

## Quelle durabilité pour les prairies situées dans un périmètre pollué par des métaux lourds ?

D. Leconte

INRA – Domaines du Pin au Haras – F 61310 Le Pin au Haras ; Daniel.Leconte@wanadoo.fr

### Introduction

Les activités anthropiques génèrent des modifications de l'environnement. Certaines sont fugaces et difficiles à évaluer en cas de pollution de l'air. Ceci peut engendrer ou amplifier des variations climatiques. En revanche, d'autres pollutions restent localisées ; ce sont en particulier celles liées aux métaux lourds dénommés ETM (éléments traces métalliques). Ces métaux se déposent à une distance variable des cheminées d'évacuation, suivant l'intensité des flux d'air. Ces polluants ont des conséquences sur les caractéristiques des sols, les productions végétales et la santé des animaux. **Les herbivores qui consomment l'herbe sur pied absorbent, à proximité d'une usine ornaise de fabrication de fil de laiton, du cuivre et du zinc.** Cette absorption se produit soit directement lorsque les poussières de fumées déposent ces minéraux sur l'herbe, soit par l'enrichissement du fourrage produit sur un sol pollué. **Ces rejets journaliers estimés à 1 000 kg de poussières avant 1981** ont été, suite à la mise en place de filtres, réduits à 536 kg entre 1981 et 1988, contenant entre autres 321 kg de zinc et 32 kg de cuivre. Ces rejets ont ensuite été complètement maîtrisés en 1994 suite aux directives de la DRIRE. Cependant des baisses de productions végétales et des problèmes de santé survenus sur les animaux ont nécessité, dès 1988, la recherche de proximité et de causalité avec l'usine proche des exploitations agricoles (LECONTE, 1998). Différentes expertises et expérimentations ont alors été entreprises.

### Mesures de la teneur du sol en métaux lourds

La recherche de contaminations anthropiques est réalisable suivant quatre types d'approches (BAISE, 1997) : i) l'approche par comparaison latérale qui consiste à comparer l'échantillon suspect au même horizon issu du même type de sol situé en zone non contaminée, ii) l'approche granulométrique puisque la teneur géochimique en métaux lourds est étroitement liée à la teneur en argile, iii) l'approche par comparaison verticale qui permet de comparer l'horizon labouré (0-20 cm) au fond pédogéochimique (30-50 cm) ; cependant, en prairies, il convient de séparer l'horizon superficiel contenant le mat racinaire (0-5 cm), l'horizon sous-jacent (6-12 cm) et le sous-sol ; en effet, les métaux lourds migrent peu et demeurent à la surface du sol lorsque celui-ci n'est pas homogénéisé par le labour, iv) l'approche typologique qui permet de comparer l'échantillon en cause à ce que l'on connaît du même type de sol, déterminé par un agropédologue averti.

### Estimation du niveau de contamination

Le seuil de pollution doit tenir compte de l'effet cumulatif du cuivre (Cu) et du zinc (Zn). Au lieu de teneurs totales de 100 ppm Cu et 300 ppm Zn lorsque ces métaux sont distincts, **il est impératif d'utiliser la norme Cu+Zn/2** soit 200 ppm Cu+Zn (COPPENET, 1993). La démarche spatiale utilisée, proche de la recherche par comparaisons latérales (ANTEA, 1997) met clairement en évidence une contamination d'autant plus importante que le prélèvement, réalisé à la profondeur du labour (0-20 cm), est proche de l'usine. Ainsi, un périmètre pollué couvrant les 150 ha les plus proches (norme des sols pollués : Cu+Zn>400 ppm) atteint 2 378 ppm Cu+Zn, alors que les 750 ha de la zone voisine, contaminée (norme des sols contaminés Cu+Zn>100 ppm), se situent à 221 ppm. Par ailleurs, le plomb présente des teneurs supérieures à 45 ppm dans 20 échantillons sur 71, dépassant ainsi le taux d'une contamination bénigne. **Mais qu'en est-il sous prairies alors que les ETM migrent peu dans le sol et demeurent à la surface du sol dans les premiers centimètres** (BAISE, 1997) ? Pour des teneurs comprises entre 100 et 2 000 ppm de l'horizon cultivé, les valeurs estimées sous prairies (LECONTE, 1998), sur un sous-sol limoneux proche de 50 ppm, varieraient entre 380 et 13 050 ppm dans les trois premiers cm !...Mais l'accumulation des métaux lourds dans la couche superficielle du sol n'a pu être confirmée sur ce site normand faute de prélèvements différenciés des horizons de surface. Cependant la toxicité accrue pour les espèces prairiales pérennes qui utilisent la partie superficielle du sol est à prendre en compte.

### Comportement biologique, faune du sol et production des cultures

Une activité biologique normale du sol est mentionnée jusqu'à 65 ppm Cu et 110 ppm Zn (175 Cu+Zn), valeur proche de la norme de COPPENET (200 ppm), alors que d'autres auteurs citent un chiffre très inférieur (60 ppm Cu+Zn). Le blocage de l'activité biologique du sol se traduit par une accumulation de la matière organique responsable de l'acidification de surface. Par ailleurs, de nombreux auteurs ont mis en évidence l'incidence négative de la bouillie bordelaise à base de cuivre sur les lombrics (BOUCHE, 1998). *In situ*, la production de certaines parcelles avoisine 50% de celle des témoins non pollués pour le foin, et seulement 42% en céréales. En

conditions contrôlées, l'effet négatif des ETM a été clairement mis en évidence sur blé, pois et ray-grass d'Italie, à partir de 415 ppm de Cu+Zn. L'**essai conduit à la station INRA d'Angers** (LEMAIRE, 1997a) a mis en évidence **l'effet toxique des métaux étudiés sur ray-grass anglais** avec des productions de 49, 25 et 14% du témoin pour des apports respectifs de 720, 1 440, et 2 878 ppm Cu+Zn. Avec l'enrichissement et l'accumulation de ces métaux à la surface des prairies permanentes, la teneur de 2 383 ppm est atteinte dans les premiers centimètres quand la teneur moyenne de l'horizon prélevé (0-20 cm) est de 400 ppm ! Seuls ont subsisté à proximité de l'usine l'agrostide stolonifère et le fromental ; des inventaires botaniques plus ou moins éloignés du site auraient été nécessaires pour préciser l'incidence du niveau de contamination sur les espèces prairiales.

## Composition minérale du fourrage et santé des animaux

Les teneurs normales du ray-grass anglais au stade pâture oscillent entre 4 et 8 ppm de Cu et 20 à 50 ppm Zn, alors que les valeurs observées sur le site varient de 9,7 à 23,4 ppm Cu et 137 à 227 ppm Zn ; valeurs auxquelles il convient d'ajouter les souillures journalières par les poussières déposées sur les feuilles par les fumées de l'usine, estimées entre 36 et 73 ppm Cu et 365 à 730 ppm Zn suivant la production de la pâture. La nutrition minérale optimale correspondant aux besoins des animaux se situe entre deux bornes ; le seuil de carence en deçà duquel des désordres métaboliques apparaissent et le seuil de toxicité au-delà duquel la morbidité puis la mortalité surviennent. Pour des besoins de 10 et 50 ppm pour Cu et Zn, les seuils de toxicité interviennent respectivement au-delà de 20 et 250 ppm. **De nombreux échantillons de fourrages présentent des valeurs supérieures aux seuils de toxicité** (teneur intrinsèque du fourrage plus souillures) et peuvent entraîner des états pathologiques spécifiques, en particulier chez le cheval, espèce animale des plus sensibles à l'excès de zinc (WOLTER, 1994). Cependant, la liaison entre les diverses pathologies et l'environnement de proximité demeure délicate lors de morbidités insidieuses, dont les débuts apparemment bénins cachent la gravité.

## Blocage des ETM par chaulage

Un deuxième essai entrepris à la station INRA d'Angers afin de limiter les effets négatifs des ETM en excès dans le sol a montré **l'intérêt d'apports massifs de chaux pour neutraliser le sol**, amener le pH au dessus de 7, **et bloquer l'absorption des métaux lourds par les plantes**. Ainsi, les doses croissantes de cuivre ou de zinc ont alors peu d'incidence sur la production du RGA (LEMAIRE, 1997b). **Néanmoins, les ETM demeurent dans le sol et seront à nouveau assimilables lors d'une nouvelle acidification du sol**. Ce chaulage *a priori* bénéfique risque d'entraîner un blocage des autres oligo-éléments et du phosphore. De plus, aucun suivi du comportement biologique du sol n'a été conduit dans le cadre de ces observations.

## Conclusions et perspectives

Lors d'une telle pollution avérée, il convient de distinguer les terres de cultures et les prairies permanentes. Sur ces dernières, non labourées, **les polluants demeurent en surface dans la zone prospectée par les racines** ; en effet sous prairies permanentes les racines se développent dans la partie superficielle du sol, et plus de 90% du mat racinaire se situent dans les dix premiers centimètres (LAISSUS, 1980). Mais le décapage de la couche superficielle est rarement envisageable sur de telles surfaces (150 ha). Dans le **cas de prairies présentant des teneurs moyennes en surface de moins de 400 ppm Cu+Zn, des apports réguliers** d'une tonne **de chaux** à l'hectare ramènent le pH au dessus de 7 et bloquent les minéraux toxiques, limitent leur absorption et les conséquences négatives sur les animaux, à condition toutefois de leur apporter les oligo-éléments non disponibles. **Lorsque les teneurs moyennes dépassent ces seuils, une mise en culture s'impose** pour diluer les ETM par un labour profond. En plus du chaulage, des apports de fumier sont indispensables, dans tous les cas, pour relancer l'activité biologique. **Au-delà de teneurs de 400 ppm Cu+Zn dans la zone homogénéisée par le labour, la plantation d'essences forestières adaptées, à enracinement profond, est à envisager**. De telles expertises ont permis, non seulement de proposer des solutions pour réhabiliter les sols pollués ou contaminés, mais aussi de certifier une pollution avérée et de permettre à seize agriculteurs concernés de percevoir, au terme de dix-huit années de procédures, une indemnisation globale de près de deux millions d'euros (Cour d'appel de Rouen, Arrêt du 13 juin 2006, 57 pages).

## Références bibliographiques

- ANTEA (1997) : *Teneur des échantillons de sol en Cu+Zn*, Rapport A 10440, décembre 1997.
- BAISE D. (1997) : "Acquisition des teneurs totales en ETM", *Un point sur...*, p 31.
- BOUCHE M. (1998) : "Effets négatifs de la bouillie bordelaise sur les lombrics", *Communication personnelle, août 1998*.
- COPPENET M. (1993) : "Evolution chimique des sols en exploitations d'élevage intensif", *Agronomie* 13, 77-83.
- LAISSUS R. (1998) : "Contre indications au retournement des prairies permanentes", *Fourrages* 83, 43-54.
- LECONTE D. (1998) : *Contamination par les métaux lourds*, Rapport d'expertise du 31 octobre 1998, 16 p.
- LEMAIRE F. (1997a) : "Assimilabilité du cuivre ou du zinc apportés par différents composés minéraux", *CR juin 1997*.
- LEMAIRE F. (1997b) : "Influence de la neutralisation par la chaux sur l'effet cuivre sur le RGA", *CR octobre 1997*.
- WOLTER R. (1994) : *Alimentation du cheval*, éditions La France Agricole.