

RÉDUCTION DES RISQUES DE TRANSFERTS DE CONTAMINANTS DE SOLS POLLUÉS PAR PHYTOSTABILISATION

Frédéric PARAN^{1, 2, 3*}, Olivier FAURE^{1, 2, 3}, Fernando PEREIRA^{1, 2, 3}, Jordan RÉ-BAHUAUD^{2, 3},
Cyrille CONORD^{2, 4}, Didier GRAILLOT^{1, 2, 3}, Mathieu SCATTOLIN^{1, 2, 3}

- 1- Mines Saint-Étienne - SPIN PEG, Saint-Étienne, France
- 2- UMR CNRS 5600 EVS, Lyon, France
- 3- GIS PILOT, Saint-Étienne, France
- 4- Université Jean Monnet - ISTHME, Saint-Étienne, France

* frederic.paran@mines-stetienne.fr

Mots clés : phytostabilisation, hydrométallurgie, écologie, hydrogéologie, aide à la décision territoriale, géomatique.

Section 1 / Introduction

Malgré des perspectives favorables, la gestion durable des sites et sols pollués par des déchets industriels (anciens ou actuels) demeure un défi. Le terme générique de laitier sidérurgique englobe plusieurs matériaux aux caractéristiques physico-chimiques différentes : il s'agit de matières minérales artificielles (classifiées en tant que déchets) produites en grande quantité (plusieurs millions de tonnes par an en France) par l'industrie du fer et de l'acier, la sidérurgie. Leur bonne gestion s'impose car les crassiers sidérurgiques peuvent couvrir des surfaces importantes (de plusieurs hectares) et représenter des volumes considérables (plusieurs milliers de mètres cubes). Lorsqu'elles sont stockées sur site, ces matières riches en métaux et en oxydes métalliques (Cr, Mo, W, etc.) représentent autant de sources de contaminations potentielles pour l'air, les sols, les eaux (superficielles et souterraines) et les écosystèmes. Il convient donc d'établir les bonnes pratiques pour l'aide à la décision afin de déterminer les vulnérabilités et réduire les risques.

Section 2 / La phytostabilisation pour limiter les risques liés à la pollution des sols par réduction des transferts de contaminants

Le risque lié aux sols pollués est classiquement considéré comme fonction de la source, du transfert et de la cible du polluant [Risque = f (Source, Transfert, Cible)]. Si l'on souhaite réduire les risques, il est possible de s'attaquer à la source en détruisant ou en enlevant la pollution ou à la cible en restreignant l'accès au site pollué. Dans le cas de sites industriels, de telles solutions sont souvent inadaptées car difficiles à mettre en œuvre et coûteuses. Il est aussi possible de diminuer les transferts en confinant la pollution par imperméabilisation, par exemple par pose de géo-membrane, création de parking ou utilisation en sous-couche routière. Si ces méthodes sont efficaces, leur mise en œuvre reste coûteuse et d'une durée limitée dans le temps. Une alternative simple consiste à implanter un couvert végétal homogène et pérenne afin de limiter les transferts des contaminants : la phytostabilisation. Il est attendu qu'une telle méthode fondée sur la végétalisation :

- réduise de manière significative les transferts éoliens horizontaux (résistance mécanique à l'érosion) et les transferts hydrauliques verticaux (augmentation de l'évapotranspiration) ;
- n'occasionne pas ou peu de transfert d'éléments contaminants (éléments traces métalliques) vers les écosystèmes.

Section 3 / Expérimentations de phytostabilisation et premiers résultats

Cette méthode a été testée et mise en œuvre sur le site d'Industeel ArcelorMittal à Rive-de-Gier (Loire, France) sur 18 parcelles tests dans le cadre du programme ADEME ("Agence De l'Environnement et de Maîtrise de l'Énergie") PHYSAFIMM [1] ("la PHYtoStabilisation : méthodologie

Applicable aux Friches Industrielles Métallurgiques et Minières") et du GIS PILoT ("redéploiement Post-Industriel Loire Territoires Urbains"). Chacune de ces parcelles expérimentales propose une combinaison différente d'ensemencements et d'amendements. Le suivi du couvert végétal montre qu'au bout d'une année, s'il est proche de 0% sur des parcelles témoins, il atteint près de 95% quand celles-ci sont amendées par des MIATE ("Matières d'Intérêt Agronomique issues du Traitement des Eaux") et ensemencées par des espèces métallophytes.

Plusieurs expérimentations ont permis de tester l'influence du couvert végétal sur trois types de modes de transfert :

- le transfert éolien a été évalué à l'aide de tunnels à vent. La vitesse du vent à 20 cm du sol est diminuée d'un facteur 6 sur des parcelles présentant un couvert végétal de 95% par rapport à des parcelles nues. Le transport de particules et la masse d'éléments métalliques qu'elles contiennent sont fortement diminués à 50 cm du sol ;
- le transfert hydraulique vertical sur les parcelles a été évalué à l'aide d'un modèle conceptuel fondé sur la RU ("Réserve Utile") du sol. L'infiltration d'eau est réduite de 30 % sur des parcelles présentant un couvert végétal de 100 % par rapport à des parcelles nues. Le transfert de contaminant vers les aquifères est donc potentiellement réduit ;
- le transfert vers le vivant a été évalué par analyse des teneurs en éléments traces métalliques dans le couvert végétal. La contamination des espèces végétales est comparable à celle d'espèces se développant sur des sols non pollués. Seuls le Chrome et le Molybdène montrent des teneurs légèrement supérieures aux standards.

Section 4 / Conclusions et perspectives

Les premières expérimentations de phytostabilisation sur des laitiers sidérurgiques sont donc encourageantes tant du point de vue de la faisabilité (mise en œuvre, coût, réussite) que de l'efficacité sur la réduction des flux (transferts) de polluants. Il conviendrait pour cela d'affiner les premières évaluations de transferts de contaminants, par exemple au travers de la mise en œuvre d'un modèle de transport d'éléments traces métalliques dans le sol vers la zone non-saturée, vers la zone saturée (nappe phréatique) puis vers la rivière. Il serait aussi intéressant d'optimiser l'ensemencement en sélectionnant spécifiquement les espèces métallophytes "exclusers". Des ensemencements bactériens et mycorhiziens adaptés pourraient aussi permettre un meilleur confinement des polluants tout en favorisant l'établissement du couvert végétal et sa pérennité. Pour les éléments métalliques indésirables et présentant un intérêt commercial (métaux et oxydes métalliques), des procédés basés sur des principes hydrométallurgiques pourraient être mis en œuvre pour neutraliser ou de diminuer le pouvoir contaminant des laitiers.

Compte-tenu de la grande diversité de sites pollués (nature de l'activité, histoire de l'activité, types de contaminants, cycle de vie des déchets, contexte environnemental, etc.), l'évaluation des risques liés aux sols pollués et la mise en œuvre de bonnes pratiques de gestion des contaminants (exemple de la phytostabilisation) passe par une approche interdisciplinaire et multi-échelle intégrant non seulement les spécificités du site, du déchet mais aussi celles de son territoire et de son environnement. Ce type d'évaluation pourrait être fondé sur une série d'indicateurs en lien avec des méthodes d'"Analyse du Cycle de Vie" (ACV) ou d'"Analyses MultiCritères" (AMC) spatialisées, c'est-à-dire couplée avec des "Systèmes d'Informations Géographiques" (SIG).

Références

[1] Bouchardon J.L., Faure O., Conord C., Lespagnol G., Moutte J., Guy B., Mimoun D., Graillet D., Paran F., Croze V., Athérol J.D., Ferrando B., Boisson J., Perret S., Hitmi A., Verney P., Moussard Gauthier C., Ledoigt G., Goupil P., Sac C., Mench M. PHYSAFIMM : la PHYtoStabilisation, méthodologie Applicable aux Friches Industrielles, Métallurgiques et Minières. Rapport final, 2014, ADEME convention n°0872C0119, 310p.