

Apports organiques

ETM : cerner les transferts du sol aux plantes

Les ETM « *Eléments Traces Métalliques* » sont présents dans les sols agricoles naturellement, mais aussi en raison des apports humains. Ils sont plus ou moins prélevés par les plantes cultivées et peuvent potentiellement poser des problèmes de sûreté des produits agricoles destinés à l'alimentation humaine comme animale.



© L. Jong, CETIOM

Les ETM, « Eléments Traces Métalliques », peuvent être des oligo-éléments indispensables aux processus biologiques, mais toxiques à des teneurs élevées, comme le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le sélénium (Se), le chrome (Cr), le molybdène (Mo), le nickel (Ni) et l'arsenic (As). D'autres ETM, tels que plomb, cadmium et mercure (Pb, Cd, Hg), dont le caractère essentiel pour les être vivants n'est pas démontré, sont considérés comme des contaminants stricts. Ils sont toxiques à de très faibles concentrations.

Les réglementations européennes fixent des valeurs limites dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux, en particu-

lier pour le plomb, le cadmium, le mercure et l'arsenic (Règlement CE 1881/2006 et Directive 2002/32/CE).

Des plans de surveillance professionnels permettent de suivre la conformité des céréales et des oléagineux à ces limites maximales pour les quelques éléments réglementés.

Non biodégradables

Les ETM sont naturellement présents dans les sols agricoles et leur concentration varie selon le fond géochimique. Leur concentration dépend aussi des retombées atmosphériques d'origine naturelle (volcanisme, poussières d'érosion) ou anthropique (industries, trans-

Le tournesol est plus fortement accumulateur d'ETM que le maïs.

ports) et des apports par l'homme (engrais, produits phytosanitaires, déjections animales, boues urbaines, etc.). Les ETM entrent dans la chaîne alimentaire en raison de leur absorption par les plantes. Au final, l'Homme est exposé à ces contaminants par voie alimentaire en consommant les récoltes ou les animaux nourris avec les produits végétaux (autre voie particulière : le tabac). Les ETM ne sont pas biodégradables contrairement aux contaminants organiques.

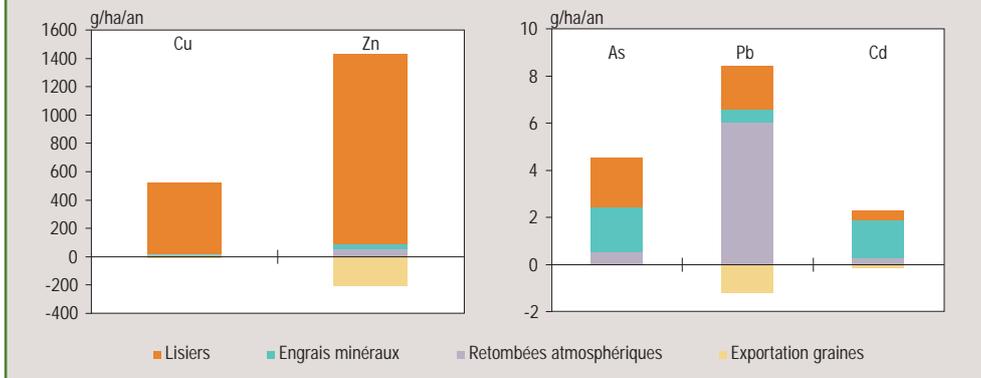
Il est donc particulièrement nécessaire d'étudier et de comprendre leur flux dans le système sol-plante-animal. Cela a été l'objectif d'un projet multipartenaires¹, financé par le CASDAR et l'ADEME. Les flux d'éléments traces (Cu, Zn, Pb, Cd, As) ont été étudiés au sein d'exploitations de polyculture-élevage porcin du Sud-Ouest. L'alimentation des porcs y comprend des végétaux produits sur l'exploitation et achetés (tourteaux d'oléagineux). Les parcelles sont fertilisées avec les lisiers. Les modèles végétaux étudiés ont été le maïs et le tournesol, qui se caractérisent par des capacités différentes d'accumulation d'éléments traces :

Les ETM s'accumulent durablement dans les sols et dans les organismes vivants.

le maïs est une plante faiblement accumulative alors que le tournesol est plus fortement accumulateur d'ETM. Quinze

exploitations agricoles ont été enquêtées, avec prélèvements de sol, de plantes et de lisier. Les concentrations en ETM sont représenta-

Figure 1 : Moyennes des flux entrants et sortants de la parcelle pour la culture de maïs (11 parcelles) – projet CASDAR-ADEME « ETM en filière porcine du Sud-Ouest » 2007-2010



Le bilan est montré une accumulation par le sol des ETM apportés par les intrants.

tives de la majorité des exploitations agricoles françaises éloignées de sources de pollution identifiée et elles respectent les limites réglementaires.

Les flux d'ETM à la parcelle

Pour les parcelles enquêtées, les flux majoritaires d'ETM entrant à la parcelle, estimés à partir de mesures et de valeurs moyennes de la littérature, proviennent : du lisier pour le cuivre et le zinc, des engrais minéraux pour l'arsenic et le cadmium, et des retombées atmosphériques pour le plomb (figure 1). Les pertes en ETM par lessivage n'ont pas été prises en compte dans ce projet, car elles n'ont pas pu être estimées localement. L'exportation d'ETM hors de la parcelle par la récolte des grains est faible par rapport aux apports. L'accumulation dans le sol est significative pour le cuivre et le zinc mais beaucoup plus faible pour le cadmium, le plomb ou l'arsenic. Néanmoins dans le cas des parcelles sans apport de lisier, le bilan est négatif (exportation nette) pour le cuivre et le zinc dans le cas du tournesol et pour le zinc dans le cas du maïs.

Ce qui joue sur le transfert des ETM aux plantes

On pourrait penser que plus un ETM est présent dans le sol, plus on le trouvera dans les plantes. Pourtant, de nombreuses études

Les éléments métalliques ou métalloïdes sont dits « traces » car ils sont présents en faibles concentrations dans la croûte terrestre ou les organismes vivants.

De nombreuses études montrent que le niveau d'ETM dans le sol n'est pas corrélé à sa concentration dans les organes reproducteurs des végétaux.

dont celle réalisée dans le cadre du projet CASDAR montrent l'absence de lien direct entre la teneur totale en ETM dans le sol et leur concentration dans les végétaux (exemple du cadmium, figure 2). L'apport de phosphate induit un apport de cadmium non négligeable : celui-ci est présent en impuretés en plus ou moins forte concentration selon la provenance de la roche phosphatée. Par contre, les effets sur les végétaux sont moins clairs : aucun effet notable sur l'accumulation de cadmium dans les végétaux de grandes cultures n'a été démontré sauf avec des phosphates fortement contaminés.

En fait, pour qu'un élément soit absorbé par une plante, il faut qu'il soit biodisponible et qu'il passe en solution dans le sol. Pour le cadmium, ce passage en solution est influencé par différents facteurs, dont le plus important est le pH : plus le pH est faible (sol acide), plus le cadmium sera disponible pour la plante. La teneur en matière organique du sol a aussi une influence sur la biodisponibilité : plus un sol est organique, moins les métaux,



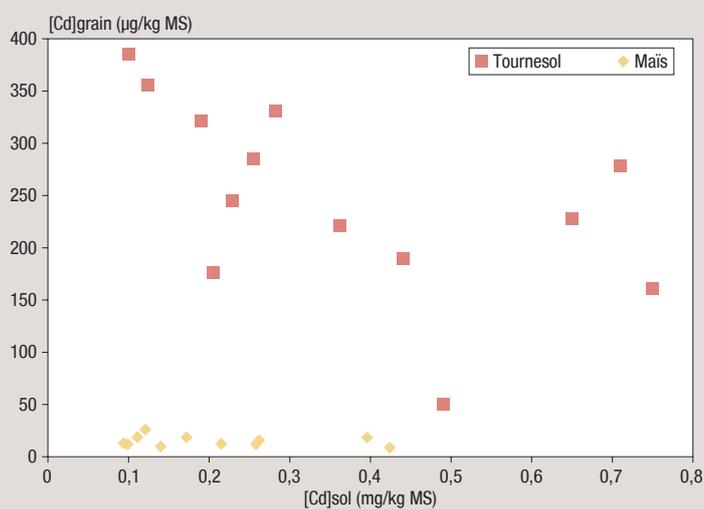


Les lisiers constituent l'une des sources d'ETM à la parcelle.

Quelques pistes

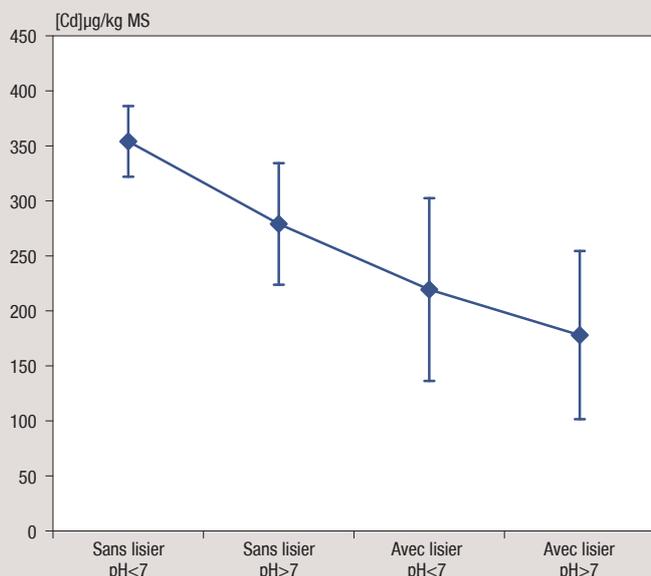
La gestion de la contamination en ETM des récoltes emprunte plusieurs voies : éviter de cultiver des espèces végétales plus fortement accumulatrices sur les parcelles identifiées comme présentant une forte biodisponibilité des ETM en privilégiant des cultures faiblement accumulatrices (maïs), limiter les apports en ETM par les intrants agricoles (contrôle de la teneur en contaminants des engrais, des lisiers), ou jouer sur le matériel végétal c'est-à-dire en sélectionnant des variétés peu accumulatrices (sachant que la sélection variétale est un processus long). Pour limiter la biodisponibilité des éléments traces, deux paramètres majeurs sont à contrôler : le pH et la teneur en matière organique.

Figure 2: Teneur en cadmium dans les grains et graines de maïs et tournesol, en fonction de la teneur en cadmium dans les sols des parcelles – projet CASDAR-ADEME « ETM en filière porcine du Sud-Ouest » 2007-2010



Il n'y a pas de relation entre la concentration en cadmium total dans un sol et la concentration dans les organes reproducteurs des végétaux.

Figure 3: Concentration en cadmium dans les graines de tournesol (µg/kg MS), en fonction du pH du sol et en fonction de l'apport de lisier (13 parcelles) – projet CASDAR-ADEME « ETM en filière porcine du Sud-Ouest » 2007-2010



L'absorption du cadmium par la plante dépend du pH et de la teneur en matière organique du sol.

dont le cadmium, auront tendance à passer en solution (figure 3). Comme cette étude l'a confirmé, les capacités d'accumulation d'ETM varient suivant l'espèce végétale et, pour un végétal donné, suivant l'organe. De plus, différents travaux ont démontré un effet variétal sur l'accumulation d'ETM, en particulier pour le cadmium chez le blé, l'orge, le tournesol et le lin. Des différences annuelles apparaissent également. Ainsi, des expérimentations sur du blé ont montré des différences d'un facteur 2 à 3 entre années pour l'accumulation de cadmium dans les grains (même site, même variété) sans que la cause en soit clairement identifiée. Les relations entre paramètres climatiques et teneur en ETM des graines sont peut-être en cause, mais elles sont actuellement mal comprises.

Quel est l'effet d'un apport répété de lisier ?

Un épandage répété de lisier conduit à une augmentation des concentrations en cuivre dans les

sols. Selon la concentration initiale du sol, il faudrait cependant entre 7 et 63 ans d'apports de lisier de 30 m³/ha chaque année pour doubler la teneur initiale en cuivre du sol. Pour atteindre le seuil réglementaire en cuivre dans les sols au-delà duquel les apports de boues urbaines sont interdits, il faudra – dans le pire scénario – patienter deux siècles. Les teneurs élevées en cuivre des sols dans les exploitations étudiées peuvent s'expliquer par deux facteurs. Les parcelles ayant un antécédent vigne, même ancien, se distinguent par leur teneur en cuivre du sol significativement supérieure à celles n'ayant jamais été en viticulture. Pour les parcelles sans précédent vigne, le volume total de lisier épandu ainsi que la concentration en fer du sol expliquent la teneur en cuivre du sol.

Pour éviter cet effet environnemental négatif, un meilleur contrôle de la concentration en cuivre dans les lisiers et, donc, dans les aliments du porc est nécessaire. Les concentrations en zinc sont également à surveiller afin d'éviter une forte accumulation, même si aujourd'hui aucun effet significatif sur les sols n'a pu être mis en évidence.

Au niveau national, un réseau pluriannuel de parcelles en grandes cultures (céréales et oléagineux) va être mis en place afin de valider les recommandations formulées à l'échelle du territoire (*lire encadré*) et améliorer la connaissance des paramètres jouant sur le transfert des ETM sol-plante². ■

¹ CETIOM, ARVALIS-Institut du végétal, IFIP-Institut du Porc, INRA-Bordeaux, Université de Pau et des Pays de l'Adour-LCABE, Interprofession Porcine d'Aquitaine, ENITA de Bordeaux, APESA.
² Projet CASDAR Multicontamination 2011-2013.

Les sols des anciennes parcelles de vigne se distinguent par leur forte teneur en cuivre.



Sylvie Dauguet, CETIOM
dauguet@cetiom.fr

Laurence Denaix, INRA
Christophe Nguyen, INRA
Régis Coudure

r.coudure@arvalisinstitutduvegetal.fr

Bruno Barrier-Guillot
b.barrier@arvalisinstitutduvegetal.fr
ARVALIS-Institut du végétal

Avec la contribution financière du compte d'affectation spécial « Développement agricole et rural » du ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche.

Prendre un bon départ
et viser juste...

BIATHLON
les 2 atouts d'un champion

Renouée des oiseaux, renouée liseron, amarante, morelle, chénopode, arroche, datura, ambrosie, mercuriale, flore céréalière émergente...

HERBICIDE ANTI-DICOTS DE POST LEVÉE DU MAÏS



Le respect est dans notre culture

Champion sur flores complexes

Démarrer tôt, c'est gagner son challenge contre toutes les adventices



BIATHLON répond à la problématique du désherbage moderne, en permettant d'intervenir tôt en post-levée,

dès le stade idéal de 2 à 4 feuilles du maïs, avec un haut niveau d'efficacité.

Champion sur la flore émergente, classique ou complexe du maïs, BIATHLON répond aux attentes actuelles du désherbage du maïs.

Régularité et efficacité, BIATHLON est un optimisateur de solutions.



Tritosulfuron



DE SANGOSSE
Les Hommes de proximité

www.desangosse.fr