



HAL
open science

Comment éliminer les micropolluants dans l'eau ?

Philippe Barthélémy

► **To cite this version:**

Philippe Barthélémy. Comment éliminer les micropolluants dans l'eau ? : Systèmes bioinspirés pour la décontamination des nanoparticules. Les cahiers de la Recherche : Santé, Environnement, Travail, 2021, Microplastiques et nanomatériaux, 17, pp.24-26. anses-03349955

HAL Id: anses-03349955

<https://anses.hal.science/anses-03349955>

Submitted on 21 Sep 2021

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.

Comment éliminer les micropolluants dans l'eau ?

Systèmes bioinspirés pour la décontamination des nanoparticules

Philippe BARTHÉLÉMY, Laboratoire ARNA, Université Bordeaux Inserm U1212, Bordeaux

Équipe partenaire : **Alain Thiéry**, Aix Marseille Université, Faculté des Sciences St Charles, Marseille

Projet de recherche (de 2015 à 2018) – Financement : 160.160 € – Contact : philippe.barthelemy@inserm.fr

Mots-clés : micropolluant, nanoparticule, contaminant, pollution eau, bioaccumulation, eau usée, traitement effluent, décontamination, prototype, biosurveillance, modèle, *aurelia aurita*, méduse

Notre société assiste actuellement à l'émergence de nouveaux polluants issus de la production et de l'utilisation des nanomatériaux à l'échelle mondiale, d'une part et la présence de « cocktails » de micropolluants dans les eaux usées, d'autre part.

Le traitement des eaux usées

Les micropolluants sont des contaminants bioactifs et persistants qui ne peuvent pas être complètement éliminés avec les méthodes traditionnelles de traitement des eaux usées et qui ne sont pas complètement biodégradables. Lorsqu'ils sont rejetés en permanence dans les effluents d'eaux usées, ils peuvent entraîner des risques à moyen ou long terme, car ces contaminants se « bio-accumulent » et peuvent même former de nouveaux mélanges dans l'eau. Les effets exacts de ces contaminants ne sont pas encore complètement connus, ce qui inquiète les autorités de santé de l'Union européenne (UE).

Pour respecter les normes environnementales définies par l'UE, à compter de septembre 2015, les pays membres doivent surveiller régulièrement la présence des substances répertoriées⁷⁴.

Le projet de recherche : NANODECO

Face à cette problématique, le projet NANODECO s'est fixé pour objectif de proposer de nouvelles solutions pour la décontamination des eaux usées et de développer de nouveaux bio-indicateurs.

Deux approches innovantes ont été testées basées sur des :

- Matériaux naturels d'une part : mucus obtenu à partir de méduse ;
- Systèmes synthétiques d'autre part : molécules artificielles bio-inspirées⁷⁵ capables de piéger les nanoparticules (inférieures à 50 nm de diamètre) et les micropolluants (ex. perturbateurs endocriniens, médicaments, pesticides).

Un objectif important était de démontrer l'efficacité de cette double technologie dans différentes situations, imitant différentes conditions, y compris l'environnement naturel, les laboratoires, les sites de production de nanoparticules, etc.

Méthodologie

Le projet NANODECO a été élaboré autour de quatre tâches :

1. Synthèse des dérivés⁷⁶ pour la décontamination suivant trois variables structurales : sucre, nucléoside et lipides. La stratégie de synthèse dite « double

⁷⁴ Directive 2000/60/CE du 23/10/2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (liste des substances prioritaires en annexe X).

⁷⁵ Inspirées de la nature.

⁷⁶ Amphiphiles (c'est-à-dire dérivés à la fois hydrophiles et hydrophobes) bio-inspirés.

click »⁷⁷ a permis d'accéder à une pluralité de structures en quantités compatibles avec les applications de décontamination.

2. Capacité de décontamination de ces molécules : ce travail a permis d'identifier les composés les plus efficaces pour la décontamination des nanoparticules (NP) en phase liquide et en surface. Il a été aussi démontré, dans cette phase, que le mucus de méduse constituait un rempart naturel, capable de débarrasser les eaux des nanoparticules.
3. Mise en place de nouveaux bio-indicateurs hautement sensible à la pollution : la bio-surveillance a été axée sur divers polluants, notamment les nanoparticules libérées par les activités humaines (ex. NP d'argent), les produits phytopharmaceutiques (ex. propranolol, diclofénac) et les pesticides (ex. glyphosate). L'utilisation des méduses comme bio-indicateurs a été validée : plus particulièrement les *éphyrules*, qui sont hautement sensibles à la pollution aux nanoparticules et aux « cocktails » de micropolluants.
4. Afin de proposer plusieurs prototypes pour la décontamination, trois systèmes ont été évalués : hydrogel, poudres, liquides ioniques et lingettes.

Résultats

Outre les publications, brevets et communications inhérentes à ce programme, les résultats collectés montrent l'importance de l'approche multidisciplinaire bio-inspirée pour répondre aux enjeux éco-environnementaux actuels.

Sur la base des résultats obtenus, la technologie de dépollution est maintenant en cours de développement avec différents partenaires industriels et académiques. Par ailleurs, grâce aux données collectées sur le volet bio-indicateur, il a été proposé à l'Anses

de faire évoluer les normes relatives à la qualité des eaux : en particulier, l'utilisation du modèle d'écotoxicologie comportementale basé sur l'analyse cinétique des larves éphyrae d'*Aurelia aurita* permettrait d'avoir une lecture plus fine, plus directe (temps réel), et plus sensible de l'état de décontamination (mobilité, fréquence) que la simple détermination de la toxicité aiguë vis-à-vis de *Daphnia magna* (Crustacea, Cladocera)⁷⁸, lecture de la toxicité basée sur le 'end point', c'est-à-dire le pourcentage de mortalité des biotests. Des études récentes ont montré que, bien que ces tests soient normalisés AFNOR, les lectures pouvaient être biaisées (sur- ou sous-évaluées) d'une part par des erreurs d'identifications taxonomique des biotests (possibilité de confusion d'espèces), et d'autre part le l'état physiologique des biotests (phases de mue, exuviation...)⁷⁹.



Illustration 10 : Femelle *Daphnia magna* portant un ephippium (Auteur : Dieter Ebert, Bâle – [CC-BY-4.0](#))

Précisons que les tests comportementaux basés sur la nage des larves éphyrules présentent plusieurs avantages :

- Simplicité, par enregistrement automatique en continu ;
- Très grand surface de contact avec le milieu ;
- Contacts organisme/eau sans cuticule de chitine (cas des daphnies).

⁷⁷ La chimie « click » permet de synthétiser des produits de manière rapide et efficace.

⁷⁸ NF EN ISO 6341, Décembre 2012.

⁷⁹ Auffan *et al.*, 2013, *Water Res.*, 47.

Les tests fonctionnent dans les deux sens, d'une part caractériser un milieu suspecté d'être pollué (en STEP par exemple, ou rejets dans les milieux naturels), ET dans le sens d'une **preuve** qu'un milieu a bien été décontaminé.

Publications :
Alies, B., Ouelhazi, M. A., Noireau, A., Gaudin, K., Barthélémy, P. (2019). Silver Ions Detection via Nucleolipids Self-Assembly. <i>Analytical Chemistry</i> , 91(3), 1692-1695. DOI: 10.1021/acs.analchem.8b04066
Latxague, L., Gaubert, A., Barthélémy, P. (2018). Recent advances in the chemistry of glycoconjugate amphiphiles. <i>Molecules</i> , 23(1). DOI: 10.3390/molecules23010089
Latxague, L., Gaubert, A., Maleville, D., Baillet, J., Ramin, A. M., Barthélémy, P. (2016). Carbamate-Based Bolaamphiphile as Low-Molecular-Weight Hydrogelators. <i>Gels</i> , 2(4). DOI: 10.3390/gels2040025
Ramin, M. A., Latxague, L., Sindhu, K. R., Chassande, O., Barthélémy, P. (2017). Low molecular weight hydrogels derived from urea based-bolaamphiphiles as new injectable biomaterials. <i>Biomaterials</i> , 145, 72-80. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2017.08.034
Ramin, M. A., Sindhu, K. R., Appavoo, A., Oumzil, K., Grinstaff, M. W., Chassande, O., Barthélémy, P. (2017). Cation Tuning of Supramolecular Gel Properties: A New Paradigm for Sustained Drug Delivery. <i>Advanced Materials</i> , 29(13). DOI: 10.1002/adma.201605227