

## Les éléments-traces dans les sols français

Les sols contiennent un certain nombre d'éléments traces. Une partie d'entre eux est d'origine naturelle puisqu'ils proviennent des roches. Mais une autre partie, très variable selon les sites est liée aux activités humaines : industries, extractions minières, certaines pratiques agricoles, épandages de déchets urbains, trafic automobile etc. (Stengel, Bruckler, & Balesdent, 2009, p. 102)

**Définition d'un élément en traces** : substance présente dans un milieu à des concentrations inférieures à 1g / kg. Dans les sols, les éléments en traces sont soit des métaux (par exemple le cadmium, le cuivre, le chrome, le nickel, le plomb), des semi-métaux (par exemple le bore, le sélénium, l'arsenic) ou des non métaux (comme le fluor, le chlore ou le brome). Il y a aussi parmi eux des éléments comportant des isotopes radioactifs d'origine naturelle. Le fond pédogéochimique naturel correspond à la concentration d'un élément majeur ou trace dans un sol, résultant des évolutions naturelles géologiques et pédologiques en dehors de tout apport d'origine humaine. Par conséquent, la détermination des fonds pédogéochimiques locaux est un préalable nécessaire pour évaluer l'état de contamination d'un sol dû aux apports exogènes. (Girard, Walter, Rémy, Berthelin, & Morel, 2011, p. 575)

Emissions mondiales d'éléments-traces en 1983 dues aux activités humaines et émissions annuelles mondiales dans l'atmosphère d'éléments-traces d'origine naturelle (Stengel & Gelin, 1998, p. 145).

(unité : $10^9$ Gt/an ; médianes des valeurs fournies)	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
total activités humaines	18.82	7.57	30.48	35.37	3.56	55.65	332.3*	3.79	131.9
total sources naturelles	12	1.3	44	28	2.5	30	12	9.3	45
dont :									
érosion	2.6	0.21	27	8	0.05	11	3.9	0.18	19
volcans	3.8	0.82	15	9.4	1	14	3.3	0.95	9.6
feux de forêts naturels	0.19	0.11	0.09	3.8	0.02	2.3	1.9	0.26	7.6
embruns marins	1.7	0.06	0.07	3.6	0.02	1.3	1.4	0.55	0.44
biogènes (pollens, cires, spores, débris de feuilles etc.)	3.86	0.24	1.11	3.31	1.4	0.73	1.74	7.41	8.1

\* dont  $248.10^9$  Gt/an pour les transports

Variations au cours des âges de la concentration de plomb dans la neige et la glace de l'Antarctique et du Groenland (Stengel & Gelin, 1998, p. 146).

(unité : $10^{-12}$ Gt de Pb/g)	5000 avant JC	1980
Antarctique	0.4	2
Groenland	1	30

Importance des éléments-traces vis-à-vis des organismes vivants  
(Stengel & Gelin, 1998, p. 164).

	Indispensable (ou bénéfique) pour les plantes	Indispensable aux animaux	Toxicité envers les plantes	Toxicité envers les animaux
As (Arsenic)	non	oui	oui	oui
B (Bore)	oui	non	oui (marge étroite entre utilité et toxicité)	
Be (Bérylium)	non	non	oui	oui
Cd (Cadmium)	non	non	oui	oui
Cl (Chlore)	oui	oui		
Co (Cobalt)	oui (légumineuses)	oui	oui (à teneurs élevées)	oui
Cr (Chrome)	non	oui	oui	oui
Cu (Cuivre)	oui	oui	oui	
F (Fluor)	non	oui	oui	oui
Fe (Fer)	oui	oui		
I (Iode)	non	oui		oui
Hg (Mercure)	non	non		oui
Li (Lithium)	non	oui		
Mn (Manganèse)	oui	oui	oui (surtout si pH < 5 et teneur élevée)	
Mo (Molybdène)	oui	oui		oui (marge étroite)
Ni (Nickel)	oui	oui	oui	oui
Pb (Plomb)	non	non	oui	oui
Se (Sélénium)	oui	oui	oui	oui (marge étroite)
Sn (Etain)	non	oui		oui
Tl (Thallium)	non	non		oui
V (Vanadium)	oui	oui	oui	oui (marge étroite)
Zn (Zinc)	oui	oui	oui (à teneur très élevée)	

## La circulation automobile

La circulation automobile, à cause de la combustion des carburants, de l'usure des routes, des pneus et des systèmes de freinage, est à l'origine de l'émission dans l'atmosphère de nombreux contaminants : plomb, cadmium, zinc etc. C'est la principale source de rejet de plomb dans l'atmosphère. La contamination des sols le long des axes routiers est maintenant bien connue (Stengel & Gelin, 1998, p. 147).

Teneur en plomb des sols (0 - 15 cm) mesurées en 1992 le long d'une autoroute mise en service en 1976 (Stengel & Gelin, 1998, p. 147).						
	Nord			Sud		
distance à l'autoroute (m)	10	5	2	2	7	15
teneur en plomb (mg/kg)	60	70	200	200	105	60

## La présence d'industries

Localement, on peut observer des émissions polluantes dues à des industries. Par exemple, dans le département du Pas-de-Calais, un ensemble métallurgique qui traite des minerais de zinc et de plomb depuis 1920, a contaminé les sols sur une superficie d'environ 70 km<sup>2</sup> (Godin, 1985 ; cité par Stengel & Gelin, 1998, p. 147).

Teneurs en métaux des sols d'une parcelle agricole située, dans le département du Nord-pas de Calais, à respectivement 1200 m et 1500 m de deux centres métallurgiques en comparaison avec deux autres parcelles éloignées de toute source de pollution et des teneurs à ne pas dépasser fixées par l'AFNOR (AFNOR, 1985 ; cité par Stengel & Gelin, 1998, p. 147).				
<b>Teneurs en métaux lourds des sols (mg/kg)</b>				
	site métallurgique (Pas-de-Calais)	Grande culture (Nord)	Forêt (Ille-et-Vilaine)	Nord (AFNOR)
Cadmium	8.9	0.2	0.05	2
Plomb	531.5	56.4	21.4	1
Zinc	643	85.7	36.3	300

## Les traitements fongicides sur cultures pérennes

L'utilisation depuis 1885 de sels de cuivre (bouillies bordelaises ou bourguignonnes) pour lutter contre un champignon, le mildiou, est à l'origine de l'accumulation du métal constatée dans le sol de tous les vignobles. Des sols viticoles renferment aujourd'hui plus de 500 mg de cuivre par kg de terre. Le cuivre est énergiquement retenu en surface et migre peu en profondeur (Delas & Juste, 1975 ; cité par Stengel & Gelin, 1998, p. 150).

## Les engrais

En raison de la présence de cadmium dans la plupart des minerais de phosphates et du passage d'une part importante de ce métal dans les engrais phosphatés qui en dérivent, une attention particulière est portée aux conséquences de l'application de ce type de fertilisants sur le niveau de cadmium des sols cultivés. Les phosphates utilisés dans les pays européens contiennent en moyenne 6,6g de cadmium pour 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Stengel & Gelin, 1998, p. 149).

Augmentation annuelles (mg/kg de sol sec et par an) des concentrations en cadmium de l'horizon 0-25 cm de parcelles recevant depuis 1929 diverses matières fertilisante (Stengel & Gelin, 1998, p. 150).

concentrations en cadmium	
	De 1929 à 1984
sans épandage	0.0007* / 0.0016**
phosphate d'ammonium	0.023
superphosphate de chaux	0.0032
phosphates naturels	0.0025

\* : de 1929 à 1960

\*\* : de 1960 à 1984

**Remarque:** pour certains auteurs la source importante du potassium est surtout due à la nature du sous sol.

**Remarque :** le zinc lié à des apports d'engrais n'est retrouvé en quantité importante que dans les sols des cultures pérennes (*l'explication reste en suspend*)

## Les amendements en lisier

En Bretagne, l'élevage intensif de porcs entraîne l'épandage de grandes quantités de lisier sur des surfaces limitées. Ces déjections animales représentent une source importante d'éléments fertilisants tels que l'azote, le phosphore et le potassium. Les épandages d'effluents agricoles permettent ainsi aux agriculteurs de réaliser d'importantes économies d'engrais minéraux (Baize & Tercé, 2002, p. 183).

Remarque : du cuivre et du zinc sont ajoutés aux rations alimentaires des porcs. Le cuivre sert de facteur de croissance et le zinc a pour intérêt de prévenir la parakératose du porc (Baize & Tercé, 2002, p. 169). Cu et Zn, très peu retenus par l'animal, se retrouvent pour 80 à 95% dans les fèces et urines et sont apportés sur le sol lors des épandages de lisier (Lesguillier et al., 1995 ; cités par Baize & Tercé, 2002, p. 183). 70% du zinc qui contamine les sols en France proviendrait des effluents d'élevage (ADEME, 1998 ; cité par Stengel & al., 2009, p. 82).

## Le phosphore

La teneur importante en phosphore provoque l'eutrophisation des rivières. Cette dégradation de la qualité des eaux continentales, lacs, étangs est provoquée par des apports excessifs d'éléments nutritifs : phosphate et nitrate en particulier (Stengel et al., 2009, p.31).

### Le pH

En milieu très acide, certains éléments chimiques deviennent toxiques. C'est le cas de l'aluminium par exemple qui se trouve sous une forme qui bloque le métabolisme de la plante et la fait dépérir. La vie du sol est également ralentie : les bactéries du sol se développent mal et disparaissent quand le pH est trop acide. Il y a alors augmentation du taux de matière organique et surtout pénurie de nutriments absorbables par les plantes car la minéralisation est limitée. Enfin, la nutrition se fait mal : le pH perturbe l'équilibre électrochimique et empêche l'absorption des éléments nutritifs par la plante. L'efficacité des engrais est alors réduite puisque les éléments apportés restent bloqués dans le sol ([www.bretagne-environnement.org](http://www.bretagne-environnement.org)).

On observe un effet acidifiant produit par des dépôts ammoniacaux dans des zones de grande concentration d'élevages.

### La matière organique des sols et le changement climatique

Les sols contiennent du carbone, sous forme de matières organiques. A l'échelle mondiale, ce sont ainsi 1500 milliards de tonnes de carbone qui sont stockés dans les sols, soit deux fois plus que dans l'atmosphère !

Ce stock évolue en permanence : grâce à la photosynthèse, les plantes prélèvent du  $CO_2$  dans l'atmosphère et enrichissent le sol en matières organiques. Mais celles-ci peuvent aussi être détruites, minéralisées et redonner du  $CO_2$  qui retourne alors vers l'atmosphère.

Or, le  $CO_2$  est l'un des principaux gaz à effet de serre. Du fait des activités humaines, le taux atmosphérique de  $CO_2$  a augmenté de 36% depuis 250 ans, provoquant un réchauffement global de  $0,6^\circ C$ . Si rien n'est fait, le climat mondial pourrait être profondément modifié dans les décennies à venir.

Pour limiter ces changements, de nombreuses solutions sont envisagées, dont l'augmentation du stock de matière organique dans les sols.

## Bibliographie :

Baize, D., & Tercé, M. (2002). *Les éléments traces métalliques dans les sols: approches fonctionnelles et spatiales*. Paris: Editions INRA.

Girard, M.-C., Walter, C., Rémy, J.-C., Berthelin, J., & Morel, J.-L. (2011). *Sols et environnement* (2e éd.). Paris: Dunod.

Stengel, P., & Gelin, S. (1998). *Sol : interface fragile*. Paris: Editions INRA.

Stengel, P., Bruckler, L., & Balesdent, J. (2009). *Le sol* (Vol. 1-1). Versailles - Paris: Ed. Quae.