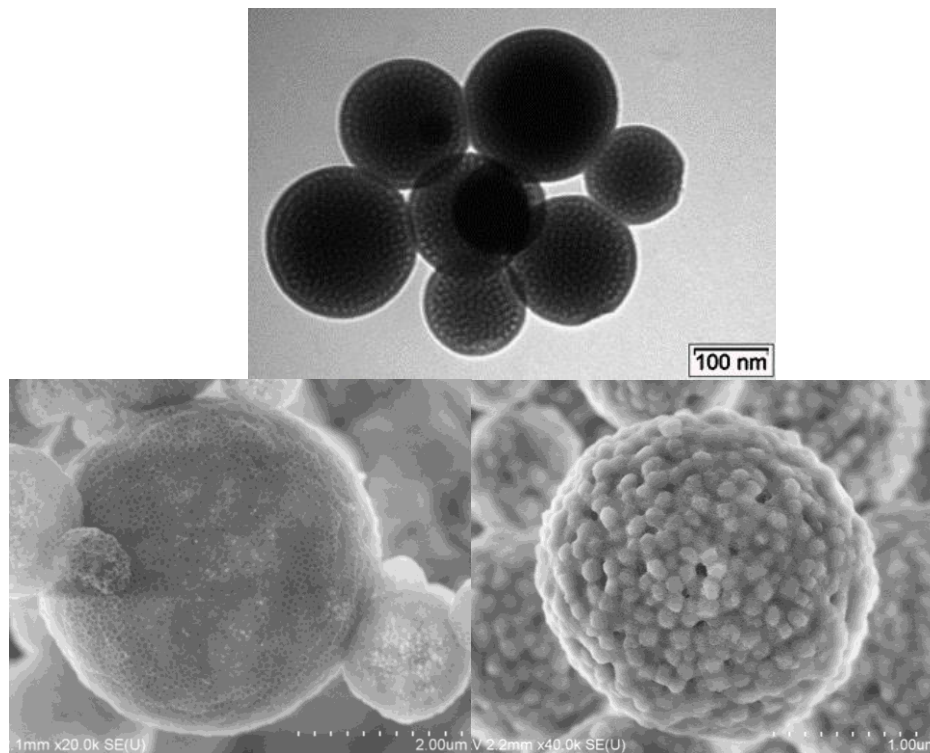


# Couplage de la chimie sol-gel et du procédé aérosol pour la préparation de catalyseurs hétérogènes

Damien P. Debecker

UCLouvain, Institute of Condensed Matter and Nanosciences, Place Louis Pasteur, 1, 1348  
Louvain-la-Neuve, Belgique - [damien.debecker@uclouvain.be](mailto:damien.debecker@uclouvain.be)

Les procédés aérosol sont connus et implémentés depuis plusieurs décennies pour l'obtention de matériaux divisés aux propriétés variées. Les caractéristiques techniques des procédés aérosol rendent ces méthodes attractives pour la production de matériaux et nanomatériaux en mode continu, à large échelle et à façon.<sup>1</sup> La versatilité de ce mode de production est spécialement intéressante dans le domaine de la catalyse hétérogène, où le contrôle fin des propriétés texturales, structurales et chimiques est essentiel.<sup>2</sup> En particulier, la méthode “*aerosol-assisted sol-gel*” (AASG) a permis le développement de formulations catalytiques à hautes performances dans une série d'applications. La méthode est basée sur la chimie sol-gel classique, mais réalisée en un temps très court, durant le séchage des gouttelettes d'aérosol, souvent en présence d'agents texturants sacrificiels.<sup>3</sup> Elle aboutit à la formation de particules microniques ou submicroniques, inorganiques ou hybrides, avec un excellent contrôle à la fois sur l'homogénéité et sur la texture (porosité calibrée, potentiellement multi-échelle, et adaptable). Nous passerons en revue une série d'exemples de systèmes catalytiques obtenus par le procédé sol-gel couplé à l'aérosol, qui ont montré des performances intéressantes dans diverses réactions d'intérêt : métathèse des oléfines,<sup>4</sup> méthanation du CO<sub>2</sub>,<sup>5</sup> synthèse du lactate d'éthyle,<sup>6</sup> époxydation des oléfines.<sup>7</sup> Nous montrerons la conception de catalyseurs bi-fonctionnels combinant à la fois la fonction catalytique inorganique d'une zéolite microporeuse et la fonction biologique d'une enzyme.<sup>8</sup>



**Figure 1.** (haut) Image de microscopie à transmission d'un catalyseur Sn-SiO<sub>2</sub> mésoporeux,<sup>6</sup> (en bas à gauche) Catalyseur Ti-SiO<sub>2</sub> à porosité hiérarchisée (micro-méso-macro),<sup>7</sup> (en bas à droite) Particules creuses obtenues par l'assemblage de nano-cristaux de zéolite TS-1 microporeuse cimentés par une couche de silice mésoporeuse et ménageant une cavité macroporeuse (exploitée pour y charger une enzyme).<sup>8</sup>

## References

1. Boissiere, C.; Grosso, D.; Chaumonnot, A.; Nicole, L.; Sanchez, C., Aerosol Route to Functional Nanostructured Inorganic and Hybrid Porous Materials. *Adv. Mater.* **2011**, 23 (5), 599-623.
2. Debecker, D. P.; Le Bras, S.; Boissiere, C.; Chaumonnot, A.; Sanchez, C., Aerosol processing: a wind of innovation in the field of advanced heterogeneous catalysts. *Chem. Soc. Rev.* **2018**, 47, 4112-4155.
3. Debecker, D. P., Innovative Sol-Gel Routes for the Bottom-up Preparation of Heterogeneous Catalysts. *Chem. Record* **2018**, 18 (7-8), 662-675.
4. Debecker, D. P.; Stoyanova, M.; Colbeau-Justin, F.; Rodemerck, U.; Boissière, C.; Gaigneaux, E. M.; Sanchez, C., One-pot Aerosol Route to MoO<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts with Ordered Super-Microporosity and High Olefin Metathesis Activity. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2012**, 51 (9), 2129-2131.
5. Kim, A.; Sanchez, C.; Haye, B.; Boissière, C.; Sassoie, C.; Debecker, D. P., Mesoporous TiO<sub>2</sub> Support Materials for Ru-Based CO<sub>2</sub> Methanation Catalysts. *ACS Applied Nano Materials* **2019**. In Press. DOI: 10.1021/acsanm.9b00518.
6. Godard, N.; Vivian, A.; Fusaro, L.; Cannavici, L.; Aprile, C.; Debecker, D. P., High-yield synthesis of ethyl lactate with mesoporous SnSi mixed oxide catalysts prepared by the aerosol-assisted sol-gel process. *ChemCatChem* **2017**, 9, 2211-2218.
7. Smeets, V.; Boissière, C.; Sanchez, C.; Gaigneaux, E. M.; Peeters, E.; Sels, B. F.; Dusselier, M.; Debecker, D. P., Aerosol route to TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> catalysts with tailored pore architecture and high epoxidation activity. *Chem. Mater.* **2019**, 31, 1610-1619.
8. Valentin, S.; Walid, B.; Ovidiu, E.; Eric M., G.; Cédric, B.; Clément, S.; Damien, D., *Hollow zeolite microspheres as a nest for enzymes: a new route to hybrid heterogeneous catalysts for chemo-enzymatic cascade reactions*. 2019. ChemRxiv. Preprint. DOI: 10.26434/chemrxiv.7796648.v2.