

## Equipe Sols & Environnement, projet N° 3 : Contribution à la remédiation et à la gestion des sols fortement contaminés

La mise au point et l'évaluation de techniques de remédiation des sols contaminés par les ETM constituent un des thèmes développés au LSE depuis près de 10 ans. Les recherches mises en place visent à réduire la mobilité et la biodisponibilité de ces polluants dans les sols et ceci, soit au moyen d'amendements (minéraux ou organiques), soit en utilisant une couverture végétale pérenne du sol.

Les travaux relatifs à l'immobilisation des ETM par des amendements portent sur des sols de potagers fortement contaminés situés aux alentours des sites métallurgiques de Noyelles-Godault et d'Auby. Ont été étudiés en milieu contrôlé les effets des amendements minéraux (produits phosphatés, cendres volantes) et des amendements organiques (D60, polymère  $\beta$ CD-TCR).

Ces travaux, réalisés dans le cadre d'un partenariat pluridisciplinaire, ont fait l'objet en octobre 2008 d'un rapport de synthèse dont les principaux résultats ont été mentionnés dans le bilan du LSE (Gestion des sols fortement contaminés par les ETM). Les prochains travaux porteront sur la valorisation des nombreuses données acquises sur le comportement des polluants, la phytodisponibilité (laitue, ray grass), la biodisponibilité (*Eisenia fetida*), la bioaccessibilité orale des ETM pour l'homme.

L'autre technique étudiée au LSE repose sur l'utilisation de plantes dont l'aptitude est de stabiliser les polluants dans leur rhizosphère (phytostabilisation). L'efficacité de cette immobilisation peut être accrue en associant un amendement (phytostabilisation aidée). La thèse d'Alena Pohu, co-financée par l'ADEME et démarrée en 2007, a pour objectif de contribuer à l'évaluation de ce mode de gestion en s'appuyant sur un site expérimental situé à Evin-Malmaison à proximité de l'ancienne fonderie Metaleurop Nord.

Sur deux des trois parcelles de ce site ont été appliquées en 2000 des cendres volantes issues de centrales thermiques utilisant le charbon comme combustible. La troisième parcelle n'a rien reçu et sert de référence. Sur l'ensemble du site a été semée une végétation herbacée et près de 2 000 arbres ont été plantés.

Les résultats attendus devraient contribuer à :

- évaluer l'efficacité du mode de gestion au regard de la mobilité et la biodisponibilité des ETM,
- étudier les effets des cendres sur le fonctionnement et la structure de l'écosystème (sol, végétation, microflore...),
- quantifier la bioaccessibilité orale des ETM pour les jeunes enfants lors de l'ingestion de particules de sols,
- proposer des recommandations pour le phytomanagement des sols fortement contaminés par les ETM.

L'expérience acquise sur le site expérimental d'Evin-Malmaison apportera des informations scientifiques et techniques sur la phytostabilisation et le fonctionnement des sols amendés ou pas. Il ne s'agira cependant que d'un élément dans une réflexion plus globale nécessitant d'une part, un approfondissement des connaissances sur les effets de ce mode de gestion sur le sol et la biosphère et d'autre part, la prise en compte des aspects socio-économiques.

La rentabilité économique du mode de gestion proposé est en effet un critère de garantie de sa pérennité. Par ailleurs, le maintien d'une activité agricole sur les sols fortement contaminés aux alentours de Metaleurop Nord s'avère indispensable. Dans le but d'acquérir des connaissances et des références sur ce mode de gestion des sols fortement contaminés par les ETM, et afin notamment d'alimenter les réflexions en cours sur leur gestion, un projet pluridisciplinaire a été soumis à l'ANR en 2008. Il est à ce jour examiné pour un financement éventuel par l'ADEME. L'encadré ci-dessous résume le programme et les principaux résultats attendus.

**Projet de recherche examiné par l'ADEME : Développement de la phytostabilisation sur des sols contaminés par des ETM à des fins énergétiques : viabilité écologique, intérêt social et bilan économique**

Le projet, qui s'appuie sur des expérimentations *in situ*, a pour objectif principal d'évaluer d'une façon globale, alliant les aspects environnementaux, économiques et sociaux, un mode de gestion des sols fortement contaminés par les ETM. Celui-ci associe la phytostabilisation des polluants dans les sols et la production d'une biomasse végétale destinée à alimenter une chaudière polycombustible. Le secteur retenu correspond à des parcelles agricoles aux alentours de l'ancienne fonderie Metaleurop Nord. De nombreux travaux ont montré la forte contamination en Cd, Pb et Zn de leurs sols. Ils ont aussi mis en évidence un transfert des polluants vers les productions végétales au point d'un non respect fréquent des valeurs réglementaires en vigueur pour l'alimentation humaine. Les réflexions relatives à la gestion de ces sols nécessitent de tenir compte de leur degré de contamination, de leurs usages et des risques de transfert des polluants vers d'autres compartiments tels que les poussières, la nappe, les chaînes trophiques et *in fine* la population.

Le souhait émis par les instances régionales et nationales est de mettre en place sur les sols présentant plus de 500 mg de Pb par kg de terre une végétation arborée, et des productions non alimentaires sur les autres sols fortement contaminés. Le choix des essences à privilégier doit concourir à limiter les dangers environnementaux et sanitaires tout en répondant d'autre part à une demande de biomasse végétale à des fins notamment énergétiques. Ainsi, certaines essences arborées (*Robinia pseudoacacia*, *Alnus glutinosa*, *Quercus ilex* et *Acer pseudoplatanus*) et certaines espèces graminées présentent à la fois l'avantage de produire une biomasse abondante et une aptitude à accumuler peu les ETM dans leurs organes aériens. Parmi ces graminées, *Miscanthus x giganteus* rencontre un intérêt croissant de la part de l'industrie et d'une partie du monde agricole en raison de sa forte productivité et de sa teneur élevée en ligno-cellulose. De plus, des travaux tendent à montrer que cette graminée accumule relativement peu les ETM dans les parties récoltées.

A ce jour, compte tenu du manque de sites ateliers, les connaissances restent insuffisantes sur la phytostabilisation tant pour la végétation arborée que pour les graminées. Le recul n'est par ailleurs pas suffisant pour mesurer l'impact de ce mode de gestion sur les sols, la faune, la flore et le fonctionnement de l'écosystème. Son intérêt économique et social n'a pas été montré non plus à ce jour sur des sols fortement contaminés par des ETM. En vue d'apporter des éléments de réponse tant sur le plan scientifique que sur les aspects techniques, sociaux et économiques, la mise en place d'une démarche pluridisciplinaire s'avère nécessaire. Elle s'appuiera sur des expérimentations *in situ* permettant d'intégrer la variabilité des paramètres environnementaux susceptibles d'influer sur les aspects physiologiques des modèles étudiés (développement, biomasse, état sanitaire, accumulation et localisation des ETM...) et le fonctionnement de l'écosystème sol (cycle du carbone, activité biologique, risque de transfert des polluants vers d'autres compartiments environnementaux, risque d'exposition des populations...).

La démarche intégrera l'impact de cette production de biomasse végétale sur la structuration des exploitations agricoles du secteur étudié. De plus, la valorisation de cette biomasse végétale s'inscrit dans la politique de développement de SITA Bioénergies. La mise en oeuvre d'une chaudière polycombustible fait partie intégrante d'un ensemble d'expérimentations que souhaite entreprendre l'entreprise installée sur le site de l'ancienne fonderie de Metaleurop Nord. L'ambition de cet ecopôle est de devenir autosuffisant en énergie à partir de bio-ressources disponibles localement et de tendre ainsi vers le « 100% renouvelable ». Le développement de ce type de chaudière acceptant un large panel de matériaux (coproduits de recyclage, *Miscanthus*, copeaux ou granulés de bois...) ne peut se faire sans une étude de faisabilité préalable intégrant différents aspects liés à la préparation des combustibles, à la rentabilité technico-économique et à la réglementation environnementale en vigueur.

Les objectifs détaillés du programme, que se propose d'animer le LSE et qui réunirait une dizaine de partenaires scientifiques (ISA, Lille 1, 2, ULCO, Université de Franche Comté, Laboratoire d'Analyses des Sols de l'INRA d'Arras), institutionnels (Chambre Régionale d'Agriculture du Nord - Pas de Calais) et industriel (SITA Bioénergies), sont :

- d'évaluer la viabilité écologique d'une production de biomasse d'origines arborée et herbacée au regard :
  - des paramètres physico-chimiques des sols,
  - du comportement des ETM dans les sols (extractabilité, spéciation), et leur transfert vers la profondeur,
  - de la bioaccumulation de Cd, Pb et Zn dans les différents organes des végétaux et de leur rhizosphère,
  - de la biodiversité floristique et faunistique,
  - de l'état de santé de l'écosystème (plantes cultivées, microfaune associée, invertébrés, micromammifères, flore microbiologique),
  - du fonctionnement du cycle du carbone,
  - de la composition des rejets atmosphériques et des cendres résultant de la combustion des biomasses,
- d'évaluer l'intérêt économique de la technique de requalification par rapport :
  - à l'optimisation des itinéraires techniques agricoles sur *Miscanthus* cultivés sur des sols pollués,
  - au développement de productions non alimentaires sur des sols contaminés par des ETM,
  - à la mise en place d'une chaudière pilote polycombustible utilisant notamment les biomasses issues de la phytostabilisation,
    - à la validation des outils au regard des normes en vigueur (rejets atmosphériques, cendres...),
    - au bilan économique des filières étudiées du point de vue des agriculteurs, de l'industriel et des collectivités,
- de discuter des avancées sanitaires et sociales intégrant :
  - la biodisponibilité orale des ETM pour les jeunes enfants lors de l'ingestion de particules du sol,
  - la perception par la population locale du mode de gestion proposé,
  - l'aménagement du territoire et la réorganisation foncière des exploitations agricoles de manière à limiter et à répartir l'impact de la pollution des sols sur le revenu des exploitations concernées.

La démarche repose sur le site d'Evin-Malmaison que gère le LSE depuis 2000, et sur des parcelles agricoles sur lesquelles ont été plantés dès le printemps 2007 des rhizomes de *Miscanthus*. Ce laps de temps permettra d'étudier les impacts de ce mode de gestion en intégrant la notion de temps.

Le projet, soutenu par les instances régionales ou nationales impliquées dans la gestion des sols fortement contaminés aux alentours de l'ancienne fonderie de plomb Metaleurop Nord, consiste d'une part, en une expertise scientifique des techniques proposées et d'autre part, à proposer un site de démonstration en vue de participer à la promotion de ce mode de gestion des sols contaminés par les ETM. Ce projet pourrait offrir de nouvelles possibilités de développement à la fois à travers la valorisation de nouvelles sources de biomasse, mais aussi en termes de requalification et valorisation de sites pollués.