

LES NANOPARTICULES, À LA FOIS REMÈDE ET POLLUTION POUR LES STATIONS D'ÉPURATION

Que ce soit comme une solution pour le traitement de l'eau ou sous forme de pollution, les nanoparticules pourraient jouer un rôle dans les stations d'épuration. Zoom sur les différentes facettes de ces technologies.

Le terme nanotechnologie suscite, selon les convictions, aussi bien l'espoir de grands progrès que la crainte d'un nouveau type de pollution. Cette dualité s'illustre particulièrement à travers les questions de traitement de l'eau. Dans les stations d'épuration (Step), les nanos représentent à la fois un nouveau moyen de traiter des polluants mais également de possibles contaminants. Cosmétiques, peintures, plastiques, etc., utilisées dans de nombreux secteurs, les nanoparticules finissent en effet par arriver dans les effluents. *"Des développements métrologiques se développent mais l'un des obstacles à leur suivi est que beaucoup de nanoparticules se transforment, se recombinent sous d'autres formes chimiques et donc se perdent, constate Jean-Yves Bottero, directeur de recherche au Centre européen de recherche et enseignement des géosciences de l'environnement (Cerege) et membre du Labex Serenade⁽¹⁾. Nous sommes aujourd'hui sur une approche probabiliste : nous connaissons mal leur production mais nous savons que nous arrivons à les bloquer à plus de 90% dans les stations d'épuration".* Une étude scientifique⁽²⁾, analysant dix types de nanoparticules⁽³⁾ dédiées à une douzaine d'applications principales⁽⁴⁾, estime ainsi que les rejets dans l'eau représentent de 0,4 à 7% du total de la production mondiale contre de 63 à 91% éliminés dans les décharges. Dans les boues des stations, d'autres travaux⁽⁵⁾ évaluent la concentration de nanomatériaux très utilisés comme le dioxyde de titane

dans une gamme de 370 mg/kg à 2.000 mg/kg, l'oxyde de cérium à 10 mg/kg ou l'argent à 2 mg/kg.

Des impacts sur les bactéries ?

Au vu des quantités estimées, se pose alors la question de l'interaction de ces composés avec des éléments de la station. Les nanoparticules pourraient en effet perturber l'efficacité des traitements secondaires par voie biologique, colmater les films des lits bactériens ou encore interagir avec les micro-organismes nécessaires au traitement. Différents projets de recherche se sont penchés sur leurs influences. Des travaux⁽⁶⁾ ont ainsi observé que les nanoparticules de fullerènes C60 inhibent le développement de bactéries réductrices du nitrate. Autre résultat : *"Des laboratoires ont montré que l'argent peut modifier les communautés bactériennes et avoir un impact sur le traitement des nitrates ou les phosphates",* complète Jean-Yves Bottero. L'équipe du professeur Nicolas Roche (Laboratoire M2P2), coordinateur du pôle Environnement d'Aix-Marseille Université, avec une équipe du Cerege, du CEA et de Duke University, s'est intéressée quant à elle au devenir de l'oxyde de cérium nanométrique. *"Nous avons pu observer que des nanoparticules de cérium étaient réduites au voisinage de la bactérie du réacteur aérobie",* précise Nicolas Roche. Une nouvelle thèse démarrant en septembre devrait se pencher sur l'impact de nanoparticules issues d'enduits muraux auto-nettoyants (dioxyde de



titane), d'emballages, de vêtements, de revêtements de cuisine (argent) ou encore d'effluents urbains (oxyde de cérium). Elle devrait expérimenter l'influence de chaque nano seule et en mélange sur l'ensemble de la chaîne de traitement (réacteur aérobie et réacteur anaérobie). *"L'une des difficultés de ces approches est liée à la nécessité de travailler à faibles doses et en apport chronique pour analyser des effets sur des temps relativement longs (~1 mois) et en particulier sur le traitement des nitrates et phosphates et la production de méthane",* note Jean-Yves Bottero.

Efficaces pour éliminer les composés organiques

Si des nanoparticules constituent une pollution à éliminer dans les stations d'épuration, certaines pourraient toutefois permettre de se débarrasser de composés organiques comme le chloroéthane, des pesticides, herbicides ou même des traces d'antibiotiques dans ces mêmes unités de traitement. L'équipe d'Orfan Zahraa, enseignant chercheur maître de conférences dans le laboratoire Réactions et génie de procédés (LRGP-CNRS) de l'Institut national polytechnique de Lorraine (INPL-UL),

travaille ainsi sur un procédé photocatalytique qui utilise des nanoparticules de dioxyde de titane (TiO_2) pour supprimer ces polluants. *"Le procédé photocatalytique élimine des traces qui sont difficilement éliminées par des traitements classiques, précise-t-il. Nous recherchons un rendement de 80, 90 voire 100%".* Le fonctionnement de cette solution repose sur l'activation des particules de dioxyde de titane grâce à la lumière (photons) du même type que certaines radiations solaires (une longueur d'onde inférieure à 400 nanomètres). Dans cet état, elles permettent la création dans l'eau d'espèces très réactives : les radicaux hydroxyles ($\text{HO}\cdot$). Ces dernières s'attaquent alors aux composés organiques présents dans l'environnement immédiat. *"Pour éviter les problèmes de séparation des réactifs, nous avons opté pour la fixation du TiO_2 sur un support, puis nous faisons circuler en présence de lumière la solution polluée, explique Orfan Zahraa. Le TiO_2 est une nanoparticule mais dès qu'il est présent dans l'eau, il s'agglomère".* Différents paramètres doivent être ajustés : la quantité de lumière (photons) qui arrive sur le support (et le rendement quantique⁽⁷⁾), celle qui est absorbée par le TiO_2 et le nombre de molécules polluants qui s'approchent des espèces réactives. *"Nous jouons avec le débit, la surface de contact, la concentration du composé et la quantité d'irradiation pour détruire les composés organiques",* détaille le chercheur. Autre facteur à contrôler : vérifier que la réaction ne produise pas des intermédiaires ou produits plus néfastes pour la santé ou l'environnement. Ce procédé comprend également une première phase d'élimination des composés minéraux pour éviter que ces derniers s'accrochent fortement à la surface du photocatalyseur supporté et inhibent l'activation des radicaux hydroxyles. *"La mise au point de ce procédé au niveau industriel, nécessitera d'investir un peu de temps et d'argent",* pointe Orfan Zahraa. Un des facteurs de réduction des coûts pourrait passer par une étape de "dopage" du TiO_2 afin qu'il absorbe plus de lumière dans le visible, selon le scientifique.

Dorothee LAPERCHE

Notes :

⁽¹⁾ Le Labex SERENADE (Safer Ecodesign Research and Education applied to NANomaterial Development) développe des produits contenant des nanomatériaux en prenant en compte les risques tout au long du cycle de vie.

⁽²⁾ Global life cycle releases of engineered nanomaterials Arturo A. Keller, Suzanne McFerran, Anastasiya Lazareva, Sangwon Suh. Published online: 16 May 2013 Springer Science+Business Media Dordrecht 2013

⁽³⁾ dioxyde de titane (TiO_2), dioxyde de silicium (SiO_2), oxyde de zinc (ZnO), oxyde de cérium (CeO_2), oxyde d'aluminium (Al_2O_3), nanoparticules d'argent (Nano-Ag), nanoparticules de cuivre (Nano-Cu), nanoparticules de fer (Nano-Fe), nanotubes de carbone (CNTs), nano-argile

⁽⁴⁾ Recherche, industrie aérospatiale, automobile, catalyseurs, pigments, peintures et revêtements, cosmétiques, composites, électronique et optique, énergie et environnement, filtration, médical, emballage, papiers et cartons, plastiques, capteurs, textiles

⁽⁵⁾ Maurer-Jones et al., 2013 ; Lazareva and Keller, 2014

⁽⁶⁾ Fortner et al., 2005 ; Choi et al., 2008

⁽⁷⁾ Le rendement quantique est la quantité de polluant transformé en composé non dangereux par rapport à la quantité de photon qui sont absorbés par le TiO_2 .

OFFRES D'EMPLOI



Ingenieur hydraulicien Hydraulique Urbaine et Fluviale H/F CDI, Bordeaux (33)

Contexte : bureau d'études • sous la direction du resp. d'établissement.

Mission : études en hydraulique urbaine / fluviale
• modélisation de réseaux d'assainissement / rivières
• dimensionnement d'ouvrages (bassins, réseaux, stations de pompage) • diagnostic territorial de vulnérabilité • relation avec collectivités locales et services de l'Etat • investigations de terrain.

Profil : ingénieur ENGREF, IRSTEA, ENSEIHT, ENSHMG/ENSE3, INSA LYON, École Centrale Lyon, Ecole des Ponts Paris • exp. 2 ans mini en modélisation 1D/2D (BE ou institut de recherche en hydrologie et hydraulique urbaine)
• connaissance risques naturels, contexte réglementaire, outils SIG (QGIS), outils de modélisation INFOWORKS, ICM, HECRAS.

Candidature : prolog@prolog-ingenierie.fr



Technicien(ne) Chef d'équipe des stations d'épuration H/F CDI, Basse-Normandie, Cherbourg

Contexte : cadre d'emplois des techniciens • direction du cycle de l'eau (production et distribution eau potable, collecte et traitement eaux usées) • certifiée ISO 9001/140001 • coordonner et assurer le fonctionnement des stations d'épuration (2 usines) et de relèvement des eaux usées et des eaux pluviales (19 postes).

Missions : organiser/planifier exploitation • minimiser risques de pannes • économies d'exploitation • contrôler et analyser résultats des mesures • bilans et budget d'exploitation • organiser, contrôler et évaluer agents (14 dont 3 chefs opérateurs)
• formation et contrôle du suivi des normes HSE • suivi de la certification Qualité/Environnement.

Profil : BTS ou licence pro maintenance industrielle • exp significative si possible dans le domaine de l'eau • solides connaissances en électricité industrielle/hydraulique/ pompage/ métrologie • interventions en urgence en dehors des horaires habituels • Travail en milieu industriel et insalubre • Permis B

