

## Des ppm de palladium catalysent l'hydrogénation d'alcènes en flux

Mots-clés : Hydrogénation, Palladium (Pd), Spillover

La catalyse d'hydrogénation sur des métaux finement divisés a été introduite par Paul Sabatier à Toulouse il y a plus d'un siècle. Il s'agit aujourd'hui d'un des procédés catalytiques les plus importants, trouvant de nombreuses applications industrielles. Quelques années après les travaux de Sabatier, Hugh S. Taylor a proposé que des atomes métalliques de surface sous-coordinés devaient présenter une grande réactivité. Depuis lors, les chimistes n'ont cessé de travailler à la diminution de la taille des nanoparticules (NP) métalliques jusqu'à la taille ultime, l'atome isolé (AI).

La catalyse supportée sur AI est actuellement un axe de recherche majeur en catalyse. Dans ces systèmes, l'absence d'effet d'ensemble et l'existence d'effets électroniques forts induisent une réactivité très différente de celle des NP métalliques. Les études actuelles menées sur les catalyseurs à AI se concentrent principalement sur leur distinction des NP et la possibilité d'une synergie entre ces deux espèces n'a été que rarement explorée.

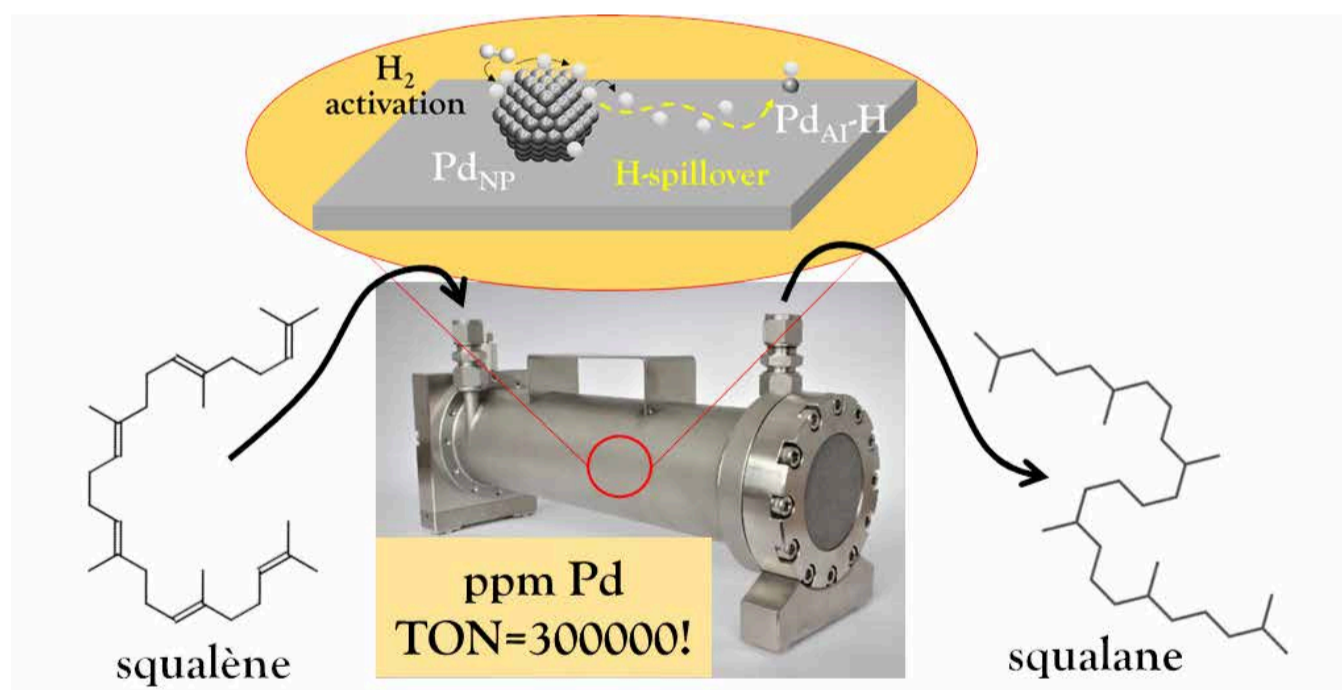
Une catalyse coopérative opère entre des AI de Pd ( $\text{Pd}_{\text{AI}}$ ) et des NP de Pd ( $\text{Pd}_{\text{NP}}$ ) supportés sur carbone

pour l'hydrogénation d'alcènes. Elle implique :

- l'activation de  $\text{H}_2$  sur les  $\text{Pd}_{\text{NP}}$ ,
- le spillover d'hydrogène des  $\text{Pd}_{\text{NP}}$  vers les  $\text{Pd}_{\text{AI}}$  via le support
- la réaction catalytique sur des espèces  $\text{H-Pd}_{\text{AI}}$  extrêmement réactives.

La préparation et la caractérisation de catalyseurs où des  $\text{Pd}_{\text{AI}}$  et des  $\text{Pd}_{\text{NP}}$  coexistent sur un support carboné a été décrite. Ces catalyseurs sont extrêmement actifs pour l'hydrogénation d'alcènes.

Il est démontré que le squalène pur (sans solvant) peut être converti en squalane (un actif cosmétique important) en utilisant seulement 300 ppm de Pd à 120 °C sous 20 bars de  $\text{H}_2$  (cf. Figure). La stabilité du catalyseur a été évaluée dans un réacteur à flux continu et un turnover (TON) supérieur à 300 000 a été mesuré, sans aucune perte d'activité. Un passage à l'échelle pilote sur un microréacteur commercial continu a été validé. Ces travaux ont permis le développement d'une nouvelle génération de catalyseurs stables et hautement actifs intégrant l'utilisation ultra-rationnelle d'un métal précieux critique et stratégique.



© Philippe SERP / LCC Toulouse

### Référence

Solvent-Free Hydrogenation of Squalene Using Parts per Million Levels of Palladium Supported on Carbon Nanotubes: Shift from Batch Reactor to Continuous-Flow System, B. Guicheret, L. Vanoye, C. Rivera-Carcamo, C. de Bellefon, P. Serp, R. Philippe, A. Favre-Reguillon, *ChemSusChem* **2022**, e202200916  
<https://doi.org/10.1002/cssc.202200916>

### Collaborations

- CP2M - Université Lyon UMR 5128 CNRS – CPE Lyon

### Financements

Agence Nationale de la Recherche (projet ANR ANR-19-CE07-0030, COMET)  
FUI (projet DEEPER - contrat n° 15 021131 01 – CNR006)

### Équipe

Catalyse et chimie fine