



HAL
open science

Le transfert trophique de nanomatériaux

Jeanne Garric

► **To cite this version:**

Jeanne Garric. Le transfert trophique de nanomatériaux : Étude du transfert trophique de nanomatériaux et des conséquences sur les invertébrés aquatiques d'eau douce. Les cahiers de la Recherche : Santé, Environnement, Travail, 2015, Nanomatériaux et santé, 6, pp.25-27. anses-01714619

HAL Id: anses-01714619

<https://anses.hal.science/anses-01714619>

Submitted on 21 Feb 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.

Le transfert trophique de nanomatériaux

Étude du transfert trophique de nanomatériaux et des conséquences sur les invertébrés aquatiques d'eau douce

Jeanne GARRIC

Mots-clés : nanoparticules manufacturées, altération, biofilm, cinétique, bioaccumulation, écosystèmes, écotoxicologie, métabolisme, oxyde de cérium, oxyde de titane, nanoparticule d'or, nano résidus

Les travaux concernant le devenir des nanoparticules dans l'environnement et leurs effets sur les écosystèmes sont encore très rares. Peu prennent en compte la manière dont les nanomatériaux manufacturés à base de nanoparticules se dégradent après usage et l'impact toxicologique de leurs résidus d'altération. Pourtant, compte tenu des tonnages produits et de la diversification des applications, il est pertinent de prendre ces questions en compte. Qu'en est-il, par exemple, du devenir de ces résidus en milieu aquatiques ? Comment impactent-ils les écosystèmes (ex. algues, poissons, prédateurs) ?



Gammarus mâle
(Source : J. Garric)

Le projet de recherche : TRO-NANO

L'objectif du projet TRO-NANO est d'acquérir des données sur l'écotoxicité de trois types de nanoparticules manufacturées et de leurs résidus de dégradation. Il s'agit d'étudier les conséquences de l'exposition sur des biofilms d'eau douce et sur des macro-invertébrés benthiques contaminés par voie trophique.

Le choix a été fait de travailler sur des nanoparticules issues du commerce (produits de dégradation de NPs manufacturées à base de TiO_2 (Tlite®) et de CeO_2 (Nanobyk®)), du TiO_2 nu (rutile), ainsi que sur des nanoparticules d'or fonctionnalisées.

- **Les nanoparticules de TiO_2** absorbent les UV tout en interagissant peu avec la lumière visible. Cela permet de réaliser des crèmes solaires translucides. Ces nanoparticules sont enrobées d'une couche d'hydroxyde d'aluminium et/ou de silane pour annuler l'effet photocatalytique³⁶. Des résultats récents montrent comment ces matériaux peuvent se dégrader une fois dans l'eau.
- **Les nanoparticules de CeO_2** ont également des propriétés absorbantes pour le rayonnement ultraviolet et elles sont utilisées dans des peintures d'extérieur.

Laboratoire d'écotoxicologie UR MAEP, Lyon Irstea

³⁶ L'absorption du rayonnement UV induit des réactions chimiques à la surface qui rendent la particule très réactive. Cette propriété est utilisée pour réaliser des surfaces auto-nettoyantes. Lorsque la particule est dans une préparation en contact avec la peau on la recouvre d'hydroxyde d'aluminium et/ou de silane pour bloquer ce processus.

Ce type de produit étant amené à se développer en raison de l'augmentation des constructions en bois, se pose la question de leur résistance à long terme face aux intempéries et de leur lessivage vers l'environnement.

- **Les nanoparticules d'or (AuNp).** Ces nanoparticules du fait de leur forte densité électronique et capacité d'absorption aux rayons (X, γ) ont été utilisées dans la recherche, dans le domaine biomédical (comme agent de contraste), en radiothérapie, ou comme élément de vectorisation de molécules médicamenteuses. On les retrouve dans les produits de consommation courante, en cosmétique (crèmes anti-âge, produits de beauté), pour l'étiquetage des parfums ou encore dans les peintures dans le domaine des revêtements et des peintures de nouvelle génération.

Trois espèces d'organismes aquatiques ont été étudiées. Il s'agit de petits invertébrés, présents dans les écosystèmes aquatiques d'eau douce, qui sont connus pour être de bons indicateurs de l'impact des contaminants environnementaux :

- **Le gammare (*Gammarus fossarum*)** est un crustacé surtout présent dans des substrats grossiers ; il est détritivore et se nourrit de débris d'origine naturelle (ex. débris végétaux).
- **Le gastéropode prosobranche *Potamopyrgus antipodarum*** est un mollusque présent dans les sédiments ; il se nourrit notamment du biofilm périphytique.
- **Le chironome (*Chironomus riparius*),** insecte aquatique dont une partie du cycle de vie est aquatique (l'œuf, la larve, la puppe). Durant sa phase larvaire³⁷, l'espèce *C. riparius* se nourrit *via* les particules enrichies en matières organiques, présentes à la surface du sédiment.

Ces différents organismes sont exposés *via* la nourriture, (feuilles d'aulne pour les gammares, nourriture commerciale pour les chironomes et les gastéropodes), une fois celle-ci contaminée par les nanoparticules (TiO_2 , CeO_2). Des périodes d'exposition de une à quatre semaines ont été réalisées, selon l'organisme et les effets recherchés : 21 jours pour le crustacé, 28 jours pour le gastéropode et 7 jours pour le chironome.



Gastéropode Potamopyrgus adulte
(Source : J. Garric)

L'étude du transfert trophique des nanoparticules d'or a été réalisée à l'aide de biofilms riches en diatomées. Les effets de cette contamination ont été mesurés sur les biofilms ainsi que sur des gammares nourris durant 7 jours à l'aide de ces biofilms.

Résultats

Qu'il s'agisse de NPs de CeO_2 et TiO_2 ou de NPs Au, il est possible de contaminer en laboratoire des invertébrés par la voie trophique et cela de manière dose-dépendante. Les résultats confirment le transfert de nanomatériaux depuis la nourriture vers les organismes, mais sans mise en évidence d'un risque de bioamplification de la contamination. En fin d'exposition, selon les organismes étudiés, la réponse à la contamination a été évaluée à l'aide de plusieurs types d'approches : des mesures biologiques, des mesures biochimiques (indicateurs

³⁷ Qui se passe en majorité dans le sédiment.

de perturbations du métabolisme) et des mesures chimiques.

Avec le transfert de la contamination, depuis la nourriture vers les organismes étudiés, la contamination s'est accompagnée d'effets biologiques, mis en évidence par les réponses moléculaires.

- **Exposition au titane** : bien qu'il soit encore difficile de mesurer exactement le niveau d'imprégnation en titane des organismes, il semble que celui-ci ne s'accumule pas dans les invertébrés soumis à des doses faibles mais continues. La contamination par le TiO₂ n'entraîne pas d'effet drastique sur les traits de vie. Par contre, en fonction des espèces, on observe des réponses biochimiques, notamment sur les activités digestives, déjà rapportées lors d'exposition par voie aqueuses et pour des contaminations souvent élevées.
- **Exposition au cérium** : La contamination des gammars est bien corrélée à celle de la nourriture³⁸, mais aucune bioaccumulation n'est observée. Seules des modifications des activités digestives ont été détectées après sept jours d'exposition.
- **Exposition aux nanoparticules d'or** : le transfert trophique depuis le biofilm vers le gammare est avéré. La contamination par ces nanoparticules induit l'expression de certains gènes associés à la photosynthèse et au stress oxydatif, dans les biofilms contaminés ou chez les gammars. Les activités digestives des gammars sont impactées, et des modifications sévères sur la structure des mitochondries du tissu musculaire sont observées.

Retombées en termes d'évaluation du risque

Pour conclure, concernant le titane, et sur la base des modèles d'exposition actuels, nos résultats conduisent à un risque écotoxique très limité de résidus de Tlite® ou du TiO₂ rutil. Pour ce qui concerne les deux autres NPs, (Au et CeO₂) il est plus délicat de conclure, sans informations en termes de niveaux de contamination dans les milieux récepteurs.

Les conséquences à court et long terme d'une exposition aux nanomatériaux, dans un contexte environnemental réaliste, de stress multiples, sont encore largement inconnues et doivent être approfondies.

Enfin, la contamination par voie trophique est encore trop peu étudiée, et le développement de méthodologies adaptées aux organismes d'essai, et standardisées, serait nécessaire pour conduire des évaluations du risque écologique complètes et pertinentes.

Les partenaires :

Jeanne Garric

Laboratoire d'écotoxicologie UR MAEP, Lyon Irstea

Jérôme Rose

CEREGE, UMR 7330 CNRS / Aix-Marseille Université, Aix en Provence

Bruno Combourieu

Centre d'étude de substances naturelles (CESN), UMR CNRS 5557 UCBL, Lyon

Odile Dedourge-Geffard

Unité interactions animal-environnement (EA 4689), Université Reims Champagne Ardenne

Magalie Baudrimont

Écotoxicologie aquatique, UMR EPOC 5805, Université Bordeaux 1/CNRS

Durée : 36 mois

Financement : 157 K€

Contacts : jeanne.garric@irstea.fr

³⁸ Jusqu'à 20 µg Ce/g d'individu).