présentons alors, un cadre conceptuel qui vise à analyser de manière intégrative, les situations de friches et mobiliser ces sites délaissés, comme des espaces d'ajustement des territoires, dans un contexte de changements accélérés et intensifiés, qui transcendent les échelles spatiales, temporelles et institutionnelles. Cette approche permet entre autres, la création de valeurs diversifiées par la réutilisation sociale et économique et par la restauration écologique des sols et des écosystèmes. Dans ce sens, le réaménagement des friches peut être planifié dans une optique de mise en œuvre de stratégies d'adaptation, voire de transformation sociale et écologique des territoires.

Mots-clés : friches; sol; systèmes socio-écologiques; changement global; cadre conceptuel intégratif; résilience; territoire.

*Ces résultats émanent d'une thèse en sciences économiques et écologiques, en cours sur le devenir des friches à l'échelle des territoires en France, intitulée : **Évaluation des interrelations entre acteurs économiques et écosystèmes : mise en évidence de cadres d'actions à l'échelle des socio-écosystèmes.***

Mutualisation de compétences et innovation : les clés de la réussite pour la reconversion de friches en projets d'agriculture urbaine

B. Pauget¹, A. Barbillon², B Thépaut¹, F. Meyer², N. Manouchehri³
contact : benjamin.pauget@tesora.fr / anne.barbillon@agroparistech.fr

¹TESORA, Le Visium, 22 Avenue Aristide Briand, 94110 Arcueil, France

² Bureau d'expertise en Agricultures Urbaines (Exp'AU), AgroParisTech Innovation, 75005 Paris, France

³Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SayFood, 75005 Paris, France



Dans le contexte actuel de zéro artificialisation nette et de reverdissement des villes, la reconversion de friches en projets d'agriculture urbaine (AU) est une solution qui permet de lutter contre les îlots de chaleurs, de produire en circuit court et de créer du lien social. Ainsi, les friches offrent de réelles opportunités pour le développement de l'AU et permettent de répondre au besoin de réappropriation de l'espace urbain par les habitants. Cependant, certains projets se heurtent rapidement à des problématiques sanitaires liées à la culture sur des sols potentiellement contaminés.

Pour répondre à cette problématique, dès 2016, des chercheurs d'AgroParisTech/INRAE ont lancé le programme de recherche-action REFUGE : Risques en Fermes Urbaines – Gestion et Evaluation¹. Ce programme avait comme objectif de proposer une méthodologie d'évaluation et de gestion des risques sanitaires liés à la contamination des sols pour l'installation de diverses formes de maraîchage en zones urbaines ou péri-urbaines. Cette méthodologie repose sur la démarche classique d'analyse de risque en trois étapes d'évaluation, gestion et communication (règlement CE 178/2002). Le programme propose deux outils pour l'évaluation² et la gestion³ du risque sanitaire en agriculture urbaine. La demande d'accompagnement sur les sujets de contamination des sols et des végétaux cultivés en ville étant de plus en plus forte depuis la création du programme REFUGE, SecurAgri (structure d'accompagnement sous la tutelle d'AgroParisTech Innovation) a été créé en 2021. Cette structure a pour objectif de répondre à la demande croissante des maîtres d'ouvrage (Moa) d'accompagnement à l'évaluation et la gestion des risques sanitaires liés aux projets d'AU mais également de capitaliser la donnée scientifique et de sensibiliser les acteurs. Afin de proposer un accompagnement optimal pour les évaluations des risques sanitaires dans les projets d'AU, un partenariat entre SecurAgri et Tesora (bureau d'étude sites et sols pollués) est en cours d'élaboration, à l'issue d'une première expérience très concluante sur trois sites pilotes. Cette collaboration a permis d'appliquer la méthodologie REFUGE, c'est-à-dire caractériser les risques sanitaires liés à la présence des contaminants présents dans les sols et proposer des mesures de gestion en adéquation avec risques sanitaires et projets d'AU. Cette expérience tient particulièrement sa réussite de la mutualisation des compétences des deux structures en ingénieries agro-écologiques, de caractérisation des risques et de gestion des pollutions.

Sur ces sites pilotes, les résultats de l'EQRS (réalisée classiquement avec les concentrations totales) avaient montré que l'usage du site pour de la culture en pleine terre présente un risque inacceptable. Afin d'affiner l'évaluation de l'exposition, la bioaccessibilité des contaminants métalliques a été mesurée et d'autre scénario de cultures ont été étudiés. La mise à jour de l'EQRS avec les concentrations potentiellement assimilables par l'Homme a permis de montrer que sur plusieurs parcelles, la culture en pleine terre ne présentait pas de risque significatif et que la culture hors sol était possible sur certaines zones plus impactées.

Ainsi, dans un souci de valorisation des sites et de maîtrise des coûts de gestion de la pollution, une gestion fine alliant agroécologie et études de bioaccessibilité (bien que présentant encore certains freins) ont permis d'améliorer significativement l'évaluation des risques en validant l'usage d'agriculture urbaine.

¹ <https://www.inrae.fr/actualites/agriculture-urbaine-contamination-demarche-evaluer-gerer-risques-sanitaires>

² https://www.inrae.fr/sites/default/files/guide_refuge.pdf

³ https://www.inrae.fr/sites/default/files/plan_de_maitrise_sanitaire.pdf

INTERVENTION INTERSOL 2021

« Les incidences du projet de décret modifiant les dispositions relatives aux sols pollués et à la cessation d'activités des ICPE»

*"The impact of the draft decree amending the provisions relating to polluted soils and
the end of operations of the regulated facilities"*

Carine Le Roy-Gleizes et Pauline Leddet-Troadec

Avocats au Barreau de Paris

Attorneys at the Paris Bar

Mots clés : CESSATION D'ACTIVITES - ICPE - SOLS POLLUES - PROJET DE DECRET

Objectif : *Anticiper les évolutions du cadre réglementaire de la cessation d'activités des ICPE*

Le Ministère de la transition écologique a établi un projet de décret, soumis à consultation publique et à l'avis du CSPRT en 2021, qui modifie un certain nombre de dispositions relatives aux sols pollués et à la cessation d'activité des ICPE (cessation partielle d'activité, intervention obligatoire des entreprises certifiées dans les processus de cessations d'activités des ICPE, délais d'instruction des dossiers, tiers demandeur, introduction dans le code de l'environnement de principes posés par la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués). L'objet de l'intervention est d'exposer les modifications projetées et les impacts qu'elles sont susceptibles d'avoir concrètement sur les modalités de gestion des sites et sols pollués.

Key Words: END OF OPERATIONS - REGULATED FACILITIES (ICPE) - CONTAMINATED LAND - REMEDIATION - DRAFT MINISTERIAL DECREE

Purpose: *Anticipate the changes in the French regulatory framework applying to the regulated facilities' end of operations*

The French Ministry of Ecological Transition has drafted a Decree, which has been submitted to both a public consultation and to a review of the Superior Council of Risks Prevention in 2021. This Decree would change some provisions related to contaminated lands and to the end of operations of Classified Installations for the Environment Protection (ICPE): partial closure, mandatory intervention of certified companies in the ICPE closure, file-processing time, third-party applicant, and introduction in the Environmental Code of principles set by the national methodology of polluted soils and sites management.

This speech is aiming at highlighting projected modifications and their potential impacts on the concrete management of polluted sites and soils.

Carine Le Roy-Gleizes, avocate au Barreau de Paris, est associée du Cabinet Foley Hoag. Elle est spécialisée en droit de l'environnement industriel. (cleroygleizes@foleyhoag.com)

Carine Le Roy-Gleizes, attorney at the Paris Bar, is partner at Foley Hoag. She focuses her practice on industrial environmental law. (cleroygleizes@foleyhoag.com)



Pauline Leddet-Troadec, avocate au Barreau de Paris, est collaboratrice du Cabinet Foley Hoag. Elle est spécialisée en droit de l'environnement industriel. (pleddet@foleyhoag.com)

Pauline Leddet-Troadec, attorney at the Paris Bar, is associate at Foley Hoag. She focuses her practice on industrial environmental law. (pleddet@foleyhoag.com)



Géofriches : la plateforme d'aide au pilotage pour la réhabilitation des friches.

B. Pauget¹, Y. Milton², C. Jacqueminet³, A. Cornet⁴

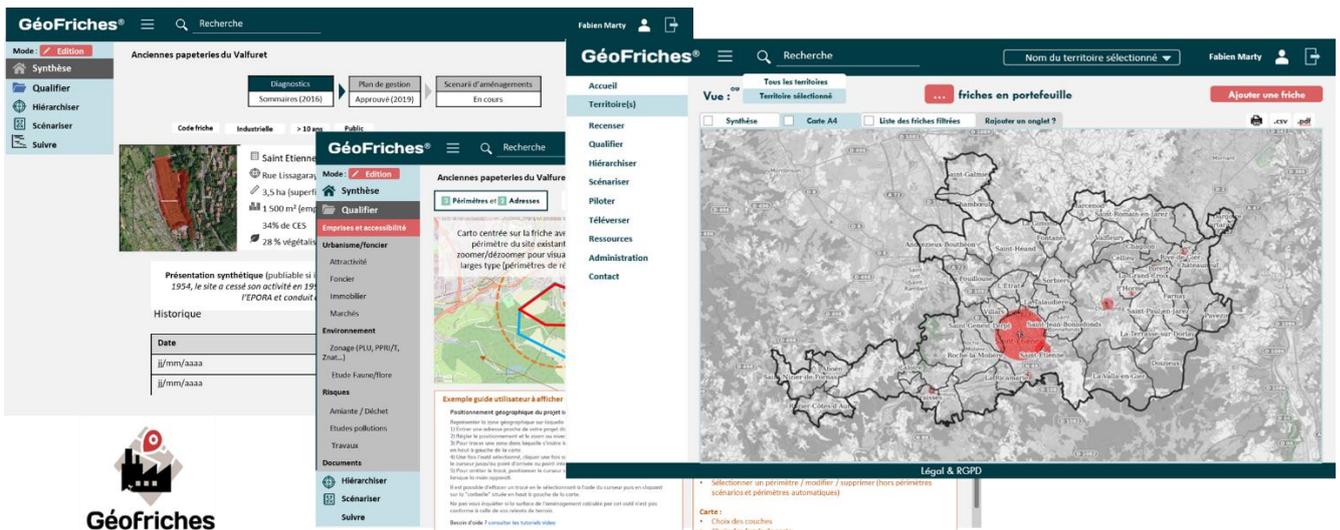
¹ Tesora, ² Modaal, ³ Laboratoire EVS, ⁴ Saint Etienne Métropole



Projet soutenu par la région AURA dans le cadre de son appel R&D Booster

Il existe aujourd'hui une forte demande foncière contrainte par la nécessité de limiter l'étalement urbain. Pour tendre vers l'objectif du zéro artificialisation nette, Le projet Géofriches trouve son origine dans le besoin de recyclage du foncier dégradé. Les friches et les sites et sols pollués doivent donc être considérés dorénavant comme des ressources. La dynamisation de la réhabilitation de ces sites à passifs environnementaux doit passer par un renouvellement des outils de gestion et par le croisement de disciplines complémentaires : métiers de la réhabilitation (études, dépollution...) et du pilotage du foncier (urbanisme, aménagement...). Ainsi le projet vise à développer une plateforme numérique d'aide au pilotage des projets de réhabilitation de friches et de sites pollués. Il répondra au besoin des maîtres d'ouvrage de centralisation et de capitalisation des données, de disposer d'une approche globale de la gestion des friches et d'un outil d'aide à la planification territoriale. A destination de tous les acteurs impliqués dans les processus de transformation du foncier (maîtres d'ouvrage, propriétaires, conseils/AMO...), cette plateforme numérique couplera des données sur la friche et son territoire (historique, pollution, foncier, aménagement...). Accessible via un navigateur web, elle proposera une interface pour le renseignement et la centralisation de données ainsi que des cartographies et tableaux de bord intégratifs (modules métier interopérables).

Pour réussir ce projet, TESORA, MODAAL, le laboratoire EVS et Saint Etienne Métropole coupleront leurs expertises respectives en sites et sols pollués, en aménagement du territoire, en géographie numérique et en maîtrise d'ouvrage pour conduire une démarche exemplaire d'innovation collaborative. Ce projet s'inscrit en cohérence totale avec les défis environnementaux actuels qui visent à accélérer la reconversion des friches et est soutenu par la Région AURA. Ainsi, le déploiement de Géofriches apportera un outil permettant d'accélérer la transformation urbaine des territoires, et de les aider à tirer parti de leur potentiel « friches », dans un contexte de rareté foncière et de limitation de l'étalement urbain.





Transformation et dynamisation d'un ancien site industriel : Reconversion d'un ancien dépôt pétrolier

Jonathan SENECHAUD
Développement d'activité - Sites et sols pollués
Mobile 07 62 92 93 19 - Fixe 05 56 17 13 24
jonathan.senechaud@cer.colas.fr

Les problématiques de libération d'emprises foncières non valorisées en zone urbaine et péri-urbaine sont devenues l'une des priorités politique française avec la volonté ambitieuse du « zéro artificialisation nette ». Ces sites sont, dans bien des cas, idéalement localisés ce qui augmente leur valeur stratégique et foncière. Il y a donc une convergence d'intérêt économique et environnementale à promouvoir la reconversion de ces anciennes friches. Ces dernières doivent donc être réintégrées comme foncier disponible pour permettre la densification de la ville ou l'intégration d'espaces verts, de bureaux ou de commerces de proximité, etc. Cela passe par leur réhabilitation pour les rendre compatibles avec leur nouvel usage.

Colas Environnement, filiale du groupe Colas spécialisée dans la reconversion de friches et la mise en sécurité environnementale et sanitaire a accompagné l'un de ses clients industriels dans la dépollution d'un ancien dépôt pétrolier. Les travaux de dépollution ont été engagés par l'ancien propriétaire et pilotés en partenariat avec le bureau d'étude spécialisé, mandaté par le futur acquéreur et constructeur. Ce schéma organisationnel a permis de réhabiliter le site de manière optimisée en prenant en compte, dès le démarrage des travaux, les enjeux de toutes les parties prenantes.

Le contexte global de ce projet a été le suivant :

- Changement d'usage : de dépôt pétrolier à un projet immobilier permettant la dynamisation d'un quartier en plein essor ;
- 56 années d'exploitation induisant une pollution aux hydrocarbures, HAP et BTEX ;
- Existence d'infrastructures enterrées (réseaux enterrés, cuves, séparateurs...) ;
- Zones résidentielles à proximité immédiate.

Durant plusieurs mois, les équipes de Colas Environnement ont œuvré à la gestion des terres polluées avec des terrassements réalisés jusqu'à 5 m de profondeur pour permettre la création du futur sous-sol. Les contraintes d'espace, de temps et la typologie des polluants ont permis de dépolluer près de la moitié des matériaux en biotertre sur site puisqu'environ 5 500 tonnes ont été traitées selon cette technologie. 6 200 tonnes de sols impactés en hydrocarbures totaux et HAP ont été dirigées vers une filière de traitement agréée.

Une friche de plus traitée pour permettre le recyclage des sols, d'une part, à travers la réutilisation de foncier dégradé et, d'autres part, en traitant les terres pour leur donner une seconde vie.

LE PHYTOMANAGEMENT

POUR LA RECONVERSION ET LA VALORISATION DES FRICHES

Gaylord Erwan Machinet
Microhumus SARL, 18 rue d'Alsace, 54140 Jarville-la-Malgrange, France
info@microhumus.fr

Mots clés

Phytomanagement, ingénierie environnementale, mise en sécurité, production de biomasse, biodiversité.

Introduction

Sous la pression d'une urbanisation toujours en expansion, et par la volonté de préservation des espaces naturels, la réhabilitation des friches urbaines et industrielles est devenue une priorité dans les plans d'aménagement. En effet, la reconversion puis la valorisation des friches sont des opportunités pour redynamiser des zones géographiques et des secteurs économiques, pour lutter contre l'étalement urbain, pour préserver les espaces naturels et les zones agricoles, et pour maintenir ou recréer de la biodiversité (Colombano et al. 2014).

Par leurs activités historiques, ces friches sont souvent caractérisées par des pollutions des sols, voire des eaux souterraines et des biomasses. La gestion de ces espaces est alors nécessaire pour mettre en sécurité ces sites pour les usages futurs, ou couper les voies de transfert entre les compartiments de l'environnement.

Dans ce contexte, les aménageurs et les responsables des friches recherchent de plus en plus la possibilité de gérer ces pollutions par phytomanagement. Ce mode de gestion, encore émergent sur le marché, implique pour être efficace, une expertise solide en gestion des SSP, en ingénierie pédologique des sols dégradés et pollués, ainsi qu'en génie du végétal.

L'innovation relevée par cet article repose sur l'expression de la maturité des technologies de phytomanagement au travers d'exemples de projets réalisés en BtoB, sans aucune subvention de R&D. La présentation se focalisera sur deux des retours d'expérience de Microhumus, présentant des problématiques différentes.

Le phytomanagement, en quelques mots

La phytoremédiation est un concept basé sur des technologies ayant recours à l'utilisation de plantes en milieux poreux, liquides et gazeux, appelées les phytotechnologies (Morel, 2012).

Le terme « phytoremédiation » est apparu dans les années 1980, mais ce n'est qu'à partir de 1990 que la recherche s'est intéressée au potentiel des végétaux à dépolluer les sols. Appliquées à la gestion des sites pollués, les phytotechnologies consistent à utiliser les propriétés des plantes et des microorganismes associés pour rendre la pollution moins mobile (phytostabilisation), réduire la concentration de la pollution en l'exportant (phytovolatilisation et phytoextraction) ou en la dégradant (phytodégradation) (Cunningham et al., 1995 ; Bert et al., 2017) (figure 1). Ce sont des techniques de gestion des pollutions in situ, qui peuvent aussi s'effectuer sur site après

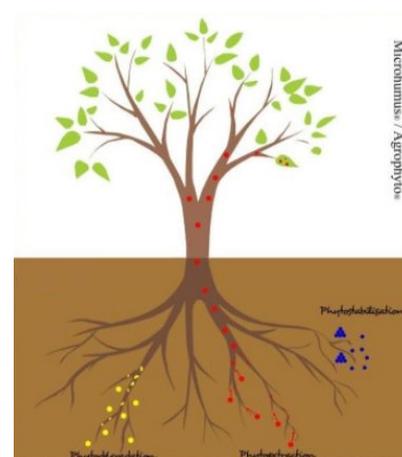


Figure 1 : Schématisation des principales phytotechnologies.

excavation. L'approche globale de gestion des sites et sols pollués par l'utilisation de phytotechnologie est appelée « phytomanagement » (Bert et al., 2017).

Développement d'une méthodologie adaptée aux gestionnaires des friches

A travers son procédé AgroPhyto®, Microhumus a développé une méthodologie adaptée aux besoins des gestionnaires pour étudier la faisabilité de gestion des pollutions des friches par phytomanagement. Cette approche standardisée a permis de traiter plus de 140 projets de restauration agronomique de sites dégradés et de gestion des sites pollués par phytomanagement, en France, en Belgique, en Suisse et au Moyen Orient, allant de l'étude de faisabilité jusqu'au suivi des travaux et de suivi sur site.

Chaque projet commence par une phase comprenant une **étude documentaire, une visite de site, et un bilan agro-environnemental**. Cette première expertise permet d'évaluer la faisabilité technique et économique du projet.

La seconde étape se focalise sur la validation au travers **d'essais** des conclusions théoriques de la première phase, et implique la refunctionalisation des sols pollués, la sélection d'espèces végétales, les éventuels amendements organiques et microbiens, en vue d'atteindre les objectifs fixés en termes de mise en sécurité du site, de dégradation des polluants, de production de biomasse saine (...) selon les usages attendus. Les essais visent à tester dans des conditions contrôlées au laboratoire, l'efficacité des phytotechnologies adaptées au cas d'étude, voire les capacités de production de biomasses végétales (photo 1).

Le suivi de l'évolution des polluants dans les sols, couplé à la qualité des biomasses produites ou encore celle des lixiviats, permet de définir un protocole d'essai in situ en précisant les modalités techniques et économiques de mise en œuvre.



Photo 1 : Essais de production de biomasses végétales sur sols pollués refunctionalisés en phytotron.

La **troisième phase consiste en une assistance à maîtrise d'ouvrage** qui valide la réalisation du pilote in situ, lequel peut ensuite être étendu à l'ensemble du site.

Bien que Microhumus soit impliqué dans des projets de phytoextraction (agromine), ces technologies ne sont proposées que dans le cadre de projets visant à produire des métaux biosourcés.

La méthodologie du procédé AgroPhyto® est schématisé par la figure 2.



Figure 2 : Méthodologie AgroPhyto®

Retours d'expériences de gestion des pollutions des friches par phytomanagement

Le tableau 2 reprend sous forme synthétique des cas d'études présentant diverses typologies de pollutions, et des objectifs de réhabilitation différents. La présentation se concentrera sur les projets dont les travaux seront les plus aboutis et permettront une présentation des résultats sur le terrain.

Tableau 1 : Applications de la méthodologie AgroPhyto® pour la gestion des pollutions des friches par phytomanagement.

Projets	Objectifs et résultats	Illustrations
Phytomanagement : Biodiversité		
Année : 2018 – en cours Pollutions : ETM, HAP, HCT [Zn/Pb/Cu] = 4000 ppm à 6000 ppm [HCT] = 1000 ppm [HAP] = 360 ppm Client : Métropole du Grand Nancy Partenaires : EODD, GISFI tech	Mise en œuvre d'une gamme de procédés de phytomanagement , intégrés aux aménagements paysagers destinés à favoriser la biodiversité et plus largement soutenir un ensemble de services écosystémiques Etude de faisabilité – protocoles potentiels à mettre en œuvre	
Phytomanagement : Production de biomasse sur friches contaminées		
Année : 2020 Polluants : ETM, HAP, HCT Client : EPFGE	Projet Agrobiopôle du plateau de Frescaty (Metz) Etude de faisabilité de gestion des terres incompatibles avec le maraichage par phytomanagement Production de biomasse énergie	
Année : 2020 Polluants : ETM, HCT, HAP, Cyanures Client : DUFERCO (Belgique)	Valorisation d'une friche industrielle pour la production de biomasse à vocation énergétique sur sols contaminés. Objectif de stabilisation des polluants et de mise en sécurité du site. Etude de faisabilité + essai pilote avec Miscanthus	

Projets	Objectifs et résultats	Illustrations
Phytomanagement : Dégradation des polluants		
<p>Année : 2017 – en cours Polluants : nitrates et ammonium [NO3] = jusqu'à 3500 ppm [NH4] = 890 ppm Client : RETIA Partenaire : AECOM</p>	<p>Essais en laboratoire de refonctionnalisation de terres contaminées, bilan azoté (évaluation de la rhizodégradation, qualité des eaux de lixiviation, et exportation par les biomasses)</p> <p>Validation de la faisabilité de traitement (89% d'abattement)</p> <p>Rédaction du protocole d'essais terrain</p>	
<p>Année : 2017 Polluants : HCT (jusqu'à 35 000 ppm) Client : Vermillon Partenaire : Antea Group</p>	<p>Couple bioremédiation / rhizodégradation de terres polluées aux HCT</p> <p>Etude de faisabilité, essais au laboratoire et protocole d'essais in situ</p> <p>Jusqu'à 90% d'abattement des HCT C10-C30</p>	
<p>Année : 2016 - en cours Polluants : HCT [HCT] = 20 000 ppm Client : Industriel papetier</p>	<p>5 ha de lagune industrielle stockant des effluents contaminés jusqu'à 1 m d'épaisseur - De l'étude de faisabilité aux essais labo puis pilotes in situ, et application sur la totalité du site.</p> <p>90% d'abattement des HCT en surface et 75% en profondeur</p>	
Phytomanagement : Stabilisation des polluants		
<p>Année : 2019-2020 Polluants : As, Pb [As] = 1450 ppm [Pb] = 30800 ppm Client : BRGM</p>	<p>Phytostabilisation de stériles minier (terrils, ravines et bassins sur 2 ha)</p> <p>Etude de faisabilité, essais au laboratoire de refonctionnalisation des résidus miniers, sélection d'espèces métallocoles</p> <p>Résultats : stabilisation mécanique des résidus miniers par enracinement, production de biomasses végétales denses</p>	
<p>Année : 2016 – en cours Polluants : ETM, HCT [Zn] = 1000 – 6000 ppm; [Pb] = 500 – 4000 ppm Client : Industriel de la sidérurgie Partenaire : 3C</p>	<p>Mise en sécurité de bassins à boues sidérurgiques. Création de technosols fonctionnels végétalisables.</p> <p>Etude de faisabilité, diagnostic agro-environnemental, formulation de technosols fonctionnels, essais au laboratoire, assistance à maîtrise d'ouvrage, suivi de la végétation et de la qualité des eaux souterraines</p>	

4. Conclusions

Le phytomanagement est un mode de gestion des terres polluées et des friches urbaines et industrielles qui intéresse de plus en plus d'aménageurs. Il permet de considérer les sols de friches en tant que ressources potentielles, et non comme déchets. La mise en œuvre du phytomanagement nécessite une expertise interdisciplinaire, allant du génie pédologique au génie du végétal et à la gestion des SSP et sa réglementation spécifique, pour améliorer les fonctions des sols dégradés et/ou pollués des friches, augmenter les services écosystémiques rendus par ces sols et répondre aux obligations réglementaires.

Références

BERT, Valerie, DOUAY, Francis et FAURE, Olivier, 2017. *Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués (Nouveaux résultats de recherche et démonstration)*. ADEME. ISBN 979-10-297-0786-5.

COLOMBANO, Stefan, BATAILLARD, Philippe, SÉRÉ, Geoffroy, MOREL, Jean-Louis et ROUVREAU, Laurent, 2014. Le sol en contexte de sites pollués. 1. Connaissance et remédiation. *Géosciences*. 1 juillet 2014. N° 18, pp. 56-61.

CUNNINGHAM, BERTI et HUANG, 1995. Phytoremediation of contaminated soils. *Trends in Biotechnology*. 1995. Vol. 13, n° 9, pp. 393-397.

MOREL, Jean-Louis, 2012. Phytoremédiation des sols contaminés : des plantes pour guérir les sols. In : *Chimie et nature*. Maison de la Chimie. 2012. pp. 29.

Titre : Résilience des territoires : vers une approche intégrative de la transformation des friches.

Samia Sedir^{1, 2}

Université Grenoble-Alpes, INRAE, CNRS, Grenoble INP, GAEL, 38000 Grenoble, France;
Université Paris-Saclay, CNRS, AgroParisTech, Ecologie Systématique et Evolution, 91405, Orsay, France.

Résumé :

La remobilisation des espaces en friches s'est principalement faite en s'appuyant sur des valeurs foncières marchandes, qui ont contribué à pérenniser dans certaines conditions et territoires le statut de friche de ces espaces. L'absence d'une rentabilité économique ou financière du bien dans les cycles courts de l'aménagement ayant conduit à son inutilisation et au désintéressement des acteurs du territoire. Cependant, la dépendance des humains à l'égard des systèmes naturels, rend essentiel de comprendre comment la réutilisation et gestion des friches pourraient affecter la capacité des écosystèmes à évoluer et à répondre durablement aux besoins des sociétés. Par ailleurs, les effets potentiels et/ou avérés du changement global sur la biosphère interrogent la résilience des territoires à des échelles locales. En effet, les territoires sont les arènes où se matérialisent des effets souvent combinés de la mondialisation et de la globalisation des marchés, de l'urbanisation croissante, de la métropolisation, de la désindustrialisation, des atteintes à l'environnement, et des effets déjà perceptibles du changement climatique. De plus, tous les territoires ne sont pas égaux face au changement global, leur capacité de résilience n'étant pas les mêmes pour tous les acteurs et les écosystèmes.

Notre objectif alors, est de proposer une nouvelle approche interdisciplinaire, pour encadrer la transformation des friches au sein des territoires, en s'appuyant sur une perspective de système socio-écologique interconnecté et dynamique, qui reconnaît l'interdépendance des objectifs de développement économique, de développement social et des impératifs écologiques.

Nous présentons alors, un cadre conceptuel qui vise à analyser de manière intégrative, les situations de friches et mobiliser ces sites délaissés, comme des espaces d'ajustement des territoires, dans un contexte de changements accélérés et intensifiés, qui transcendent les échelles spatiales, temporelles et institutionnelles. Cette approche permet entre autres, la création de valeurs diversifiées par la réutilisation sociale et économique et par la restauration écologique des sols et des écosystèmes. Dans ce sens, le réaménagement des friches peut être planifié dans une optique de mise en œuvre de stratégies d'adaptation, voire de transformation sociale et écologique des territoires.

Mots-clés : friches; sol; systèmes socio-écologiques; changement global; cadre conceptuel intégratif; résilience; territoire.

*Ces résultats émanent d'une thèse en sciences économiques et écologiques, en cours sur le devenir des friches à l'échelle des territoires en France, intitulée : **Évaluation des interrelations entre acteurs économiques et écosystèmes : mise en évidence de cadres d'actions à l'échelle des socio-écosystèmes.***



+ 1200

analyses différentes

physico-chimiques,
microbiologiques,
toxicologiques
et écotoxicologiques



Eau



Sols, sédiments et roches



Déchets



Emissions de déchets



Hygiène du travail



MERIEUX
NutriSciences

www.merieuxnutrisciences.com/eu