

**Contexte**

Des cas de sols contaminés par le zinc provenant de structures en acier galvanisé en milieu industriel ont été portés à l'attention du MDDELCC. Comme ce type de clôture est présent à beaucoup d'endroits, entre autres dans les cours de garderies ou d'écoles, le MDDELCC a dû prendre position et déterminer si le zinc accumulé dans les sols constitue une situation problématique pour la santé humaine et pour l'écosystème.

**Problématique**

La galvanisation est une pratique très répandue pour protéger les pièces d'acier de la corrosion. Toutefois, la couche de zinc servant de barrière protectrice se détériore avec le temps et selon les conditions atmosphériques. La présence d'eau (précipitations) et de divers polluants atmosphériques tels que le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, l'ozone et les chlorures, lorsqu'en contact avec la couche superficielle de zinc, augmente le taux de lixiviation du zinc<sup>1</sup>. De plus, la température joue un rôle prépondérant, car une hausse de température augmente la vitesse de la corrosion. Par conséquent, il n'y a presque pas de corrosion sous le point de congélation.

Une certaine quantité de zinc est ainsi relâchée dans l'environnement immédiat des structures galvanisées. L'épaisseur de la couche protectrice de zinc varie habituellement de 70 à 120 µm, et de 1 à 5 µm seraient lessivés chaque année. Ce phénomène entraîne l'accumulation localisée de concentrations de zinc dans le sol sous-jacent et une toxicité potentielle pour l'écosystème local.

Lorsque la couche protectrice de zinc se détériore, il se produit une réaction d'oxydation qui entraîne une perte d'électrons. Les eaux d'écoulement suivant le processus de corrosion sont pratiquement dépourvues de complexants organiques et inorganiques, ce qui fait que l'ion  $Zn^{2+}$  hydraté est de loin la forme la plus abondante dans les eaux lixiviées des structures galvanisées. Un très faible pourcentage peut aussi se retrouver sous forme de  $Zn(OH)^+$  quand le pH se situe aux alentours de 6. Le zinc lixivié est donc présent sous sa forme la plus disponible pour les organismes vivants<sup>2</sup>.

Initialement, il est reconnu que le zinc est très fortement retenu par les composantes de la majorité des sols. Cependant, à long terme, celui-ci peut migrer sur une plus grande distance, principalement si le pH et la capacité de rétention du sol sont faibles.

L'information disponible sur la contamination des sols par le zinc en raison de la corrosion de structures galvanisées indique qu'il s'agit d'une situation connue et répertoriée, notamment en Amérique du Nord et en Europe. Cependant, relativement peu d'actions semblent être posées pour remédier à cette problématique jusqu'à présent, car les études publiées font uniquement état de

la lixiviation et du comportement du zinc dans le sol, sans proposer de méthodes de réhabilitation des terrains affectés.



Photo : MDDELCC

## Valeurs limites réglementaires et critères génériques

Les valeurs limites réglementaires relatives au zinc des annexes I et II du Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains (RPRT), qui équivalent aux critères B et C du Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés (Guide d'intervention), sont de 500 et 1 500 ppm respectivement. Les critères A, considérés comme les teneurs de fond, ont été fixés par le MDDELCC pour chacune des provinces géologiques et figurent à l'annexe 1 du Guide d'intervention.

En 2000, un projet de validation, réalisé en collaboration avec l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), a été lancé. Le zinc faisait partie des paramètres pour lesquels les critères B et C ont fait l'objet d'une validation basée sur une évaluation du risque pour la santé humaine. Les résultats de ces travaux ont indiqué que les critères du MDDELCC étaient sécuritaires pour protéger la santé.

En 2008, une validation écotoxicologique des critères de zinc dans les sols a aussi été réalisée par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). Les récepteurs qui ont été considérés sont des végétaux, des invertébrés, des oiseaux et des mammifères. Les critères B (500 mg/kg) et C (1 500 mg/kg) du Guide d'intervention ont été jugés non protecteurs pour les végétaux et les invertébrés. Par conséquent, cette étude recommandait le recours à des critères de 200 mg/kg pour le B, et de 320 mg/kg pour le C. Les résultats de ces travaux sont présentés dans le rapport intitulé « *Validation des critères génériques pour les sols de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés et Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains – Protection des écosystèmes* » (MDDEP, 2008). Les valeurs susmentionnées sont utilisées comme objectifs de réhabilitation dans le cadre d'interventions effectuées dans les milieux nordiques, naturels ou sensibles (ex. : aires protégées) lorsqu'une évaluation des risques écotoxicologiques spécifiques n'est pas réalisée. L'ensemble des critères pour les milieux sensibles est présenté à l'annexe 3 du Guide d'intervention.

Le Guide d'intervention n'indique pas de critères génériques pour un usage agricole. Le retour aux teneurs de fond (critère A) est recommandé de façon générale lorsque les sols ont été contaminés. Cependant, le zinc est un élément nutritif essentiel à la croissance des plantes, et la teneur de fond pourrait être insuffisante, dans certaines situations, pour répondre aux besoins de certains végétaux. Dans ces cas, à la suite de la recommandation d'un agronome, le critère peut être ajusté aux concentrations requises dans les sols pour satisfaire les besoins minimaux des plantes. Si ces besoins excèdent les critères B ou C en zinc, un toxicologue et un écotoxicologue devraient être consultés pour identifier les concentrations qui seront considérées comme acceptables.

## Évaluation des risques toxicologiques

Si le recours à l'analyse de risque est retenu, les **concentrations de zinc mesurées** dans les sols sous des structures galvanisées en zinc doivent être incluses dans la distribution de valeurs constituées **par l'ensemble des mesures observées sur le terrain. Les mesures de mitigation** pertinentes doivent alors être appliquées **sur l'ensemble du terrain.**

Toutefois, dans le cas de clôtures galvanisées installées le long d'un terrain ou d'une route de plusieurs kilomètres de longueur, l'INSPQ et le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) considèrent **qu'il n'apparaît pas possible d'imaginer un scénario d'exposition adéquat pour la santé humaine** pour une activité qui se déroulerait sur une aire large de un à deux mètres et longue de plusieurs kilomètres. Pour cette raison, **il n'est pas considéré comme utile de réaliser une évaluation des risques pour la santé.**

## Évaluation des risques écotoxicologiques

En ce qui concerne l'écosystème, l'équipe de la Division écotoxicologie et évaluation du risque du CEAEQ a déterminé qu'il demeure possible de modéliser un scénario d'exposition des récepteurs écologiques en considérant des bandes linéaires correspondant aux sols contaminés situés sous les clôtures galvanisées, à l'intérieur des domaines vitaux des récepteurs écologiques.

Une évaluation du risque écotoxicologique lié à la présence de ces zones contaminées en zinc a été réalisée avec des scénarios d'exposition réalistes et prudents (ex. : zinc biodisponible à 100 %) en considérant :

- une zone contaminée en zinc de 30 cm de largeur, de chaque côté de la clôture;
- une concentration moyenne de zinc de 1 810 mg/kg de zinc dans les cinq premiers centimètres du sol;
- les plantes, les invertébrés du sol, les oiseaux (représentés par le merle d'Amérique) et les mammifères (représentés par le campagnol des champs).

Les résultats montrent des indices de risque élevés pour les plantes et les invertébrés. Cependant, comme la zone considérée était très localisée et que le risque de migration du zinc dans les sols adjacents était restreint, le risque a été considéré comme tolérable. De plus, le scénario a mis en évidence que la présence de zinc sous les clôtures ne présenterait pas de risque significatif pour les oiseaux et pour les mammifères.

## **Campagne d'échantillonnage sous des clôtures galvanisées en milieux urbain et rural**

La Direction du Programme de réduction des rejets industriels et des lieux contaminés (DPRRILC) a réalisé une caractérisation préliminaire des sols sous des clôtures galvanisées dans des cours de garderies et d'écoles ainsi que dans des parcs, à l'été 2008<sup>3</sup>. Les résultats des échantillons prélevés à deux profondeurs (0-5 cm et 5-10 cm) ont indiqué des dépassements des critères d'usage dans la majorité des sols analysés. En effet, 22 des 39 échantillons ont excédé le critère C (1 500 mg/kg), 7 ont été supérieurs au critère B (500 mg/kg) et 4 ont excédé le critère A (110 mg/kg). Les concentrations ont varié de 40 à 9 300 mg/kg, et la moyenne de tous les échantillons a été de 2 330 mg/kg.

Étant donné que l'âge de chacune des clôtures n'était pas connu, il n'est pas possible d'évaluer l'effet de ce facteur. Cependant, il est possible de comparer l'effet du milieu sur le niveau de contamination dans le sol. De façon générale, les échantillons prélevés sur des terrains situés en banlieue ont révélé une concentration en zinc moins importante que celle des échantillons prélevés dans les milieux très urbanisés ou situés à proximité d'industries. Ces résultats coïncident avec l'information que l'on trouve dans la littérature et qui indique que les milieux industriels dégagent localement davantage de contaminants dans l'air (humidité et polluants atmosphériques), ce qui accélérerait la vitesse de corrosion des structures galvanisées. De plus, les concentrations trouvées sous les clôtures rouillées se sont avérées plus élevées que celles qui ont été mesurées sous les clôtures qui ne présentaient pas de signes de rouille.

### **Avis du MSSS et de l'INSPQ concernant les résultats de la campagne d'échantillonnage**

Toute l'information acquise dans le cadre de la campagne d'échantillonnage faite par la DPRRILC en 2008 a été transmise au MSSS et à l'INSPQ pour obtenir leur avis concernant les risques que cette contamination pouvait représenter pour la santé humaine. La position du MSSS et de l'INSPQ est résumée ci-après.

La toxicité du zinc est beaucoup moins élevée que celle d'autres métaux, car il s'agit d'un élément essentiel, et une quantité minimale de zinc dans l'alimentation est nécessaire à la santé. En cas d'excès d'apport de zinc, le corps humain possède un mécanisme d'homéostasie qui permet de régulariser l'absorption et l'excrétion de cette substance. Cependant, ce mécanisme a ses limites, et des effets toxiques peuvent découler d'expositions très élevées au zinc. Par exemple, on a observé une dépression du système immunitaire, une diminution du cholestérol à lipoprotéines de haute densité et une perturbation de l'homéostasie du cuivre chez des sujets qui avaient ingéré de grandes quantités de suppléments alimentaires de zinc. Le zinc a été classé par l'United States Environmental Protection Agency comme « non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'humain ».

Le zinc est présent partout dans notre environnement et on le retrouve dans une foule de produits couramment utilisés. Ainsi, l'alimentation fournit environ de 3 à 8 mg de zinc par jour aux enfants, alors qu'un sol contaminé par 500 mg/kg de zinc nous expose à 0,08 mg de zinc par jour. On trouve également du zinc dans des produits pharmaceutiques tels que les onguents à base d'oxyde de zinc (de 15 à 40 %) couramment utilisés comme écran solaire ou pour traiter l'érythème fessier des bébés. Les concentrations de zinc dans la poussière intérieure des maisons varient de 300 à 1 800 mg/kg et sont probablement dues à l'usure d'objets domestiques tels que des appareils ménagers, des ustensiles, des plats de métal.

La présence de zinc dans les sols sous des structures galvanisées comme les clôtures ne résulte pas d'une activité industrielle. Ces clôtures, comme une foule de structures couramment présentes dans l'environnement (ex. : les garde-fous de sécurité le long des routes, les lampadaires métalliques, les autres panneaux de signalisation), sont présentes un peu partout sur le territoire. Le risque pour la santé humaine associé à la contamination des sols sous ces équipements apparaît faible. En effet, une exposition à des sols contaminés de 500 mg/kg (critère B) en milieu résidentiel et de 1 500 mg/kg (critère C) en milieu industriel avait été associée par l'INSPQ à un niveau de risque tolérable. Toujours selon l'INSPQ, prendre en compte l'exposition au zinc présent sous les clôtures galvanisées dans le calcul des indices de risque pour ces deux scénarios ne modifierait pas substantiellement ces niveaux de risque étant donné que ces sols sont peu accessibles et qu'ils représentent une faible surface de terrain exposée.

En conclusion, les représentants de la santé s'entendent pour dire que le risque pour la santé associé à la contamination par le zinc dans les sols sous les clôtures galvanisées est faible. Il n'apparaît donc pas nécessaire de tenir compte des concentrations de zinc mesurées dans les sols sous les clôtures lors des évaluations de risques toxicologiques de projets résidentiels, institutionnels ou industriels.

### **Conclusion et recommandations**

En fonction de l'information recensée à ce jour sur la lixiviation du zinc provenant de clôtures galvanisées et les impacts de cette contamination dans l'environnement, la DPRRILC est consciente que les sols contaminés sous ces clôtures, bien que pouvant dépasser les critères et valeurs limites applicables, ne présentent pas de risques significatifs pour les humains, la faune et la flore, étant donné les faibles surfaces contaminées.

### Mesures de prévention

Afin de prévenir la contamination des sols, l'installation de clôtures non galvanisées en zinc ou celle de clôtures dont les fils sont recouverts d'une pellicule de plastique devrait être privilégiée.

Le pavage des surfaces avant l'installation de telles clôtures peut être une mesure pour éviter la contamination des sols sous-jacents.

### Mesures de mitigation

En ce qui concerne les clôtures déjà en place, il serait possible de prendre des mesures pour ralentir la lixiviation du zinc, par exemple en appliquant une couche de peinture protectrice à base de polyuréthane ou de polyester sur les structures.

Une autre option pourrait être l'ajout de plantes grimpantes à la base des clôtures qui, avec le temps, peuvent les recouvrir entièrement et ainsi diminuer l'exposition des clôtures à l'humidité et aux contaminants atmosphériques, pendant une bonne partie de l'année.

Par ailleurs, chauler le sol pour en augmenter le pH est une option intéressante puisque la mobilité du métal en est grandement réduite. L'ajout de matières organiques est également une façon de diminuer la mobilité du contaminant métallique. Ces façons de faire peuvent d'ailleurs être favorables à l'implantation de plantes hyperaccumulatrices de zinc adaptées aux conditions du Québec, et qui pourraient extraire de façon naturelle le métal du sol<sup>4</sup>.

La phytoremédiation constituerait une option intéressante pour ce type de contamination localisée en surface. Cependant, il s'agit d'une méthode de décontamination à long terme qui demande un suivi continu et la récolte des plantes à l'automne. À la rigueur, elle pourrait être utilisée à titre de méthode préventive en accumulant le zinc avant qu'il n'atteigne des concentrations excessives dans le sol, en plus de fournir un apport en matières organiques qui augmenterait la rétention du métal.

### **Personne-ressource :**

Johanne Laberge, Direction du Programme de réduction des rejets industriels et des lieux contaminés

### **Références**

1. Bertling, S., I. Odnevall Wallinder, C. Leygraf et D. Berggren Kleja. 2006. « Occurrence and Fate of Corrosion-Induced Zinc in Runoff Water from External Structures ». *Science of the Total Environment*, vol. 367, p. 908-923.
2. Odnevall Wallinder, I., C. Leygraf, C. Karlén, D. Heijerick et C.R. Janssen. 2001. « Atmospheric corrosion of zinc-based materials: runoff rates, chemical speciation and ecotoxicity effects ». *Corrosion Science*, vol. 43, p. 809-816.
3. Pion, A.-P., et J. Laberge. 2009. *Contamination du sol en zinc par la corrosion de structures en acier galvanisé*. Service des lieux contaminés et des matières dangereuses, MDDEP.
4. Environnement Canada. 2003. *Phytorem© : Solutions écologiques d'intérêt potentiel pour les lieux contaminés par des métaux*. Banque de référence pour la phytorestauration.