

La valorisation du CO₂ mise en perspectives

Jacqueline Lecourtier

Même si de nombreuses questions se posent encore au sujet des cycles biogéochimiques du carbone et si certaines imprécisions persistent en matière de modélisation de l'évolution du climat, il est maintenant admis que les activités humaines sont à l'origine du réchauffement climatique de notre planète. Dans ce contexte, l'Union européenne a fixé comme objectif une réduction de 20 % des émissions de dioxyde de carbone à l'horizon 2020. Parallèlement, les scénarios de l'Agence internationale de l'énergie montrent que l'essentiel du potentiel de réduction de ces émissions pour les prochaines décennies repose, à peu près à parts égales, sur les progrès réalisables d'une part en matière d'efficacité énergétique, et d'autre part en matière de modes de combustion du carbone fossile.

Il devient donc essentiel pour les industries à forte consommation énergétique (verre, ciments, sidérurgie, agro-industrie...), directement impactées par la mise en place des marchés d'émission de CO₂, de réaliser une intégration poussée des systèmes de production-conversion d'énergie, du captage simultané du CO₂ et de sa valorisation.

Les technologies innovantes à élaborer pour y parvenir, et leur transfert à l'industrie, sont potentiellement source de valeur ajoutée et d'activités nouvelles. Parmi elles, l'identification des voies de valorisation les plus performantes du CO₂ capturé, par transformation chimique, physico-chimique ou biochimique, en prenant en compte l'ensemble des enjeux scientifiques et technologiques, mais aussi économiques et environnementaux associés, constitue un vrai défi pour l'industrie chimique.

Les utilisations industrielles du CO₂ sont à l'heure actuelle très limitées. Elles représentent au niveau mondial 0,3 % des émissions anthropiques. Des technologies de rupture sont donc nécessaires pour trouver de nouveaux usages du CO₂, soit directs, soit en tant que source de carbone, permettant ainsi un basculement de la pétrochimie vers la carbochimie. Dans un contexte de réduction progressive des réserves mondiales d'hydrocarbures fossiles, et notamment de celles accessibles à un coût acceptable, l'exploitation d'une nouvelle source de carbone renouvelable telle que le CO₂ est un enjeu majeur.

Ce numéro de *L'Actualité Chimique* témoigne du dynamisme des recherches en cours pour proposer, malgré sa relative inertie chimique, des voies innovantes de transformation et de valorisation du CO₂. Ainsi, outre l'utilisation de l'hydrogène, plusieurs voies de réduction du CO₂ sont présentées :

- **L'électrocatalyse** : différents systèmes moléculaires sont capables d'électrocatalyser efficacement et sélectivement la réduction du CO₂ en CO, acide formique ou formaldéhyde...
- **L'électrochimie** : la réduction électrochimique du CO₂ en méthanol est réalisable en utilisant des électrodes métalliques. Par ailleurs, les électrodes à diffusion de gaz apparaissent comme très prometteuses pour améliorer la

sélectivité, le rendement et le coût énergétique de cette réduction électrochimique.

- **Des procédés catalytiques bioinspirés** : le monde du vivant, à côté de la photosynthèse, a élaboré différents systèmes enzymatiques complexes qui permettent la réduction du CO₂ en CO, acide formique ou méthanol. Ces systèmes enzymatiques font l'objet de nombreux travaux.

Le CO₂ peut également être transformé par copolymérisation : il s'agit de copolymérisation avec des monomères cycliques tels que les époxydes pour produire des polycarbonates, ou encore des polyuréthanes, après réaction des carbonates avec une polyamine.

Enfin, un procédé biochimique d'utilisation du CO₂ pour la production, simultanément, de biomasse et de carbonate par la mise en œuvre de cyanobactéries est proposé. Ce procédé pourrait être prometteur à la fois en termes de production de biomasse valorisable et de séquestration du CO₂.

À côté de ces procédés de transformation du CO₂, il faut noter l'utilisation croissante du CO₂ supercritique par nos industries : chimique, textile, pharmaceutiques microélectronique ou encore agroalimentaire. Le CO₂ supercritique est la source d'innovations technologiques très prometteuses, par exemple pour éliminer les solvants toxiques ou mettre au point des procédés d'extraction à haute efficacité.

Il est indispensable de réduire au maximum les coûts du captage et du stockage afin de pouvoir contrôler l'économie globale des nouveaux procédés de transformation du CO₂. Des recherches faisant également appel à la chimie sont en cours sur ces thèmes ; elles concernent la mise au point de nouveaux procédés d'adsorption par des solvants du CO₂ présent dans les fumées en postcombustion. Par ailleurs, le stockage géologique du CO₂ est maintenant une technologie fiable qui permettrait de rassembler sur un même site des volumes importants de CO₂.

Ainsi, grâce aux talents de nos chimistes, le dioxyde de carbone est en passe de n'être plus seulement un gaz à effet de serre néfaste pour l'environnement, mais de devenir une « matière première » à fort potentiel pour l'industrie chimique. De plus, à l'interface entre la biologie et la chimie, comme indiqué dans l'un des articles de ce numéro, les recherches en cours sur le CO₂ pourraient déboucher à terme sur une véritable révolution : la mise au point de cellules artificielles capables de réaliser une photosynthèse artificielle en assurant la conversion de l'énergie solaire en énergie chimique, et simultanément la catalyse des réactions mises en jeu.



Jacqueline Lecourtier
est ingénieur conseil Énergie/Environnement*.

* Courriel : jacqueline.lecourtier@orange.fr