

Peut-on exploiter le CO₂ de l'atmosphère ?

Pour réduire la quantité de CO₂ présent dans l'atmosphère, les chercheurs veulent s'en servir pour fabriquer des polymères, des carburants ou encore des matériaux de construction.

article écrit par Laure Cailloce

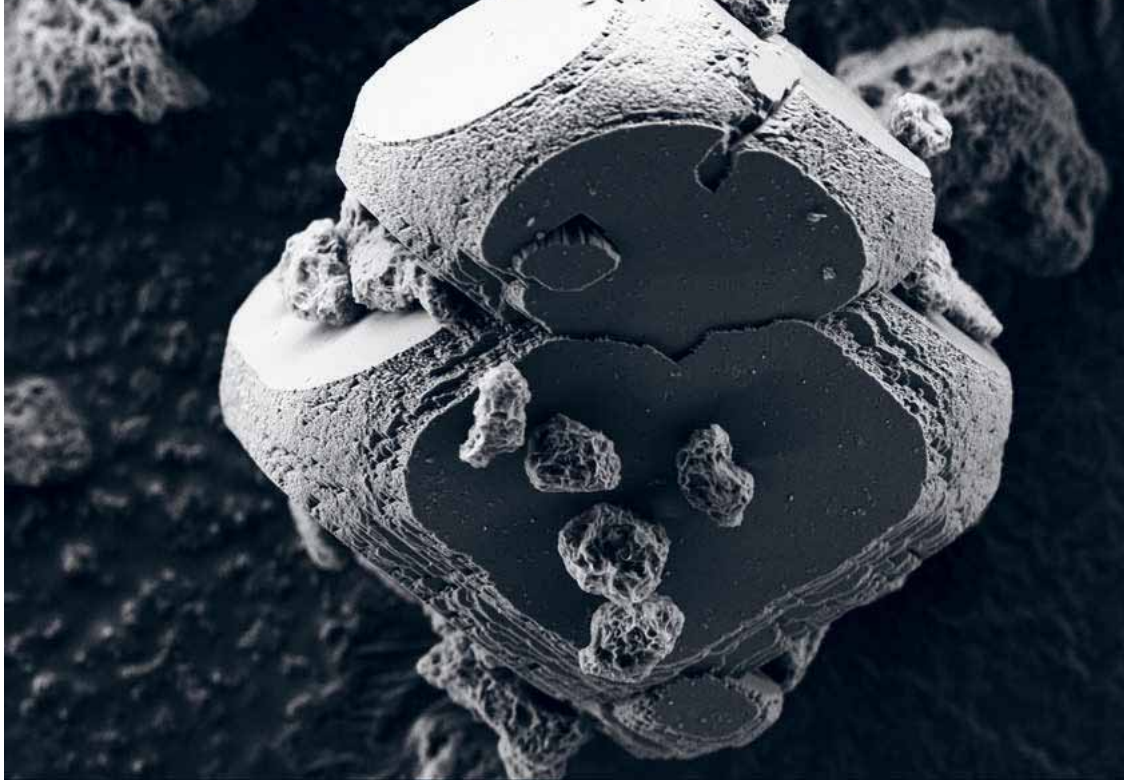
mots-clés climat, atmosphère, capture, cailloux

En 2014, l'homme a émis la bagatelle de 36 milliards de tonnes de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère. Une quantité encore jamais atteinte et qu'il s'agit de réduire drastiquement si l'on veut limiter la hausse de la température terrestre à 1,5°C d'ici à la fin du siècle, comme s'y sont engagés les pays présents à la COP21. Si la principale solution reste la réduction à la source des émissions de gaz à effet de serre, d'autres pistes sont à l'étude pour «nettoyer» l'atmosphère de son excès de CO₂. L'enfouissement en est une. Mais la solution la plus sérieusement étudiée par les chercheurs est bien plus audacieuse, puisqu'elle

considère le CO₂ de l'atmosphère comme une ressource nouvelle. En clair, il s'agit bel et bien de l'utiliser comme une matière première!

«*Dans les faits, l'industrie se sert déjà du CO₂ (il est extrait du sous-sol où on le trouve sous la forme de gisements ou il est le sous-produit de processus industriels, NDLR). Avec, on fabrique de l'urée, un engrais très utilisé qui sert aussi de pré-curseur pour de nombreux plastiques, de l'acide salicylique, qui entre dans la composition de l'aspirine et de produits contre l'acné, ou encore des polycarbonates, ces polymères qu'on trouve dans les CD, DVD ou les verres de lunettes, raconte Marc Robert, chercheur au Laboratoire d'électrochimie moléculaire^[1]. Cela représente une consommation d'environ 150 millions de tonnes de CO₂ par an. Il s'agit d'aller plus loin dans ces usages et même d'en inventer de nouveaux.*»

Et bien sûr, d'utiliser le CO₂ «atmosphérique» après l'avoir capturé. Pour ce faire, il existe actuellement deux méthodes : on peut soit le capter dans l'air ambiant, comme s'y emploie Klaus Lakner,



chercheur à l'université d'Arizona, avec son « arbre à CO₂ », un appareil qui ne pourra pas être déployé à grande échelle avant deux ou trois décennies. Soit, de façon plus réaliste, à la sortie des cheminées d'usine où il est le plus concentré : « *Des procédés efficaces existent*, indique François Guyot, chercheur à l'Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie [2]. *Leur principe ? Dissoudre le CO₂ au pH acide dans des bains basiques placés au niveau des cheminées.* »

Produire des carburants

Une fois capturé, les possibilités de transformation ne manquent pas : les atomes de carbone présents dans le CO₂ se retrouvent en effet dans de nombreuses molécules prisées par les industriels. « *À partir du CO₂, on est capable de produire du monoxyde de carbone (CO) que l'industrie chimique utilise pour fabriquer des molécules plus complexes* », explique Marc Robert. Enrichi en hydrogène, le CO permet par exemple d'obtenir de l'acide formique (H-COOH), un composé liquide

à température et pression ambiantes qui ferait fonctionner les piles à combustible des voitures du futur avec moins de risques que l'hydrogène pur (H₂), hautement inflammable. Plus complexe à synthétiser que l'acide formique, le méthanol (CH₃OH) constitue un autre débouché pour le CO₂ : utilisé comme solvant dans les peintures, vernis ou encres, cet alcool sert aussi de carburant, notamment pour les fusées.

La démarche est séduisante. Mais utiliser le CO₂ pour fabriquer des produits carbonés à grande échelle exige de surmonter bien des difficultés. « *La molécule de CO₂ est très inerte*, explique Marc Robert. *Ses liaisons carbone-oxygène sont solides et il faut énormément d'énergie pour les casser.* » Surtout, ces opérations de catalyse reposent sur l'usage de métaux précieux comme le platine, l'argent, le rhodium, l'or, l'iridium ou le ruthénium, ce qui constitue un frein. Des centaines de laboratoires sur la planète s'emploient donc à améliorer ces processus en les rendant moins énergivores et en testant des métaux non précieux.

fig. Produit en laboratoire, ce « caillou » de carbonate de magnésium de quelques dizaines de microns pourrait être utilisé dans des matériaux de construction.

©F. Guyot/IMP/PMC

[1] Unité CNRS/Université Paris Diderot

[2] Unité CNRS/Université Pierre et Marie Curie/Institut de recherche pour le développement/Muséum national d'histoire naturelle



Marc Robert et son équipe travaillent d'arrachepied à un procédé de catalyse utilisant le fer, le métal le plus abondant dans la croûte terrestre. « À l'heure où je vous parle, on parvient à fabriquer du CO à partir de CO₂ de façon maîtrisée, grâce à des électrodes contenant du fer, s'enthousiasme le chercheur. Nous limitons aussi au minimum les sous-produits issus de la catalyse, puisque nous obtenons uniquement du monoxyde de carbone, gazeux, et de l'eau liquide. »

Beauté de l'expérience, l'électricité nécessaire est fournie par de petits panneaux solaires, soit une énergie 100% renouvelable. D'autres laboratoires, notamment australiens, ont réussi à produire un mélange de CO et d'acide formique avec des électrodes au nickel ; des expériences menées avec des cristaux de cuivre réussissent, elles, à donner du méthanol, mais en petites quantités et mélangé à de nombreux sous-produits. « Il faudra au moins dix ou vingt ans avant que ces techniques ne soient mûres et transférables à l'industrie », estime le chimiste Marc Robert.

La nature comme source d'inspiration

Si l'industrie chimique est une source d'inspiration pour les scientifiques, elle n'est pas la seule. Pourquoi ne pas copier directement les processus naturels? « La nature ne nous a pas attendus pour utiliser le CO₂ de l'atmosphère », explique François Guyot. Et elle s'en sert de deux manières: pour fabriquer de la biomasse par photosynthèse – les plantes produisent des sucres et de l'oxygène à partir du CO₂ de l'atmosphère et de l'eau –, et de la roche sous forme de carbonates. Les falaises de craie d'Étretat ou de Douvres, entièrement constituées de carbonates de calcium (CaCO₃), offrent un excellent exemple de ce processus dit de carbonatation, qui s'étend sur plusieurs milliers d'années au cœur des océans. « L'intérêt de transformer le CO₂ en roche est qu'il est extrêmement stable sous sa forme solide, explique le géologue. Il n'y a aucun risque de le retrouver dans l'atmosphère. »

Créer de la roche en laboratoire, c'est le défi un peu fou que s'est lancé, dans le cadre du projet Carmex, un consortium de recherche français.

fig. Pour « nettoyer » l'atmosphère de son excès de CO₂, l'enfouissement n'est plus la seule piste envisagée. Des chercheurs planchent aujourd'hui sur sa valorisation. ©Spectral-Design/FOTOLIA.COM

« Dans la nature, les roches sont lixiviées (ou lessivées) par l'eau de pluie et laissent s'échapper du calcium (Ca), du fer (Fe) et du magnésium (Mg), autant de minéraux qui finissent dans les océans et les eaux souterraines, explique Florent Bourgeois, du Laboratoire de génie chimique^[3] à Toulouse. Là, ils précipitent avec le CO₂ dissous dans l'eau, sous sa forme d'ion CO₃²⁻, pour donner du carbonate de calcium ou calcite (CaCO₃), du carbonate de fer ou sidérite (FeCO₃), ou encore de la magnésite (MgCO₃), sous la forme de minuscules résidus solides. »

Les chercheurs entendent reproduire, et surtout accélérer, ces processus géologiques naturels en chauffant le mélange. « Avec notre technique, on réussit à produire des "cailloux" d'une dizaine de microns, précise Florent Bourgeois. Mais pour cela, il faut porter la solution à 180 °C et appliquer une pression de quelques bars, des niveaux qui demandent trop d'apport énergétique et que nous nous employons à réduire. » Le stockage du CO₂ sous forme solide n'est pas la seule finalité : « Les carbonates entrent notamment dans la composition du ciment. Ceux que nous fabriquons artificiellement pourraient servir comme matériaux », suggère le chercheur, qui rêve d'impliquer les professionnels de la construction dans son projet.

Reste à régler le seul vrai problème sur lequel les scientifiques n'ont pas la main : le prix du carbone. Aujourd'hui, il ne coûte pas plus de 8 à 10 euros la tonne, soit peu ou prou le prix de son extraction dans le sous-sol. « Pour que la capture et la valorisation du CO₂ deviennent intéressantes pour les industriels, il faudrait que le carbone avoisine les 80 euros par tonne », indique François Guyot. Nous devons donc attendre quelques années avant de rouler au CO₂ atmosphérique ou d'habiter dans des tours construites grâce à lui. ◀●

[3] Unité CNRS/Institut national polytechnique de Toulouse/Université Paul Sabatier

