



Un nouveau catalyseur pour transformer le dioxyde de carbone en alcool

Une équipe du Collège de France et du CNRS¹ vient de mettre au point un nouveau matériau carboné à site isolé dopé à l'azote et au cuivre, qui permet de catalyser la transformation du dioxyde de carbone en alcool, et donc en carburants. Ces résultats sont publiés dans *Angewandte Chemie*.

La transformation du CO₂ en molécules organiques riches en énergie, utiles pour l'industrie chimique, est une stratégie fascinante non seulement comme moyen de stockage des énergies renouvelables intermittentes en énergie chimique stable mais aussi pour permettre d'utiliser le CO₂ comme source de carbone, alternative aux ressources carbonées fossiles. Ceci peut se faire dans un électrolyseur alimenté par de l'énergie solaire par exemple, par couplage à des panneaux solaires. Parmi les produits les plus intéressants, on pense notamment à l'éthylène et à l'éthanol. L'éthylène est le produit de plus gros tonnage de l'industrie chimique (220 Mt/an) et est un précurseur majeur de l'industrie des polymères. L'éthanol est aussi une molécule très utilisée dans l'industrie comme carburant, solvant et matière première pour toute une série de produits dérivés. Malheureusement, ces transformations, et tout particulièrement celles qui impliquent des formations de liaisons C-C à partir du CO₂, sont d'une très grande complexité et nécessitent des catalyseurs performants et peu coûteux, qui n'existent pas encore. La découverte de tels catalyseurs constitue aujourd'hui un axe de recherche majeur dans l'industrie et dans les laboratoires universitaires.

Au Collège de France, l'équipe de Marc Fontecave, professeur au Collège de France, et Victor Mougel, chargé de recherches au CNRS, ont mis au point un catalyseur original à base de cuivre capable de performances remarquables pour l'électroréduction du CO₂ en éthanol. Ces travaux viennent d'être publiés dans la version anglaise du journal allemand *Angewandte Chemie*. Dans des conditions douces, dans l'eau à pH neutre, à température ambiante, un tel catalyseur permet la production d'éthanol, non seulement avec un très haut rendement (rendement faradique proche de 60%, presque un record) mais aussi avec une très grande sélectivité puisque c'est le seul produit issu de CO₂ présent dans la phase liquide, la phase gazeuse contenant un mélange de CO et H₂.

Il convient de noter que ce catalyseur est un matériau carboné (graphitique) dopé à l'azote et au cuivre qui comporte des atomes de cuivre isolés. Grâce à des analyses *in situ*, par spectroscopie des rayons X, du catalyseur en fonctionnement, en cours d'électrolyse, menées en collaboration avec Andrea Zitolo au synchrotron Soleil, il a été montré que les atomes de cuivre se transforment transitoirement en petites particules, « nanoclusters » de Cu, qui sont responsables de cette sélectivité. Cette transformation est réversible de sorte que le catalyseur peut être considéré

¹ Les laboratoires impliqués sont : le Laboratoire de chimie des processus biologiques (LCPB, CNRS/Collège de France), l'Institut Charles Gerhardt Montpellier (ICGM, CNRS, Université de Montpellier/ENSCM), l'Institut de recherche de chimie Paris (IRCP, CNRS/Chimie ParisTech), l'Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie (IMPMC, CNRS/MNHN/Sorbonne Université), Laboratoire de Physique des Solides (LPS, CNRS/Université Paris Sud), le synchrotron SOLEIL

comme très stable. Cette découverte ouvre de nouvelles perspectives du point de vue de l'élaboration de nouveaux catalyseurs pour la transformation du CO₂ en éthanol.

Ce résultat est le troisième volet d'une série d'articles parus en 2019 rapportant les résultats les plus importants du Laboratoire de chimie des processus biologiques concernant des catalyseurs à base de cuivre pour la production d'éthylène et d'éthanol¹ et ².

¹ Low-cost high efficiency system for solar-driven conversion of CO₂ to hydrocarbons

Huan Ngoc Tran, D. Alves Dalla Corte, S. Lamaison, L. Lutz, N. Menguy, M. Foldyna, S.-H. Turren-Cruz, A. Hagfeldt, F. Bella, M. Fontecave, V. Mougel.

Proc. Natl. Acad. Sci. 2019, 116, 9735-9740

² Bio-inspired hydrophobicity promotes CO₂ reduction on a Cu surface

D. Wakerley, S. Lamaison, F. Ozanam, N. Menguy, D. Mercier, P. Marcus, M. Fontecave, V. Mougel

Nature Materials 2019 (sous presse)



Le Pr **Marc FONTECAVE** est le titulaire de la chaire Chimie des processus biologiques du Collège de France.

Il est directeur du Laboratoire de chimie des processus biologiques (CNRS/Collège de France) et a reçu la médaille d'argent du CNRS en 2004.

Crédit : Collège de France / Patrick Imbert

Références de l'article :

Electroreduction of CO₂ on Single-Site Copper-Nitrogen-Doped Carbon Material: Selective Formation of Ethanol and Reversible Restructuration of the Metal Sites

D. Karapinar, Ngoc Tran Huan, N. Ranjbar Sahraie, D. W. Wakerley, N. Touati, S. Zanna, D. Taverna, L.H. Galvão Tizei, A. Zitolo, F. Jaouen, V. Mougel, M. Fontecave

Angew. Chem. 2019. DOI : <https://doi.org/10.1002/anie.201907994>

Ressources mises à disposition par le Collège de France et liens :

- Pr Marc FONTECAVE - Chaire Chimie des processus biologiques – Biographie : <https://www.college-de-france.fr/site/marc-fontecave/biographie.htm>
- Pr Marc FONTECAVE - Enseignement 2018-2019 - Catalyse hétérogène et activation de petites molécules (II) – Agenda et vidéos des interventions : <https://www.college-de-france.fr/site/marc-fontecave/course-2018-2019.htm>
- Collège de France, Pr Marc FONTECAVE - Chaire Chimie des processus biologiques : présentation de l'enseignement - Série Les CourTs du Collège de France (4 vidéos surtitrées). 2018 :

Catalyse hétérogène et activation de petites molécules (5'05) - <https://bit.ly/2YvEtq0>

Chimie bio-inspirée (1'55) - <https://bit.ly/2KkjFcw>

La révolution de la chimie verte (1'21) - <https://bit.ly/31oo150>

S'inspirer de la nature pour produire de l'hydrogène (2'34) - <https://bit.ly/2KhGjC>

Ressources mises à disposition par le CNRS et liens :

- Une plante artificielle pour des carburants durables | INC - Résultats scientifiques - Chimie verte - Energie - Communiqué de presse du CNRS (publication LCPB / Marc Fontecave), 18-avr-2019 : <https://www.inc.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/une-plante-artificielle-pour-des-carburants-durables>
- De l'araignée aquatique au catalyseur bioinspiré pour la transformation du CO2 en carburants | Communiqué de presse du CNRS | INC - Résultats scientifiques - Chimie verte - Energie - Communiqué de presse du CNRS (publication LCPB / Marc Fontecave), 07-août-2019 : <http://www.cnrs.fr/fr/de-laraignee-aquatique-au-catalyseur-bioinspire-pour-la-transformation-du-co2-en-carburants>

À propos du Collège de France :

Le **Collège de France** est un établissement public d'enseignement supérieur et de recherche unique en France et sans équivalent dans le monde. Depuis sa fondation en 1530, il répond à une double vocation : être à la fois le lieu de la recherche fondamentale la plus audacieuse et celui de son enseignement à tous, sans condition d'inscription. On enseigne au Collège de France « le savoir en train de se constituer dans tous les domaines des lettres, des sciences ou des arts », et on y mène une recherche de pointe en partenariat avec de grandes institutions scientifiques. La grande majorité des enseignements du Collège de France sont librement accessibles sur internet.

En savoir plus sur www.college-de-france.fr

À propos du CNRS :

Le **Centre national de la recherche scientifique** est le principal organisme public de recherche en France et en Europe. Il produit du savoir pour le mettre au service de la société, innove et crée des entreprises. Avec près de 32 000 personnes, un budget de 3,4 milliards d'euros et une implantation sur l'ensemble du territoire national, le CNRS exerce son activité dans tous les champs de la connaissance, en s'appuyant sur plus de 1100 laboratoires. Avec 22 lauréats du prix Nobel et 12 de la Médaille Fields, le CNRS a une longue tradition d'excellence. Le CNRS mène des recherches dans l'ensemble des domaines scientifiques, technologiques et sociétaux : mathématiques, physique, sciences et technologies de l'information et de la communication, physique nucléaire et des hautes énergies, sciences de la planète et de l'Univers, chimie, sciences du vivant, sciences humaines et sociales, environnement et ingénierie.

Pour en savoir plus www.cnrs.fr.

Contact pour la presse et les médias :

M. Guillaume Kasperski (Collège de France), chargé des relations avec la presse et les médias : presse@college-de-france.fr ; tél. : + 33 1 44 27 12 72