

Les nanomatériaux pour l'environnement et l'énergie

Stéphanie Roualdès, coordinatrice du dossier

La naissance des nanotechnologies ou nanosciences se situe dans les années 1980 avec l'invention des microscopes à force atomique et la découverte des fullerènes. Mais c'est vraiment une dizaine d'années plus tard qu'elles ont commencé à susciter un engouement qui ne se dément pas. Depuis le début du siècle, les travaux réalisés sur la préparation et la mise en forme de nanomatériaux s'avèrent particulièrement prometteurs dans de nombreux domaines, notamment ceux de l'environnement et de l'énergie.

Dans le domaine de l'environnement, le perfectionnement de méthodes de synthèse usuelles et l'émergence de nouvelles méthodes de préparation permettent aujourd'hui la mise au point de matériaux nanostructurés présentant des propriétés spécifiques intéressantes pour de nombreuses applications. En catalyse hétérogène par exemple (pour le traitement de l'eau ou de l'air), la conception et l'élaboration des catalyseurs solides sont déterminantes pour obtenir des matériaux mieux définis tant du point de vue de leur structure que de leur texture à la surface ou au sein desquelles les phases actives sont parfaitement dispersées. Des procédés de préparation peu usuels en catalyse, comme la pyrolyse laser, le dépôt de complexes organo-métalliques en phase vapeur (DLI-MOCVD) ou la synthèse en phase CO₂ supercritique, permettent aujourd'hui de mettre au point des nanomatériaux catalytiques plus homogènes, mieux dispersés, voire directement mis en forme, particulièrement performants pour l'abattement à grande échelle de composés organiques volatils (COV) oxygénés ou chlorés (incluant des hydrocarbures aromatiques), polluants bien connus de l'air. L'article de Joël Barrault *et al.* illustre cette application.

Une autre solution pour lutter contre la pollution aux COV consiste à les piéger et à les dégrader chimiquement dans des matériaux poreux de surfaces spécifiques d'adsorption élevées. De tels matériaux peuvent présenter des nanostructures ordonnées de taille homogène ou encore des structures hiérarchisées en tailles nanométrique (< 2 nm) et mésoscopique (entre 2 et 60 nm). Confinés dans les petits pores de ces matériaux, les polluants gazeux mis en contact avec un réactif aux interfaces solide-gaz voient leur réactivité exaltée. Les potentialités des matériaux nanoporeux et l'infinie richesse des réactions chimiques pouvant avoir lieu à l'interface gaz-solide sont présentées dans l'article de Thu-Hoa Tran-Thi *et al.* qui s'intéresse aux capteurs chimiques de chlore et de composés halogénés gazeux, gaz toxiques d'intérêt pour l'industrie de la microélectronique et des semi-conducteurs.

L'approche issue des nanotechnologies qui vise à fabriquer des matériaux jusqu'à l'échelle moléculaire est également une véritable source d'inspiration pour le domaine de la synthèse membranaire. Les performances des membranes sont intimement liées aux matériaux qui les constituent. Le contrôle de l'architecture membranaire à l'échelle nanométrique permet d'obtenir des membranes ayant une meilleure sélectivité, des coûts plus faibles, que ce soit pour le traitement de l'eau ou d'effluents par nanofiltration (considérée comme l'une des nanotechnologies pionnières). Les nanoparticules d'oxydes métalliques se révèlent parfaitement adaptées pour synthétiser des membranes céramiques de nanofiltration compétitives.

De plus, leur réactivité de surface les prédestine à l'élaboration de membranes réactives, voire catalytiques. Il existe différentes sortes de nanoparticules utilisées dans la synthèse de membranes céramiques, par exemple les nanoparticules de ferroxane® étudiées dans l'article de Jérôme Rose *et al.*, qui apparaissent également comme des candidates de choix pour la préparation de membranes pour piles à combustible, source d'énergie propre à fort regain d'intérêt depuis quelques dizaines d'années.

Dans le domaine de l'énergie, la technologie photovoltaïque fait également figure de source d'énergie prometteuse. La technologie photovoltaïque actuelle à base de plaquettes en silicium mono- ou multicristallin est en pleine expansion, et sa continuation pourra être assurée par la deuxième génération de cellules utilisant des couches minces de silicium amorphe et dérivés (polymorphe, micro- ou polycristallin) ou à base de CIGS (cuivre-indium-gallium-sélénium) ou CdTe (tellure de cadmium). Pour le plus long terme, se prépare la troisième génération de cellules solaires, qui vise à une exploitation significativement meilleure du spectre solaire que celle obtenue par les cellules actuelles, pour un rendement accru. Les matériaux nanostructurés pourraient contribuer à atteindre cet objectif, tout en permettant une réduction significative des coûts de fabrication. Grâce au développement de la nanotechnologie, la réalisation de ces matériaux est maintenant possible (on peut citer les cellules à colorants formées de structures mésoporeuses d'oxyde de titane), mais leur mise en œuvre dans des cellules photovoltaïques réelles constitue encore un défi tant sur le plan de la conception que sur celui du principe de fonctionnement. La question pourrait donc être de savoir si l'atteinte de très haut rendement par le biais des nanomatériaux est un mythe ou une réalité. Abdelilah Slaoui et Jean-François Guillemoles tentent d'apporter une réponse à cette question dans leur article.

De manière générale, les nanomatériaux apportent de nouvelles solutions pour la réalisation de matériaux et dispositifs. Leur utilisation permet de concevoir des procédés plus rapides pour la fabrication de matériaux divisés, couches minces ou membranes, ce qui permet d'amortir les équipements plus facilement. Compte tenu du fait que les nanomatériaux sont plus réactifs que les mêmes composés à l'état massif, on peut envisager des procédés à plus basse température. Ainsi les nanotechnologies ont le potentiel d'améliorer à la fois la fiabilité, l'efficacité et le coût de fabrication des matériaux et dispositifs tout en élargissant leurs domaines d'applications.



Stéphanie Roualdès

est maître de conférences à l'Université Montpellier 2*.

* Institut Européen des Membranes (IEM), Université Montpellier 2, CC047, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5.
Courriel : stephanie.roualdes@iem.univ-montp2.fr