



Idées débats, tribunes

Marc Fontecave

CHIMISTE, MEMBRE DE
L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Que faire du dioxyde de carbone ? De la chimie pour le transformer...

L'« HD » inaugure cette semaine un partenariat avec l'Académie des sciences. Régulièrement, seront publiées ici des tribunes écrites par ses membres sur de grandes thématiques scientifiques touchant à des enjeux de société.

Le 30 novembre, s'ouvrira à Paris la COP21. Les buts fixés – « impulser/accélérer la transition vers des sociétés et des économies résilientes et sobres en carbone » – sont-ils à la hauteur des enjeux ? Pour Marc Fontecave, la question du traitement du CO₂ doit faire l'objet d'une forte réflexion prospective. Il montre que le CO₂ pourrait être capté et réutilisé, « fermant ainsi un cycle carboné » et annulant son rôle de gaz à effet de serre. Marc Fontecave, membre de l'Académie des sciences et de son comité de prospective en énergie, est professeur au Collège de France, où il dirige le Laboratoire de chimie des processus biologiques.

Le dioxyde de carbone (CO₂) présent dans l'atmosphère, et plus spécifiquement celui résultant des activités humaines, est aujourd'hui considéré par les experts du climat comme le seul responsable du réchauffement climatique, en raison de ses propriétés de gaz à effet de serre. De sorte qu'il est de bon ton de dire qu'une solution, s'ajoutant aux nécessaires économies d'énergie à réaliser dans tous les secteurs d'activité (bâtiment, industrie, transports, etc.), serait de le capter au niveau des grands centres d'émissions de CO₂ (cimenteries, centrales thermiques, etc.) et de le séquestrer au plus profond de la Terre, dans des aquifères salins (formations géologiques d'eau salée), des champs d'hydrocarbures épuisés ou des veines de charbon inexploitées. Cependant, cette stratégie a de nombreux inconvénients : efficacité insuffisante et coût élevé des procédés technologiques associés, acceptation sociale limitée (sécurité des sites de séquestration mise en doute), expériences concrètes peu nombreuses, sur des volumes très limités et le plus souvent non concluantes, de sorte que plusieurs projets ont été récemment abandonnés. De plus, cette stratégie n'aura aucun effet sur le climat car elle ne permettrait de retenir qu'une toute petite partie des 30

gigatonnes de CO₂ (50 Gt en 2050 ?) émises par l'homme.

Il y a bien d'autres choses à faire avec le CO₂, si on sait le capter, plus intéressantes que de le séquestrer à jamais. Et les chimistes vont jouer un rôle majeur dans le développement de cette nouvelle économie à CO₂, qui n'est pas encore pour demain mais qui constitue une perspective fascinante. Aujourd'hui, l'industrie chimique utilise 150 millions de tonnes de CO₂ par an pour en faire de l'urée (fertilisant), du méthanol ou des carbonates. On peut faire beaucoup mieux si la recherche fondamentale, technologique et industrielle se donne petit à petit comme ambition de remplacer les sources de carbone, comme

**APRÈS AVOIR BRÛLÉ
SUR DEUX SIÈCLES LES
CARBURANTS FOSSILES,
L'HUMANITÉ POURRAIT
FAIRE LE CHEMIN
À L'ENVERS.**

le gaz, le charbon ou le pétrole, par le CO₂ pour la synthèse des centaines de milliers de molécules carbonées dont nos sociétés dépendent si fortement. Ce n'est pas simple tant cette molécule est réfractaire à sa transformation, mais il n'est pas impensable qu'un jour, si on y consacre les moyens nécessaires, nous aurons à notre disposition les technologies qui permettent d'utiliser le CO₂ comme source de carbone pour préparer à grande échelle des polymères (polycarbonates, résines, etc.), des molécules de la chimie fine (médicaments, par exemple), ou encore des carburants. Dans ce dernier cas, la perspective est celle, fascinante, d'un renversement inédit et vertueux. Après avoir brûlé pendant deux siècles les carburants fossiles, les transformant irréversiblement en CO₂, l'humanité pourrait faire le chemin à l'envers, transformer le CO₂ en hydrocarbures, fermant ainsi un cycle carboné qui ne serait plus émetteur de gaz à effet de serre.

NOUVELLE ÉCONOMIE À CO₂
Toutes les transformations du CO₂ en matière organique, dont il est question ici, demandent en fait des quantités importantes d'énergie. Cette nouvelle économie à CO₂ n'est donc envisageable que si, bien sûr, cette énergie n'est pas d'origine fossile, mais au contraire provient



de sources renouvelables – énergie solaire en particulier, si abondante. Il s'avère que ce processus, appelé photosynthèse, qui combine soleil, CO₂ et eau pour donner de la matière organique, est en permanence mis en œuvre sur la Terre par les organismes vivants photosynthétiques (plantes, algues, cyanobactéries). Toute la biomasse carbonée qui nous entoure, sans laquelle l'homme n'existerait pas, vient de cette transformation du CO₂ par ce processus biologique complexe. Depuis longtemps, les biologistes étudient ce phénomène pour mieux le comprendre et mieux l'exploiter dans des procédés biotechnologiques qui utilisent ces organismes (microalgues), plus ou moins génétiquement et métaboliquement modifiés, pour la production par exemple de carburants, dits biocarburants de troisième génération. Là encore, des efforts de recherche plus importants sont nécessaires si l'on veut que ces stratégies débouchent à une échelle industrielle. En effet, il s'agit de biotechnologies complexes qui, après avoir suscité un très fort engouement, semblent aujourd'hui en perte de vitesse.

IL N'Y A PAS D'AUTRE CHOIX QUE DE FAIRE CONFIANCE À LA RECHERCHE, ET LUI DONNER PLUS DE MOYENS ET DE TEMPS.

PHOTOSYNTÈSE ARTIFICIELLE

Comprenant mieux les mécanismes de la photosynthèse, les chimistes peuvent aujourd'hui envisager de s'en inspirer pour « inventer » des technologies nouvelles, dites de photosynthèse artificielle. Il s'agit, par exemple, de cellules photoélectrochimiques qui combinent des semi-conducteurs, pour capter l'énergie solaire et la transformer en électricité, et des catalyseurs, capables d'utiliser cette énergie électrique secondaire pour convertir un mélange d'eau et de CO₂ en oxygène

et en molécules carbonées riches en énergie. On peut aussi imaginer plus simplement la combinaison d'un panneau photovoltaïque, qui transforme l'énergie solaire en énergie électrique, et d'un électrolyseur, qui utilise cette énergie, pour convertir le CO₂ en carburant. C'est ce type de technologie que de nombreux laboratoires, académiques et industriels, dans le monde, et le mien en particulier au Collège de France, essaient de mettre au point, à travers l'optimisation des semi-conducteurs, des catalyseurs et de leur mise en forme, dans une recherche complexe mais enthousiasmante.

RÉVOLUTION ÉNERGÉTIQUE DÉCISIVE

Tout laisse à penser que les objectifs fixés par la loi de transition énergétique, récemment votée par le Parlement français, et ceux, attendus, de la COP21, qui se tient à Paris à la fin de l'année, comme ceux des précédents grands sommets internationaux sur le climat, ne seront pas atteints. Pour remplacer les énergies fossiles et nucléaire par les énergies renouvelables, il faut des capacités de stockage d'énergie colossales, notamment en raison de l'intermittence de ces dernières. Ni les barrages, ni les batteries, ni le stockage chimique ne permettent aujourd'hui d'assurer ce stockage nécessaire. N'en déplaise aux démagogues, nombreux et de tous bords, accompagnés comme un seul homme par la plupart des médias, qui veulent faire croire le contraire aux citoyens. Il n'y a pas d'autre choix que de faire confiance à la recherche pour trouver les solutions, recherche fondamentale et appliquée, recherche académique et industrielle, ensemble. Il faut lui donner plus de moyens financiers et humains, et plus de temps. Aujourd'hui, elle n'a ni l'un ni l'autre. Pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, on décrète l'avènement d'une révolution technologique et on lui fixe un agenda très contraint. Cette révolution énergétique décisive, l'homme la réalisera, mais seulement à la vitesse du progrès scientifique et technologique. ★

■ POUR EN SAVOIR PLUS

LE SITE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES :

WWW.ACADEMIE-SCIENCES.FR

« DU CO₂ AUX HYDROCARBURES : UN RENVERSEMENT SALUTAIRE ».

Conférence donnée par Marc Fontecave, le 16 juin 2015, dans le cadre des séances publiques de l'Académie des sciences.

VIDÉO EN LIGNE À L'ADRESSE

www.academie-sciences.fr/fr/

Seances-publiques/du-co2-aux-hydrocarbures-un-renversement-salutaire.html