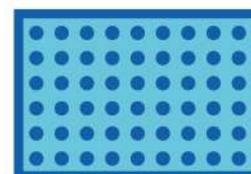
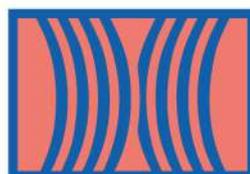


## COMMUNICATIONS ORALES

# 5<sup>e</sup> RENCONTRES NATIONALES

de la Recherche sur  
les sites et sols pollués

**04 et 05 février 2025 - Paris**



### Recueil des résumés

ATELIER 6A : Enjeux  
environnementaux et sanitaires  
de la requalification des friches à  
risque de pollution

En partenariat avec :



# Atelier 6A

---

## Enjeux environnementaux et sanitaires de la requalification des friches à risque de pollution

[Prise en compte des fonciers dégradés dans une échelle territoriale]

### Phytostabilisation des haldes miniers par la flore indigène 3

Ancien site minier des Avinières

### Quels besoins de refunctionalisation des sols urbains pour développer l'agriculture de proximité ? 8

Approche de la Métropole Européenne de Lille

### Potagers urbains et amendements 14

Gestion et challenges environnementaux et sanitaires

# Phytostabilisation des haldes miniers par la flore indigène

## Ancien site minier des Avinières

**Souhir SOUSSOU**

Fertil'Innov Environnement ; 460 Rue Louis Pasteur ; 34790 Grabels.

\* s.soussou@fertilinnov-environnement.com

## Résumé

L'ADEME, suivant les prescriptions de l'arrêté préfectoral de travaux d'office n°2016-01-001 du 11 janvier 2016, a été mandatée pour réaliser des travaux de mise en sécurité de l'ancienne mine de Saint Laurent Le Minier visant en particulier à la réduction de l'émission de poussières impactant les riverains par le déploiement de techniques de végétalisation de la verse de stériles des Avinières.

Ainsi les grandes étapes de cette mise en sécurité consistaient en :

- Un reprofilage des haldes par terrassement, y compris la stabilisation des deux ravines,
- La fermeture des entrées de galeries minières existantes,
- La création des accès et des ouvrages de gestion des eaux (réseau de pistes, circulation de l'eau favorisant l'arrosage et limitant l'érosion),
- La mise en œuvre d'un programme de phytostabilisation,
- L'installation d'un système d'arrosage des plantations (y compris les réserves d'eau nécessaires pendant l'été).

Une des spécificités de cette opération consistait en la mise en place d'une technique innovante de phytostabilisation des haldes à l'aide des espèces métallophiles du site.

## Introduction

L'Hérault est le témoin d'une activité minière plurimillénaire, comme en témoignent les mines de cuivre de Pioch Farrus à Cabrières, exploitées dès 3000 ans avant J.-C. (Néolithique). Cette tradition minière ancienne est largement documentée par des travaux soulignant l'importance historique et archéologique de la région (Ambert, P., et al., 1987 ; Espérou, J.-L., 1992). L'exploitation intensive des gisements de minerais métallifères au XIXe et XXe siècles dans le sud de la France a généré d'importantes quantités de stériles et de résidus à fortes teneurs en métaux lourds extrêmement toxiques. Les anciens sites miniers sont ainsi devenus des « hot spots » de pollution métallique, pour la plupart situés en amont de cours d'eau.

La restauration et la réhabilitation de ces sites par des méthodes physico-chimiques avec l'appui de techniques classiques de génie civil sont à la fois très délicates et extrêmement coûteuses (Berti & Cunningham 2000). Une alternative plus respectueuse de l'environnement consiste à associer des stratégies de génie civil et de génie écologique afin de créer une couverture végétale durable capable de prévenir l'érosion des sols (Jacquemin et al., 2006).

Plusieurs études ont montré que le succès de la végétalisation sur ce type de site est favorisé par l'utilisation de plantes autochtones car elles sont les mieux adaptées aux conditions locales (Joshi et al. 2001 ; Hufford & Mazer 2003 ; Frérot et al., 2006 ; Soussou et al., 2013, ANR SyMetal, 2010 - 2015). Afin d'éviter l'intégration des métaux dans la chaîne alimentaire, la phytostabilisation implique cependant que les végétaux choisis ne soient

pas hyperaccumulateurs (Angle & Linacre, 2005). De plus, le développement d'un couvert végétal doit intégrer le très faible niveau de fertilité des sols en place (Frérot et al., 2006). De fait, la prise en compte de l'ensemble de ces contraintes nécessite la réalisation d'études en amont de la mise en œuvre des opérations de réaménagement.

Le site des Avinières est situé dans le district minier des Malines dans la région de Saint-Laurent-le-Minier (Gard), à une quarantaine de kilomètres au nord de Montpellier (Figure 1). Ce district a constitué la plus importante zone d'exploitation de plomb et zinc de France conduisant à l'essor de l'activité minière et industrielle sur la commune à la fin du XIX<sup>e</sup> et au XX<sup>e</sup> siècle. La zone des Avinières, qui surplombe la rive gauche de la vallée de la Vis, a été exploitée de 1875 à 1914, principalement à ciel ouvert. L'exploitation a aussi été en partie réalisée en souterrain, le long de petites galeries suivant les axes de minéralisation et le réseau karstique où le minerai était présent en remplissage de ces cavités. Les stériles d'exploitation étaient poussés en bordure des niveaux et déversés à flanc de coteau (Figure 2).

Le hameau de la Papeterie, situé en rive droite de la Vis, en face des Avinières, a été le siège d'activités industrielles qui ont perduré, au-delà de l'arrêt de la mine, jusque dans les années 1950. Fours de calcination et de grillage, laveries et usines de flottation se sont ainsi installés pour traiter le minerai exploité dans d'autres mines de la commune. Cette activité industrielle a conduit à la formation de dépôts de résidus contaminés dans l'environnement du site des Avinières et du hameau de la Papeterie, notamment de cinq bassins situés en bord de Vis, et contenant 40 000 m<sup>3</sup> de résidus de traitement du minerai dont les teneurs vont de 1 à 5 % en plomb et 4 à 13 % en zinc.

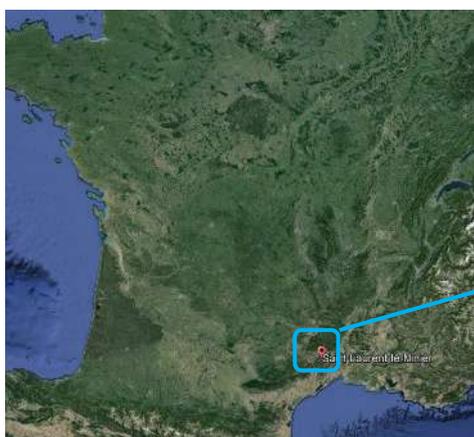


Figure 1 : Localisation du site.



Figure 2 : Vue aérienne du site avant travaux de réhabilitation

Les premiers travaux de diagnostic et d'état des lieux des sols de la commune et la prise de conscience du caractère contaminé de l'ancien site minier et industriel des Avinières et de la Papeterie ont lieu dans le courant des années 2000.

En 2011, la préfecture du Gard mandate l'ADEME par arrêté pour poursuivre les études dans le cadre de sa mission de gestion des sites pollués à responsables défaillants. Un plan de gestion est alors élaboré par les bureaux d'études TESORA et EAUGEO, mettant en évidence les enjeux sanitaires du site et les voies d'exposition, et proposant différentes solutions de mise en sécurité. Il est ressorti de cette étude que les riverains du hameau de la Papeterie subissaient une exposition aux métaux (plomb et zinc principalement, mais aussi cadmium et arsenic) par les envols de poussières issues des haldes des Avinières et des bassins de résidus, situés dans un rayon de 500 m.

L'autre voie de contamination de l'environnement est l'érosion intense subie par les haldes lors des événements pluvieux cévenols qui entraîne vers la Vis d'importantes quantités de stériles riches en métaux.

Par arrêté préfectoral de travaux d'office n° 2019-04-010 du 8 avril 2019, l'ADEME a donc été mandatée pour conduire la mise en sécurité du site des Avinières. Les travaux ont consisté, entre autres opérations, à la végétalisation de la verse de stériles des Avinières afin de réduire l'émission de poussières chargées en Eléments Traces Métalliques (ETMs) et notamment en plomb qui présente un danger pour la population habitant en contrebas.

# Matériel et méthodes

L'opération de réhabilitation engagée sur le site des Avinières s'inscrit dans la durée et comprend plusieurs étapes :

- Contrôle et amélioration de la qualité du substrat minier : Outre la forte charge en ETMs (5 % de plomb, 10 % de zinc), le substrat a une faible teneur en matière organique et en éléments majeurs indispensables à la croissance des plantes. Une stratégie particulière a été développée pour apporter des amendements à fortes teneurs en composés organiques.
- Essais en laboratoire : Des semences de toutes les espèces autochtones ont été récoltées puis testées en laboratoire afin de déterminer leur niveau de tolérance aux ETMs. Nous avons ainsi identifié 18 espèces végétales adaptées aux conditions du site et de tout un ensemble de microorganismes symbiotiques.
- Essais *in situ* : Avant de procéder à la réhabilitation de l'ancienne mine, des essais *in situ* ont été réalisés afin de confirmer l'efficacité de l'apport de matières organiques et d'optimiser l'association des différentes espèces végétales et microbiennes permettant de couvrir rapidement les stériles miniers.
- Mise en place d'une pépinière *in situ* pour multiplier les espèces autochtones : Le but était de produire des semences en quantités suffisantes pour phytostabiliser la verse à stériles des Avinières.
- Travaux de terrassement du site : l'objectif de ces travaux était de couvrir les fortes pentes des haldes afin d'améliorer leur stabilité, de limiter l'érosion de surface et de favoriser la reprise de la végétation. Les travaux de terrassement ont été réalisés en déblais-remblais équilibrés par zone, avec de petits engins mécanisés, et sous brumisation continue afin de prévenir l'émission de poussières.
- Un suivi environnemental de l'air et de l'eau a été également réalisé pendant les travaux, afin de vérifier l'absence d'impact des travaux sur l'environnement.
- Amendement du substrat : pour garantir le bon développement de la végétation, un amendement organique à base de compost de déchets verts a été apporté. Une attention particulière a été accordée aux quantités de compost et à l'homogénéité de l'incorporation du compost dans les 30 premiers centimètres du substrat minier à travers la réalisation de contrôles spécifiques et réguliers du substrat après préparation. Des géofiliés en fibres de coco ont par la suite été agrafés sur les talus pour favoriser l'accroche des semences.
- Mise en place du système d'irrigation : afin de garantir la germination et le développement correct des plantes autochtones durant les premières années, il a été nécessaire de mettre en place un système d'irrigation. Les apports d'eau ont été programmés pour favoriser le développement du système racinaire des plantes en profondeur.
- Travaux de végétalisation : le semis final des plantes autochtones a été effectué par semis hydraulique.
- Pour l'ensemble des étapes, un suivi de l'air et de l'eau est réalisé afin de vérifier l'impact des travaux sur l'environnement.

## Résultats et discussion

- Essais en laboratoire : Sur les 18 espèces végétales testées, 10 ont été retenues pour la phytostabilisation du site dont 3 espèces appartenant à la famille de légumineuses. Les espèces hyperaccumulatrices ont été écartées afin de préserver la chaîne alimentaire.
- Essais *in situ* : les essais sur site ont montré que seules les espèces autochtones sont capables de se développer sur le substrat des Avinières.
- Pépinière de multiplication des espèces autochtones : La mise en place rigoureuse de la pépinière et le suivi constant ont conduit à une production de semences dès la première année et cette production a été constante sur les trois années d'entretien de la pépinière. Une réserve de 174 kg de semence a été obtenue.
- Travaux de terrassement du site : Les travaux ont permis d'abaisser les pentes et d'incorporer les amendements sur 30 centimètres de profondeur. De plus, un réseau de gestion des eaux a été créé afin de canaliser les eaux de ruissellement et de les drainer vers l'aval du site. Les ouvrages qui ont été mis en

œuvre sont volontairement robustes, dimensionné pour des pluies de temps retour important et nécessitent peu d'entretien sur la durée.

- Traitement des zones ravinées par fascines : sur certaines zones des haldes ravinées et difficiles d'accès, les travaux de terrassement n'ont pas été possibles. Il a donc été décidé de traiter ces zones par la mise en place de fascines. Cette technique de génie végétal basée sur la mise en place de fagots de branches inertes a permis de créer des micro-terrasses dans les pentes et a favorisé le développement de la végétation en la protégeant de l'érosion.
- Les géofilets en fibres de coco ont favorisé une meilleure accroche des semences et ont protégé les jeunes plantules.
- Reprise de la végétation : un taux de recouvrement dépassant les 65 % a été obtenu 1 an après les semis (Figure 3).
- Un inventaire chiroptérologique a été également réalisé sur le site sur une année complète afin d'évaluer l'intérêt des galeries pour les chiroptères tout au long de leur cycle biologique. Les résultats de cet inventaire ont mis en évidence que les galeries étaient fréquentées par deux types de chiroptères : le petit rhinolophe et le grand rhinolophe. Des solutions de mise en sécurité permettant de préserver l'accès aux gîtes pour les chiroptères ont donc été mises en œuvre.

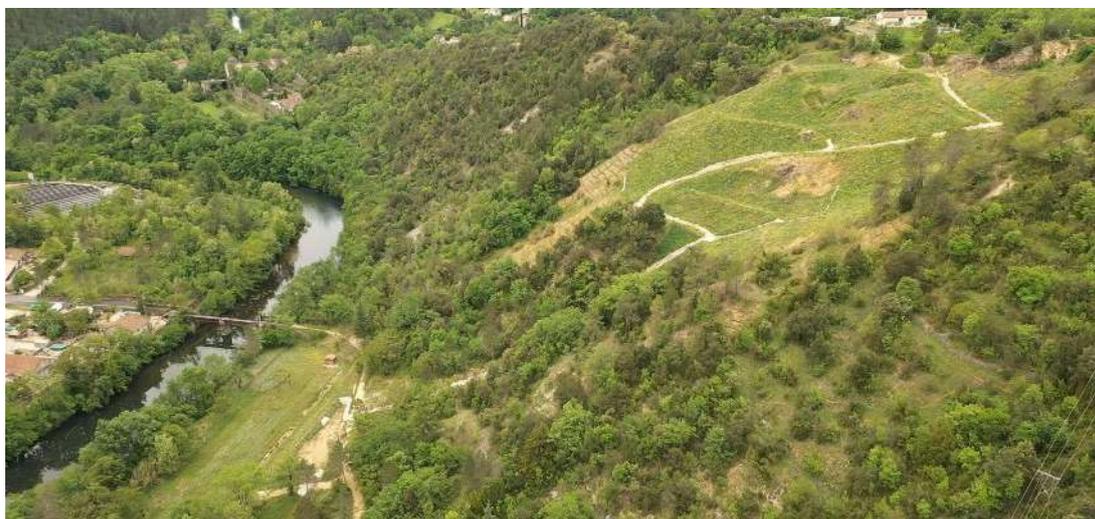


Figure 3 : Site des Avinières 1 an après phytostabilisation (photo prise par drone, *Techdrone*)

## Conclusions et perspectives

En conclusion, les travaux de phytostabilisation des Avinières constituent une démarche innovante qui a permis d'obtenir, deux ans après le semis, une couverture végétale dense permettant de réduire efficacement les phénomènes d'érosion hydrique et éolienne des stériles miniers de la verse des Avinières.

Un suivi de la zone végétalisée sera effectué jusqu'en 2026 afin de contrôler l'implantation de la végétation et éventuellement d'apporter les corrections nécessaires pour le bon développement de la couverture végétale.

## Références

- Ambert, P., Guendon, J.-L., & Martin, H., 1987. "Les mines de cuivre préhistoriques de Cabrières (Hérault)". *Bulletin de la Société préhistorique française*, 84(7) : 193-202.
- Angle, J. S., Linacre, N.A., 2005. Metal phytoextraction - A survey of potential risks. *International-Journal-of-Phytoremediation* 7:241-254.
- ANR SyMetal, 2010-2015. Rhizostabilisation de déblais miniers à fortes teneurs en métaux par des plantes METALLICOLES associées à leurs microorganismes SYMBIOTIQUES
- Berti, W R., Cunningham, S D., 2000. Phytostabilization of metals. In *Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean-up the environment*, Eds I Raskin and B D Ensley. pp 71-88. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Espérou, J.-L., 1992. "Les anciennes mines de cuivre du département de l'Hérault : Étude et perspectives". *Archéologie en Languedoc*, 16 : 45-58.
- Frérot, H., Lefèbvre, C., Gruber, W., Collin, C., Dos Santos, A., Escarré, J., 2006. Specific interactions between local metallicolous plants improve the phytostabilization of mine soils. *Plant and Soil* 282: 53-65.
- Hong, SM., Candelone, JP., Soutif, M., Boutron, CF., 1996. A reconstruction of changes in copper production and copper emissions to the atmosphere during the past 7000 years. *Science of the Total Environment*, 188:183-193.
- Hufford, K. M., & S. J. Mazer., 2003. Plant ecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. *Trends-in-Ecology-and-Evolution* 18:147-155.
- Jacquemin, P., Arguillat M., Tuphé R., Le Guen S., Boisson J., Pottecher G., Ruttens A., Vangronsveld J., Saunal B., 2006. Une combinaison du confinement des déchets et de la phytostabilisation des sols. *Travaux* 831 : 56-66
- Joshi, J., Schmid, B., Caldeira, M. C., Dimitrakopoulos, P. G., Good, J., Harris, R., Hector A., Huss Danell K., Jumpponen A., Minns A., Mulder C. P. H., Pereira J. S., Prinz A., Scherer Lorenzen M., Terry A. C., Troumbis A. Y., Lawton, J. H., 2001. Local adaptation enhances performance of common plant species. *Ecology Letters* 4:536-544.
- Soussou, S., Mahieu, S., Brunel, B., Escarré, J., Lebrun, M., Banni, M., Boussetta, H., Cleyet-Marel, JC., 2013. Zinc accumulation patterns in four *Anthyllis vulneraria* subspecies supplemented with mineral nitrogen or grown in the presence of their symbiotic bacteria. *Plant and Soil* 371: 423-434

## Remerciements

La mairie de Saint-Laurent-le-Minier, est propriétaire d'une partie des terrains concernés par les travaux de mise en sécurité. Elle est régulièrement informée de l'avancée des opérations et donne les autorisations sur les aspects relevant de son autorité.

Nous tenons à remercier l'ensemble des partenaires qui ont veillé au bon déroulement des travaux.

Sous la Maîtrise d'Ouvrage de l'ADEME (coordination des travaux assurée par Patrick JACQUEMIN et suivi post-travaux par Pierre VIGNAUD), plusieurs acteurs ont collaboré à ce projet. La conception et le suivi des travaux (Maîtrise d'Œuvre) ont été confiés à MICA Environnement, représenté par Pierre ROSSLER, avec l'appui technique des experts de Fertil'Innov Environnement pour la phytostabilisation (Assistant à Maîtrise d'Œuvre).

La réalisation des travaux a été confiée à l'entreprise MTPS et ses sous-traitants ; la surveillance environnementale, à Antea Group ; et enfin, la coordination de la sécurité et de la protection de la santé, à Alpes Contrôle.

Nous souhaitons exprimer nos remerciements à l'ensemble des partenaires qui ont contribué au bon déroulement de ces travaux.

# Quels besoins de refonctionnalisation des sols urbains pour développer l'agriculture de proximité ?

## Approche de la Métropole Européenne de Lille

---

**Anne Barbillon<sup>1,2\*</sup>, Jean-Rémi Mossmann<sup>3</sup>, Samuel Coussy<sup>3</sup>, Philippe Bataillard<sup>3\*</sup>, Jamila Bentrar<sup>4</sup>, Mathieu Beauvillain<sup>5</sup>, Robin Druart<sup>5</sup>, Foucauld Watine<sup>6</sup>, Pierre Destraillleur<sup>6</sup>, Céline Demangeat<sup>7</sup>, Samuel Leuchter<sup>7</sup>, Constance Laloye<sup>8</sup>, Thomas Pommier<sup>8</sup>, François Pigaux<sup>8</sup>, Valentine Ginard<sup>9</sup>, Tanguy Latron<sup>9</sup>**

<sup>1\*</sup>: AgroParistech Innovation, 22, place de l'Agronomie, 91120, PALAISEAU, auteur correspondant :

[anne.barbillon@agroparistech.fr](mailto:anne.barbillon@agroparistech.fr)

<sup>2</sup> : Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS, 22, place de l'Agronomie, 91120, PALAISEAU

<sup>3\*</sup> : BRGM, 3 av. Claude Guillemin - BP 36009 - 45060 ORLÉANS Cedex 2, auteur correspondant : [p.bataillard@brgm.fr](mailto:p.bataillard@brgm.fr)

<sup>4</sup> : Métropole Européenne de Lille, Direction Nature Agriculture et Environnement, 2 boulevard des Cités Unies, CS 70043, 59 040 Lille cedex

<sup>5</sup> : ID VERDE, 1 rue du Port Fluvial – CS 80065 – 59874 WAMBRECHIES CEDEX

<sup>6</sup> : Les Alchimistes 12 place Saint Hubert 59800 Lille

<sup>7</sup> : La Fabrique de l'Emploi, 33 rue George Potié, 59120, Loos

<sup>8</sup> : SETEC Energie Environnement, Immeuble Central Seine – 42-52 Quai de la Rapée -75583 Paris Cedex 12

<sup>9</sup> : Montachet Expertise et Conseil, 37 rue des Trois Mollettes, 59 000 Lille

## Résumé

Le redéveloppement d'une agriculture de proximité en milieu urbain présente de nombreux avantages. Elle crée du lien social, génère des emplois nouveaux et répond à de multiples enjeux environnementaux. Elle ne peut toutefois se faire sans tenir compte des spécificités des sols susceptibles d'accueillir les projets et la présence potentielle d'impacts anthropiques liés aux usages passés. Dans ce contexte, un programme de recherche-action a été élaboré visant la mise en place de parcelles expérimentales au cœur de la ville de Loos (59). Les recherches portent sur la capacité du sol à nourrir l'Homme après remise en fonction et optimisation, et incluent la caractérisation du risque sanitaire en lien avec la présence possible de contaminants.

# Introduction

Territoire en mutation, après un passé fortement marqué par son histoire industrielle, la métropole de Lille (MEL) compte 26 quartiers prioritaires dont 9 inscrits dans le Nouveau Programme National de Renouvellement Urbain [1], soit plus de 90 000 habitants. Ces quartiers sont en cours de transformation et constituent des lieux où se construit la ville de demain, souhaitée plus accueillante pour les populations et plus résiliente face aux changements globaux. Parmi les solutions pour atteindre de tels objectifs, figure le développement de l'agriculture urbaine, appuyé par le dispositif Quartiers Fertiles de la Métropole Européenne de Lille, et qui, par la diversité des lieux et des densités, crée du lien social en proposant de nouveaux services aux habitants, est génératrice d'emplois nouveaux et répond à de multiples enjeux sociaux et environnementaux, incluant l'adaptation au changement climatique.

Ce redéveloppement d'une agriculture de proximité pour le territoire métropolitain ne peut toutefois se faire sans tenir compte des spécificités des sols susceptibles d'accueillir les projets et la présence potentielle d'impacts anthropiques liés aux usages passés. Les questions de la fertilité, au sens large, des sols urbains, et de leur possible contamination en lien avec la présence de sources multiples de polluants en contexte urbain (circulation automobile, cheminées d'usine, dépôt de remblais pollués...) demandent des réponses claires avant de démultiplier les projets.

Dans ce contexte, un programme de recherche-action a été élaboré visant la mise en place de parcelles d'études au cœur de la ville de Loos (59), constituées de sols amendés ou construits à partir de ressources locales (argile et compost). Ces parcelles, mises en culture et aménagées par la Fabrique de l'emploi, une Entreprise à but d'Emplois créée en 2017 dans le cadre du dispositif « Territoire Zéro Chômeurs de Longue Durée », co-portée par la Métropole Européenne de Lille et les villes de Loos (59120) et de Tourcoing (59200), sont des lieux d'activités économiques et citoyennes pour le quartier [2]. La recherche-action vise à résoudre des problèmes concrets en renforçant « les dynamiques d'apprentissage collectives, en rupture avec les approches centrées sur l'encadrement des agriculteurs supposés guidés par la seule rationalité technique » [3] [4]. En pratique, les différents protocoles scientifiques sont amendés et finalement co-construits pour que toutes les parties se sentent pleinement concernées et actrices de l'étude réalisée. La préparation des parcelles d'étude, leur mise en culture, la fourniture des amendements, le suivi de certains paramètres et d'indicateurs de la qualité des sols sont également partagés, y compris avec les riverains intéressés par le projet.

## Matériel et méthodes

Le protocole de recherche porte sur 2 sites d'études dont les premiers diagnostics ont montré de légers dépassements (pour certains ETM et HAP) des valeurs de référence VASAU 1 (Valeurs d'analyse de la Situation d'Agriculture Urbaine) du guide REFUGE, spécifiques ici au contexte de l'ancienne région Nord Pas de Calais [5]. Il est préconisé dans ce cas la réalisation d'une étude d'imprégnation des légumes cultivés couplée à une étude de risque sanitaire.

Une caractérisation indirecte des 4 fonctions des sols dont dépend particulièrement la production agricole, est réalisée pour les 2 sites. Ces fonctions sont les suivantes :

- Stockage, recyclage et transformation de la Matière Organique (MO),
- Rétention et fourniture d'eau et de nutriments aux organismes du sol et aux végétaux,
- Habitat des organismes du sol et contrôle de la biodiversité,
- Support physique stable pour les végétaux.

Les paramètres et indicateurs retenus pour les caractériser sont présentés dans le Tableau 1. Certains sont mesurés et interprétés dans le cadre d'ateliers faisant intervenir les riverains intéressés par le projet.

		Paramètre	Commentaire
Chimie du sol	1	pH	
	2	Paramètres agronomiques	Carbone organique, P "Olsen", azote Kjeldal, rapport C/N
	3	CEC et cations échangeables	Méthode cobaltihexamine - cation échangeables: Ca, Mg, Na, K
	4	Minéralogie	DRX dont argile avec quantification Rietveld
	5	Calcaire total	
	6	Perte de masse entre 60 et 105°C	Argiles minéralogiques gonflantes
	7	Lixiviation (pack ISDI)	Selon norme NF EN 12457-2
	8	Contaminants (contenu total )	8 ETM + 16 HAP + HCT
	9	Contaminants (dans les végétaux)	ETM
	10	Contaminants (dans les végétaux)	Multiresidus HAP
	11	Teneur en éléments majeurs du sol	Si, Al, Fe, Mn, Ca, Na, K, Mg, P, S
Physique du sol	12	Granulométrie 5 fractions	Après décarbonatation et minéralisation MO
	13	Stabilité des agrégats	Méthode Le Bissonnais
	14	Humidité	
	15	Perméabilité	Infiltrométrie
	16	Capacité de rétention en eau	
	17	Densité apparente	Cylindre
Biologie du sol	18	Respirométrie in situ	Respiromètre ECHO (analyse CO <sub>2</sub> )
	19	Tea Bag Index	Turnover du carbone
	20	Biomasse végétale produite	Pesée biomasse humide et sèche
	21	Comptage vers de terre	Protocole moutarde tri manuel ou test bêche
	22	test VESS	Structure du sol
	23	Test de Berlèse	Observation des animaux du sol (macrofaune)
	24	Respirométrie au laboratoire	CO <sub>2</sub>

Tableau 1 : Liste des paramètres de caractérisation et de suivi envisagés dans l'étude.

Un état des lieux initial est établi pour les deux sites. Il permet de cibler les fonctions qui doivent être améliorées sur le long terme et d'orienter la recherche des amendements nécessaires. Une fois amendés, les sols sont mis en culture et suivis pendant deux années en appliquant le programme analytique du Tableau 1.

## Résultats et discussion

L'étude a débuté fin 2023 et les premières plantations ont été effectuées au printemps 2024. Les diagnostics initiaux des sols ont conduit à l'établissement d'un plan expérimental comprenant 4 parcelles de 4 X 7 m chacune, réparties sur 2 sites jusque-là utilisés comme espaces verts sous végétation herbacée.

Les résultats ont confirmé de légers dépassements en As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn et HAP dans les sols par rapport aux sols agricoles locaux.

Sur le plan de la fertilité, les sols de ces sites (horizon 0 – 20 cm) sont des limons fins, légèrement carbonatés, contenant environ 15% d'argiles granulométriques et 5% de matière organique (Tableau 2). Ils présentent un bon potentiel pour la culture maraîchère mais dans l'objectif d'en faire des sols urbains particulièrement résilients, capables de stocker du carbone, des nutriments et de l'eau tout en présentant une bonne capacité d'infiltration, le choix a été fait de les amender avec un matériau argileux en amenant leur teneur en argile à hauteur de 25%. Pour cela, un gisement d'argile a été recherché et identifié à une quinzaine de km du site d'expérimentation (carrière en activité utilisée pour la fabrication de briques) et caractérisé (Tableau 2).

		Paramètres physico-chimiques							
Site - Maille	N*	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	Calcaire total (%)	MO (%)	Résistivité (ohm.cm)	pH eau	CEC (cmol +/-Kg)
CV - P1	3	16 ± 0,3	73 ± 0,3	11 ± 0,5	3 ± 0,4	4,8 ± 0,03	6810 ± 765	7,6 ± 0,05	14,2 ± 0,3
CV - P2	3	16 ± 1	72 ± 2	13 ± 1	3,2 ± 1,7	5,1 ± 0,1	7124 ± 1016	7,7 ± 0,1	14,2 ± 0,4
DG - P1	3	15 ± 1	66 ± 8	19 ± 8	5,9 ± 5,2	5,3 ± 1,7	7814 ± 513	7,8 ± 0,01	12,8 ± 0,6
DG - P2	3	14 ± 0,1	74 ± 1	12 ± 1	1,1 ± 0,9	3,8 ± 0,5	8047 ± 205	7,7 ± 0,1	12,1 ± 0,2
A1	1	59	37	4	0,2	1,0	364	3,3	22,8

Tableau 2 : Résultats d'analyse agronomique des sols initiaux (CV et DG – 2 échantillons composites de l'horizon 0-20 – 3 répétitions) et de l'argile de carrière prévue pour l'amendement (A1) (légende des couleurs : brun clair=valeur faible, brun moyen=valeur satisfaisante, brun foncé=valeur élevée, brun très foncé=valeur excessive).

Le choix des amendements s'est porté sur des matériaux locaux afin de limiter le plus possible l'empreinte carbone de la filière envisagée. Le compost est issu de la collecte et le traitement local des biodéchets par l'entreprise Les Alchimistes, partenaire du projet. Le choix a porté sur du compost non criblé en raison de son coût inférieur, et surtout, en vue de profiter de l'effet macro structurant des morceaux de bois dans le mélange final. La formation argileuse prélevée pour amender les sols contient environ 25% de smectite, 18% de kaolinite, 16% d'illite et 8% de chlorite (DRX réalisée au BRGM). Les argiles stabilisent la matière organique des sols par association de surface, la rendant moins disponible à la biodégradation. Ces associations renforcent le squelette des sols, augmentent sa microporosité et donc sa capacité de rétention en eau et lui confèrent une plus grande réactivité chimique vis-à-vis des nutriments nécessaires à la croissance des plantes. Il est donc attendu une amélioration significative de la fertilité des sols amendés. Chaque site comporte donc deux parcelles : l'une amendée par des argiles et du compost (non criblé), et l'autre recevant uniquement du compost en proportion identique. L'apport de compost a été calculé pour obtenir un ratio  $C_{org}/argiles$  de 1/8, optimal en termes de structure de l'horizon 0-20 cm [6].

L'incorporation des argiles dans le sol est une opération délicate qui a été réalisée en plusieurs étapes. Les argiles, directement issues de la carrière, sont effectivement plastiques, contenant environ 25% d'eau ; il est donc particulièrement difficile de les subdiviser en vue d'obtenir un mélange fin et homogène avec le sol initial et le compost. Elles ont d'abord été déposées en une couche d'environ 10 cm sur le sol à amender, puis recouvertes d'une couche de compost d'épaisseur similaire (Figure 1A). Le tout a ensuite été mélangé à l'aide d'une rotobèche tractée (Figure 1B) avant une homogénéisation et une division des mottes grâce à un motoculteur (Figure 1C).



Figure 1: Illustrations des étapes d'incorporation des amendements dans le sol

Suffisamment prolongée, cette dernière opération permet de subdiviser les mottes d'argile pour leur conférer une taille maximum de quelques cm. Mais il est, pour le moment, difficile de connaître précisément la répartition de tailles de ces mottes au sein du mélange. L'objectif de cette préparation mécanique est de réaliser un mélange à haut potentiel d'agrégation, le plus homogène possible. Ce sont à présent les processus biologiques qui sont attendus pour générer des associations organo-minérales à l'échelle moléculaire. La vitesse à laquelle devraient apparaître ces nouveaux édifices et leur conséquence sur la fonctionnalité des sols amendés constituent deux des questions scientifiques explorées au cours de ce travail.

Les premiers résultats de suivi *in situ* de la respirométrie à l'issue de cette phase d'amendement indiquent que les parcelles avec argiles émettent un peu moins de CO<sub>2</sub> que les parcelles témoin (Figure 2). Ce comportement devra cependant être confirmé dans la durée.

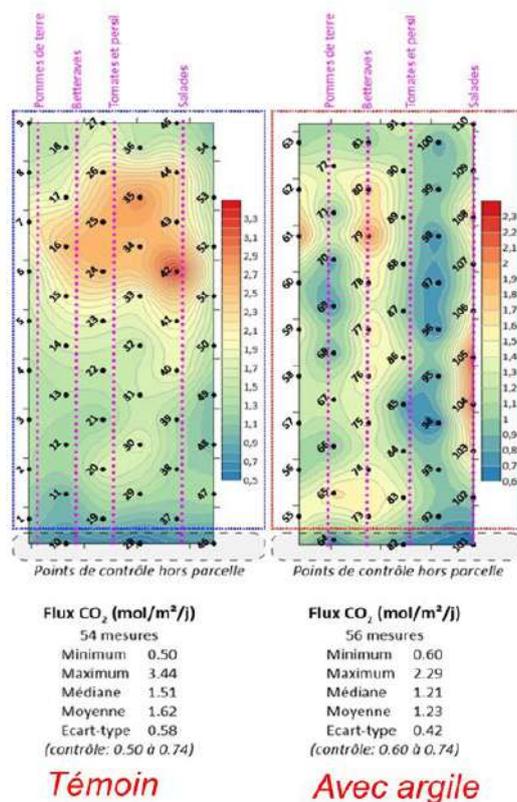


Figure 2: Flux de CO<sub>2</sub> mesurés sur le site « Cantine Verte » (CV) sur la parcelle-témoin et la parcelle amendée avec argile

Les résultats d'analyse des légumes montrent des teneurs en polluants en moyenne inférieures aux valeurs réglementaires pour le Pb et le Cd, sauf pour le Cd dans les tomates ayant poussées sur un mélange compost/argile d'un des deux sites. Ce résultat, légèrement supérieur à la limite retenue, nécessitera d'être précisé ou infirmé lors de la seconde année de cultures. Pour les autres polluants analysés dans les légumes (Cu, Zn, Hg pour tous les légumes, 16 HAP dans les laitues), les résultats confirment leur présence dans les légumes, sans pouvoir à ce stade statuer du risque sanitaire associé. Ce sont les évaluations quantitatives des risques sanitaires, menées en 2025, qui permettront de l'évaluer. Par ailleurs, suite à cette première année d'analyses dans les légumes, quel que soit le polluant et le légume considéré, il n'y a pas de différence notable de teneurs ni entre les deux sites, ni entre les deux modalités de cultures.

## Conclusions et perspectives

Cette étude s'inscrit dans un projet de renouvellement urbain d'envergure aux dimensions sociales, économiques, politiques et environnementales. Les recherches portent sur le sol urbain, objet concret et complexe à travers trois dimensions : sa fonction nourricière, sa capacité à préserver les villes de certains problèmes environnementaux (*inondations, îlots de chaleur, baisse de la biodiversité*) et le potentiel d'emplois et d'activités à créer, utiles aux territoires. D'une part, les données sur le fonctionnement physique, chimique et biologique de ces sols sont en cours d'acquisition et d'autre part, le groupement d'acteurs issu du politique, du milieu de l'entreprise, de l'associatif et de la recherche, poursuit la co-construction des imaginaires de demain pour donner une place ressource aux sols en cœur de villes. Enfin, l'ambition de cette étude visera à comparer l'impact carbone de deux scénarios : l'import classique de terres agricoles excavées à l'extérieur de la MEL vs. la construction de sol à partir de ressources locales.

## Références

- [1] ANRU, 2014, Le Nouveau Programme National de Renouvellement Urbain - <https://www.anru.fr/le-nouveau-programme-national-de-renouvellement-urbain-nprnu>
- [2] Métropole Européenne de Lille - Territoire zéro chômeur de longue durée - <https://www.lillemetropole.fr/territoire-zero-chomeurs>
- [3] Dulcire, Michel, et al. Chapitre 9 - Recherche-action en partenariat et innovation émancipatrice. Innovation et développement dans les systèmes agricoles et alimentaires, édité par Guy Faure et al., Éditions Quæ, 2018, <https://books.openedition.org/quae/25461>.
- [4] Allard-Poesi F. et Perret V. La Recherche-Action. Y. Giordano. Conduire un projet de recherche, une perspective qualitative, EMS, pp. 85-132, 2003. <https://hal.science/hal-01490609>
- [5] AgroParisTech, INRA, 2019, Caractérisation de la contamination des sols urbains destinés à la culture maraîchère et évaluation des risques sanitaires. 59 pages. [https://www.inrae.fr/sites/default/files/guide\\_refuge.pdf](https://www.inrae.fr/sites/default/files/guide_refuge.pdf)
- [6] Johannes et al., 2017, Optimal organic carbon values for soil structure quality of arable soils. Does clay content matter? *Geoderma*, 302, Pages 14-21.

# POTAGERS URBAINS ET AMENDEMENTS

## Gestion et challenges environnementaux et sanitaires

**Aurélie PELFRENE<sup>1\*</sup>, Karen PERRONNET<sup>2</sup>, Valérie BERT<sup>2</sup>, Véronique LAGERON<sup>2</sup>, Géraldine BIDAR<sup>1</sup>,  
Christophe WATERLOT<sup>1</sup>, Elisabeth REMY<sup>3</sup>, Brice LOUVEL<sup>1</sup>, Sébastien DETRICHE<sup>1</sup>, Liliane JEAN-SORO<sup>4,7</sup>,  
Céline PERNIN<sup>1</sup>, Thierry LEBEAU<sup>5,6,7</sup>, René GUENON<sup>7,8</sup>**

<sup>1</sup>Univ. Lille, IMT Nord Europe, Univ. Artois, JUNIA, ULR 4515 – LGCgE, Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement, F-59000 Lille, France, [aurelie.pelfrene@junia.com](mailto:aurelie.pelfrene@junia.com), [geraldine.bidar@junia.com](mailto:geraldine.bidar@junia.com), [christophe.waterlot@junia.com](mailto:christophe.waterlot@junia.com), [brice.louvel@junia.com](mailto:brice.louvel@junia.com), [sebastien.detriches@junia.com](mailto:sebastien.detriches@junia.com), [celine.pernin@univ-lille.fr](mailto:celine.pernin@univ-lille.fr)

<sup>2</sup>Ineris, Unité Impact Sanitaire et Exposition, Direction Sites et Territoires, Parc Technologique Alata, BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte, [karen.perronnet@ineris.fr](mailto:karen.perronnet@ineris.fr), [valerie.bert@ineris.fr](mailto:valerie.bert@ineris.fr), [veronique.lageron@ineris.fr](mailto:veronique.lageron@ineris.fr)

<sup>3</sup>INRAE, UMR SADAPT, Université Paris-Saclay, [elisabeth.remy-inrae@orange.fr](mailto:elisabeth.remy-inrae@orange.fr)

<sup>4</sup>Univ Gustave Eiffel, GERS-LEE, F-44344, Bouguenais, France, [liliane.jean-soro@univ-eiffel.fr](mailto:liliane.jean-soro@univ-eiffel.fr)

<sup>5</sup>LPG-UMR 6112 CNRS-Université de Nantes-Université d'Angers, 2 rue de la Houssinière, F-44322 Nantes Cedex, France

<sup>6</sup>OSUNA, 2 rue de la Houssinière, F-44322 Nantes cedex 3, France

<sup>7</sup>IRSTV-FR CNRS 2488, Ecole Centrale de Nantes, 1 rue de la Noë, BP 92101, F-44321 Nantes, France

<sup>8</sup>EPHOr, Agrocampus Ouest Campus d'Angers, 2 rue Le Nôtre, F-49045 Angers cedex, France

## Résumé

L'étude visait à évaluer l'intérêt d'amendements organiques et minéraux pour gérer des sols de potagers urbains présentant des contaminations géogènes et/ou anthropiques. Il s'agissait plus spécifiquement d'évaluer le potentiel de ces amendements pour réduire de façon durable la phytodisponibilité des éléments en trace ainsi que l'exposition des jardiniers et de leur famille via l'ingestion de particules de terre ou de légumes autoproduits et les risques sanitaires associés. Pour déterminer l'intérêt global de l'utilisation des 10 amendements testés, leur impact a été évalué sur des aspects environnementaux, agronomiques et d'exposition humaine. L'étude, réalisée sur trois jardins urbains, a montré que chaque situation est unique et qu'une étude spécifique, de l'expérimentation en pots jusqu'au sol en place, est nécessaire afin de sélectionner un amendement adéquat au contexte pédo-géo-climatique du jardin. Cette démarche a été plutôt concluante avec l'apport de compost pour le site présentant principalement une contamination en As et Pb d'origine géogène, mais reste toutefois limitée car n'entraînant pas de réel bénéfice quant à la réduction des expositions et des risques sanitaires pour le jardinier. La démarche d'apporter un ou des amendements sur un site n'est pas opérationnelle pour l'instant et lorsqu'elle est mise en œuvre, elle doit être réfléchie au cas par cas et selon un programme de surveillance de la qualité des végétaux sur plusieurs années.

# Introduction

Le besoin de nature en ville, l'engouement pour le manger sain et le contexte socio-économique difficile ont conduit à sortir le jardinage de la désuétude [1]. Ceci concerne tant les jardins privatifs, le plus souvent attenants aux habitations, que les jardins collectifs. Il est fréquent d'observer ces derniers sur des délaissés urbains, le long d'axes routiers ou ferroviaires, à proximité de sites industriels en activité ou non, ou même sur d'anciennes friches industrielles ou urbaines. Or d'une façon générale, les sols urbains sont des milieux complexes, souvent très hétérogènes et qui peuvent, en fonction de leur histoire et/ou de leur environnement, présenter des qualités agronomiques médiocres et contenir des contaminants d'origines diverses et à des concentrations variables. Outre une contamination géogène, la contamination des sols peut en effet résulter de rejets passés et/ou actuels qu'ils soient d'origine industrielle ou urbaine, ou encore de différentes pratiques culturelles des jardiniers. Si les sols de potagers, support de biomasses végétales et de biodiversité, représentent des valeurs foncières, agronomiques, patrimoniales et souvent affectives, les connaissances sur leur degré de contamination, leur qualité bio-physico-chimique, leur impact sur la qualité des légumes autoproduits et consommés restent encore insuffisantes et ceci, quel que soit le statut des potagers. Or, compte tenu des transferts de contaminants dans la chaîne alimentaire, des risques sanitaires liés à la consommation de denrées ne peuvent être écartés.

Parmi les techniques pouvant influencer sur le comportement des polluants, notamment métalliques, dans les sols, l'apport de produits naturels ou synthétiques constitue une alternative au remplacement des sols contaminés et vise à réduire la mobilité, la biodisponibilité et plus particulièrement la phytodisponibilité des éléments en trace (ET) [2]. Ainsi, l'usage d'amendements organiques et/ou inorganiques est présenté dans la littérature comme une technique prometteuse. Les études concernant l'évaluation des effets des amendements sur le comportement des ET dans les sols de potagers sont toutefois peu nombreuses. En modifiant les paramètres physico-chimiques des sols, ces amendements peuvent influencer sur les activités biologiques des sols, la spéciation des ET et réduire *in fine* la disponibilité environnementale et la biodisponibilité de ces derniers.

Le recours aux amendements comme méthode de gestion de sols de potagers contaminés reste encore assez peu étudié et en particulier dans des conditions *in situ*.

La présente étude avait pour objectif de traiter l'ensemble de la chaîne depuis l'expérimentation jusqu'à l'aide à la décision pour des végétaux de potagers destinés à la consommation humaine. L'enjeu était d'étudier l'intérêt d'amendements, notamment de composts autoproduits et d'amendements minéraux, pour gérer des sols de potagers urbains présentant des contaminations métalliques géogènes et/ou anthropiques ne remettant pas en cause l'usage des jardins potagers.

## Matériel et méthodes

Dans l'objectif d'étudier l'intérêt d'amendements organiques et minéraux pour gérer des sols de potagers urbains contaminés en ET et face à la diversité des produits identifiés dans la littérature comme efficace pour réduire la (bio)disponibilité environnementale et/ou toxicologique, des expérimentations *ex situ* en milieu semi-contrôlé ont été réalisées en vue de réduire *in fine* le nombre d'amendements à tester *in situ*. Ces expérimentations *ex situ*, réalisées en 2 temps, ont porté sur 3 terres présentant des contextes géo-pédo-climatiques différents (une terre provenant d'une parcelle d'un jardin collectif à Nantes, une terre provenant d'un jardin privé à Evin-Malmaison et une terre provenant d'une parcelle d'un ancien jardin collectif à Lille) :

- 15 modalités testées (dont 1 témoin non amendé) en expérimentation 1 pour évaluer les amendements sur la disponibilité des ET au regard de deux extractants chimiques :  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  permettant de simuler une extraction (mobilité) des ET à court terme et EDTA pour simuler leur extraction par les plantes à long terme [3] ;
- 7 modalités testées (dont 1 témoin non amendé) en expérimentation 2 pour étudier plus spécifiquement la réponse d'un modèle végétal (la laitue).

Dans le cadre de ces expérimentations *ex situ*, les effets des amendements ont été évalués sur les paramètres physico-chimiques et biologiques, sur la disponibilité environnementale (extractions chimiques), sur la potentialité agronomique des sols déterminée par la biomasse végétale et sur l'exposition humaine au regard de l'accumulation des ET dans la laitue ainsi que la bioaccessibilité orale des ET en lien avec l'ingestion de particules de terre.

Pour déterminer l'intérêt global de l'utilisation de certains amendements en conditions *in situ*, un système de scores a été établi pour prendre en compte l'impact des amendements sur ces aspects (environnemental, agronomique et exposition humaine). Ces scores ont donc été utilisés comme un outil d'aide à la sélection des amendements testés *in situ* sur trois jardins et sur lesquels 5 légumes ont été cultivés (radis, carotte, pomme de terre, laitue et tomate). Les expérimentations *in situ* ont été complétées par une évaluation des risques sanitaires associés à la pratique du jardinage et la consommation de légumes auto-produits, et pour laquelle un scénario « générique » commun a été décliné sur les 3 jardins au moyen du logiciel multimédia MODUL'ERS, développé par l'Ineris.

## Résultats et discussion

Au regard des résultats obtenus à l'issue de l'expérimentation *ex situ*, le bilan suivant a été fait et est illustré en Figure 1 :

- pour la terre du jardin de Nantes (avec des concentrations totales géogènes de 32 mg/kg en As, 238 mg/kg en Pb et 77 mg/kg en Zn), les amendements de compost seul ou en mélange avec la zéolite, le terreau de semis et la fleur de chaux sont globalement efficaces, le compost ayant obtenu le score le plus élevé en raison de son efficacité pour réduire la disponibilité de Pb, Zn et As ;
- pour la terre du jardin d'Evin-Malmaison (avec des concentrations totales de 6,3 mg/kg en Cd, 264 mg/kg en Pb et 337 mg/kg en Zn), le compost seul ou en mélange avec la zéolite et la fleur de chaux sont globalement efficaces, la fleur de chaux obtenant le score le plus élevé en raison de sa capacité à réduire la disponibilité de Cd, Pb et Zn ;
- pour la terre du jardin de Lille (avec des concentrations totales de 384 mg/kg en Pb et 399 mg/kg en Zn), tous les amendements testés semblent efficaces. Le compost mélangé à la zéolite a obtenu le meilleur score grâce à ses capacités à réduire la disponibilité de Pb et Zn ; la poudre d'os présente un intérêt également.

Ces résultats ont permis de choisir les amendements suivants pour les expérimentations *in situ* (en complément d'un témoin non amendé) :

- pour le jardin de Nantes : compost, fleur de chaux, terreau de semis ;
- pour le jardin d'Evin-Malmaison : fleur de chaux ;
- pour le jardin de Lille : compost seul et en mélange avec la zéolite, poudre d'os, fleur de chaux.

D'une manière générale, l'apport d'amendements a permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- aucune diminution des concentrations en Cd (carotte, radis, tomate et pomme de terre sur Evin-Malmaison) et en Pb (carotte sur Lille et Evin-Malmaison) qui étaient supérieures aux teneurs maximales autorisées dans les denrées alimentaires commercialisées sur le marché européen ; une augmentation du transfert des ET (notamment As et Pb sur Nantes) avec l'ajout du terreau de semis et dans une moindre mesure avec la fleur de chaux ;
- absence d'effets notables sur la bioaccessibilité orale des ET dans les sols ;
- absence de réduction significative des indices de risques sanitaires globaux ; et même une augmentation significative des indices de risques sanitaires globaux avec l'apport de fleur de chaux sur le site d'Evin-Malmaison (Quotient de Danger du Cd) et l'apport de terreau de semis sur Nantes (Excès de Risques Individuel de l'As).

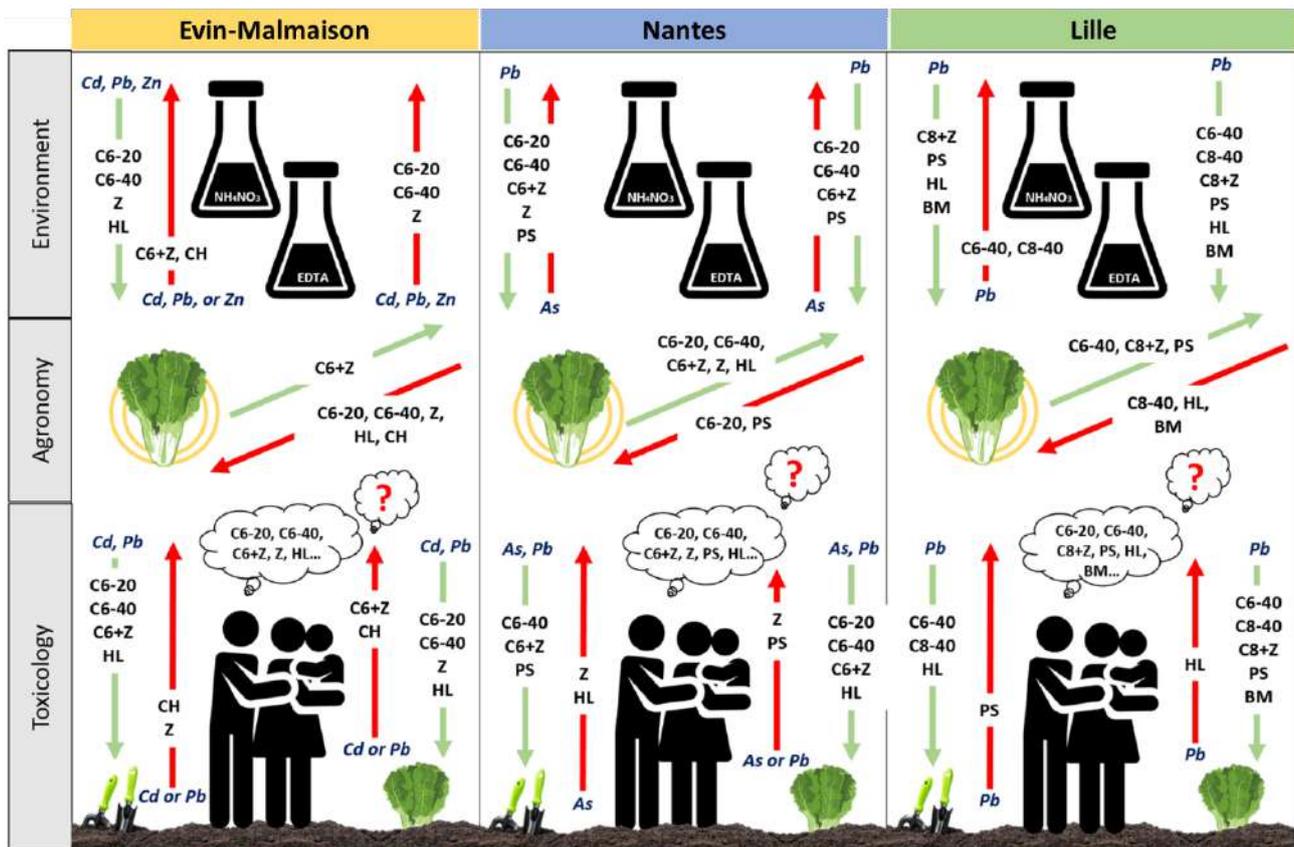


Figure 1. Illustration de l'impact environnemental à court et long termes (évalué avec  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  et EDTA), agronomique (évalué par la biomasse produite) et toxicologique (évalué par la bioaccessibilité orale et le facteur de bioconcentration dans le lait) des amendements par rapport à leurs témoins plantés respectifs de l'expérimentation 2. C6-20, C6-40 et C8-40 : compost jeune (6 mois) ou mature (8 mois) à 20 ou 40 t/ha ; C6+Z et C8+Z : compost 6 ou 8 mois à 20 t/ha mélangé avec de la zéolite à 10% ; Z : zéolite chabazite ; HL : fleur de chaux ; PS : terreau de semis ; BM : poudre d'os ; CH : corne broyée. La flèche verte indique une réponse favorable à l'amendement. La flèche rouge indique une réponse défavorable induite par l'amendement.

## Conclusions et perspectives

Les résultats obtenus sur les expérimentations *ex situ* ne se sont pas totalement confirmés avec les expérimentations *in situ*, illustrant l'impact du changement d'échelle et des mises en culture. L'étude de ces trois jardins a montré que chaque jardin est unique et qu'une étude spécifique, de l'expérimentation en pots jusqu'au sol en place, est nécessaire afin de sélectionner un amendement adéquat au contexte pédo-géo-climatique du jardin. Cette démarche a été plutôt concluante avec l'apport de compost pour Nantes, un site présentant principalement une contamination en As et Pb d'origine géogène, mais reste toutefois limitée car n'entraînant pas de réel bénéfice quant à la réduction des expositions et des risques sanitaires pour le jardinier.

La démarche d'apporter un ou des amendements sur un site n'est pas opérationnelle pour l'instant et lorsqu'elle est mise en œuvre, elle doit l'être au cas par cas et selon un programme de surveillance sur plusieurs années. La présence de polluants, notamment des ET, dans les sols des jardins potagers en général, qu'ils soient collectifs ou privés, est un problème d'actualité. Rappelons néanmoins tous les bienfaits de ces espaces en termes de liens sociaux, de lieux pédagogiques, de biodiversité, d'économies et tout simplement des lieux favorisant la santé morale et physique. Ces espaces et ces sols sont à préserver car ils rendent de nombreux services écosystémiques. Il est important de poursuivre le développement des moyens de transmission des connaissances acquises vers les associations et les jardiniers amateurs ainsi que les outils de science participative.

## Références

[1] ADEME, Douay F., Marot F., Schwartz C. (2019). Jardins potagers : retour sur 30 ans de recherche en connaissance, évaluation et gestion des impacts. Rapport Ademe, 65 pp.

[2] ADEME, Bidar G., Waterlot C., Sahmer K., Pelfrène A., Pourrut B., Schwartz C., Douay F. (2017). PhytExPPo : Phytodisponibilité des ETM pour les plantes potagères et extrapolations dans la quantification de l'exposition des consommateurs – Rapport, 176 pp.

[3] Schnackenberg A., Bidar G., Bert V., Cannavo P., Détriché S., Douay F., Guenon R., Jean-Soro L., Kohli A., Lebeau T., Perronnet K., Vidal-Beaudet L., Waterlot C., Pelfrène A. (2022). Effects of inorganic and organic amendments on the predicted bioavailability of As, Cd, Pb and Zn in kitchen garden soils. *Advances in Environmental and Engineering Research* 3(1):30.

## Remerciements

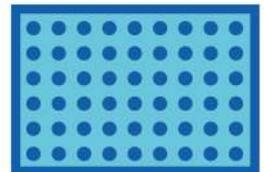
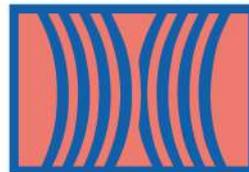
Les auteurs remercient l'ADEME et tout particulièrement Franck Marot pour leur soutien dans le cadre du projet POTAGERS, ainsi que la Ville de Lille et la Ville de Nantes pour les accès aux sites de Bazinghien et de Les Eglantiers et leur accompagnement dans la réalisation du projet.

## COMMUNICATIONS ORALES

# 5<sup>e</sup> RENCONTRES NATIONALES

de la Recherche sur  
les sites et sols pollués

**04 et 05 février 2025 - Paris**



### Recueil des résumés

ATELIER 6B : Démarches  
participatives des citoyens  
et des acteurs impliqués  
dans la gestion des sites pollués

En partenariat avec :



# Atelier 6B

---

## Démarches participatives des citoyens et des acteurs impliqués dans la gestion des sites pollués

[Prise en compte des fonciers dégradés dans une échelle territoriale]

<b>PROJET POLIVAL Phase 1 : enquête auprès des acteurs de la réhabilitation des friches et des sites et sols pollués</b>	<b>3</b>
<b>Étude des dynamiques de participation citoyenne pour la gestion du risque en territoires post-extraction minière</b>	<b>9</b>
<b>Les citoyens « en-quête » de données sur la pollution historique des sols de leur quartier</b>	<b>14</b>
<b>Mission de tiers de confiance dans la gestion des sites et sols pollués</b>	<b>20</b>
Étude de cas	

# PROJET POLIVAL Phase 1 : enquête auprès des acteurs de la réhabilitation des friches et des sites et sols pollués

Hélène DEMOUGEOT-RENARD<sup>1\*</sup>, Sylvain GIRARD<sup>2</sup>, Charlotte LE GAVRIAN<sup>3</sup>, Raphaël PERILLAT<sup>4</sup>, Baptiste SAUVAGET<sup>5</sup>

## Introduction / Résumé

Les friches urbaines et péri-urbaines constituent un réservoir stratégique de terrains à reconquérir, mais les activités passées y ont laissé leur trace. La viabilité d'une reconversion dépend fortement du coût de travaux de dépollution du sol. Or des erreurs d'appréciation de la situation de pollution peuvent générer des surcoûts et des délais supplémentaires, avec une prise de risque significative et l'engagement de la responsabilité des décideurs (Jeannée et Demougeot-Renard 2016).

Il existe des méthodes matures et robustes d'estimation des incertitudes spécialement adaptées à la gestion des sites et sols pollués (SSP). Malgré les efforts déployés pour les promouvoir, elles sont fortement sous-utilisées pour gérer les risques liés à une pollution des sols, notamment des friches urbaines en reconversion. Le projet POLIVAL part du postulat que les blocages dépassent le cadre strictement technique et scientifique. Au travers d'une enquête menée au printemps 2024 sous le prisme de la théorie de l'acteur-réseau, nous avons identifié six « brèches » à partir desquelles nous proposons des pistes pour améliorer ces processus de décision.

## Matériel et méthodes

### Estimation des incertitudes et sites et sols pollués

Par la similitude des problématiques, le domaine des SSP a pu bénéficier des avancées techniques plus anciennes des secteurs de la mine et du pétrole : les méthodes d'estimation des réserves récupérables ont été transposées à l'estimation des zones de pollution concentrée.

Les méthodes géostatistiques en particulier permettent de modéliser la variabilité spatiale d'une pollution à partir d'un jeu de données collectées dans le milieu anthropisé. En France, depuis les premiers travaux applicatifs du début des années 2000 (Demougeot-Renard 2004; Jeannée 2001; Desnoyers 2010), de nombreuses actions ont été menées par des géostatisticiens et des professionnels des SSP pour rendre accessibles ces méthodes dans les contextes opérationnels de gestion des sites (Jeannée et al. 2013; Jeannée et Demougeot-Renard 2016). Ces mises en pratique ont conduit finalement à l'intégration de ces méthodes dans les guides méthodologiques nationaux (Lion et al. 2016; Ministère de l'environnement 2017; Blusseau et al. 2016)

Outre l'interpolation optimale des mesures de terrain, le diagnostic de la pollution d'un sol fait aussi intervenir des modèles physico-chimiques de propagation et de transformation des polluants dans la matrice du sol. Ces

<sup>1</sup> eOde, 7 chemin de Mont-Riant, CH-2000 Neuchâtel, helenedemougeotrenard@eode.ch

<sup>2</sup> Phimeca, 18/20 boulevard de Reuilly, F-75012 Paris, girard@phimeca.com

<sup>3</sup> Cloud Spotting, legavric@gmail.com

<sup>4</sup> Phimeca, 18/20 boulevard de Reuilly, F-75012 Paris, perillat@phimeca.com

<sup>5</sup> eOde, 7 chemin de Mont-Riant, CH-2000 Neuchâtel, baptistesauvaget@eode.ch

simulations comportent une part très importante d'incertitude par la complexité des phénomènes modélisés, et parce que les données d'entrée des modèles sont elles-même très incertaines. La propagation d'incertitude consiste à modéliser ces incertitudes, à en déduire par la simulation l'incertitude des grandeurs calculées, puis à interpréter méthodiquement les résultats obtenus pour passer de la simulation à la décision. L'un des objectifs du projet QUASPER (<https://www.ginger-burgeap.com/quasper/>) était la transposition de méthodes conçus pour la gestion des rejets accidentels dans l'atmosphère (Mallet et al. 2018; Périllat, Girard, et Korsakissok 2020; Girard et al. 2020; Périllat et al. 2021; Caillat et al. 2023) au contexte de la pollution des sols (Périllat et al. 2022).

### **Cadre d'investigation : théorie de l'acteur-réseau**

Il apparaît clairement que malgré la robustesse des outils scientifiques de prise en compte des incertitudes dans les SSP, les efforts de vulgarisation et la promesse d'une meilleure gestion des projets, les acteurs ne voient pas comment mobiliser ces compétences dans leurs pratiques, ni quel bénéfice ils pourraient en retirer. En prenant en compte comment se construisent les traductions (au sens de Serres (1974)) dans les séries d'interactions qui lient les acteurs, l'étude POLIVAL propose de rendre visibles, compréhensibles et mobilisables les incertitudes.

La théorie de l'acteur-réseau est une approche sociologique développée par des scientifiques (Akrich, Callon, et Latour 2006) dans laquelle la science n'est pas séparée de la politique, et qui invite à penser le monde en réseau et non en groupes sociaux. La théorie de l'acteur-réseau a permis le développement de méthodes pragmatiques d'innovation centrées sur les usagers, regroupées sous le vocable de design thinking.

Un acteur est un individu, organisation, humain ou non-humain qui transforme son environnement. Une boîte noire est un ensemble de croyances et de comportements induits, tacitement admis et non remis en question par un groupe d'acteurs. Ce faisant, les boîtes noires sont un élément important d'organisation sociale dynamique, en perpétuelle reconfiguration.

Quand les acteurs considèrent explicitement le contenu d'une boîte noire et le remettent en question, ils peuvent percevoir des incompatibilités, des brèches. Les acteurs vont chercher à opérer une traduction, c'est-à-dire altérer leurs comportements pour résoudre ces incompatibilités. Cependant, un changement d'ordre individuel n'est perçu que comme une anomalie et ne permet pas de reconfigurer les boîtes noires. Il est nécessaire de rallier d'autres acteurs pour s'accorder sur de nouvelles croyances et comportements.

Dans le cas de POLIVAL, la boîte noire qui est remise en question par les mesures de l'incertitude des SSP est le sol, avec le verrou de la propriété. Le sol est ce qui nous porte, c'est notre premier lien support à notre environnement, et c'est aussi l'archive cachée de l'ensemble de nos actions. Le sol et l'action que l'on a sur le sol sont des impensés verrouillés dans la boîte noire de la propriété. Donc, le fait que l'on connaisse mal ce qu'est scientifiquement le sol (Burniat et Sélosse 2021), que son étude et sa mesure soient peu développées, au-delà du fait que ce soit parce qu'on ne le voit pas, s'explique par des intérêts de préservation économiques et donc juridiques forts et occultants.

### **Résultats de l'enquête : les SSP vus par une « extra-terrestre »**

Au cours des mois de février à mai 2024, nous avons mené une enquête auprès de 18 personnes impliquées dans la gestion des SSP par l'aménagement de foncier (collectivités, promoteurs immobiliers, EPF) ou disposant d'une expertise sur le sujet (bureaux d'étude, entreprises de dépollution, universitaires). Les entretiens ont été menés du point de vue de notre partenaire Cloud Spotting, spécialiste en communication et théorie de l'information, sans présumer de connaissance autre qu'une acculturation rapide sur la nature du sol, des pollutions, et des grandes lignes de la gestion actuelle des SSP. La démarche n'est cependant pas celle d'une observation sociologique : l'objectif assumé était de confronter des points de vue pour rechercher des brèches ouvrant des possibilités de créer de nouvelles traductions. Un total de 6 brèches ont ainsi été identifiées.

## **Brèche du référent**

Selon les données fournies par la Commission Européenne, environ 60 à 70 % des sols de l'Union Européenne (U. E.) sont actuellement en mauvaise santé. Or en l'état actuel, il n'existe pas de législation européenne spécifique concernant la protection des sols et la prévention de leur dégradation.

Le droit, unique référence partagée, régleme nte essentiellement en France les niveaux de pollution acceptables en regard de l'usage d'un terrain. Il n'intègre pas la préservation de la nature des sols (la qualité physique, chimique et biologique), qui inciterait à une gestion envisagée à une échelle de temps plus longue. Le droit se focalise sur l'usage du terrain, qui devient *de facto* une notion centrale de la gestion des SSP (Ministère de l'environnement 2017).

Par la grande complexité des SSP, il est difficile de choisir un référent qui soit à la fois universel et mesurable. Dans le contexte du déploiement du plan ZAN, l'ADEME et l'INRAE ont enclenché la transition d'une approche surfacique à une approche fonctionnelle.

## **Brèche de la temporalité**

Il faut plusieurs siècles pour que se forme un centimètre de sol, qui peut disparaître en une dizaine d'années sous l'effet de l'érosion. L'excavation d'un mètre de sol pour le terrassement détruit le résultat d'un processus de plusieurs milliers d'années. Les terres propres et *a fortiori* fertiles sont une ressource qui devient rare.

Pour l'heure, c'est le temps juridique qui rythme la gestion des SSP : la délivrance d'un permis de construire donne le « top départ » de la mesure de rentabilité d'un projet. La transaction associée opère en quelque sorte une « remise à zéro » de la description de l'état du site : les informations relatives au SSP ne sont convoquées qu'au moment de la transaction, sans réelle continuité dans le relevé et l'analyse de données. Cependant, appréhender les risques liés à la pollution des sols nécessite une compréhension d'interactions de facteurs complexes, intervenant sur un temps parfois bien plus long que les garanties décennales de la construction.

## **Brèche de l'interprétation**

Il existe une certification pour les moyens mis en œuvre, et l'application de la méthodologie SSP. Cela étant, les bureaux d'étude produisent des informations polymorphes et les analysent, mais ne livrent pas ou peu de résultats conclusifs. Les interprétations de différentes natures, mobilisant des modèles différents, ne sont pas formellement encadrées.

L'absence de consolidation des interprétations laisse des zones grises qui ont tendance à favoriser le moins-disant pour le coût des études, et les mesures de protection et de préservation. Elles soulèvent également des risques de manipulation de l'information, ou tout simplement d'oubli.

## **Brèche du processus d'action**

Le processus de gestion des SSP, tel que documenté par exemple par d'Hotelans et al. (2023), se révèle en pratique un agrégat de processus de création de connaissances et de décisions avec des recouvrements partiels dans le temps et des personnes impliquées. Tout au long de la filière, des experts sont sollicités pour interpréter ces données et les transformer en arguments décisionnels mais souvent sans cadre de référence formel, hormis la loi du marché et les arbitrages coûts-délais.

## **Brèche des coûts**

Les objectifs des professionnels des SSP et des aménageurs sont divergents. En effet, les critères de succès changent selon le point de vue, ce qui engendre des tensions sur les coûts et délais.

Le coût du risque sanitaire est peu perceptible par les donneurs d'ordre car il y a peu de risque qu'ils soient considérés comme responsables, étant donné la complexité des SSP. Néanmoins, le coût économique d'une mauvaise interprétation d'étude SSP est perceptible au degré de crise que génère la gestion de la pollution dans les sites et les sols en impactant les délais et la rentabilité de la construction.

## **Brèche du sentiment de gâchis, de mauvais travail**

La plupart des personnes interrogées ont exprimé une impression d'une succession de mauvaises décisions, d'une perte d'efficacité, ou d'un manque de sérénité vis-à-vis des responsabilités endossées quant aux risques sanitaires.

# Conclusions et perspectives

Nous avons identifié **trois pistes** pour poursuivre notre investigation dans les brèches présentées dans la section précédente.

## **Introduire la culture du *risk management***

Plusieurs personnes interrogées ont évoqué une démarche d'atténuation des risques ou *derisking*. Ce terme semble emprunté aux domaines financier et géopolitique (Daoudal 2023) où il désigne une stratégie de désengagement de positions non maîtrisables ou sous influence exogène, pouvant s'avérer dommageables.

Le volet « risque » de la gestion des SSP n'intervient qu'en bout de chaîne. Soit parce que les risques ne sont pas perçus par les acteurs, soit parce qu'il se sentent démunis pour les gérer. Pour autant, la culture de la gestion du risque est bien établie dans d'autres domaines, notamment l'industrie et la finance. Notons que la gestion d'un SSP n'est pas une activité récurrente d'une entreprise comme l'exploitation d'un actif industriel : c'est plutôt un coût ponctuel, « avant de faire », pour établir un capital. En ce sens, il nous semble intéressant d'approfondir le parallèle avec le domaine financier, dans lequel *risk manager* est une carrière standard. D'une certaine manière, gérer les risques n'est pas seulement éviter les ennuis : on peut y gagner, comme en finance.

## **Vers un suivi évolutif des SSP, cohérent avec les modifications en cours des directives comptables européennes**

Dans le secteur agricole, le lien entre bon état des sols et services rendus est plus ou moins admis : c'est une boîte noire pour la plupart des acteurs. Même si les critères de bon état peuvent être sujets à débat, les acteurs entrent spontanément dans une démarche : de suivi (*monitoring*) : est-ce que mon terrain s'améliore ? de comparaison : tel terrain est-il meilleur que tel autre ?

Plusieurs personnes interrogées souhaiteraient disposer de référentiels pour l'état des sols (quelle situation est « grave » ou non ?) et pour la prise en compte de l'incertitude (quelle zone présente un risque faible, moyen ou fort ?).

La directive Corporate Sustainability Reporting Directive (« CSRD » 2023) adoptée en novembre 2022 par la Commission Européenne introduit dans les mesures économiques des organisations, l'écologie en imposant le principe de la double matérialité (Ben Saad, Viallanex, et Palencher 2023). Cette métrologie propose que les capitaux financiers, comme les capitaux environnementaux et sociaux, soient préservés pour assurer la soutenabilité de l'activité de l'organisation. Pour les organisations il sera donc nécessaire de prendre en compte, compter et rendre compte de l'évolution de l'état des SSP suite à leurs activités de construction et exploitations.

## **Vers un mode de coopération propice à l'appropriation des raisonnements**

La transcription de modèles d'incertitudes à l'adresse des non-spécialistes est délicate en général et l'est encore plus quand s'agit de phénomènes spatiaux comme c'est le cas pour la gestion des SSP.

Nous supposons que l'utilisation des estimations d'incertitude nécessite une appropriation du raisonnement dont elles sont issues, mais que cette appropriation peut passer par un autre chemin, mobilisant d'autres compétences. Nous proposons trois préceptes pour y parvenir (illustrés dans la Figure 1) :

- 1. Dissocier les données «brutes» des analyses.
- 2. Agréger le produit final d'aide à la décision (par exemple une carte), c'est-à-dire, intégrer-combiner les sources de données de façon à proposer des cartes interprétables de façon autonome.

- 3. Rendre activables les étapes du raisonnement par exemple en rendant la carte d'aide à la décision interactive à l'aide de curseurs, menus déroulants ou cases à cocher.

Le recours à l'interaction permet de s'appuyer sur des mécanismes cognitifs de rétroaction pour créer des connaissances à partir d'informations trop complexes pour être transcrites par des nombres ou des images figées, par exemple l'effet sur une carte d'interactions multifactorielles entre de nombreux paramètres.

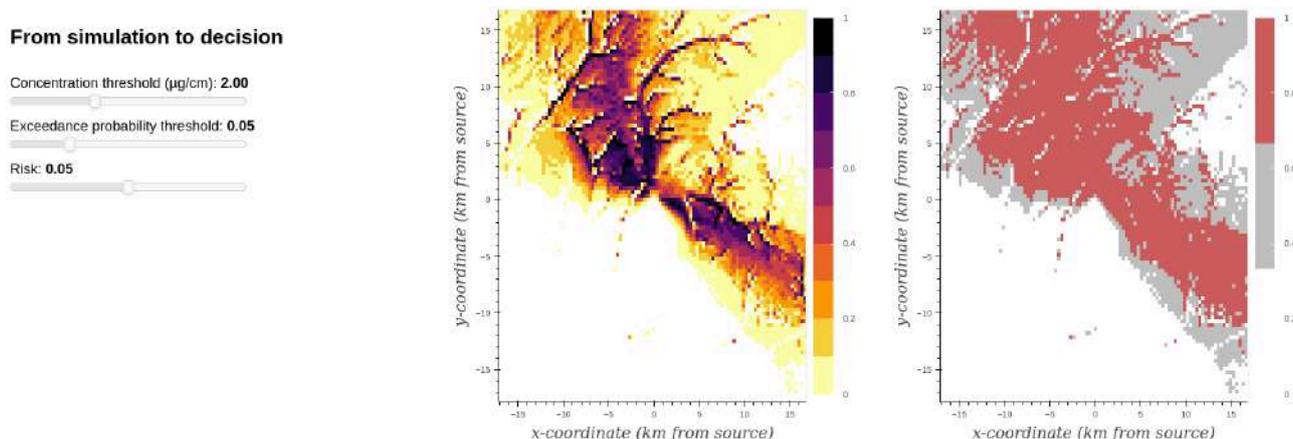


Figure 1 : Exemple interactif ([https://showroom.phimeca.com/decision\\_map](https://showroom.phimeca.com/decision_map)) de transition d'une carte d'estimation de probabilité de dépassement de seuil à une carte d'aide à la décision s'appuyant sur le concept de significativité statistique et de curseur pour tester la robustesse des décisions vis-à-vis des paramètres du modèle (Caillat et al. 2023).

Selon Laurent (2018) « on collabore pour faire, on coopère pour savoir ». Nouer des relations de coopération entre les acteurs de la gestion élargie SSP et de la revalorisation des friches pourrait contribuer à transformer une séquence unique d'actions ponctuelles en un processus cyclique itératif.

La méthode Cartorisk (Demougeot-Renard et al. 2016; Demougeot-Renard et al. 2024) a été développée dans cet objectif (voir la Figure 2). En facilitant la cartographie des risques à partir d'un modèle géostatistique de la pollution des sols, la méthode permet de tester et comparer différentes variantes d'aménagement, pour rechercher un optimum technique et financier tenant compte de la pollution. En permettant d'obtenir rapidement des cartographies et des estimations de coûts, le code informatique Cartorisk devient alors un outil de dialogue entre les acteurs du réaménagement et de la gestion des SSP pour trouver un meilleur compromis. Cette méthode ne peut être mise en œuvre que si les parties prenantes acceptent un changement de paradigme, en caractérisant très tôt l'état de pollution du sol, et en intégrant de la flexibilité dans les usages et équipements prévus sur la friche à reconverter.

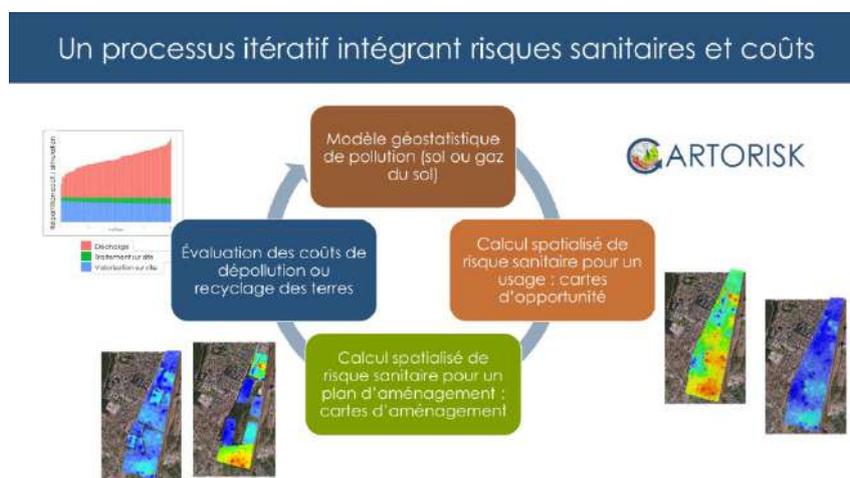


Figure 2 : Méthode interactive Cartorisk pour trouver un aménagement compatible avec les risques sanitaires et les coûts de dépollution des terres excavées (Demougeot-Renard et al. 2024, Demougeot-Renard et al. 2016).

## Références

On se référera à l'article de la [conférence lambda-mu 2024](#) des mêmes auteurs : « Incertitude : l'éléphant dans le salon de la gestion des sites et sols pollués ? » pour la liste des références bibliographiques mentionnées dans le présent résumé.

## Remerciements

Nous remercions chaleureusement toutes les personnes nous ayant accordé leur temps pour partager leur point de vue et expertise.

L'idée de monter ce projet est le fruit des rencontres stimulantes provoquées par le GT Incertitudes SSP.

Le projet POLIVAL est rendu possible grâce au soutien financier de l'ADEME, et à la confiance témoignée par Hélène Roussel et Frédérique Cadière.

# Étude des dynamiques de participation citoyenne pour la gestion du risque en territoires post-extraction minière

Baptiste LEBOT<sup>1,2,3</sup>, Camille DUMAT<sup>1,4</sup>, Fenintsoa ANDRIAMASINORO<sup>3</sup>

[baptiste.lebot@univ-tlse2.fr](mailto:baptiste.lebot@univ-tlse2.fr), [camille.dumat@toulouse-inp.fr](mailto:camille.dumat@toulouse-inp.fr), [f.andriamasinoro@brgm.fr](mailto:f.andriamasinoro@brgm.fr)

<sup>1</sup> : CERTOP UMR5044 CNRS-UTJ-UPS, Toulouse

<sup>2</sup> : ADEME, Angers

<sup>3</sup> : DPSM-BRGM, Orléans

<sup>4</sup> : DYNAFOR UMR1201 INRAE-INP, Toulouse

## Résumé

En réponse aux tensions, divergences, incompréhensions mutuelles et/ou incertitudes, souvent observées sur les anciens territoires miniers en France (TPEM), le Service Géologique National (BRGM) souhaite intégrer davantage la participation citoyenne dans la gestion des risques. Dans ce contexte, la thèse en sociologie de l'environnement (ADEME-DPSM/BRGM-CERTOP) vise à explorer les dynamiques sociales à l'œuvre dans l'émergence de nouveaux usages sur ces TPEM, et à tester et déployer des outils de concertation favorables à l'élaboration d'un projet de territoire commun entre les différents acteurs.

Trois TPEMs contrastés (typologies des risques et mobilisations citoyennes) ont été sélectionnés par le DPSM pour y observer la pluralité de perceptions des risques et y expérimenter des dispositifs de participation complémentaires afin de confronter la diversité des visions et révéler les leviers et freins à la mise en participation sur ces territoires. Sur la base des résultats d'enquêtes réalisées sur ces 3 terrains, il apparaît que la santé globale et les considérations d'éthique et de démocratie<sup>6</sup> sont aux cœurs des enjeux et semblent incontournables pour effectivement fabriquer de nouvelles dynamiques de co-construction sur des TPEM.

**Mots-clés** : Après-mine, controverse, sociologie, risque, co-construction.

## Introduction

En France, la fin de l'extraction minière – dans les années 1990 – pour des raisons économiques, n'a pas provoqué la disparition des risques et des nuisances existants (pollutions persistantes, mouvements de terrain, etc.). L'essoufflement de cette dynamique minière passée impacte significativement les territoires et rend nécessaire leur reconfiguration : re-créer des dynamiques socio-économiques, des paysages agréables et des usages stimulants pour les habitants. Or, on constate aujourd'hui l'émergence de tensions autour de l'usage des espaces identifiés comme pollués et/ou dangereux ; liées aux incompréhensions, défiances entre acteurs et/ou aux incertitudes inhérentes à la gestion des risques sanitaires et environnementaux (Mottis et al., 2022 ; Busca & Lewis, 2018). Plus globalement, les questions santé-environnement induites par les pollutions des écosystèmes et le dérèglement climatique sont de plus en plus présentes dans l'espace public. Avec, en prime, une pression citoyenne de plus en plus forte quant à leur intégration au processus démocratique (Gourgues et al., 2021). En parallèle, une volonté politique et législative de « faire participer » s'opère au niveau national ;

---

<sup>6</sup> Dans cette présentation, les objectifs énoncés de « santé globale », d'« éthique » et de « démocratie » sont interconnectés. Ils sont à considérer dans une approche commune visant à considérer le « bien-être physique, mental et social » (Santé, OMS) des populations dans un contexte global (TPEM), s'inscrivant dans un ensemble de conceptions morales (éthique) négociées par et pour les citoyens.e.s d'un territoire donné.

notamment concernant les questions environnement-santé (Convention d'Aarhus en 1998, mise en place des Comités de suivi de site en 2014...) et ceci alors que des enjeux économiques forts existent sur les TPEM, comme la réouverture possible de mines et/ou la valorisation des déchets miniers en discussion.

Cette communication vise à présenter les résultats de recherche et réflexions en sociologie de l'environnement sur le sujet de la participation citoyenne pour la co-gestion des TPEM menés depuis 2021 (Lebot & Berry, 2021) puis durant une année de thèse (Lebot, 2023). L'objectif est de rendre compte de perceptions des acteurs des TPEM en France Métropolitaine, et aussi des stratégies des organismes de gestion des risques (BRGM et Ademe en particulier) visant à favoriser la participation des habitants. Des méthodes de recueils de données qualitatives sont utilisées pour rendre compte de la gestion après-mine et sa réception sur trois TPEM<sup>7</sup> contrastés de par la typologie du risque et la mobilisation citoyenne. L'enjeu étant également d'y étudier les possibilités de mise en participation, s'appuyant sur des dynamiques existantes : approche pragmatique d'applicabilité. Les premiers résultats obtenus éclairent sur l'intérêt des citoyens à contribuer à des expérimentations concernant la gestion des risques et comment, cette vision institutionnelle de la participation fait bouger le social en répondant ou non aux problèmes vécus sur ces territoires et dans l'environnement global.

## Matériel et méthodes

### Approche sociologique pragmatique

Sur ces TPEM, exposés à des pollutions chimiques d'origine anthropique (présence de terrils de résidus miniers), le travail de recherche s'intéresse à la façon dont la gestion des sites et sols pollués s'intègre ou non dans les projets de territoire. Pour cela, nous nous appuyons sur une approche sociologique qualitative et pragmatique ; à savoir une approche visant à recueillir le discours d'une pluralité d'acteurs afin d'analyser ce qui – selon eux – fait problème dans leur environnement. Un des premiers objectifs de ce travail était d'identifier les acteurs de l'après-mine en rendant compte de leurs différentes perceptions des risques sur les TPEM. Le public de l'après-mine (Zask, 2008) rassemble les acteurs participant à la définition des problèmes (Dewey, 1927) ; à savoir l'ensemble des personnes travaillant, vivant ou ayant des usages sur ces territoires (habitants, agents des différents services de l'Etat travaillant sur les problématiques après-mine, personnes ayant des pratiques de loisirs sur ces territoires (pêche, jardinage, sport, tourisme, etc.), etc.). Pour rendre compte des divergences dans l'appréhension de l'après-mine, nous avons mené deux études exploratoires (sur le Site minier d'Abbaretz (44) et dans le District minier et sidérurgique de Pontgibaud (63)) révélant les tensions entre des enjeux de dépollution et de mise en sécurité des sites et des usages existants sur ces territoires (volonté de patrimonialisation, loisirs...).

Pour cela, nous nous appuyons sur une méthode sociologique qualitative. D'abord, un travail de recherche documentaire a permis de rassembler et d'analyser des documents « officiels » (de services de l'Etat : DPSM, DREAL, ARS...), et aussi de la littérature grise : journaux, blogs, sites internet des acteurs du territoire, etc. Ce corpus rendant compte de l'histoire du territoire, de la gestion et des controverses ayant pu exister publiquement. Suite à ce travail d'identification, l'enjeu était de rentrer en contact avec des acteurs pour la réalisation d'entretiens sociologiques (Blanchet et Gotman, 2015) et d'observation directe (Arborio, 2005). La première méthode évoquée est adaptée pour recueillir le discours des personnes à propos de leurs usages et pratiques sur le TPEM. Celle-ci se décline en deux types d'entretiens : semi-directif, avec des personnes identifiées comme appartenant à des institutions, associations, etc., et des entretiens libres, menés au gré des rencontres sur le territoire, plutôt en déambulation au contact de l'environnement de vie ou de pratique. La seconde méthode permet de croiser les données qualitatives récoltées avec des observations in situ afin de

---

<sup>7</sup> L'ancien District minier et sidérurgique de Pontgibaud (63), où l'exploitation du plomb-argentifère a profondément marqué le territoire (haldes, trous de mines, bâtiments...) et où leur gestion par l'Etat – via ses organismes de gestion – n'est pas perçue de la même façon par d'autres acteurs du territoire. 2) Le bassin minier et sidérurgique de Decazeville (12), où s'est déroulé l'extraction de houille, puis de fer. Ici, depuis les années 2010, une négociation a lieu entre les services de l'Etat et les pouvoirs publics locaux autour des périmètres et des risques désignés par un PPRM (Plan de Prévention des Risques Miniers). 3) Le territoire de la Vallée de l'Orbiel (11), haut lieu de l'extraction d'or et d'arsenic en Europe, où s'observent des différences de perception de la gestion des risques par les acteurs du territoire (habitants ordinaires, usagers, acteurs institutionnels, élus, associations, etc.).

rendre compte des pratiques effectives des acteurs en situation. Ces différentes méthodes et phases de recueils de données qualitatives sont suivies par un travail de retranscription et d'organisation des informations visant à mettre en lumière ce qui – pour chacun des acteurs – fait problème (ou non) concernant la gestion après-mine des territoires.

Ces phases de recueils de données qualitatives permettent de saisir les enjeux liés à la gestion après-mine à des échelles locales situées ; cela afin de pouvoir proposer la mise en place d'ateliers de participation. La particularité de ce travail de recherche est en effet d'expérimenter un couplage méthodologique entre différents outils de simulation participative (sous-forme de jeu sérieux, de théâtre forum, d'observation de pratiques, etc.) et d'observer la montée en compétence des participant.e.s et/ou de l'émergence de dynamiques collectives. Concernant ces expérimentations de participation, nous nous appuyons sur l'état de l'art : de nombreux outils et méthodes existent pour favoriser la prise en compte des citoyen.ne.s sur un territoire donné ou dans un contexte précis : budget participatif, forum hybride... (Sintomer et Blondiaux, 2009 ; Callon, Lascoumes et Barthe, 2001). Par ailleurs, dans le domaine de la simulation participative, des expérimentations ont déjà été menées pour d'autres formes de risques : de submersion marine (Becu et al., 2017) ou cycloniques (Fleming et al., 2020).

## Résultats et discussion

### Différentes perceptions des risques

Pour comprendre ce qui se passe sur ces TPÉM, le concept de « risque » est mobilisé, car il relève d'une construction sociale faisant l'objet d'appropriations variées, de définitions multiples en fonction des groupes sociaux qui s'en saisissent (P. Peretti-Watel, 2010 ; C. Gilbert, 2003). La définition du risque chez les individus se fonde donc sur de multiples facteurs dépendant de leur perception. Sont mis en jeu dans cette définition des significations ainsi que des valeurs qui impactent notre vision des choses. Le risque s'appuie « *aussi bien sur des expériences, des valeurs et des visions du monde que sur des savoirs individuels et collectifs issus d'une confrontation d'expertises techniques, scientifiques et profanes* » (G. Brisson et D. Busca, 2019). Ainsi, les différences de perception des risques par les individus selon leur positionnement dans la société (profane/expert, position sociale, genre, etc.) témoignent du fait que le risque est une construction sociale (Flanquart, 2016). Cela donne à voir la capacité qu'ont les acteurs à s'ajuster aux différentes situations de la vie sociale. En effet, les relations entre individus sont des relations sociales n'ayant pas de réalité « en soi » ; le corps social (la société) est dynamique et les rapports de pouvoir en son sein peuvent varier d'une situation à une autre, selon les contextes rencontrés (Lahire, 1998). Les acteurs ne sont pas uniquement contraints par les structures, mais ils sont dotés d'intention et de force d'action. Afin de « confectionner des outils d'analyse prenant en compte une pluralité de modes d'engagement des êtres, humains et non humains, dans le monde » (P. Corcuff, 2001), l'objectif des pragmatistes est de ne pas rompre avec le sens commun, en créant un cadre d'enquête en relation avec le milieu et les perceptions des individus : en privilégiant l'enquête de terrain. Cette méthode permet de considérer – dans chaque situation – aussi bien les pratiques des acteurs que les justifications et critiques qu'ils y attachent. L'enjeu par-là est de considérer que les acteurs ont des raisons de dire ce qu'ils disent et de faire ce qu'ils font ; puisqu'on considère que ce qu'ils disent fait pleinement partie de la description de ce qu'ils font : mécanismes de justifications utilisés par les acteurs pour légitimer leurs actions à partir de leurs perceptions.

Les premiers résultats sont cohérents avec ceux d'études existantes sur ces problématiques d'après mine ; à savoir que l'absence de revendication ou d'expression dans des codes communément admis ne renvoie pas « à un désintérêt pour les enjeux environnementaux et sanitaires des pollutions de leur territoire de vie » (PRIOR, Busca, Chauveau et al., 2023). Il n'existe pas de territoires pollués sans activité. Ainsi, sur l'ancien District minier et sidérurgique de Pontgibaud, les observations et entretiens ont permis d'interroger le contexte initialement présenté par les gestionnaires de l'Etat. Ce terrain a été sélectionné par le DPSM pour son caractère « terminé » (à l'exception d'un suivi : débroussaillage des zones « mises en sécurité » et de surveillance des édifices de confinement). Néanmoins, chez d'autres acteurs du territoire, de multiples questions ou revendications émergent sur les usages passés et/ou présents : jardinage, pêche, patrimonialisation, sports de plein air... Cela rendant bien compte de la pluralité de perceptions des risques et des luttes définitionnelles sur ce qui « fait problème » sur le territoire (Gilbert et Henry, 2012).

Pour comprendre les divergences existantes sur les TPEM entre les différents acteurs, il est important de contextualiser ce qu'est la gestion après-mine : une politique s'inscrivant dans une double logique de santé publique et de protection de l'environnement. Ces objectifs régaliens se confrontant à d'autres logiques présentes à l'échelle locale, comme le développement territorial, le tourisme, les loisirs, etc. Aussi, la temporalité de cette gestion est éclairante quant à la réception qui peut en être faite localement. Là où l'exploitation minière est terminée depuis parfois plus d'un siècle (sur le territoire de Pontgibaud par exemple), c'est seulement à partir de 2009 (et jusqu'en 2012) que GEODERIS mène l'inventaire des déchets miniers ; illustrant que la prise en compte des problématiques post-mines est relativement récente. Ces espaces, administrativement, « oubliés » pendant plusieurs décennies sont alors subitement mis en lumière par les pouvoirs publics pour « raisons sanitaires », parfois au grand étonnement de populations ayant eu le temps d'approprier ces territoires atypiques et n'observant pas de problème de santé pouvant y être lié<sup>8</sup> dans leur entourage.

Ce qui est alors présenté par l'Etat et ses services (souvent via réunions publiques) comme une urgente nécessité de « mettre en sécurité » des espaces très pollués pouvant impacter la santé et l'environnement peut être perçu localement comme un espace naturel ou patrimonial du territoire. Se heurtent alors deux visions du territoire, l'une inquiétante (il y aurait un risque et il faudrait prendre des précautions et souvent se priver de certains sites et/ou activités) et l'autre rendant ce territoire positivement atypique : vestiges miniers à valoriser. Cette désignation de ce qui fait problème engendre alors une tension, puisque certaines pratiques sont alors considérées comme problématiques et à stopper.

## Conclusions et perspectives

### Vers une gestion plus participative des risques ?

Sur les TPEM, différentes définitions des problèmes s'affrontent, en lien avec les enjeux, les perceptions et les attachements des acteurs. Dans ce contexte – et dans le cadre du travail de recherche engagé dans la thèse co-financée Ademe-DPSM – l'enjeu est de favoriser l'émergence d'espaces de discussions plus symétriques sur le devenir de ces territoires. Les services de l'Etat avec l'objectif de protéger les populations habitant un environnement dégradé doivent s'intéresser aux réalités des populations sur leur territoire et connaître les pratiques et scénarios engendrant des risques. Pour les populations, la prise en compte des risques sanitaires et environnementaux permettrait d'adapter les pratiques et usages du territoire. En ce sens, l'usage d'outils participatifs peut permettre de créer l'espace de dialogue nécessaire à ce double ajustement ; « optimisant » ainsi la gestion après-mine en invitant plus largement les divers acteurs à se considérer réciproquement.

La volonté de déploiement de tels outils sur ce type de territoire est à interroger et le travail du sociologue vise également à prendre du recul sur l'usage des concepts de co-construction et de participation par les organismes de gestion de l'Etat. L'objectif est de s'intéresser aux plus-values que ces expérimentations peuvent apporter – pour les organismes de gestion, et aussi pour les populations – alors que nombres de travaux académiques soulignent justement les processus d'inégalité, d'auto-censure ou d'exclusion sociale inhérents à ces processus de concertation participative.

En perspective, les méthodes de recueils des données qualitatives sur les différentes perceptions des risques sur les TPEM va être reconduite sur deux autres territoires aux profils différents : la gestion n'y étant – pour l'Etat – à des stades différents de réception, avec des controverses qui y sont d'ores et déjà observées par l'Etat et ses services, par des associations, et aussi par des programmes de recherches de différentes disciplines.

---

<sup>8</sup> Selon leurs interprétations.

## Références

Arborio, A. (2007). L'observation directe en sociologie : quelques réflexions méthodologiques à propos de travaux de recherches sur le terrain hospitalier. *Recherche en soins infirmiers*, 90, 26-34.

Barthe, Y., Callon, M., Lascoumes, P. (2014). *Agir dans un monde incertain : Essai sur la démocratie technique*. Le Seuil.

Blanchet, A. & Gotman, A. (2015). L'entretien. 128, Armand Colin.

Blondiaux, L. & Sintomer, Y. (2009). L'impératif délibératif. *Rue Descartes*, 63, 28-38.

Busca, D. & Lewis, N. (2019), *Penser le gouvernement des ressources naturelles*, Laval, Presses de l'Université Laval, 472 pages.

Dewey, J. (2001). Le public et ses problèmes. Extrait de *The Public and its Problems* (1927), repris dans John Dewey. *The Later Works*, vol. 2, édités par Jo Ann Boydston et associés, Carbondale, Southern Illinois University Press (1re éd., 1977), paperbound, 1983

Gilbert, C. & Henry, E. (2012). La définition des problèmes publics : entre publicité et discrétion. *Revue française de sociologie*.

Hennion, A. (2004). Une sociologie des attachements : D'une sociologie de la culture à une pragmatique de l'amateur. *Sociétés*, n°85, 9-24.

Lebot, B. & Berry, S. (2021). « Pratiques, gestions et perceptions des territoires après-mines. », Mémoire de Master 2 PEPS, Politique Environnementale et Pratiques Sociale (Sociologie), sous la direction de Audrey Baills (BRGM), Didier Busca et Camille Dumat (CERTOP), Université de Toulouse 2 Jean Jaurès.

Lebot, B., Dumat, C. et Andriamasinoro, F. (2023). Contribution à la fabrique et gestion collectives des risques environnementaux et sanitaires pour l'élaboration multi-acteurs de scénarios de résilience des territoires dégradés, Workshop TAEMA (Transition écologique des Anciennes Exploitations de Minerais Arséniés), Axe « SHS pour une transition des AEMA vers de nouveaux usages » – 1 et 2 juin 2023, Paris.

Zask, J. (2008). « Le public chez Dewey : une union sociale plurielle », *Tracés. Revue de Sciences humaines*, 15, 169-189.

## Remerciements

Remerciements à l'ADEME et au BRGM (DPSM) pour le soutien financier de thèse, et à Cécile Grand (ADEME) pour son suivi du projet.

# Les citoyens « en-quête » de données sur la pollution historique des sols de leur quartier

Camille Dumat<sup>1,2</sup>, Guillaume Citeau<sup>1,2</sup>, Serge Baggi<sup>3</sup>, Baptiste Lebot<sup>1,2,4,5</sup>  
Wilkens Jules<sup>1,2,6</sup>, Stéphane Mombo<sup>7</sup>, Tiantian Xiong<sup>8</sup> & Muhamad Shahid<sup>9</sup>

DYNAFOR UMR1201 INRAE-INP; (2) CERTOP-CNRS; (3) Comité de quartier Minimes-Barrière de Paris-Toulouse ; (4) ADEME ; (5) DPSM-BRGM; (6) EHSS ; (7) Univ. Sciences et Techniques de Masuku (Franceville, Gabon) ; (8) South China University of Technology (Guangzhou); (9) COMSATS University Islamabad

[camille.dumat@ensat.fr](mailto:camille.dumat@ensat.fr)

## Résumé

Face aux pollutions (éco)toxiques persistantes, l'espace publique se mobilise et sollicite l'accès aux données scientifiques utilisées par les autorités pour prendre des décisions. La question suivante est explorée : L'accès aux données et la médiation scientifique dans le cas des pollutions historiques des sols sont-ils des étapes indispensables pour une participation citoyenne permettant de réduire les risques sanitaires ? Sont présentés les résultats d'enquêtes réalisées auprès des citoyens mobilisés sur des terrains contrastés, pour lesquels les questions santé-environnement sont vives. Ces résultats apportent des éclairages originaux qui oscillent entre approche systémique et située, deux facettes indispensables pour gérer durablement les sites et sols pollués.

**Mots clés :** Sociologie – gestion des risques santé-environnement – accès aux données scientifiques.

## 1-Introduction : Mobilisations citoyennes santé-environnement

Face aux conséquences sanitaires du changement global (Reghezza-Zitt, 2023) et des pollutions (éco)toxiques persistantes (Dumat et al., 2019), l'espace publique se mobilise pour l'écologisation de la société (Lemoult et al., 2019 ; Bouleau, 2017 ; Thireau, 2014 ; Akrich et al., 2010). Selon Laigle (2019) des coalitions citoyennes amènent à repenser la redistribution pour rendre les politiques publiques socialement plus justes et au service d'une transition écologique à portée sociétale et démocratique. Compte tenu du nombre croissant de pathologies humaines et animales en lien avec l'environnement, depuis la Conférence de Budapest en 2004, le Ministère français de la Transition écologique et de la Cohésion des Territoires, élabore un plan national santé environnement (PNSE). Le 4<sup>e</sup> PNSE « Un environnement, une santé » (2021-25), copiloté par les ministères de la Transition écologique, et des Solidarités et de la Santé, s'inscrit dans la démarche « Une seule santé » grâce à des actions concrètes pour comprendre et réduire les risques liés aux substances chimiques, agents physiques et infectieux. Il poursuit 4 objectifs complémentaires : 1-S'informer, se former et informer sur l'état de mon environnement et les bons gestes à adopter pour notre santé et celle des écosystèmes, pour permettre à chacun d'être acteur de son environnement et de sa santé. La fiabilité des informations, la formation et l'information constituent un axe majeur de cette politique. 2-Réduire les expositions environnementales affectant la santé humaine et des écosystèmes sur le territoire. 3-Démultiplier les actions des collectivités dans les territoires pour améliorer la santé globale. 4-Mieux connaître les expositions et les effets de l'environnement sur la santé des populations et des écosystèmes. Compte tenu des incertitudes concernant les liens santé-environnement, le PNSE a créé un espace commun de partage de données environnementales et s'est doté de moyens pour mieux connaître l'exposome et agir sur la survenue des

maladies et la possibilité pour chacun d'évoluer dans un environnement favorable à la santé humaine et des écosystèmes.

L'urgence ressentie par de nombreux citoyens et la médiatisation des crises santé-environnement stimulent de nouvelles dynamiques en santé-environnement, plus collectives, transdisciplinaires et multi acteurs. L'article récent dans le journal Le Monde de Mandard S. & Traullé F. (2024) intitulé « A Lille, des niveaux de plomb détectés autour de l'usine Exide jusqu'à quinze fois supérieurs au seuil d'alerte sanitaire » illustre bien cette tendance. En effet, les riverains de l'usine de batteries Exide qui a déversé durant des décennies des fumées chargées de poussières de plomb dans le voisinage, ont constaté sur la base d'une centaine de prélèvements de sol, que 17 % dépassent la limite de 1 000 mg/kg alors que le Haut Comité à la Santé Publique a fixé un seuil d'intervention des services de l'état à partir de 300 ppm. Une forte demande citoyenne pour l'accès aux données scientifiques utilisées par les autorités pour prendre les décisions, est ainsi observée en France (Busca et al., 2023 : projet PRIOR ; CSS du quartier des Minimes à Toulouse <https://www.comite-de-quartier-minimes-barriere-de-paris.org/pollution-au-plomb-de-notre-quartier-par-la-stcm/>). Mais, l'accès aux données scientifiques et la co-construction des projets reste encore limités (Lebot et al., 2024), car la réduction des risques sanitaires nécessite une expertise pluridisciplinaire et les institutions peuvent considérer insuffisantes les compétences scientifiques citoyennes. De plus, les servitudes d'usage sont souvent vécues par les populations comme une atteinte à leurs libertés. Toutefois, certains acteurs sont très déterminés pour négocier une co-gestion des risques. C'est pourquoi, cette communication scientifique explore la question suivante : L'accès aux données scientifique et la médiation scientifique dans le cas des pollutions historiques des sols sont-ils des étapes indispensables pour une participation citoyenne permettant de réduire les risques sanitaires ?

## 2- Matériel et méthodes

2-1. Cadre conceptuel : Mélard et Gramaglia (2022) à travers la description du fonctionnement de l'Institut Ecocitoyen pour la Connaissance des Pollutions à Aix-Marseille (IECP), concluent que les savoirs situés (Haraway, 1988) et issus de collaborations entre scientifiques et « profanes » améliorent la gouvernance des risques technologiques grâce à la génération de liens socio-écosystémiques et un basculement cosmopolitique en faveur du « care » et de la précaution. Il ne s'agit pas de produire uniquement des données sur les pollutions en général, mais de documenter une situation vécue comme problématique par les citoyens (Dewey, 2003). C'est également la démarche adoptée dans le cadre des projets de sciences participatives explicités dans le n°244 de la revue POUR (2023) dédié à « l'Intelligence collective pour des transitions écologiques au service de notre alimentation et de la santé globale ». Les projets qui induisent des changements dans la gestion des risques santé-environnement relèvent de l'éthique appliquée des acteurs (Jutras & Labbé, 2013) et de leur motivation pour la fabrique collective de la santé globale (Olive et al., 2022). Les obligations de moyens et de communication soutenues par le code de l'environnement, et la RSE participent aussi aux dynamiques santé-environnement.

2-2. Enquêtes auprès des citoyens (60 personnes enquêtées, 2022-24), focus groupe (Busca et al., 2023) et observations lors des comités de suivis de site et réunions de quartiers : Minimes (31) et à Aix-Marseille dans le cadre du projet de recherche Evalvie-ADEME (Citeau, 2023).

## 3- Résultats et discussion

3-1. Le Comité de Quartier Minimes-Barrière de Paris à Toulouse est confronté à une pollution au plomb provoquée par l'activité durant 60 d'une usine de retraitement des batteries au plomb (STCM), élément désormais classé toxique sans limite de seuil par l'OMS (2023 <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>). Ce Comité s'intéresse aux questions relatives à la défense, au développement et à l'aménagement du quartier et de participer à tous projets, plans, études et réalisations ayant une incidence sur la vie du quartier. Le comité pourra engager, le cas échéant, des actions en justice, tant de son propre chef qu'au titre de partie civile. Il se mobilise donc pour cerner la répartition du plomb dans le quartier afin de se protéger, et ses membres souhaitent également comprendre l'origine de la pollution

puisqu'en France, le principe du pollueur-payeur s'applique. En effet, outre l'impact potentiel sur la santé, les citoyens peuvent également craindre une dévaluation de leurs biens immobiliers et ils estiment que la STCM doit assumer les conséquences négatives pour les riverains. Lors d'une réunion d'information sur la dépollution du site de la STCM, 2 habitantes ont affirmé être atteintes de saturnisme et avoir alerté de longue date du danger aux autorités. Des inquiétudes, de l'éco-anxiété et des interrogations des habitants du quartier des Minimes résultent de cette situation de pollution, en particulier parce les données de pollution leur semblent aujourd'hui insuffisamment partagées et discutées (données brutes et protocoles). Ils ne comprennent pas pourquoi ils n'ont pas été pris en charge en 2000 car des mesures de pollutions des sols étaient disponibles. Le président du Comité souhaite que les informations soient partagées à tous les acteurs car il déjà vécu l'expérience de la catastrophe d'AZF (rapporteur de la commission du CHSCT), et mobilise ses compétences comme relaté par Barbot & Dodier (2017). Ce Comité souhaite aussi défendre la santé globale et éviter que de nouvelles pollutions : le contact des scientifiques (géochimistes, géographes, sociologues...) et travaille en réseau avec d'autres comités comme Métal Europe. Il se considère comme une sorte de lanceur d'alerte qui agrège les habitants du quartier sensibilisés par le sujet. Ainsi du Comité de Quartier a émergé un groupe de travail autour de la pollution qui rassemble la mémoire des anciens, pose des questions, fait des comptes rendus et conférences de presse, permet les contacts avec les avocats, les actions conjointes avec l'ARS tel que la distribution d'un flyer de détection du saturnisme.

Une commission de Suivi du Site (CSS) STCM, classé SEVESO Seuil Haut prévue à l'article L. 125-2-1 a été créée par arrêté du Préfet. Composée du représentant de l'Etat dans le département où est sise l'installation classée, du service en charge de l'inspection des installations classées (la DREAL), d'un représentant de l'ARS, des associations de protection de l'environnement dont l'objet couvre tout ou partie de la zone géographique pour laquelle la commission a été créée et aussi de l'exploitant. Elle dispose de l'historique du site, établit et diffuse des cartes d'isoconcentration de plomb dans le quartier (comme illustré par la figure ci-dessous : 150 mg/kg et 300 mg/kg), établit la vigilance sur les lieux scolaires, espaces verts publics et chantiers immobiliers. Cette CSS doit établir des plans de gestion (site, environnement, risques sanitaires), selon les résultats d'analyse de sol, encourager le dépistage du saturnisme, la diffusion des recommandations et arrêtés préfectoraux.



Figure 1 : Cartes d'isoconcentration dans le quartier : 150 mgPb/kg et 300 mg/kg

Depuis 2021, les citoyens du quartier des Minimes estiment que les données de pollution sont insuffisamment partagées et discutées (données brutes et protocoles d'obtention) et ne comprennent pas pourquoi ils n'ont pas été informés et pris en charge plus tôt. Les verbatims (anonymisés) recueillis auprès des membres (Mi) du CSS illustrent ces préoccupations :

*M1 « Avec de jeunes enfants, nous sommes arrivés dans le quartier sans être au courant de ce risque au plomb. C'est très important maintenant de comprendre toutes les informations pour mieux se protéger, et subir moins de stress. Et on ne pense pas que les limites de concentration sont aussi précises, avec le vent des poussières peuvent se répartir largement dans le quartier. »*

*M2 « J'ai repris les différentes informations techniques, les données sur le plomb auquel nous avons accès pour les croiser et vérifier si c'est carré. J'ai une formation technique, je suis capable de comprendre des données de concentrations en plomb. Mais, pour le moment, c'est compliqué avec les autorités, l'entreprise ou l'ars, on a beau demander clairement l'accès aux informations brutes, on n'est pas vraiment entendus ».*

*Le président du collectif : « nous souhaitons que toute la lumière soit faite sur la situation du plomb dans le quartier des Minimes, et que les informations soient partagées à tous les acteurs. Que la science soit mobilisée, il existe des données, des publications, des textes réglementaires, qui doivent être utilisées pour ce problème du plomb. »*

3-2. A Aix-Marseille, l'objectif du projet de recherche EVALVIE financé par l'ADEME, est de définir une méthodologie transdisciplinaire, basée sur la sensibilité des milieux et le classement des enjeux sociotechniques et des risques/aléas pour en déduire un indice de vulnérabilité des milieux reproductible et potentiellement applicable à tous types de territoire. Le projet propose de développer un outil opérationnel et évolutif d'aide à la décision en matière de gestion locale du risque. Il s'agit d'élaborer des grilles d'analyse et d'évaluation permettant aux décideurs d'augmenter leurs connaissances des vulnérabilités locales. Ces grilles sont mises en œuvre pour répondre à une demande spécifique orientée vers les risques environnementaux que les activités anthropiques du territoire peuvent engendrer. Le travail en Sociologie de l'environnement mené par Citeau (2023) en collaboration avec les laboratoires CERTOP, DYNAFOR et l'IECP avait 3 objectifs : recueillir les perceptions citoyennes des risques sanitaires et environnementaux ; renseigner les pratiques face aux risques selon les usages des sites et favoriser la montée en compétence citoyenne pour coconstruire la santé du territoire. Après un état de l'art relatif à la vulnérabilité environnementale, l'adaptation des pratiques, les ressources mobilisées et les moyens d'actions des citoyens face aux risques santé-environnement, un recueil d'informations a été réalisé (densité de populations, surfaces urbanisées, genre, âge...). Une immersion cinq semaines sur la métropole d'Aix-Marseille a permis la réalisation de 21 entretiens semi-directifs au lieu de résidence des acteurs (jardiniers, associations, industriels, agriculteurs, citoyens...) recrutés via le réseau de l'IECP ou plus largement (médias sociaux et radio).

Sur les questions santé/environnement (connaissances et usages des citoyens du territoire), sur une convergence et/ou une divergence avec les connaissances scientifiques et préconisations des agences (ARS, SPF...), l'analyse inductive des données recueillies sur le terrain a été mobilisée pour favoriser ensuite la montée en généralités des conclusions et formuler des préconisations. Le premier point concerne l'acculturation des citoyens aux recherches scientifiques. Le décalage observé entre certaines préconisations scientifiques et la représentation du terrain par les riverains, peut être réduit par l'augmentation des échanges et des interventions au sein du système éducatif. L'accès aux données scientifiques, est facilité dans le cas de la qualité de l'air, par un site internet, qui pourrait être complété par d'autres données. Des conférences sont aussi organisées avec les citoyens pour aborder les notions d'incertitude et de doute, car selon Theys (1996, p 16) « une acculturation au doute et à l'idée que la connaissance ne se confond pas avec l'accumulation des faits ; ce qui suppose aussi une certaine acceptation du droit à l'erreur pour le politique ». Les médias jouent un rôle sur le traitement de l'information (collecte et restitution). Les acteurs sont consultés sur le principe du « pollueur-payeur » (CCE, 2021) ou les pratiques des habitants pour rééquilibrer les rapports entre acteurs et développer une « coexpertise » (Stengers, 1997). Les citoyens à Aix-Marseille souhaiteraient en effet d'avantage de traitement par les médias des problématiques locales et ils critiquent la notion d'expert qui produit une hiérarchisation : d'un côté les experts possédant la connaissance et qui seraient plus légitimes à s'exprimer dans les réunions que les "autres".

Concernant la participation citoyenne, l'étude de Citeau (2023) dans le cadre du projet de recherche « EVALVIE » confirme les conclusions de Theys (1996, p 16) : « la mise en place de règles permettant d'éviter la confusion des pouvoirs et de redonner sa place à la responsabilité politique et à la participation des citoyens dans les procédures de décision. - Ainsi que la création de structures et de procédures pour assurer un contrôle démocratique des choix scientifiques et techniques ». Les collectivités territoriales peuvent favoriser la participation citoyenne aux débats : expertise, ressenti et vécu. La mise en œuvre de « démocratie procédurale » (Sintomer, 2011) peut ainsi nuancer la position de certains acteur-trices en opposition systématique. Plaider pour une démocratisation de la mise en débat, des enjeux et des solutions en recueillant la parole de tous (Mottis et al., 2022, p 7), c'est l'idée d'une « démocratie technique » (Barthe, Callon & Lascoumes, 2014) ou encore du « Parlement des choses » (Latour, 2018), basé sur le modèle politique, scientifique et administratif afin de faciliter les échanges, « à la politique il emprunte son modèle fondamental : la représentation incertaine et le rapport de porte-parole, en évinçant donc ainsi le vieux modèle épistémologique des sciences qui parlait de vérité. À la recherche il emprunte l'organisation systématique de l'épreuve expérimentale et de son enregistrement. Il évince donc le modèle de l'action politique en termes de conflit dénonciateur, de valeur permanente et de certitude morale [...] À la technocratie, le Parlement emprunte son modèle fondamental de gestion systématique des archives et des procédures, d'évaluation et d'enregistrement. Ce faisant, il évince de la technocratie son modèle ancien de décision politique dissimulée sous des raisons techniques et de raisons techniques habillées par des décisions politiques » (Latour, 2018, p 58). Ce « parlement des choses », favorise un climat de confiance via la mise en place de cadre défini : précision des rôles, des temps de parole et des objectifs de la réunion. Pour finir, l'« équité locale » : situation où toutes les parties prenantes d'un projet de développement territorial sont d'accord pour compenser les externalités identifiées collectivement comme

injustes. [...] En même temps, ces avantages financiers ne doivent pas être utilisés pour atténuer les externalités négatives générées par les usines...» (Bourdin et al., 2019, p 15).

3-3. A travers ces 2 exemples contrastés, la volonté de certains citoyens de comprendre et participer aux décisions concernant leur santé est perceptible. Ils souhaitent décider en connaissance de cause, avoir des prises sur leur santé et protéger leurs proches. Les savoirs situés et la place de l'attention (care) sont explorés par les travaux de Jules et al. (2023) dans le contexte de l'agriculture urbaine à Toulouse ou par Puig de la Bellacasa (2017). La production de connaissances situées, qui répondent aux préoccupations des habitants du territoire, favorise d'autant plus les dynamiques collectives et la portée transformatrice du projet, que les données sont obtenues et/ou contextualisées par les citoyens (Callon et al., 2001), et intègrent les attachements des habitants à leur territoire (Puig de la Bellacasa, 2017). Il ne s'agit pas de produire des données « dans leur dos » pouvant induire des contraintes ou servitudes imposées « pour leur bien », mais d'intégrer les questions de cohabitation, malgré des conditions environnementales dégradées et de favoriser des connaissances qui servent ceux qui les réclament pour améliorer leur santé globale en co-construisant de nouveaux usages motivants et sécurisés.

## 4-Conclusions et perspectives

Dans la fabrique de la santé globale, les verrous à l'œuvre sont donc d'avantage sociétaux plutôt que techniques. En France, alors que la majorité des citoyens ont été formés à la méthode scientifique par le système scolaire, les institutions peinent à leur accorder le crédit de compétences scientifiques pour participer aux débats scientifiques. Toutefois, des initiatives favorisent la santé globale en lien avec la démarche scientifique :

*4-1. Le bon usage des données scientifiques au service de la santé globale.* Suite à l'incendie de Notre Dame de Paris, des poussières chargées en plomb ont été dispersées aux abords du site par les vents. En raison de la toxicité du plomb surtout sous forme de particules fines (PM<sub>2,5</sub>) pouvant être profondément inhalées, de la densité de population et de la proximité d'écoles, une campagne de mesure du plomb dans l'environnement a été menée et l'ensemble des résultats complétés des protocoles d'acquisition est disponible en ligne pour toute personne intéressée <https://www.paris.fr/pages/incendie-de-notre-dame-l-essentiel-concernant-la-pollution-au-plomb-7028> . Par ailleurs, les organismes de recherche en France renforcent la gestion des données scientifiques par la mise en œuvre des plans de gestion des données (PGD) qui favorisent la science ouverte (Jacquemin et al., 2019). Il faut désormais pérenniser et partager les données, brutes ou pré-traitées, collectées au cours des projets de recherche (Dillaerts et Boukacem-Zeghmouri, 2018). Le monde de l'édition scientifique demande aux auteurs de garantir la mise à disposition des données décrites dans les publications ; la plupart des universités et établissements de recherche mènent une réflexion pour assurer une politique de conservation et partage des données de la recherche menée en leur sein. Par ailleurs, pour la gestion des risques santé-environnement, l'analyse socio-économique se développe à l'exemple de l'ANSES qui a mis en place un comité d'experts spécialisé dont les missions sont d'élaborer un référentiel méthodologique couvrant les trois axes de travail de l'Anses en matière d'analyse socio-économique : l'analyse des déterminants socio-économiques des situations à risque ; l'évaluation économique d'un impact sanitaire, environnemental ou organisationnel ; l'évaluation d'options de gestion des risques.

*4-2. Une réforme de la gestion des sites et sols pollués.* Aujourd'hui, « les dossiers de sols pollués sont gérés localement sous l'égide du préfet, avec les services de l'État, en particulier les Dreal lorsque les pollutions sont d'origine industrielles ou minières, et/ou l'ARS lorsque les pollutions de sols ont ou sont susceptibles d'avoir un impact sanitaire. Les services d'administration centrale ne gèrent donc pas en propre de tels dossiers et sont disponibles en appui de leurs services déconcentrés lorsque ceux-ci les sollicitent. » (Sénat, 2020). La gestion des risques sanitaires associés à une pollution des sols est ainsi essentiellement assurée par les services déconcentrés de l'État. Une véritable approche nationale de la prévention et de la gestion des risques sanitaires associés semble donc aujourd'hui faire défaut et nombreux sont les interlocuteurs de la commission d'enquête du sénat (2020) qui ont réclaté l'établissement d'une doctrine de l'État en la matière. L'objectif est de refonder le cadre national et territorial de la réponse sanitaire et écologique des sites et sols pollués avec

en particulier un axe qui concerne : réunir les conditions d'une gestion réactive, transparente et homogène sur le territoire des risques sanitaires.

*4-3. Développer les pédagogies actives pour former tout au long de la vie* : projets transdisciplinaires et multi acteurs, afin de créer des liens, des réseaux entre les acteurs et de les former à collaborer sur les projets à forts enjeux santé-environnement. De tels projets ont été développés dans le cadre du module santé-environnement à l'Université de Toulouse (INSA, Toulouse INP, UPS et UT2J depuis 2015). Aborder plus souvent les projets avec une approche de simplicité (Berthoz, 2009) et d'éthique, plutôt que de multiplier les concepts théoriques, rarement mesurables avec des technologies low tech et difficilement reproductibles. Promouvoir la formation scientifique des citoyens tout au long de la vie est une étape importante pour s'inscrire dans une démarche d'amélioration continue, en accord avec l'esprit du règlement des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) qui impose la mise en œuvre des meilleures techniques disponibles (MTD) pour réduire les risques santé-environnement. Ce concept MTD pensé pour les technologies, gagnerait à être étendu aux sciences humaines et sociales, et pourrait être couplé aux réflexions relatives aux « obligations de moyens » qui doivent être mis en œuvre par les collectivités en France sur le dossier des risques sanitaires. De même, le principe « pollueur-payeur » (Installations classées pour la protection de l'environnement) pourrait être renforcé pour éviter son contournement. Pour finir, les aspects sensibles (beauté des paysages, chant des oiseaux, consommation de fruits cueillis sur l'arbre, etc.) favorisés par les pratiques agroécologiques, produisent des dynamiques de care particulièrement bénéfiques à la santé globale et au développement des services écosystémiques.

## 5-Remerciements

ADEME pour le soutien financier Evalvie & l'ensemble des citoyens très motivés pour participer aux enquêtes et transmettre leurs retours d'expérience.

# Mission de tiers de confiance dans la gestion des sites et sols pollués

## Étude de cas

**Annabelle AUSTRUY<sup>(1)</sup>, Pascale TAILLAT<sup>(2)</sup>, Mathilde REUILLARD<sup>(1)</sup>, Anne LE BAUT<sup>(3)</sup>, Sidonie PEYRAMAURE<sup>(2)</sup>, Philippe CHAMARET<sup>(1)</sup>**

(1) Institut Ecocitoyen pour la Connaissance des Pollutions – Centre de Vie la Fossette, RD268, 13270 Fos-sur-Mer, France

(2) Mairie de Montreuil - Hôtel de Ville, 93105 MONTREUIL Cedex

(3) Etablissement Public Foncier d'Île de France - 4-14 Rue Ferrus, 75014 Paris

Contact : annabelle.austruy@institut-ecocitoyen.fr / 0699130050

## Résumé

Les chantiers de réhabilitation des friches industrielles sont des opérations complexes du point de vue de la réglementation et des suivis des nuisances, générant souvent de fortes tensions entre les gestionnaires et les populations vivant à proximité du site. C'est notamment le cas en région parisienne.

Pour répondre à ce constat, la mairie de Montreuil a sollicité une mission de tiers de confiance pour accompagner la phase diagnostic et dépollution d'un ancien site industriel et jouer le rôle d'interface entre l'ensemble des acteurs du dossier (mairie, maître d'ouvrage, bureau d'étude, service de l'état, riverains). Tout au long du chantier, il s'agissait d'assurer une mission d'aide à l'expertise auprès des riverains et des élus qui le souhaitent, afin de traduire les documents techniques (interprétation de l'état des milieux, plan de gestion, ect.) et les suivis environnementaux sur les différentes matrices environnementales, d'expliquer les méthodes de dépollution, et enfin de conseiller sur les analyses et les besoins de diagnostic. Le mode d'intervention consiste à participer à l'ensemble des échanges qui ont lieu entre les différents acteurs concernés par le projet, à les analyser au regard de son expertise dans le domaine des sols pollués, et à maintenir constamment le dialogue entre les parties.

En étant libre de responsabilité et d'intérêts vis-à-vis du maître d'ouvrage et des riverains, le tiers de confiance apporte une expertise neutre à l'interface de l'ensemble des acteurs pour assurer l'échange et le partage de connaissance.

## 1. Introduction

Le contexte des sites et sols pollués fait naître une inquiétude marquée chez les riverains des sites concernés, qui craignent d'être exposés à une pollution du fait de leur proximité avec une potentielle source de pollution (INERIS, 2008). Ces situations peuvent aboutir à de fortes tensions entre acteurs de la dépollution et population locale. Ainsi, la gestion des sites et sols pollués nécessite d'être suivie sur le plan environnemental, et demande à ce que l'expertise issue des différentes études soit comprise par tous les acteurs (COMRISK, 2024) : citoyens, élus, services des collectivités, bureaux d'étude/entreprise, etc.

Le travail proposé est une démarche de concertation et de communication pour améliorer l'engagement et l'acceptabilité sociétale dans le cadre de la gestion et la dépollution des sites et sols pollués. Pour

accompagner les différents acteurs autour de ces chantiers et faciliter la communication des informations et le transfert de connaissance, une mission de tiers de confiance a été proposée et initiée par la Mairie de Montreuil pour accompagner des projets de réhabilitation d'anciens sites industriels. Cette mission d'aide à l'expertise, assurée auprès des riverains, mais aussi des élus et services techniques, a pour objectifs : (i) d'apporter une expertise indépendante pour traduire les documents et données techniques (interprétation de l'état des milieux, plan de gestion, ect.), (ii) d'expliquer les méthodes et les différentes phases du chantier, (iii) de conseiller sur les besoins complémentaires en diagnostic ou mesures de suivi.

Le tiers de confiance constitue ainsi une interface neutre assurant la veille, l'échange et le partage de connaissances, d'interrogations et de réponses.

Un premier cas d'étude sur la mise en place d'une mission de tiers de confiance dans le cadre de la gestion et dépollution d'un ancien site industriel sur la commune de Montreuil est présenté pour illustrer les objectifs, la mise en œuvre et les premiers résultats de cette approche.

## 2. Méthodes

### 2.1. Contexte du site

Le site, d'une superficie de 9 453 m<sup>2</sup>, a été occupé à partir de 1870 par des activités de blanchisserie dont le process utilisait de la benzine jusqu'en 1941 remplacée ensuite par du perchloroéthylène. Les pollutions relevées dans les sols et le bâti notamment concernent les métaux (Cr, Cd, Pb, Zn, Cu), les COHV (trichloroéthylène, tétrachloroéthylène et chlorure de vinyle) et les BTEX (benzène). L'activité de blanchisserie a été stoppée en 1970 et le site a ensuite hébergé des activités de récupération de tissus sans utilisation de produits chimiques.

Le site est bordé de quartiers pavillonnaires, d'une zone naturelle en partie cultivée et de plusieurs établissements sensibles accueillant des enfants. Au regard de cette situation, de nombreuses tensions sont apparues sur l'utilisation du site et son devenir.

Les tous premiers diagnostics ont été réalisés en 2012 et la dépollution du site a été mise en œuvre à partir de 2022. Pour répondre aux fortes tensions existantes entre les riverains et les différents acteurs du dossier, la Mairie de Montreuil a sollicité l'Institut Ecocitoyen pour la Connaissance des Pollutions afin de mener une mission de tiers de confiance pour accompagner les différentes phases du chantier.

### 2.2. Mission de tiers de confiance

Le fonctionnement de cette mission de tiers de confiance consiste à participer à des réunions techniques avec les différents acteurs concernés par le projet (mairie, bureau d'étude, maître d'ouvrage, maître d'œuvre, services de l'Etat), à organiser des ateliers d'échanges avec les riverains, à apporter son expertise indépendante dans l'évaluation des documents produits et des méthodes choisies et à maintenir constamment le dialogue entre les parties. Ce dispositif est mis en œuvre au cours des différentes étapes de diagnostic et de dépollution et s'organise en plusieurs phases (Figure 1) :

- Traduire et interpréter les données complexes pour mieux les comprendre :
  - Collecter les données, expliquer les résultats issus des études et diagnostics, la réglementation et les méthodes concernant les sites et sols pollués dans une forme synthétique et pédagogique destinée à tous les acteurs concernés par le projet.
  - Répondre aux questionnements des élus et riverains pour mieux comprendre la problématique des sites et sols pollués et les aléas liés à ce type de site.
  
- Faciliter le dialogue par le partage de la connaissance entre les parties :
  - Accompagner la collectivité dans les temps de présentation des résultats et études.
  - Communiquer et informer les riverains à travers l'organisation d'ateliers réguliers.
  - Échanges et écoute permanente avec les citoyens et les collectivités (mail, visioconférence, téléphone, etc.).

- Répondre aux sollicitations des riverains et les communiquer à l'ensemble des acteurs :
  - Écouter et recueillir les craintes exprimées au niveau des citoyens, apporter les connaissances et/ou identifier les actions techniques qui peuvent y répondre.
  - Traiter les données produites par les citoyens (analyses et prélèvements réalisés en dehors des protocoles définis au niveau méthodologique), les intégrer à l'expertise produite.
- Proposer des recommandations tenant compte des attentes citoyennes et des échanges avec les acteurs du dossier :
  - S'appuyer sur les retours d'expériences, proposer des compléments d'analyse et toutes méthodes pour apporter des précisions sur les risques ou les besoins de diagnostics.
  - Apporter son expertise dans la constitution d'un « point zéro » environnemental et dans la définition des plans de suivis environnementaux et sanitaires de la phase dépollution.

La réalisation de ce travail nécessite des visites régulières de sites, demande un accès à l'ensemble des documents produits, implique la production de documents de synthèse et l'organisation de réunions/ateliers à destination des élus, agents territoriaux et riverains pour présenter la synthèse de l'expertise, répondre aux questions, et préciser le travail de vulgarisation et d'accès de la connaissance à tous.

### 3. Résultats et discussion

La Figure 1 présente le rôle d'interface du tiers de confiance entre les différents acteurs et ses principales missions.

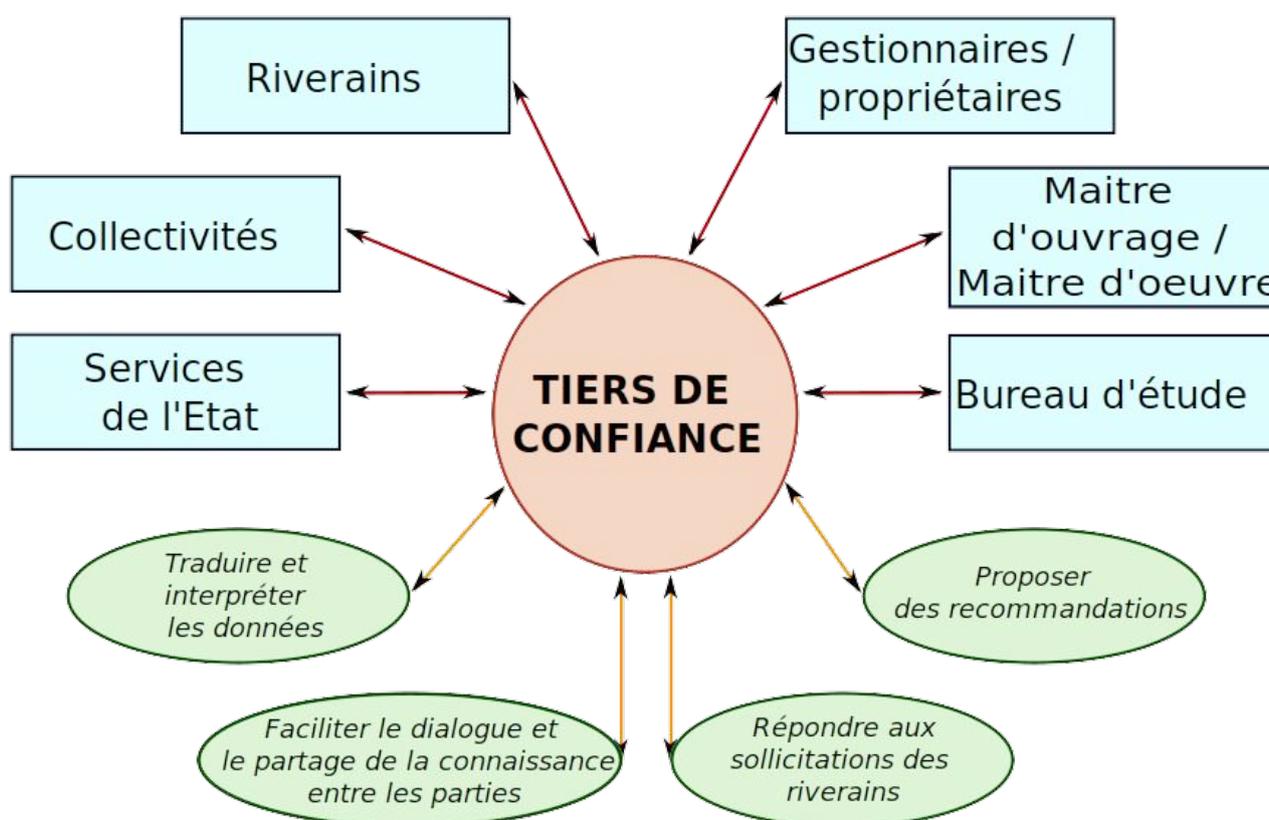


Figure 1 : Interface et missions d'un tiers de confiance dans la gestion des sites et sols pollués

#### 3.1. Apport de l'expertise

Au regard des échanges avec les riverains et des tensions initiales identifiées, cette mission a permis de rétablir le dialogue et la confiance entre les parties. En effet, la situation initiale était difficile avec de fortes

dissensions et des échanges dégradés entre les différentes parties prenantes. Elle a nécessité l'organisation d'ateliers réguliers en visioconférence ou en présentiel (tous les mois) avec les collectifs et associations de riverains et en présence de certains acteurs (mairie, bureau d'étude, maître d'ouvrage et maître d'œuvre). Ces ateliers avaient pour objectifs de (i) présenter les problématiques de contamination du site, (ii) les enjeux environnementaux et sanitaires associés et (iii) la méthodologie appliquée à la gestion de ces pollutions pour la réduction des risques. Une fois cette première phase d'échanges enclenchée permettant de répondre aux questionnements et au manque d'expertise sur la gestion des sites et sols pollués, la deuxième partie de la mission a permis l'organisation d'ateliers plus espacés destinés à partager les données de suivis environnementaux, à informer sur les adaptations du chantier au cours de la phase dépollution et à apporter son expertise sur les méthodes et besoins associés au suivi environnemental du chantier (Ricaud et Blanquart, 2024).

### **3.2. Implication citoyenne**

Cette mission a permis de réaffirmer l'importance de l'implication citoyenne comme élément incontournable dans les phases les plus techniques liées à la gestion des sites et sols pollués. L'intermédiation assurée par ce tiers de confiance, notamment lors de l'organisation des ateliers, a permis que soient pris en compte les savoirs citoyens non experts, et leur connaissance profane du site et de son fonctionnement passé dans la réalisation des diagnostics et études complémentaires. Par cette organisation de travail et la posture de neutralité du tiers de confiance, les sollicitations et inquiétudes citoyennes ont pu être prises en compte dans les différentes phases du chantier, et leur implication alimenter son suivi et sa surveillance pendant toute sa durée (Ricaud et Blanquart, 2024) : signalements d'incidents (arrêt d'un équipement, intrusion sur site), mesures de contrôle en périphérie, etc.

## **4. Conclusions et perspectives**

La mission de tiers de confiance montre toute sa pertinence dans son rôle d'interface entre tous les acteurs en facilitant les échanges, l'accès à la connaissance et aux problématiques liées à la gestion de ces sites et sols pollués. Il permet ainsi de rétablir par le dialogue retrouvé, la confiance dans une situation à l'origine conflictuelle.

Cette mission met ainsi en œuvre une démarche novatrice, consistant à favoriser le partage de connaissances, l'apprentissage partagé et l'implication de toutes les parties prenantes dans les processus de décision à travers la nomination d'un tiers de confiance, expert dans le domaine de la gestion des pollutions des sols et indépendant vis-à-vis de la procédure en cours.

Cette mission de tiers de confiance mise en œuvre en collaboration avec la mairie de Montreuil et soutenue par une volonté politique forte a permis de répondre aux attentes et interrogations des riverains de sites en cours de dépollution/reconversion et a abouti à une acceptation locale du chantier et une implication citoyenne forte dans la vie de quartier et les politiques d'aménagement mises en œuvre par la ville.

Dans un avenir proche, la nomination d'un tiers de confiance dans les dossiers de gestion des sites et sols pollués en milieu urbain, à l'interface de l'ensemble des parties prenantes pourrait s'ajouter aux outils et démarches intégrés à la méthodologie des sites et sols pollués.

## Références

COMRISK, 2024. Organiser l'implication des populations dans l'évaluation et la gestion des sites pollués. <https://comrisk.fr/> consulté le 1 juin 2024.

INERIS-IRSN, 2008. Guide pour l'implication des populations dans l'évaluation et la gestion d'un site ou sol pollué. En collaboration avec la Cire Ile de France. B. Hazebrouck, G. Baumont, C. Legout. INERIS DRC-07-61078-17527B.

Ricaud, A., Blanquart, C., 2024. Gestion des nuisances : Travaux de dépollution in-situ en milieu urbain. UPDS n°15, p. 13-15.

## Remerciements

Les auteurs remercient la Mairie de Montreuil pour leur confiance et la volonté politique affichée dans la mise en place de cette mission de tiers de confiance. Des remerciements sont également adressés à l'ensemble des riverains et acteurs du dossier qui ont permis la réussite de ce travail.