

FOCUS

L'étude « Devenir des nanoparticules d'argent dans les sols cultivés après épandage de boues de stations d'épuration contaminées »

Géraldine SARRET

CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Les nanomatériaux sont de plus en plus présents dans les produits de consommation courante, mais il n'existe pas de régulation notamment pour les boues de stations d'épuration. 95% des nanoparticules d'argent présentes dans les eaux usées— élément particulièrement toxique sous la forme ionique –, se retrouvent dans ces boues utilisées en Europe, à raison de 50 % de leur volume de production, pour fertiliser les sols cultivés, ceci sans que l'on en connaisse vraiment le devenir ni les impacts écologiques ou sanitaires. L'objectif de cette étude est de les évaluer en se rapprochant le plus possible des conditions réelles d'utilisation.

POSITIONNEMENT AU REGARD DE LA RECHERCHE RHÔNALPINE ET FRANÇAISE

Il s'agit d'une étude pionnière à trois titres : c'est une étude intégrée qui combine plusieurs disciplines différentes comme la géochimie, l'écotoxicité, la phytotoxicité et la microbiologie des sols ; c'est également la première étude à injecter des boues contaminées par des nanoparticules, plutôt que des nanoparticules directement dans les sols (ce qui est un scénario de contamination peu probable); enfin, l'usage du synchrotron et le couplage de techniques d'imagerie et de spectroscopie a permis d'atteindre des échelles particulièrement fines de détection et de cartographie de répartition des particules, de l'ordre de 50 nm et de 40 mg Ag/kg de sol.

ILLUSTRATION

Un important travail de concertation entre les différents partenaires a d'abord été nécessaire pour la conception de cette étude pionnière.

La 1^{ère} phase de 2 mois a consisté à produire les boues contaminées au sein de l'EAWAG, l'institut de recherche sur les eaux en Suisse situé à Dübendorf; trois types de boues ont été produites: l'un sans ajout de nanoparticules d'Ag, un autre avec de faibles doses et le dernier avec de fortes doses.

Dans une 2^e phase, on a épandu ces boues sur des sols en pots pour y cultiver du blé et du colza durant plusieurs semaines.

Puis on a récolté des échantillons d'eau porale (ou interstitielle), des sols et des plantes pour les analyser au moyen de diverses techniques :

- séquençage ADN du sol (pour connaître sa biodiversité microbienne)
- mesures de biomasse et tests de phytotoxicité et étude de l'expression des gènes sur les tiges et feuilles des plantes
- mesures de concentration totale en éléments, spectroscopie, microscopie électronique et synchrotron pour visualiser la localisation et la spéciation (ou forme chimique) de l'argent dans la boue, dans le sol et dans les racines des plantes.

STATUT

Directrice de recherche au CNRS

DISCIPLINES

Géochimie de l'environnement

FONCTIONS

Responsable de l'équipe de géochimie de l'Institut des Sciences de la Terre ISTERRE (Unité mixte de Recherche associant le CNRS, l'université Grenoble-Alpes et l'IRD).

AUTRES FONCTIONS

- Responsable du comité de programme Synchrotron dans les domaines environnement et patrimoine
- Éditrice associée du journal Environmental Quality

PRÉSENTATION DU LABORATOIRE ET DE L'ÉQUIPE

L'ISTERRE est un des plus gros laboratoires français de sciences de la Terre, le pendant en province de l'institut de Physique du Globe ; il rassemble environ 150 chercheurs, répartis à Grenoble et à Chambéry, et balaie l'ensemble des disciplines des sciences de la Terre, jusqu'à la planétologie.

L'équipe de géochimie intègre 11 chercheurs et enseignants-chercheurs, spécialistes de géochimie de l'environnement et de géochimie du manteau profond, avec une approche commune de chimie analytique et de spectroscopie.

POSITIONNEMENT VIS-À-VIS DE LA THÉMATIQUE SANTÉ-ENVIRONNEMENT

L'équipe s'intéresse depuis de nombreuses années au devenir des contaminations métalliques dans l'environnement. Cette thématique s'est récemment élargie aux nanoparticules, contaminants émergents, à leur devenir dans l'environnement et à leurs impacts écotoxicologiques et toxicologiques.



➔ BIBLIOGRAPHIE À CONSULTER

- Larue C., Castillo-Michel H., Sobanska S., Trcera N., Sorieul S., Cécillon L., Ouerdane L., Legros S., Sarret G., 2014, Fate of pristine TiO₂ nanoparticles and aged paint-containing TiO₂ nanoparticles in lettuce crop after foliar exposure, *J. Haz. Materials*, 273, 17-26.
- Larue C., Castillo Michel H., Sobanska S., Cécillon L., Bureau S., Barthès V., Ouerdane L., Carrière M., Sarret G., 2014, Foliar exposure of *Lactuca sativa* to silver nanoparticles: Evidence for internalization and changes in Ag speciation, *J. Haz. Materials*, 264, 98-106.
- Pradas des Real AE., Castillo-Michel H., Kaegi R., Sinnet B., Magnin V., Findling N., Villanova J., Carriere M., Santaella C., Fernandez-Martinez A., Levard C., Sarret G., Fate of Ag-NPs in sewage sludge after application on agricultural soils, *subm. À Environ. Sci. Technol.*
- Sarret G., Pilon Smits E.A.H., Castillo Michel H., Isaure M.P., Zhao F.J., Tappero R., 2013, Use of Synchrotron-based Techniques to Elucidate Metal Uptake and Metabolism in Plants, in: Donald, S.(Ed.), *Advances in Agronomy*, Academic Press, London, 119, 1-82, DOI: 10.1016/B978-0-12-407247-3.00001-9.

● PRINCIPAUX RÉSULTATS

Pour la boue et le sol : on constate une transformation totale des nanoparticules d'Ag en espèces secondaires de type Ag₂S bien cristallisé, mais aussi une forme Ag₂S amorphe (de taille plus réduite, moins stable) ou Ag lié à des groupes soufrés de molécules organiques.

Pour les plantes : malgré des doses de contamination très faibles, on constate des effets de phytotoxicité, notamment sur la croissance racinaire.

On enregistre enfin des modifications de l'activité enzymatique du sol, même à faible dose.

● QUELLE UTILISATION CONCRÈTE PAR LES ACTEURS ÉCONOMIQUES ?

Cette étude contient des éléments à prendre en compte s'il s'agissait de mettre en place une norme de teneur en nanoparticules dans les boues d'épandage.

● PISTES D'AVENIR

Cette étude se poursuit dans le cadre du LABEX « Sérénade » consacré à l'éco-conception des matériaux. Plutôt que de travailler sur des normes admissibles de divers nanomatériaux existants, il s'agirait désormais de travailler en amont, en s'attachant à concevoir des nanoparticules moins toxiques et plus sûres. Par exemple, en ce qui concerne les nanoparticules d'Ag, on pourrait essayer de renforcer leur stabilité grâce à des enrobages riches en sulfures autour des particules d'Ag.