

# ADEME RECHERCHE

FÉVRIER 2025 # 50

**Les sols,  
un trésor à protéger**

**p. 2**

**La renaturation des sols  
dégradés urbains**

**p. 4**

**Rencontre avec Jamila Bentrar  
et Cécile Grand**

**p. 6**



## **La santé des sols au cœur des stratégies territoriales**



**L'ÉDITO**

**Jérémie Almosni,**  
*directeur Villes et Territoires Durables - ADEME*

Les sols occupent une place centrale dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres, jouant un rôle clé dans la régulation de la qualité de l'eau, la lutte contre l'érosion et la préservation de la biodiversité. Cependant, les activités humaines intensifient les pressions sur les sols en multipliant les usages : production alimentaire, fourniture de matériaux et d'énergie, aménagements récréatifs, paysages, logements, infrastructures ou encore industrie. Ces tensions conduisent à une dégradation des sols qui menace leur capacité à remplir leurs fonctions écologiques. Selon l'Union européenne, 60 % des sols sur son territoire sont déjà affectés.

Malgré une prise de conscience croissante de leur rôle essentiel dans la lutte contre la perte de biodiversité et le changement climatique, leur protection reste insuffisamment intégrée dans les processus décisionnels. L'ADEME, dans sa stratégie de soutien à la recherche, vise à mieux ancrer la santé des sols au cœur des

politiques publiques. Elle concentre ses efforts sur trois axes principaux : évaluer leur état de santé, promouvoir leur gestion durable et relever les défis liés aux nouvelles réglementations, notamment la loi Climat et Résilience, qui fixe l'objectif de Zéro Artificialisation Nette (ZAN) d'ici 2050 ainsi que le projet de directive européenne sur la surveillance et la résilience des sols. Cette directive, en plaçant la qualité des sols au même rang que celle de l'eau et de l'air, marque une avancée majeure vers une reconnaissance globale de leur importance. Elle a conduit l'ADEME à renforcer son action sur l'évaluation de la santé des sols et les techniques pour leur restauration écologique, en intégrant ces enjeux au sein des appels à projets de recherche GESIPOL et GRAINE.

Nous vous attendons nombreux pour parler de ces avancées en matière de recherche lors des 5<sup>e</sup> Rencontres Nationales de la Recherche sur les sites et sols pollués les 4 et 5 février 2025.

# Les sols, un trésor à protéger

*L'ADEME joue un rôle central dans le soutien à la recherche et au développement en matière de gestion durable des sols. Son action s'inscrit dans une démarche visant à préserver et à restaurer les sols, qui sont essentiels pour la biodiversité, la régulation du climat, la production alimentaire et la gestion de l'eau.*

Le dérèglement climatique, l'effondrement de la biodiversité et la raréfaction des ressources naturelles pourront s'accompagner d'effets irréversibles sur tous les territoires. Face à une aggravation des effets liés au changement climatique, les villes doivent s'adapter et répondre à certains objectifs de sobriété et de maîtrise des ressources afin de réduire l'étalement urbain et d'améliorer la restauration de la biodiversité (promulgation de l'objectif Zéro Artificialisation Nette (ZAN) - 2021, de la Stratégie nationale Biodiversité (SNB) - 2022, et du Règlement européen sur la restauration de la nature - 2024). Cette prise de conscience est également européenne et a conduit à l'élaboration d'une directive qui prévoit des mesures visant à rendre obligatoire la surveillance de la santé des sols, fournissant des principes directeurs pour leur gestion durable, et traitant des situations dans lesquelles leur contamination présente des risques inacceptables pour la santé humaine et l'environnement.

Cette riche actualité réglementaire renforce le besoin d'approfondir les connaissances sur la biodiversité des sols et les processus écologiques qui en découlent afin de les préserver et de les restaurer, quel que soit le secteur économique (agriculture, pêche, industrie et urbanisme).

En cohérence avec les orientations de la stratégie R&D de l'ADEME, les projets de recherche accompagnés par l'Agence intègrent une approche pluridisciplinaire, mobilisant des experts en sciences de l'environnement (écologie, biologie, pédologie, agronomie), en chimie, en physique et même en géographie et géomatique (urbanisme). Ces travaux de recherche ambitionnent une approche systémique permettant de prendre en considération les sols, non pas uniquement comme un support de construction ou comme une source de pollution, mais comme un élément fondamental de nombreux services écosystémiques (régulation des flux d'eau et du climat, réservoir de biodiversité, etc.). L'ADEME favorise en outre des projets qui intègrent les aspects socio-économiques, car ils peuvent constituer des verrous pour la préservation et la restauration des sols.

## → Les appels à projets de recherche (APR) sur la gestion durable des sols

L'ADEME mobilise les acteurs de la recherche, notamment via des axes ouverts sur les sols dans les APR (ou la mise en place d'appels dédiés), afin de mieux comprendre les impacts des activités humaines et du changement climatique sur les sols, d'évaluer les impacts de leur dégradation sur les humains et les écosystèmes, ainsi que les impacts socio-économiques. La thématique de la gestion durable des sols est non seulement traitée dans les APR de l'ADEME GRAINE<sup>1</sup>, GESIPOL<sup>2</sup>, IMPACT, TEES<sup>3</sup>, CO3<sup>4</sup>, PACT<sup>2e5</sup> et l'appel à thèses<sup>6</sup>, mais aussi à travers la réalisation d'études sur des sujets spécifiques, notamment sur la

réhabilitation écologique des friches polluées (diagnostics fonctionnels des sols avant et après réhabilitation<sup>7</sup>). L'APR GRAINE traduit l'approche systémique recherchée en visant l'amélioration des méthodes et des outils d'évaluation de la santé des sols, tout en veillant à rendre cohérents les référentiels d'interprétation pour tout usage des sols (agricole, forestier ou urbain).

L'ADEME porte aussi cette vision transversale à l'échelle européenne au sein du réseau européen SOILveR qui a pour objectif de partager des connaissances sur la gestion durable des sols et de mettre à disposition des ressources et des connaissances sur sa plate-forme (<https://soilver.eu/>).

## → La feuille de route « gestion durable des sols »

Pour structurer son action, l'ADEME s'est dotée d'une feuille de route sur la gestion durable des sols en s'inscrivant dans un contexte réglementaire en pleine évolution (Objectif ZAN, directive européenne sur la surveillance et la résilience des sols) afin de fixer des objectifs opérationnels déclinés au travers d'actions structurantes à l'échelle régionale et nationale sur une période de 2 à 3 ans. L'ADEME souhaite accompagner les territoires en mobilisant le grand public et les acteurs socio-économiques dans l'optique de faire changer les comportements grâce à la communication, la sensibilisation et la formation. Elle accompagnera les collectivités dans l'élaboration de leurs stratégies de sobriété foncière. Cet accompagnement comprend la mise à disposition de financements, de méthodes, d'outils, de retours d'expériences ainsi que la mise en réseau de collectivités engagées sur le sujet.

L'ADEME encourage la création de terrains démonstrateurs territoriaux (ou *livings labs*, sites d'expérimentation à long terme), afin de répondre au mieux aux besoins des territoires et de mettre en place de nouveaux services ou modèles d'affaires, en s'appuyant sur la participation des entreprises, des chercheurs, et des acteurs locaux de l'aménagement du territoire.

Ces projets reposent sur une gouvernance efficace pour coordonner toutes les parties prenantes en prenant en considération les enjeux sur les sols définis localement (risque inondation, risque sécheresse ou perte d'espace naturel, etc.). ●

1. Gérer, produire et valoriser les biomasses : <https://recherche.ademe.fr/graine>
2. Recherche pour la GESTion Intégrée des sites POLLués
3. Transitions écologiques, économiques et sociales : <https://recherche.ademe.fr/tees-transitions-ecologiques-economiques-et-sociales>
4. Coconstruction des connaissances <https://recherche.ademe.fr/programme-co3>
5. Planifier et aménager, face au changement climatique, la transition des territoires
6. <https://recherche.ademe.fr/programmes-de-recherche-et-theses/programme-theses>
7. Réhabilitation écologique des friches polluées, Jeanne Maréchal, Xavier Marié - 2022-2024, Sol Paysage, 45 pages

# Vers une approche intégrée des effets sanitaires positifs et négatifs du jardinage dans l'aide à la décision sur des sols pollués.



## Eugénie Albert

Docteure en pharmacie à l'IRSET (Institut de recherche en santé, environnement et travail - UMR\_S 1085 Inserm), Eugénie Albert s'est spécialisée en santé publique. Elle croit fermement que les enjeux de santé actuels nécessitent une lecture globale et interdisciplinaire. Cette thèse, appuyée par l'ADEME, s'inscrit complètement dans cette logique. Pour cette grande curieuse et fan de jardinage, le thème était tout indiqué...

### Quels sont les principaux objectifs et résultats de votre thèse ?

**Eugénie Albert** — Il existe aujourd'hui des outils d'évaluation des risques sanitaires des sols contaminés. Cependant, lorsque les risques évalués sont faibles, peu parlants, il est difficile de déterminer l'usage que l'on peut réellement faire du sol. Par ailleurs, des usages comme le jardinage peuvent aussi avoir des impacts sanitaires positifs. La thèse cherche donc à construire un outil qui réponde à ces situations intermédiaires, en intégrant les bénéfices éventuels pour la santé. Ceci s'inscrit dans une logique de santé publique actuelle où, au principe de sécurité sanitaire, s'ajoute la notion de promotion de la santé.

Ma thèse s'appuie tout d'abord sur une revue de la littérature montrant des bénéfices potentiels, en particulier pour le jardinage, en matière d'alimentation, de santé mentale, d'activité physique, de lien social, de qualité de l'environnement et de budget. Sur cette base, mon objectif est de proposer une méthode d'évaluation qui intègre tous ces bénéfices, et pas uniquement le risque.

Le second volet a été d'aller rencontrer des jardiniers, en l'occurrence les usagers des jardins collectifs de la ville de Rennes. J'ai cherché à documenter les bénéfices économiques, qui sont moins connus, et les conditions dans lesquelles ils sont présents (profil de jardinier, structure du jardin...). À Rennes, on montre que pour faire des économies substantielles en matière de coût alimentaire, il faut avoir une certaine surface, associée à une certaine expérience du jardinage. Mais surtout, c'est moins l'objectif économique que le loisir que les gens cherchent, contrairement aux conclusions d'autres études menées par exemple à Séville, région très touchée par la crise économique de 2008.

### Pourquoi avez-vous sollicité l'ADEME ? Qu'apporte cette collaboration à vos travaux ?

**E. A.** — D'une part, je savais que l'ADEME était intéressée par cette thématique d'évaluation des risques sanitaires en situation d'entre-deux et l'avait inscrite à son cahier des charges. D'autre part, c'était un atout de pouvoir accéder à l'expertise de l'ADEME pour conduire une thèse la plus opérationnelle possible et la plus proche des besoins des utilisateurs finaux.

### Comment les résultats seront-ils valorisés ? Quelles sont les éventuelles suites ?

**E. A.** — L'objectif pour la suite de la thèse est de construire le module d'évaluation de tous les bénéfices, en comparaison avec les différents niveaux de risques, afin de produire un véritable outil d'évaluation intégrée des impacts sur la santé. Ma thèse sera d'ailleurs présentée aux 5<sup>e</sup> Rencontres Nationales de Recherche sur les sites et sols pollués de février 2025.

Par la suite, cet outil pourra être enrichi d'autres analyses du jardin provenant de différentes disciplines de recherche, ou décliné pour d'autres usages. ●



# La renaturation des sols dégradés en milieux urbains

*Les sols peuvent être dégradés par les activités humaines. Réhabiliter les friches constitue des opportunités à la fois pour réduire l'artificialisation des sols et pour recréer des espaces de nature porteurs de bénéfices directs et indirects pour les habitants des villes.*

Dans un contexte de tensions sur l'usage des sols, les villes doivent aussi s'adapter aux conséquences du changement climatique et répondre à certains objectifs de préservation et de restauration de la biodiversité (loi Climat - Plan Biodiversité). La renaturation des zones à l'abandon ou de zones à enjeux écologiques constitue une opportunité de rendre les territoires plus résilients et de promouvoir un ensemble de bénéfices environnementaux, sociaux et économiques<sup>1</sup>. Ces opérations de renaturation (parc urbain, jardin partagé, trame verte, réservoir biodiversité) constituent une réelle opportunité pour recréer un espace de nature en milieu urbain et périurbain, porteur de bénéfices directs et indirects. Ces opérations menées dans le cadre d'un renouvellement urbain peuvent dynamiser la reconversion des friches vers des usages environnementaux (espace vert, parc urbain, continuité écologique) lorsque celles-ci présentent un potentiel et des fonctionnalités permettant une intégration paysagère favorisant la biodiversité et la lutte contre le changement climatique.

## → Faire face à la raréfaction de la « ressource sol »

La réhabilitation écologique des friches nécessite le plus souvent de grandes quantités de terre végétale rarement disponible. Pour faire face à cette raréfaction de la ressource sol, de nombreux acteurs de l'aménagement doivent faire appel à des techniques basées sur le génie écologique ou le génie pédologique. Elles consistent à reconstituer ou réhabiliter des sols fertiles à l'aide

de matériaux qui, pour la plupart, sont issus de déchets urbains (compost, terres excavées, sédiments, boues papetières, déblais de dragage, etc.). De nombreux projets de recherche cofinancés par l'ADEME (ex. : Biotechnosol, SITERRE I<sup>2</sup>, BIOTUBES<sup>3</sup>, BIOSAINE<sup>4</sup> et DESSERT) ont permis d'améliorer les connaissances sur les différentes étapes de la construction des sols ces dernières années. Cependant, le suivi des dispositifs mis en œuvre (essais pilotes, parcelles expérimentales) n'a pas pu être poursuivi sur le long terme, et un manque d'information existe actuellement concernant la pérennité et le maintien des performances des techniques utilisées. Ces nouvelles techniques de construction ou de reconstruction de sol nécessitent encore de faire leurs preuves afin de garantir la pérennité des processus écologiques à l'origine de l'amélioration de la santé des sols réhabilités. C'est d'ailleurs l'un des objectifs des projets de recherche en cours SITERRE II piloté par Plante & Cité, DIVA piloté par SUEZ, et RESPONSE piloté par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) qui sont également cofinancés par l'ADEME.

C'est à travers la mise en place de démonstrateurs regroupant les différents acteurs de l'aménagement (propriétaires, gestionnaires, aménageurs, collectivités) que peuvent se développer ces innovations techniques et organisationnelles. À une échelle territoriale, les projets de recherche-action FRICHECO<sup>5</sup> et APPLLEX retenus par l'ADEME dans le cadre des APR GESIPOL et GRAINE permettent de répondre plus précisément aux besoins des acteurs de l'aménagement. Ceux-ci sont établis en fonction du contexte local et ont permis de traduire les besoins des territoires en questions de recherche. Dans le cadre de ces projets, des guides, recommandations ou solutions techniques pourront être proposés afin de mieux guider les acteurs du territoire dans la réorientation de leur modèle d'aménagement (identification des zones à enjeux, caractérisation des sols, conception d'un projet de (re)construction de sol, organisation des filières de recyclage de matériaux).

1. Lorsque les bénéfices environnementaux, sociaux et économiques constituent les bénéfices que l'Homme retire directement ou indirectement du fonctionnement des écosystèmes, on parle de « services écosystémiques ». Ceux-ci reposent sur l'ensemble des processus écologiques qui assurent le fonctionnement de ces écosystèmes
2. SITERRE I : [https://www.plante-et-cite.fr/projet/fiche/3/siterre\\_construction\\_de\\_sols\\_fert](https://www.plante-et-cite.fr/projet/fiche/3/siterre_construction_de_sols_fert)
3. BIOTUBES : <https://bibliothèque.ademe.fr/urbanisme-territoires-et-sols/3770-enjeux-de-la-reconversion-d-une-friche-et-comment-evaluer-la-rehabilitation-ecologique-d-un-sol-degrade.html>
4. BIOSAINE : <https://bibliothèque.ademe.fr/recherche-et-innovation/7163-concevoir-un-projet-d-amenagement-d-une-friche-polluee-pour-une-production-de-biomasse-a-vocation-energetique.html>
5. FRICHECO : <https://www.euromediterranee.fr/sites/default/files/2023-09/CP%20Euromediterranee%CC%81diterrane%CC%81e%20-%20Neo%20Eco%20-%20FrichEco.pdf>



## → Les démarches d'aide à la décision pour la planification territoriale

Ces projets en renouvellement urbain nécessitent de bien connaître l'état des sols dès le stade de la planification en y intégrant des informations sur leur mode d'occupation et des informations sur les propriétés chimiques, physiques et biologiques issues des bases de données nationales (comme DoneSol ou BDSolU). Pour une meilleure connaissance des sols, notamment en milieu urbain, il est souvent nécessaire de compléter ces informations par des sondages pédologiques, des observations de terrain et des analyses agropédologiques.

Plusieurs démarches d'aide à la décision, financées par l'ADEME à travers les APR GESIPOI, GRAINE ou MODEVAL-URBA et développées par un consortium d'acteurs experts en pédologie, agronomie, écologie et urbanisme, répondent à des contextes différents rencontrés au cours de l'élaboration d'une stratégie foncière. La méthodologie MUSE<sup>6</sup> permet de cartographier au 1/250 000<sup>e</sup> le potentiel de multifonctionnalité des sols à une échelle supra ou (inter)communale (SCoT et PLUi). Elle propose des indicateurs pour plusieurs fonctions des sols avec des approches différentes en milieu rural et en milieu urbain (potentiel agronomique, potentiel infiltration eau, stock potentiel de carbone, indice de biodiversité des sols).

À une maille plus fine du territoire, d'autres démarches (DESTISOL<sup>7</sup>, SUPRA<sup>8</sup>) permettent une évaluation des potentialités des sols urbains à l'échelle de 1/10 000<sup>e</sup> ou à celle de la parcelle. Elles reposent sur une démarche identique : à partir de l'analyse des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols (ex. : pH, texture, teneur en azote, compacité, biodiversité), des indicateurs de fonction des sols sont définis puis notés selon des référentiels nationaux ou locaux. Ceux-ci peuvent renseigner non seulement le potentiel des sols d'une friche, mais également l'évolution de leur santé au cours d'une opération de réhabilitation écologique (ex. : le sol peut-il favoriser la recolonisation par des nouvelles espèces végétales et lesquelles ? Permet-il de réguler les flux et la qualité des eaux ? Permet-il d'éviter l'érosion ou l'implantation des espèces invasives ? Peut-il contribuer au stockage du carbone ?). Leur mise en œuvre permettra de mieux orienter les acteurs de l'aménagement pour la prise en compte des sols dans les documents d'urbanisme et pour guider les opérations de réhabilitation écologique.

Finalement, ces opérations de renaturation des sols requièrent des approches systémiques intégrant les volets économique, environnemental, organisationnel, social, institutionnel et juridique. Les acteurs de l'aménagement devront progressivement s'approprier les démarches d'aide à la décision et mieux connaître les techniques de réhabilitation disponibles. Des démonstrateurs sont déjà mis en place dans certains territoires afin de favoriser l'économie circulaire permettant une gestion économe des ressources (terres végétales, matériaux urbains) comme le Lorraine Fab Living Lab<sup>9</sup>, espace d'accélération de l'innovation déjà mobilisé avec succès sur des projets de territoire ou de création de filière locale (projets locaux, régionaux, nationaux, européens). Un ancrage territorial fort avec des étapes de coconstruction, intégrant les sciences participatives, favorisera l'innovation et les changements de pratiques et une meilleure sensibilisation des élus à l'intégration de la santé des sols dans les stratégies territoriales. ●



## Projet de sciences participatives « Tous en Sol » (appel à communs)

*Le projet « Tous en Sol » a deux principaux objectifs pour promouvoir la sensibilisation et l'action en faveur de la protection des sols urbains.*

Premièrement, il cherche à rendre accessible l'étude de la qualité des sols urbains grâce à des actions de sciences participatives, en apportant des moyens techniques et financiers pour leur analyse chimique, agronomique et pédologique, et en rendant les résultats compréhensibles par les citoyens afin d'encourager les actions en faveur de la préservation des sols. Deuxièmement, il cherche à améliorer la connaissance des sols urbains grâce à l'accès aux jardins privés, par et pour les citoyens, tout en partageant les données via leur intégration dans des bases de données nationales (DoneSol et BDSolU).

Les objectifs du projet comprennent la constitution d'un réseau de citoyens-référents, la coconstruction de questions de recherche, l'élaboration et la mise en œuvre de stages de formation. Ces actions visent à impliquer les citoyens dans la prise en compte de l'importance de la qualité des sols urbains et à démystifier le processus de recherche scientifique tout en permettant le partage des données. En outre, le projet cherche à tester différentes modalités de stages pour évaluer leur efficacité et leur adaptabilité.



6. Pour les milieux naturels, agricoles et forestiers, l'approche MUSE utilise des données des référentiels pédologiques nationaux (RRP) et DoneSol pour évaluer les fonctions du potentiel agronomique et d'infiltration de l'eau, le référentiel ALDO pour le stockage de carbone et le référentiel de l'OPVT pour évaluer le réservoir de biodiversité des sols
7. DESTISOL : <https://librairie.ademe.fr/urbanisme-territoires-et-sols/3923-destisol-les-sols-une-opportunit-e-pour-un-amenagement-urbain-durable.html>
8. SUPRA : sols urbains et projets d'aménagement : de l'échantillonnage des sols urbains à l'outil d'aide à la décision d'affectation des sols : <https://librairie.ademe.fr/sols-pollues/6231-sols-urbains-et-projets-d-amenagement-supra.html>
9. <https://erpi.univ-lorraine.fr/>

# Rencontre avec...

## BIOEXPRESS

Coordnatrice Quartiers fertiles à la Métropole Européenne de Lille (MEL), des projets de recherche REVALS et REPONSE, **JAMILA BENTRAR** est également l'auteurice de l'ouvrage *Modéliser le futur des territoires - Pour une résilience des politiques publiques*, publié chez Territorial Éditions.

Cheffe de projets Sols et sites pollués, au sein du service SiteSol (sécurisation et reconversion des friches polluées) de l'ADEME, **CÉCILE GRAND** travaille notamment sur la réhabilitation écologique des friches et leur reconversion.



« Nous ne trouvons plus de bonne terre dans notre région ; nous devons donc envisager d'autres options. »

JAMILA BENTRAR



« Il faut du temps pour rendre fonctionnel un sol dégradé. »

CÉCILE GRAND

*Régulation de l'eau, lutte contre la perte de biodiversité et contre les îlots de chaleur urbains... Même contaminé, le sol peut rendre de nombreux services écosystémiques. D'où l'intérêt d'en prendre soin et de lui laisser le temps dont il a besoin pour se restaurer.*

## Pourquoi et comment vous êtes-vous intéressée à la qualité des sols dans la stratégie urbaine de la Métropole Européenne de Lille (MEL) ?

**Jamila Bentrar** — J'ai rejoint la Direction Agriculture de la MEL il y a plus de trois ans afin de développer des projets d'agriculture urbaine dans des quartiers prioritaires. J'ai appréhendé ce sujet comme un programme immobilier comme un autre ; puis celui des sols s'est imposé rapidement, quand les analyses ont indiqué la présence de polluants, et donc une incompatibilité d'usage de ces sols avec nos projets. Les experts nous ont conseillé de suivre les modalités de gestion de la pollution qui sont mises en œuvre dans ce cas : retirer la terre polluée et la remplacer par une terre saine. J'ai alors découvert un problème de disponibilité déconcertant : nous ne trouvons plus de terre saine dans notre région. Notre modèle est arrivé à bout de souffle, nous devons envisager d'autres options. Nous nous sommes alors orientés vers la solution technique de reconstruction ou construction de sol, c'est-à-dire la mise en place de technosols.

## En quoi consiste cette approche ?

**J.B.** — Pour dire les choses simplement, il s'agit de faire au mieux avec ce que l'on a, car nous avons de la terre, et même si elle est contaminée, elle n'en demeure pas moins riche, avec des fonctionnalités. C'est donc dans un contexte de pénurie de terres saines que nous avons décidé, au sein de la MEL, de réunir un consortium de recherche en vue d'expérimenter une solution alternative consistant à valoriser les ressources disponibles, tout en garantissant la sécurité sanitaire dans le cas d'usage agricole.

En partenariat avec le consortium et à travers le projet REPONSE pour (RE)véléateur du (PO)tentiel (N)ourricier du sol et de son (E)cosystème, nous sommes partis de l'hypothèse que ce n'est pas parce qu'un élément présent dans le sol peut interroger sur la santé humaine qu'il est pertinent de retirer toute la terre. Pourquoi ? Parce que le sol remplit de nombreuses fonctions (comme être un support de végétation, permettre le stockage de l'eau, le maintien de la biodiversité, etc.). En retirant la terre, on supprime donc aussi tous les services qu'elle nous rend. Nous avons donc préféré amender le sol et voir si cette fertilisation rendrait la terre plus résiliente face aux dégradations qu'elle a connues à la suite des successions d'usages. Les résultats ne se sont pas fait attendre : quatre mois plus tard, des analyses montraient que la vie dans le sol, notamment microbienne, avait retrouvé un dynamisme grâce à une activité bactérienne qui facilite la fixation du carbone et fertilise les sols.

## Comment l'ADEME accompagne-t-elle les territoires sur ces questions ?

**Cécile Grand** — Dans le domaine de la gestion des sites et sols pollués, nos modes d'action se situent à plusieurs niveaux. Nous intervenons sur des sites pollués à responsables défaillants afin de les mettre en sécurité pour éviter toute menace grave pour les populations et/ou l'environnement. Dans le cadre du fond vert, l'ADEME soutient les projets de reconversion de friches par le financement d'études et de travaux de dépollution, dans le respect de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. Nous avons enfin une mission d'appui aux politiques publiques et de production de connaissances dans l'animation et le soutien à la recherche.

## Sur quels enjeux de recherche travaillez-vous actuellement ?

**C.G.** — La recherche doit faire face à deux enjeux. Le premier est spatial : comment évaluer la santé des sols à différentes échelles ? Il s'agit d'assurer une cohérence entre les outils d'évaluation de la santé des sols développés à différentes échelles par plusieurs opérateurs de la recherche (via des équipes pluridisciplinaires). Au stade de la planification, ces outils reposent sur de nombreuses bases de données, alors qu'à l'échelle de l'aménagement, ils reposent sur des diagnostics de terrain. Le deuxième est temporel : là aussi, comment évaluer la santé des sols à différentes échelles de temps ? Pour restaurer certaines fonctions du sol, des opérations de réhabilitation écologique font appel à des techniques de génie écologique ou de génie pédologique qui dynamisent les processus écologiques, et cela peut prendre du temps. Des questionnements résident sur le choix des indicateurs d'évaluation de la santé des sols car ils doivent être capables de rendre compte de la restauration des processus écologiques étudiés, sachant que l'on ne connaît que 25 à 50 % des espèces vivant dans le sol.

Un autre enjeu est également d'évaluer les services écosystémiques rendus par les sols après réhabilitation, afin de mieux faire valoir les bénéfices liés à ces opérations auprès des élus, des citoyens, mais également auprès des acteurs économiques qui ne voient plus ces espaces réhabilités comme un foncier valorisable.

## Vous notiez que la santé d'un sol s'améliore quatre mois après avoir été amendé ; c'est un résultat encourageant, vous ne trouvez pas ?

**J.B.** — Oui, même si – restons lucides – nous sommes au début de la recherche et notre solution est loin d'être industrialisée. Néanmoins, ce constat me conforte dans le changement de paradigme que je défends : le programme REPOSE n'a pas pour objectif d'évaluer les impacts négatifs de la contamination des sols, si l'on s'en tient à la séquence réglementaire « éviter, réduire, compenser », mais bien de valoriser les sols. Ce nouveau paradigme s'articule autour des trois piliers suivants : préserver, valoriser, créer. Dans notre cas, nous sommes donc dans la logique de créer

de la bonne terre, avec toutes les fonctions écosystémiques que cela comprend. L'enjeu est de privilégier la création de ressources pour créer de la valeur plutôt que de se contenter de les exploiter. En créant des ressources, on crée l'abondance, alors qu'en exploitant les ressources, on crée la pénurie. C'est bien là où nous en sommes aujourd'hui.

## Cette approche s'inscrit donc dans la durée...

**C.G.** — Oui, et c'est nouveau. Jusqu'à récemment, dans les projets de reconversion, on déployait des opérations de réhabilitation permettant de retrouver une compatibilité d'usage dès la fin des travaux. Un projet de restauration de la qualité des sols s'inscrit dans une autre temporalité et il faut du temps pour qu'un sol redevienne sain. La collectivité va donc devoir s'adapter à ce temps long ; elle devra montrer à ses interlocuteurs (et c'est inédit) que même si le sol n'a pas encore retrouvé ses fonctions écologiques, il est néanmoins sur la bonne voie. Il s'agit d'accepter qu'à la fin des travaux, l'espace végétalisé ne ressemble pas encore à un véritable espace de nature ou à un parc urbain !

**J.B.** — Ce temps long peut être problématique pour les acteurs de la promotion immobilière, soumis à des enjeux de rentabilité. Nous devons donc trouver les outils pour révéler la valeur réelle des sols. Celle-ci ne s'exprime pas en euros mais en services écosystémiques. C'est là l'ambition d'un autre projet de recherche, REVALS, (RE)veal and (VA)lorise (L)ife of (S)oils ; il vise à montrer que la restauration du sol crée de la valeur environnementale, de la valeur sociétale, de la richesse écosystémique, etc. REVALS entend monétariser ces valeurs environnementales et sociétales.

## Le sujet de la restauration des sols peut-il être envisagé à l'échelle européenne ?

**C.G.** — Contrairement à l'air et à l'eau – considérés comme des biens collectifs –, les sols sont envisagés comme un bien privé, et leur préservation ne faisait pas l'objet de politiques communes. Une première initiative européenne a été initiée en 2006, mais elle n'a pas abouti. La Commission européenne a retravaillé sur cet enjeu pour alimenter une directive qui devrait voir le jour en 2025 puis être transcrite dans le droit français. Cette directive entend promouvoir la surveillance de la qualité des sols et leur restauration à l'échelle de l'Europe. Elle complétera la loi européenne sur la restauration de la nature votée en août 2024. Ces deux lois devraient donc soutenir activement les politiques publiques menées en France sur ce sujet. ●



# Chaque trimestre, retrouvez l'avancée de la stratégie R&D de l'ADEME

*Le programme d'actions de recherche concerté IMPACT vise à mieux connaître et à prendre en compte les impacts sur les milieux air, sol, eau, et les impacts sur la société. Le programme contribuera en particulier à ce que le déploiement de la transition écologique se réalise en limitant les impacts environnementaux, socio-économiques et sanitaires à moyen et long terme.*

En tant que programme de recherche concerté, l'objectif d'IMPACT est de renforcer le dialogue science société, pour à la fois comprendre et répondre aux enjeux des territoires et aux questions des populations, et construire avec les citoyens les réponses les plus adaptées.

Il s'appuie sur l'appel à projets de recherche du même nom, IMPACTS, qui a permis en particulier de sélectionner en 2021 les projets EVALVIE et OMISEP dont l'objectif est de développer, aux échelles spatiales pertinentes, des méthodologies d'évaluation du risque lié à des expositions multiples, généralisables à différents territoires, afin de mettre en œuvre des mesures de gestion pertinentes et efficaces.

## → Le projet EVALVIE

Le projet EVALVIE est cofinancé par la Métropole Aix-Marseille-Provence et la ville de Fos-sur-Mer. Son objectif est de définir une méthodologie basée sur la sensibilité des milieux et le classement des enjeux et des risques/aléas pour en déduire un indice de vulnérabilité des milieux reproductible et potentiellement applicable à tous types de territoire.

Pour déterminer l'indice intégratif de vulnérabilité, quatre catégories d'indicateurs sont considérées, sur trois milieux : une zone urbaine (Fos-sur-Mer), une zone urbaine et périurbaine sous influence industrielle passée (le massif des Calanques) et une zone rurale et agricole (Saint-Martin-de-Crau).

Ce travail implique les citoyens dans une étude des pratiques et perceptions de la contamination du territoire et s'attachera à transmettre la connaissance aux citoyens par l'organisation de formations à l'observation de l'environnement.

À partir de l'analyse de différents écosystèmes présentant des expositions contrastées, l'ensemble de ces indica-

teurs environnementaux, écologiques et socio-économiques sera intégré dans une base de données. Leur croisement et leur classement aboutiront à la création de l'indice multienjeu de vulnérabilité.

## → Renforcer les liens entre les santés humaine, animale et environnementale

Le projet OMISEP est une étape importante pour rendre opérationnel le récent développement d'un nouvel indicateur, basé sur le concept d'impact cumulatif (IC) des risques sanitaires et des risques pour les écosystèmes, mis en place par le Plan national santé-environnement 4 (PNSE4).

Le concept One Health (« une seule santé ») s'appuie sur l'interdépendance étroite entre la santé humaine et les écosystèmes, et implique le besoin de développer des approches intégrées pour caractériser ces interrelations. S'inspirant de cette vision, des travaux récents ont ainsi permis la construction de l'indicateur IC qui agrège des indicateurs d'exposition sanitaire (contamination directe ou indirecte des individus) et des indicateurs environnementaux (dégradation et menace des écosystèmes, limitation de l'accès aux ressources, sources de stress provoqué par un environnement dégradé ou par les activités polluantes).

Ce projet exploratoire vise à croiser des sciences environnementales et des sciences humaines à partir d'approches

locales transverses et tenant compte du ressenti des populations.

La méthodologie qui en sera issue sera testée dans deux contextes de gestion de sites industriels pollués.

Le premier est un territoire de 83,5 km<sup>2</sup> et 88 000 habitants situé dans l'agglomération Creil Sud Oise, qui s'est développé grâce aux chemins de fer et à partir de l'industrie métallurgique, notamment avec le secteur automobile.

Le second est situé sur le pourtour de l'étang de Berre, proche de Marseille. Ce territoire de 321 000 habitants fut le fruit d'une implantation de grands établissements industriels depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle, notamment des industries chimiques et métallurgiques des non-ferreux, puis de l'industrie pétrolière à partir des années 1930, ce qui en fait la deuxième concentration nationale en sites classés Seveso, après l'estuaire de la Seine.

Ce site d'étude est commun au projet EVALVIE et chaque équipe participe aux comités de suivi respectifs des deux projets. En effet, afin de décider et de mettre en place des actions de réduction des expositions aux différents facteurs de stress, la bonne communication entre scientifiques, aménageurs, acteurs politiques, professionnels de santé et citoyens est un préalable essentiel. Une réunion publique commune de rendu des résultats est déjà prévue en juin 2025 à Marseille.



## ADEME RECHERCHE



Directrice de la publication : Anne Varet – Rédactrice en chef : Stéphanie Guignard – Photos : Getty images, Cécile Grand, Tous en Sol – Conception et réalisation : bearideas - ISSN : 2777-9009 (en ligne) - EAN : 9791029724947 (print) – Réf. 012728 – janvier 2025. Retrouvez les lettres ADEME Recherche sur [infos.ademe.fr](mailto:infos.ademe.fr)

[Vous souhaitez vous abonner à la lettre ?](#)  
[Le formulaire est accessible ici](#)

