

Caractérisation d'un site contaminé par des éléments traces métalliques en vue d'une gestion différenciée en fonction d'enjeux multiples

Gilles Colinet, Amandine Lienard, Jean-Philippe Bizoux, Julie Leclercq

FUSAGx, Unité Sol, Ecologie, Territoire
Faculté Universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, Passage des déportés 2
B-5030 Gembloux, Belgique - colinet.g@fsagx.ac.be

Résumé

Le site de Prayon (Belgique) constitue un exemple typique de site contaminé par des éléments traces métalliques à proximité de zones habitées. Pendant près de 150 ans, l'industrie du zinc et du cadmium a engendré des contaminations importantes de l'environnement par dépôts directs de remblais contaminés ou par rejets atmosphériques.

Prayon est maintenant partiellement recolonisé par des espèces dites calaminaires, spécifiques aux contaminations métalliques et aux sols relativement pauvres en nutriments, mais une partie du site, totalement dénudée, est soumise à une intense érosion hydrique et éolienne. Le site de Prayon, comme de nombreux autres sites privés, est sujet à plusieurs enjeux contradictoires, dont principalement la conservation de la flore calaminaire (site NATURA 2000), la sécurité sanitaire et le développement d'activités de valorisation économiques ou récréatives.

Le site a été abondamment étudié par la communauté scientifique, davantage toutefois pour ses aspects botaniques et faunistiques que pour les risques liés à la dispersion des contaminants métalliques.

Cette présentation intègre les principaux résultats de deux études menées par la FUSAGx dans le cadre de la définition d'actions de gestion/valorisation du site compatibles avec les différents enjeux [1,2]. Une stratégie d'échantillonnage et d'analyse en laboratoire a été élaborée afin d'établir une meilleure caractérisation de l'état du site de Prayon en terme de contaminations et de menaces environnementales. Cette étape a permis de mettre en évidence une variabilité spatiale importante des propriétés des sols qui trouve son origine dans les voies de contamination (dépôts directs ou éoliens) et les redistributions ultérieures dans le paysage par érosion naturelle ou suite aux aménagements du propriétaire. De ce fait, des entités spatiales caractérisées par des niveaux de risque environnemental différents peuvent être délimitées.

Ensuite, des essais ont été menés dans une perspective de réduction des risques de dissipation environnementale des contaminants métalliques en favorisant la revégétalisation des surfaces nues.

Les résultats de ces essais préliminaires confirment la différenciation des réponses aux traitements en fonction des sols mis en expérimentation. Un mode unique de gestion du site n'est a priori pas une solution appropriée.

I. PROBLEMATIQUE

En région wallonne, on recense environ 6 000 sites potentiellement pollués, en majorité des anciennes friches industrielles et décharges . Les contaminations ont parfois profondément affecté les propriétés des sols et le fonctionnement des écosystèmes. En outre, les sites contaminés constituent eux-mêmes des sources potentielles de contaminants pour les différents compartiments environnementaux (biosphère, hydrosphère...). L'absence de couverture végétale, en particulier, « facilite » les dispersions par érosion éolienne ou hydrique des particules de sols et des contaminants y liés. Les différents flux d'eau dans les sols (infiltration, percolation) peuvent également être affectés par les modifications du fonctionnement des sols, et dans certaines situations les contaminations peuvent toucher les nappes phréatiques.

Le site de Prayon (Province de Liège, Région Wallonne, Belgique) constitue un exemple typique de site contaminé par des éléments traces métalliques. Il s'agit d'un site calaminaire d'origine secondaire et tertiaire, situé à proximité de zones habitées. Pendant près de 150 ans, l'industrie du zinc et du cadmium a fortement influencé le couvert végétal de la vallée de la Vesdre. Les sites calaminaires présentent des caractéristiques particulières : xéricité relative, pauvreté en nutriments et toxicité du substrat en raison de la teneur élevée en ions métalliques. La végétation rencontrée résulte dès lors de la pression combinée de ces facteurs [3]. En association avec le SO₂, la toxicité des poussières issues de l'industrie a anéanti non seulement la vie végétale mais a aussi pollué d'une manière presque irréversible les horizons superficiels du sol. Prayon est maintenant partiellement recolonisé par des espèces calaminaires mais une partie du site, totalement dénudée, est soumise à une intense érosion hydrique et éolienne exacerbée par le relief en pentes très fortes par endroits (Figure 1).



Figure 1 - Illustration de l'importance de l'érosion dans certaines zones dénudées du site de Prayon.

Le site fait actuellement l'objet d'activités à caractère récréatif, trial et motocross, plus ou moins structurées. La question de la compatibilité de ce type d'activités avec les qualités biologiques du site et la préservation sanitaire des habitats voisins est clairement posée mais les effets de nuisances sont parfois difficiles à établir. Si le bruit et le passage d'engins motorisés peut perturber la reproduction d'espèces animales inféodées au site, le développement de certaines espèces végétales se trouve au contraire favorisé par la mise à nu temporaire du sol par le moto-cross. Le trial ne provoque pas de mise à nu importante des surfaces mais participe plutôt à l'accentuation des ravines en y privilégiant le passage des motos.

Le site de Prayon est donc sujet à plusieurs enjeux contradictoires, dont principalement la conservation de la flore calaminaire et la sécurité sanitaire. Comment dans ce cas pouvoir de front respecter les législations actuelles ou à venir concernant les sites contaminés et participer à la conservation des milieux calaminaires, milieux rares en Wallonie protégés par le réseau européen Natura 2000? Les milieux calaminaires comprennent en effet des espèces végétales typiques, endémiques du nord-est de la Wallonie et de la Rhénanie et qui sont pour la majorité reprises dans des listes d'espèces protégées. Le site a été abondamment étudié par la communauté scientifique, davantage toutefois pour ses aspects botaniques et faunistiques que pour les risques liés à la dispersion des contaminants métalliques. Cette présentation intègre les principaux résultats de deux études menées par la FUSAGx dans le cadre de la définition d'actions de gestion/valorisation du site compatibles avec les différents enjeux [1,2].

2. ACTIVITES DE RECHERCHE

Des activités de recherche ont été menées sur le terrain et en laboratoire afin d'établir une meilleure caractérisation de l'état du site de Prayon en terme de contaminations (2.1) et de menaces environnementales (2.2.). Ensuite, des essais ont été menés dans une perspective de réduction des risques de dissipation environnementale des contaminants métalliques en favorisant la revégétalisation des surfaces nues (2.3).

2.1. Caractérisation édaphologique du site de Prayon

Une stratégie d'échantillonnage différenciée, raisonnée à l'échelle du site, a été élaborée afin de permettre de répondre aux questions de distribution spatiale à l'échelle du site, de différenciation au sein des unités de milieu et de variabilité à courte distance. Cet échantillonnage est basé sur la reconnaissance d'unités environnementales intrinsèques au site, c'est-à-dire des unités relativement homogènes en matière de modelé, de lithologie, de couverture pédologique et de végétation. En effet, en quelques dizaines de mètres aussi bien la végétation que la roche-mère, le type de sol ou la pente peuvent varier fortement. Au total, 37 unités environnementales ont été identifiées et ont fait l'objet d'un échantillonnage composite de sol (Figure 2).

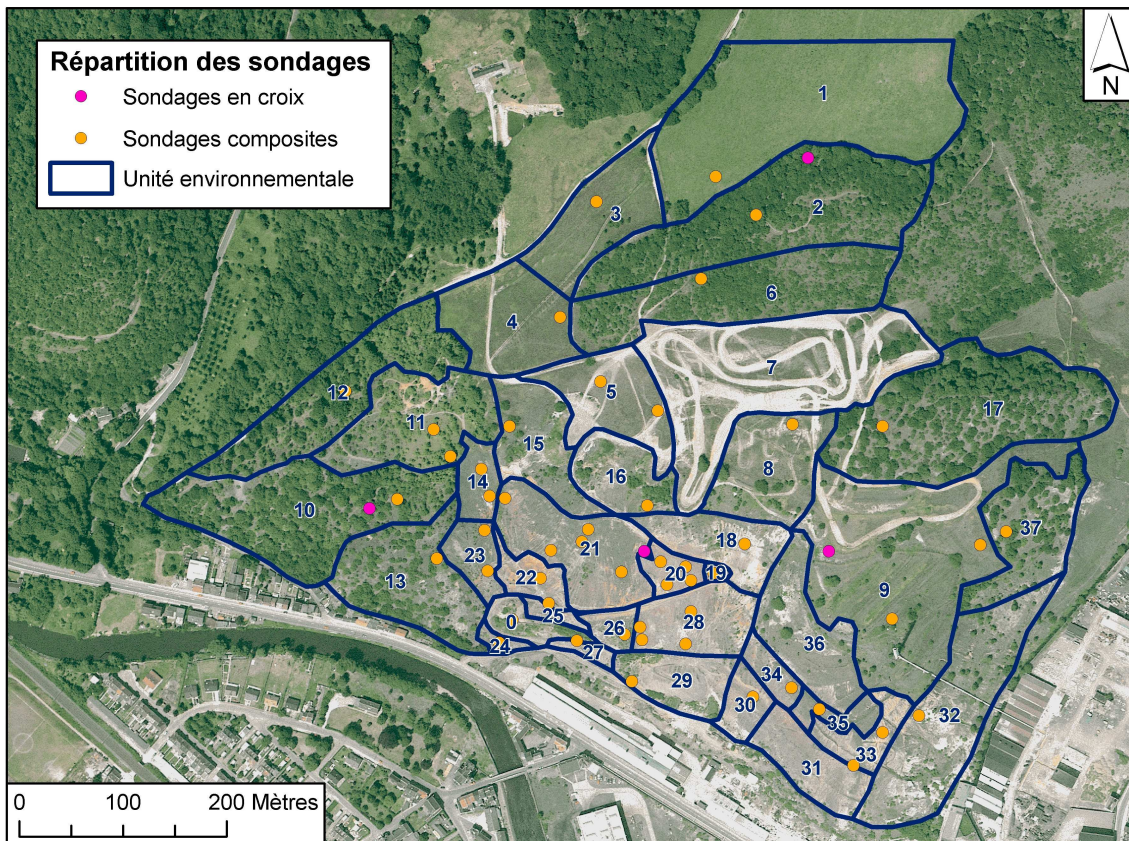


Figure 2 – Délimitation des différentes unités environnementales (lithologie, relief, végétation) sur le site de Prayon.

En moyenne, les paramètres édaphiques des sols de Prayon sont comparables à ceux de sols forestiers en milieux eutrophes. Toutefois, la variabilité relativement importante, traduit une diversité de situations en matière d'occupation du sol et de lithochimie. Les résultats confirment le caractère extrêmement contaminé du site par les ETM (teneurs en Zn disponibles supérieures à 6000 ppm par endroits - figure 3). La végétation est effectivement bien soumise à un stress intense, qui s'est traduit par une modification progressive de la couverture végétale avec colonisation du site par des espèces pseudo- et métalphytes. Sur le site de Prayon, il est toutefois difficile d'établir un gradient de concentration en ETM qui serait fonction de la distance à la source d'émission. Les patrons de distribution spatiale des contaminants, avec des teneurs plus faibles sur les versants peu végétalisés, laisse à penser à des redistributions des contaminations par érosion naturelle et par les activités d'aménagement opérées par le propriétaire du site. Si l'érosion est un facteur déterminant dans les redistributions d'ETM, on peut s'interroger sur leur devenir en aval.

L'étude de Leclercq [1] évalue l'hétérogénéité des conditions édaphiques avec lesquelles les plantes du site doivent s'accorder et aboutit à la définition d'unités géographiques contrastées en terme de niveaux de teneurs. Les résultats montrent également que l'absence de végétation par endroits sur le site de Prayon ne peut être expliquée de la même manière partout, et n'est pas exclusivement due à la contamination en ETM.

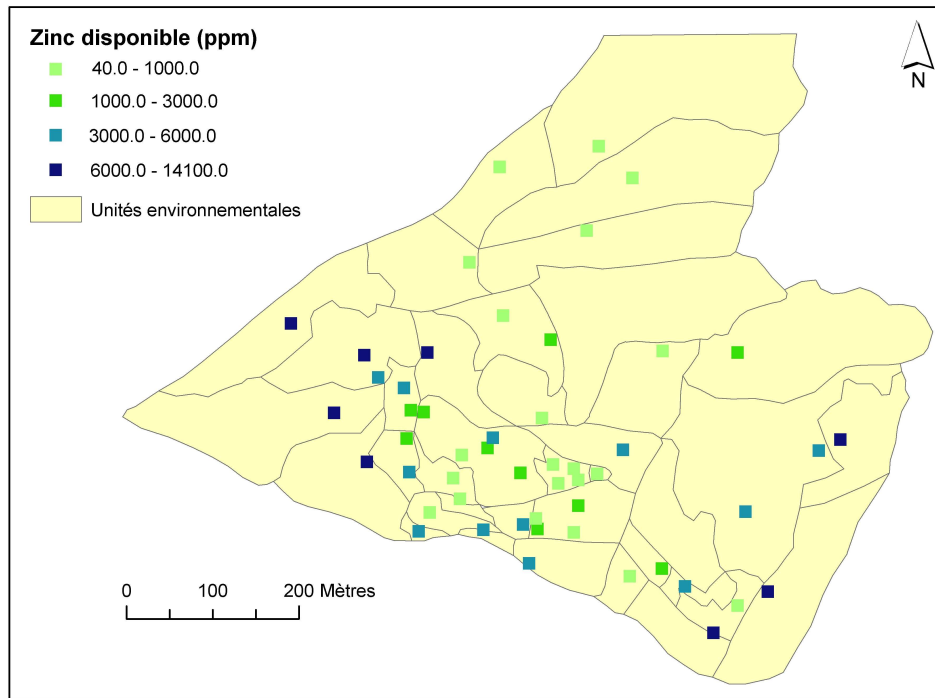


Figure 3 – Carte des teneurs en Zn disponible ($\text{NH}_4\text{-CH}_3\text{COO} + \text{EDTA}$; pH 4,65) sur le site de Prayon.

2.1. Evaluation des menaces liées au site de Prayon

Une évaluation de la dangerosité du site de Prayon a été initiée sur base d'une méthodologie intégrant les approches développées par L'OFEPF en Suisse [4] et la SPAQUE en Région Wallonne [5]. L'approche de l'OFEPF vise l'évaluation des risques liés à aux cultures alimentaires, aux cultures fourragères et à l'ingestion de particules. Etant donné l'occupation du site de Prayon, seul le troisième type de modèle a été appliqué ici.

Le modèle tient compte de la nature du polluant et des teneurs relatives par rapport à des valeurs seuils. Les valeurs proposées par la SPAQUE ont été prises en considération. L'âge de la cible, la fréquence de passage et le taux de couverture végétale du sol font également partie du système expert. Les résultats (figure 4) pour des motards venant occasionnellement pratiquer du trial permettent d'identifier des zones au sein du site pour lesquelles la menace est limitée (en vert) et où les activités devraient se concentrer. Il est clair que l'analyse ne peut se limiter à ce seul aspect et que dans un deuxième temps c'est la compatibilité entre la pratique et les atteintes à l'environnement (érosion...) qui doivent être évaluées et confrontées au zonage de la figure 4.

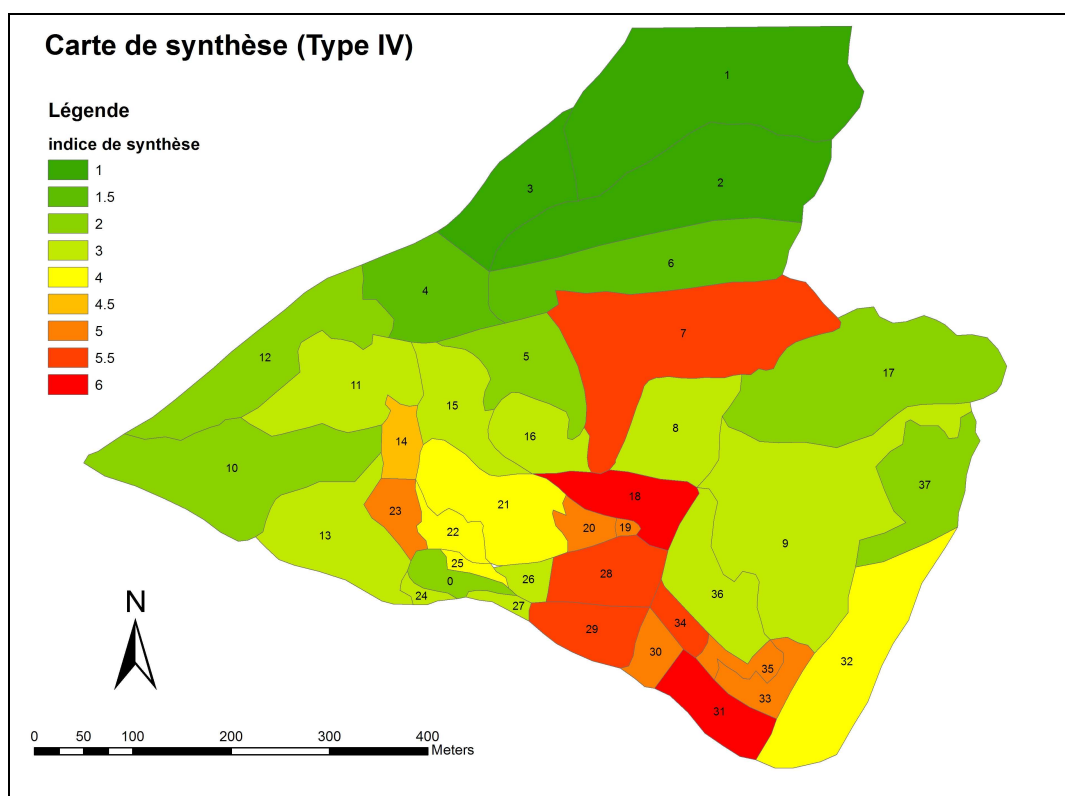


Figure 4 – Carte d'évaluation synthétique du risque environnemental lié à la pratique du trial sur le site de Prayon.

2.3. Essais de phytostabilisation - Effets d'intrants sur la croissance végétale

La restauration d'une couverture végétale est une solution envisageable pour la remédiation de Prayon. La phytostabilisation est une technique de phytoremédiation adaptée particulièrement aux contaminations métalliques. L'objectif global de la phytostabilisation est de diminuer les impacts des contaminants sur l'environnement et la santé humaine, mais pas de réduire la teneur totale en contaminants du sol. Elle utilise le plus souvent des plantes tolérantes ou résistantes aux conditions extrêmes du milieu. En plus de l'amélioration des propriétés physiques et chimiques des sols, le choix d'une végétation appropriée pour la revégétalisation est important pour assurer une couverture efficace du sol. Quand la biodisponibilité des métaux ou d'autres propriétés du sol sont telles que même les plantes les plus adaptées ont du mal à survivre, l'emploi d'additifs au substrat qui ont la propriété de diminuer la biodisponibilité des éléments traces métalliques ou d'améliorer les propriétés du sol peut aider à la recolonisation des végétaux. Le couvert végétal est en effet essentiel en vue de limiter la dispersion des contaminants en fixant et stabilisant l'horizon superficiel du sol et ne met pas en péril la flore et la faune calaminaires lorsqu'il est maîtrisé.

Les travaux de recherche menés afin de proposer une stratégie de phytostabilisation sur le site de Prayon s'appuient sur la mise en expérimentation des relations sols-plantes par l'étude de l'effet de différents intrants organiques et minéraux sur leurs propriétés et la croissance de la graminée potentiellement la plus apte à la phytostabilisation sur le site de Prayon : *Agrostis capillaris* L. L'objet des expérimentations réside dans la détermination des facteurs intervenant sur le développement de la végétation du site. *Agrostis capillaris* a été choisi pour sa propension à coloniser les pelouses calaminaires du site. L'hypothèse d'un stress chimique, nutritif et/ou toxique corrigible par apport d'intrants organiques ou minéraux a été testée pour les zones dénudées. L'expérience de transplantation de plantules fut menée de front sur trois sols caractéristiques des zones dénudées du site de Prayon. Ces trois sols ont subi différents traitements (ajout de grenaille d'acier, de compost, de chaux ou d'engrais) et divers paramètres représentatifs de la vigueur des individus plantés sur ces sols ont été mesurés.

Le sol en tant que support de croissance présente un effet différencié selon l'origine des individus utilisés. Sur un des sols, le mauvais état des plantules est généralisé, sur les deux autres sols, les individus qui se sont le mieux comportés provenaient d'une même zone. La grenaille d'acier n'a provoqué aucune différence de croissance, de rejets, ou d'inflorescence, et n'améliore pas l'état général des individus. L'apport de chaux et d'engrais n'a pas influencé la croissance d'*A.capillaris*, contrairement au compost, qui se montre être un traitement utile à la vigueur des individus dans la plupart des cas. L'origine des individus utilisés se révèle également un facteur important.

Un protocole de fractionnement chimique des ETM a en outre été mis en oeuvre sur les sols soumis à l'expérimentation pour évaluer l'effet des apports d'amendements sur la localisation des éléments sur les différentes phases porteuses. Il est difficile de tirer des conclusions générales regroupant les trois sols de référence. Les différences rencontrées entre les sols dans la distribution des différentes formes sont en partie dues aux teneurs en éléments très différentes. La matière organique et la chaux ont permis de fortement réduire la fraction facilement échangeable.

3. CONCLUSIONS

La caractérisation sur le terrain et en laboratoire d'un site comme Prayon, ainsi que les essais de phytostabilisation en conditions contrôlées soulignent l'importance d'une analyse au cas par cas des solutions à envisager de manière spécifique pour les différentes unités environnementales identifiées au sein même du site. Le caractère multi-usages de Prayon renforce encore ce besoin de développer une approche différenciée qui permettent d'intégrer les enjeux sur base d'une analyse des risques.

REFERENCES

- [1] Leclercq J. (2007). *Caractérisation édaphologique du site calaminaire de Prayon et stratégie de phytostabilisation : influence d'intrants sur la mobilité des éléments traces métalliques et sur la vigueur d'Agrostis capillaris L.* TFE FUSAGx, 70p. + annexes.
- [2] Grognard M., Homez G., Nasdrovisky B., Pade G., Renneson M. (2008). *Gestion d'un site contaminé par des éléments traces métalliques et développement d'activités compatibles avec le statut de zone Natura 2000.* Etude interdisciplinaire FUSAGx, 198p.
- [3] Simon E. (1979) *Etude écologique et génétique de la végétation des sites métallifères.* Thèse, Université Libre de Bruxelles, 274p.
- [4] Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage. (2005). *Sols pollués : évaluation de la menace et mesures de protection.* OFEFP. Berne. 105p.
- [5] SPAQUE (2006). *Guide pratique d'utilisation des normes pour le sol et l'eau souterraine.* Document de consultation.