

Introduction à la session 1: éléments traces, métaux lourds, oligo-éléments : définitions & risques

Anne Schaub ¹

¹Chambre Régionale d'Agriculture Grand Est, Service Innovation-Recherche-Développement, Maison de l'Agriculture, 2 rue de Rome, BP30022, Schiltigheim, 67013 Strasbourg Cedex
anne.schaub@grandest.chambagri.fr

Les « éléments traces » sont des éléments naturels, présents en faibles concentrations dans la croûte terrestre (< 1 g/kg MS), dans les différents compartiments de l'environnement (air, eaux, sols), et dans les êtres vivants (<0,1 g/kg MS) [1]. Certains sont nécessaires à la vie, les « oligo-éléments » : par exemple cuivre, zinc, sélénium, molybdène chez les humains et les plantes. Pour d'autres, le caractère essentiel n'a pas été mis en évidence, ils sont alors appelés « contaminants stricts » : par exemple cadmium, plomb, mercure. Les éléments traces sont souvent nommés, à tort, « métaux lourds ». Dans la suite, nous les appellerons ETM pour « éléments traces métalliques », bien qu'il s'agisse d'un abus de langage car tous ne sont pas strictement des métaux.

Même si **les concentrations en ETM dans les sols sont faibles**, elles varient énormément d'un élément à l'autre. Par exemple, la médiane des teneurs en mercure dans les sols agricoles français est 0,05 mg/kg MS, alors que celle du zinc est 59 mg/kg MS, soit 1000 fois plus élevée [2]. Les concentrations varient aussi selon la nature des substrats géologiques sur lesquels se développent les sols. Ainsi une teneur de 14 mg cuivre/kg MS est classique dans un sol [2, 3], mais certains sols sont naturellement plus riches, comme les sols « marron » en Avalonnais dans l'Yonne, atteignant 50 mg/kg MS [4].

Les teneurs dans les cultures sont variables selon les ETM, les sols, l'année climatique, l'espèce, la variété et l'organe végétal concerné. A titre indicatif, les teneurs dans le grain de blé sont de l'ordre de 0,001-0,008 mg de mercure/kg MS, 5-7 mg de cuivre/kg MS, 25-45 mg de zinc/kg MS [1]. A chaque récolte une partie infime d'ETM est exportée par le grain (0,02 à 0,1 % du stock d'ETM présent dans la couche supérieure du sol).

Les activités humaines, telles que l'extraction minière et les transformations industrielles, **concentrent les ETM**, les dispersent dans l'environnement et en modifient les formes chimiques.

Les PRO contiennent des ETM, souvent à des concentrations supérieures à celles du sol.

Dans les effluents d'élevage et les boues de station d'épuration urbaines, ils proviennent des excréments animaux et humains et des eaux de ruissellement, ainsi que les eaux ménagères pour les boues. Les compléments alimentaires (cuivre et zinc en élevage porcin, oligo-éléments chez l'humain), les shampoings antipelliculaires enrichis en zinc et sélénium, le ruissellement des eaux des toits (zinc) et des voiries (cadmium des pneus) font croître les concentrations. A noter cependant que les teneurs des boues ont fortement diminué depuis 25 ans avec (1) la disparition de certaines sources de contamination (l'essence plombée, les thermomètres au mercure, l'arrêt des développements photographiques argentiques au profit du numérique) et (2) la généralisation des conventions de raccordement industriel limitant les flux d'ETM. Les matières organiques constituant les composts de déchets verts ou de fraction fermentescible des ordures ménagères contiennent naturellement des ETM. Les concentrations en ETM des composts peuvent augmenter suite au traitement des végétaux (cuivre de la bouillie bordelaise), à des retombées aériennes d'origine anthropique, à des rejets accidentels par erreur de tri dans la poubelle.

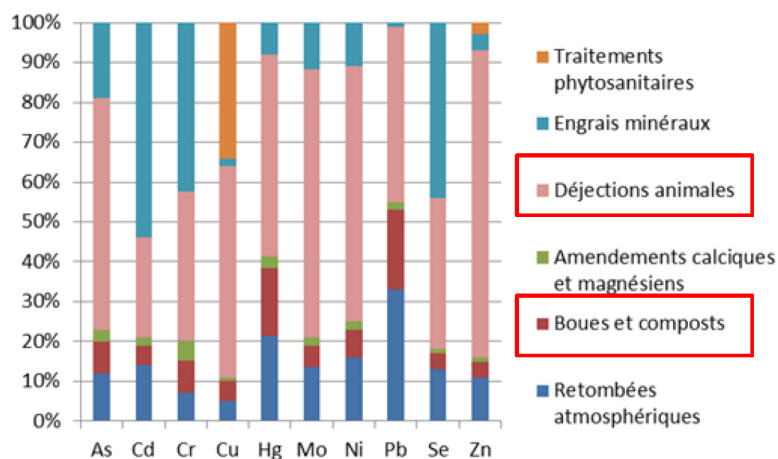


FIGURE 1
Proportion des différentes origines de flux d'ETM entrant sur les sols agricoles en France

Source : Sogreah, 2007 (ADEME)

Les ETM sont toxiques pour les êtres vivants à fortes doses, ils représentent donc, à ce titre, un danger.

Il y a risque, lorsque l'organisme vivant est exposé à l'élément dangereux, c'est-à-dire lorsque la forme chimique entre dans l'organisme, à une dose importante et/ou pendant une durée significative.

Les ETM ne se dégradent pas une fois apportés au sol, que ce soit par les épandages de PRO ou tout autre activité humaine telle que des apports d'engrais minéraux phosphatés (source de cadmium), de produit phytosanitaire (source de cuivre) ou des rejets industriels par voie atmosphérique (cf. Figure 1).

La question est de savoir ce que les ETM apportés par les PRO deviennent dans les sols et s'ils peuvent porter atteinte (1) à la chaîne alimentaire via transfert dans les plantes ou les eaux : quelle fraction est absorbée par les racines des cultures, puis transportée vers les parties récoltées ? Quelle fraction est transférée vers la nappe, vers les eaux superficielles, et les eaux de consommation ? et (2) à la fertilité des sols : en impactant les organismes vivants, cheville ouvrière du cycle de l'azote notamment : Quelle fraction d'ETM reste dans le sol, sous quelle forme chimique ? Y a-t-il accumulation, relargage ultérieur ?...

Les essais de plein champ sur le long terme, avec épandages de PRO répétés, répondent à ces questions, et certains résultats sont présentés dans les deux interventions qui suivent.

Pour ce faire, l'exposition aux ETM est évaluée à travers des analyses en ETM dans les PRO, les autres intrants, le sol, les différents organes des cultures, et les eaux. **Le sol est un compartiment clé**, puisque c'est celui qui reçoit les ETM et qui les redistribue, ou pas, vers d'autres compartiments.

Dans le sol, **les ETM se trouvent sous différentes formes chimiques qui ont la capacité à passer plus ou moins rapidement des phases solides vers la solution du sol (ETM soluble, colloïdal ou particulaire)**, d'où les ETM peuvent être prélevés par les cultures ou bien rejoindre la nappe. Des indicateurs de laboratoire ont été développés pour estimer les proportions des différentes formes sous les quelles un ETM est présent dans le sol : ce sont les extractions chimiques où l'on met un échantillon de sol en contact avec un extractant et on dose les ETM dans la phase liquide. Les ETM sont en équilibre dynamique, entre la solution du sol et la surface des argiles, la matière organique et les oxydes qui rechargent en ETM la solution. Les extractions au CaCl_2 permettent de quantifier cette fraction « soluble et échangeable », dite aussi parfois « mobile ». Sous forme complexée avec des molécules organiques, les ETM peuvent être retenus avec plus de force par la fraction solide. L'extraction à l'EDTA permet de quantifier cette fraction « complexée », en plus de la fraction précédente, et renseigne sur l'exposition potentielle des organismes du sol et des végétaux (et plus largement celle de l'homme via la chaîne alimentaire). Enfin les ETM peuvent être piégés dans des résidus végétaux ou animaux, ou dans les minéraux ; ils sont alors très peu accessibles, du moins à court terme. La solubilisation de la matrice totale du sol dans un acide fort (acide fluorhydrique HF) permet de quantifier ces teneurs totales en ETM.

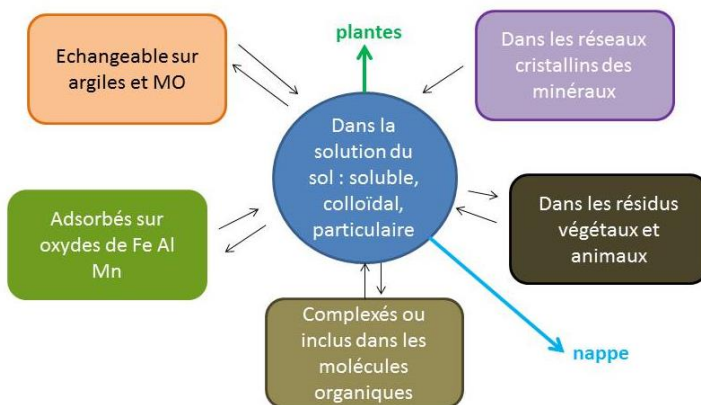


FIGURE 2 : Formes et localisations des ETM dans le sol

D'après Baize (2006)

Mots clefs : ETM, élément trace, risque, exposition, analyse totale, extraction chimique.

Références

- [1] Trémel-Schaub A. & Feix I. (2005). Contamination des sols, transferts des sols vers les plantes. EDP Sciences/ADEME, 413 p.
- [2] Baize D., Saby N. & Deslais W. (2007). Teneurs en 8 éléments traces (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) dans les sols agricoles en France, résultats d'une collecte de données à l'échelon national. INRA, ADEME, GIS Sol, 86 pages.
- [3] Smolders E. et Nguyen C. (2014). Devenir des contaminants inorganiques. In Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à usage agricole ou forestier, impacts agronomiques, environnementaux, socio-économiques, Synthèse de l'expertise scientifique collective, INRA-CNRS-IRSTEA. 636-666.
- [4] Baize D. et Roddier S. (2002). Approche typologique d'une cartographie pédogéochimique. Exemple de l'Avalonnais. In Les éléments traces métalliques dans les sols, approches fonctionnelles et spatiales. Baize D, Tercé M. coord. INRA éditions, 123-136.