

## COF : covalent organic framework

<https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/la-capture-du-co2-de-l-air-par-un-nouveau-matériau-organique-139453/>

### Romain FOUCHARD. La capture du CO<sub>2</sub> de l'air par un nouveau matériau organique. 2024

Quelle nouveauté a émergé dans le domaine des matériaux en ce mois d'octobre ? Un matériau organique poreux pour piéger les molécules de CO<sub>2</sub> de l'air ambiant...

Pour espérer atteindre les objectifs de limitation du réchauffement climatique à 1,5°C, il faudra être capable de capter le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) de l'air extérieur. Pour le moment, les technologies de capture du CO<sub>2</sub> sont uniquement efficaces sur des sources de carbone concentrées, comme les gaz d'échappement des centrales. Les concentrations dans l'air ambiant sont, quant à elles, des centaines de fois moindres.

Quel nouveau matériau durable pourrait permettre de répondre à un tel défi technique ? Selon les chimistes de l'université de Californie à Berkeley (États-Unis), la réponse se nomme COF-999. Dans un article paru le 23 octobre 2024 dans le journal Nature, le premier auteur et doctorant Zihui Zhou ainsi que ses collègues présentent ce matériau organique prometteur...

### COF-999 : le renouveau de la capture du CO<sub>2</sub> atmosphérique

À l'origine de cette découverte, on trouve l'un des coauteurs du papier scientifique, le professeur de chimie à l'université de Californie à Berkeley Omar Yaghi. Il est connu pour être l'inventeur des COFs (*covalent organic frameworks*, ou « structures organiques covalentes ») et des MOFs (*metal-organic frameworks*, ou « structures organométalliques »), des structures cristallines dont les pores régulièrement espacés permettent l'adsorption (fixation de molécules sur un substrat) de gaz. Il y a deux ans de cela, le laboratoire d'Omar Yaghi met au point le MOF-808, un matériau comportant des amines adsorbant efficacement le CO<sub>2</sub>. Malheureusement, après plusieurs centaines de cycles d'adsorption-désorption, le matériau finit par casser. La faute incomberait à l'instabilité du MOF-808 en milieu basique. Problème : les amines le composant et lui permettant de capter le CO<sub>2</sub> sont des bases...



Le nouveau matériau poreux, COF-999, décoré de polyamines captant les molécules de CO<sub>2</sub> (boules bleues et oranges).

Crédits : Chaoyang Zhao/UC Berkeley.

C'est ainsi que Zihui Zhou et son équipe de recherche ont pris le relais en tentant de trouver un matériau plus résistant. Ils ont ainsi synthétisé un COF abritant en ses pores des polyamines : le COF-999. Sa capacité de capture de CO<sub>2</sub> dans l'air (ici 400 ppm, contre 426 dans l'atmosphère actuelle) atteint 0,96 mmol/g dans des conditions sèches, et 2,05 mmol/g avec 50 % d'humidité. Dans cette dernière configuration, pour une salle à température ambiante (25°C), le matériau a atteint sa capacité moyenne en seulement 18 minutes, et s'est rempli en près de 2 heures. Avec juste 200 g de COF-999, il serait possible de capter jusqu'à 20 kg de CO<sub>2</sub> par an, soit autant qu'un arbre ! Pour s'assurer de sa solidité, plus d'une centaine de cycles d'adsorption-désorption ont eu lieu à l'air libre à Berkeley, sans qu'aucune perte de performances ne soit à déplorer. Le COF-999 pourrait d'ores et déjà être employé dans un système de capture, notamment pour les émissions de raffineries ou les zones de stockage souterraines.

Les niveaux de CO<sub>2</sub> atmosphérique atteignent des records historiques. Les méthodes traditionnelles de capture du carbone démontrent des limitations techniques considérables face aux concentrations atmosphériques actuelles de 426 parties par million (ppm), soit 50% de plus qu'avant l'industrialisation. Sans technologies de capture directe dans l'air (DAC), le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat estime impossible l'objectif de limiter le réchauffement à 1,5°C.

### Une technologie de rupture pour la capture du CO<sub>2</sub>

Les scientifiques de l'Université de Californie à Berkeley ont mis au point un **matériau absorbant révolutionnaire**. La structure, baptisée framework organique covalent (COF), se distingue par sa capacité à capturer le CO<sub>2</sub> atmosphérique sans être altérée par l'eau ou les contaminants, une limitation majeure des technologies DAC existantes.

*«Les résultats observés dépassent toutes nos attentes en termes de performance. Le matériau établit de nouveaux standards dans la lutte contre le changement climatique»* a indiqué le Professeur Omar Yaghi, titulaire de la chaire James et Neeltje Tretter de Chimie à UC Berkeley.

Les capacités du **nouveau matériau** ont été mesurées avec précision. L'étudiant chercheur Zihui Zhou a démontré qu'une quantité de 200 grammes absorbe l'équivalent des captations annuelles d'un arbre, soit 20 kilogrammes de CO<sub>2</sub>. Une performance qui marque une différence fondamentale entre la capture des gaz d'échappement et la capture atmosphérique directe.

Le processus d'absorption est réalisé à température ambiante (25°C) avec 50% d'humidité. La **capacité maximale** est atteinte en deux heures, dont la moitié durant les 18 premières minutes. Un chauffage modéré à 60°C permet la libération du CO<sub>2</sub> capturé, rendant le matériau immédiatement réutilisable.

### Une innovation structurelle majeure

Le **développement du COF-999** résulte d'une évolution des travaux sur les MOF (Metal-Organic Frameworks). Contrairement aux MOF maintenus par des atomes métalliques, les COF sont stabilisés par des liaisons covalentes carbone-carbone et carbone-azote, parmi les plus solides observées dans la nature.

L'intérieur des pores du COF-999 est décoré d'amines, permettant une capture optimisée des molécules de CO<sub>2</sub>. Les chercheurs ont identifié que les MOF se dégradaient en conditions basiques, un problème résolu avec la nouvelle structure du COF.

Le COF-999 présente une **résistance remarquable** aux contaminants environnementaux. Les analyses en laboratoire ont validé sa stabilité sur 100 cycles sans dégradation de performance. Le matériau retient jusqu'à 2 millimoles de CO<sub>2</sub> par gramme, dépassant les capacités des absorbants solides conventionnels.

L'équipe de recherche a consacré vingt années au développement de COF résistants aux contaminants acides, basiques, aqueux, sulfurés et azotés. Le squelette du COF-999 est assemblé à partir de polymères d'oléfine avec un groupe amine attaché, puis enrichi d'amines supplémentaires formant des chaînes courtes dans les pores.