

La dissémination des nanomatériaux dans les milieux aquatiques naturels

Yann Sivry, Izyan Supiandi

► **To cite this version:**

Yann Sivry, Izyan Supiandi. La dissémination des nanomatériaux dans les milieux aquatiques naturels: Étude des processus de transformation en milieux naturels complexes des nanoparticules minérales manufacturées par l'utilisation des isotopes stables métalliques. Les cahiers de la Recherche. Santé, Environnement, Travail, ANSES, 2015, Nanomatériaux et santé, pp.23-24. <https://www.anses.fr/fr/content/les-cahiers-de-la-recherche> . anses-01759275

HAL Id: anses-01759275

<https://hal-anses.archives-ouvertes.fr/anses-01759275>

Submitted on 5 Apr 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



La dissémination des nanomatériaux dans les milieux aquatiques naturels

Étude des processus de transformation en milieux naturels complexes des nanoparticules minérales manufacturées par l'utilisation des isotopes stables métalliques

Yann SIVRY et Izyan SUPIANDI

Mots-clés : dissémination, dissolution, écosystèmes aquatiques, environnement, nanométrie, micropolluants, milieux naturels, qualité des eaux, sols, nanoparticules, isotopes stables

Les problématiques concernant la préservation des réserves d'eau potable, des milieux naturels et de la biodiversité ont amené les gouvernements à adopter des mesures drastiques en termes de politique environnementale comme la Directive Cadre sur l'Eau en 2000³². Les nanoparticules manufacturées pourraient être concernées. Des études récentes tendent à démontrer que les nanoparticules manufacturées présentent un risque écotoxicologique (dispersion et dégradation dans l'environnement) et un risque en termes de santé humaine. Compte tenu de leur incorporation dans un nombre croissant de produits courants, la dispersion des nanoparticules dans le milieu naturel est inévitable. Les nanoparticules constituent aujourd'hui une nouvelle classe de micropolluants, dont le cycle de vie dans l'environnement doit être défini avec précision afin d'évaluer leur impact potentiel.

Des estimations récentes des flux de nanoparticules manufacturées libérées dans l'environnement ont été réalisées par différentes équipes à la fin des années 2000. Leurs calculs prédisent des flux pour les nanoparticules d'argent de l'ordre de 1 et 0,02 microgramme/kg/an dans les sédiments et les sols, respectivement. Ces concentrations sont plusieurs ordres de grandeurs plus faibles que celles couramment employées dans les études expérimentales de toxicologie, plutôt de l'ordre du milligramme/kg. Cette différence de concentration peut affecter le comportement physicochimique des

nanoparticules, notamment leur capacité d'agrégation ou encore leur solubilisation partielle. Or, si de premières études montrent des résultats contradictoires, elles soulignent néanmoins le caractère important des conditions environnementales. De même, des phénomènes variés peuvent intervenir. Par exemple, les nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnO) sont peu stables dans les milieux aquatiques naturels comme l'eau de mer. Celles-ci se dissolvent très vite, et même plus rapidement que les particules d'oxyde de zinc de taille micrométrique. Dès lors, comment prédire leur mobilité potentielle dans les différents milieux environnementaux (eaux, sols, sédiments) ainsi que leur interaction avec des cellules vivantes ?

Le projet de recherche : Nanospike

Il est donc très difficile de travailler avec des conditions représentatives de l'environnement, qu'il s'agisse d'étudier la dynamique de ces nanoparticules ou leur écotoxicité. Cela suppose de maîtriser la mesure de nanoparticules en très faible concentration (de l'ordre de 10 à 100 nanogrammes par kg) dans différents milieux naturels, sachant que ceux-ci sont complexes et « bruyants »³³. Travailler sur de très faibles concentrations en nanoparticules, représentatives de la réalité, nécessite ainsi de lever un verrou analytique. L'utilisation, pour la nanométrie, d'outils innovants tels que la spectrométrie de masse Haute-Résolution (HR-ICP-MS) combinée avec un marquage des nanoparticules

Équipe Géochimie des eaux, IPGP, Université Paris Diderot, UMR CNRS 7154, Paris

³² Directive européenne 2000/60/EC.

³³ C'est-à-dire en présence d'un bruit de fond : *i.e.* en présence de colloïdes naturels mêlant matière minérale et organique, ainsi qu'en présence d'éléments constitutifs des nanoparticules, naturellement présents dans l'environnement en concentrations variables.

avec des isotopes stables peut permettre de résoudre cette difficulté.

“ *Comment prédire de façon réaliste le comportement et la mobilité potentielle des nanoparticules dans les différents milieux environnementaux ?* ”

Le principe repose sur l'existence, pour chaque élément chimique de généralement au moins deux isotopes stables³⁴ ayant des propriétés chimiques identiques. Dans la nature, le rapport entre les quantités d'isotopes stables (ou abondances isotopiques) d'un élément donné est pratiquement constant. Il est désormais possible de séparer les isotopes d'un élément et d'inverser artificiellement ces abondances. L'idée sous-jacente au projet consiste à fabriquer des nanoparticules d'abondances isotopiques différentes des abondances naturelles. Pour cela, les nanoparticules sont synthétisées à partir d'une solution enrichie avec l'un de leurs isotopes, on parle alors de traçage isotopique. Ce traçage doit permettre de distinguer les nanoparticules utilisées dans le cadre de l'expérience du bruit de fond géochimique. Il est ainsi possible de mesurer, avec une grande précision, jusqu'à de très faibles concentrations (inférieures à 100 ng/L) d'un élément isotopiquement enrichi. Le couplage de cette technique à la spectrométrie de masse est ensuite utilisé pour répondre aux questions posées sur le devenir et le comportement des nanoparticules dans les milieux aquatiques.

Le projet vise à mettre en œuvre ces techniques innovantes pour étudier leur dissémination à de très faibles concentrations dans les milieux aquatiques, c'est-à-dire :

- Leur solubilité dans une eau de rivière naturelle (ex. eau de la Seine), puis dans une eau de mer synthétique³⁵ ;
- Leur transformation, agrégation et absorption au contact de phases naturelles organiques (substances humiques) puis minérales (oxydes de fer, argiles) rencontrées dans les milieux naturels et susceptibles d'impacter le cycle de vie des nanomatériaux.

Deux types de nanoparticules minérales seront étudiés :

- Des nanoparticules d'argent, de 5 à 100 nm, qui constituent actuellement le plus grand nombre de nanoparticules manufacturées du fait de leurs propriétés bactéricides ;
- Des nanostructures de semi-conducteurs (ou « quantum dots ») de type cœur/coquille qui promettent des applications à grande échelle, dans les domaines du photovoltaïque, des diodes électroluminescentes et des essais biologiques.

Les partenaires :

Yann Sivry

Équipe Géochimie des eaux, IPGP, Université Paris Diderot, UMR CNRS 7154, Paris

Nicolas Menguy

Institut de minéralogie et de physique des milieux condensés, UMR 7590 CNRS, UPMC/IRD, Paris

Gaëlle Charron

UFR de Physique, Laboratoire MSC, Université Paris Diderot, UMR CNRS 7057, Paris

Durée : 45 mois

Financement : 189 K€

Internet : www.nanospike.fr

Contacts : sivry@ipgp.fr

³⁴ Les isotopes ne diffèrent que par le nombre de neutrons, donc leur masse atomique. On parle d'isotope stable quand les noyaux ne font pas l'objet de désintégrations radioactives. Un autre projet des cahiers de la recherche fait appel à l'un des isotopes instable du carbone, le carbone 14. Dans ce cas, on utilise la radioactivité pour suivre un nanotube.

³⁵ L'océan étant le réceptacle ultime de l'apport fluvial, il semble important aussi de mélanger ces deux types d'eau (simulation du milieu estuarien).