

# CO<sub>2</sub> : où en sommes-nous ?

## La chimie relève les défis

Danielle Ballivet-Tkatchenko et Hervé Toulhoat, *coordinateurs du numéro*

Le changement climatique et le cortège d'objectifs à l'horizon 2050, comme le « facteur 4 »\*, placent le **dioxyde de carbone** au cœur des débats sur les choix de technologies décarbonées, leur maturité et les défis à relever. Ce numéro spécial de *L'Actualité Chimique* a pour ambition d'offrir au lecteur la vision actuelle, en particulier le rôle que doit jouer la chimie dans le captage, le stockage et le recyclage du CO<sub>2</sub>. Être exhaustif dans ce domaine sort largement du cadre d'un numéro thématique. Nous avons donc choisi quelques exemples représentatifs des efforts de R & D avec une contribution équilibrée académique-industrielle, car les enjeux sont aussi bien à court, moyen et long termes. Ces enjeux sont aussi de natures différentes, ce qui implique d'appréhender le problème du CO<sub>2</sub> dans toute sa complexité.

Il est essentiel tout d'abord de mieux comprendre le cycle global du carbone, *i.e.* les échanges air/océans/sols et les capacités d'absorption (voir P. Amiotte Suchet).

D'un point de vue législatif, le système d'échange de quotas d'émissions adopté par l'Europe vise à promouvoir une énergie décarbonée. Les décisions politiques auront un impact décisif sur le prix du CO<sub>2</sub> émis sur le marché des quotas (voir P. Coussy *et coll.*), malheureusement aujourd'hui encore trop faible pour induire un essor des technologies de captage et de stockage.

Le captage du CO<sub>2</sub> anthropique (voir J. Mascetti *et coll.*, P.-L. Carrette *et coll.*, T. Gauthier *et coll.*) est une option qui doit être couplée avec son stockage et son utilisation.

Le stockage par injection en sous-sol offre en principe une réponse adaptée à l'échelle des émissions mondiales provoquées par la combustion et la consommation actuelles des hydrocarbures, sous réserve que les risques associés soient correctement évalués et maîtrisés : la géochimie a beaucoup à apporter à cet égard (voir B. Garcia *et coll.*).

Le recyclage dans des chaînes de valeur utilisant le CO<sub>2</sub>, soit pour ses propriétés physicochimiques (voir S. Sarrade *et coll.*), soit comme source de carbone (voir M. Röper, H. Cramail *et coll.*, A. Goeppert *et coll.*, F. Haeseler *et coll.*) est à considérer, en prenant bien en compte l'énergie que requiert à son tour ce recyclage (voir H. Toulhoat *et coll.*).

La quantité fixée et le temps de rétention dans le « bassin chimique » sont aussi des paramètres importants. À l'heure actuelle, la quantité de CO<sub>2</sub> fixée est très inférieure à celle émise (de l'ordre du %). Cependant, cette situation devrait évoluer favorablement avec la mise en place d'une énergie plus décarbonée, la nécessité d'avoir recours à un stockage chimique de l'électricité solaire ou éolienne produite par intermittence (voir A. Deronzier *et coll.*, D. Pasquier,

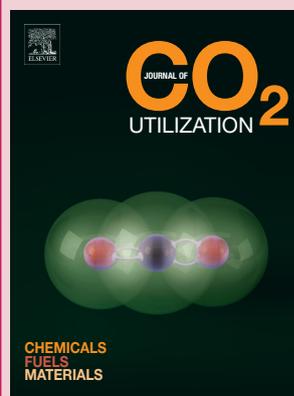
N. Elgrishi *et coll.*), l'utilisation de carburants issus directement ou indirectement du CO<sub>2</sub>, et le développement de nouvelles réactions utilisant le CO<sub>2</sub> comme synthon C1. Le temps de fixation du carbone augmente considérablement de l'usage énergétique à la synthèse chimique. Utiliser le CO<sub>2</sub> en synthèse chimique, et comme solvant, s'inscrit aussi dans le contexte de la « chimie verte » (« green chemistry »), permettant de produire des molécules à haute valeur ajoutée à partir d'une ressource non toxique et renouvelable.

Nous espérons que l'illustration de couverture, associant une symbolique explicite de la dimension globale des défis posés par l'émission anthropique de CO<sub>2</sub> à une évocation plus subjective de l'harmonieuse fragilité de notre biosphère sera bien interprétée par nos lecteurs. L'auteur de ce fond

### Quelques actualités à propos du CO<sub>2</sub>

**ISGC-2, du 21 au 24 mai 2013**, La Rochelle : 2nd International symposium on green chemistry – Renewable carbon and eco-efficient processes.  
• [www.isgc2013.com](http://www.isgc2013.com)

**ICCDU XII, du 23 au 27 juin 2013**, Washington D.C. (E.-U.) : la 12<sup>e</sup> Conférence internationale sur l'utilisation de CO<sub>2</sub> traitera de la séparation, du captage, de la conversion et de l'utilisation du dioxyde de carbone.  
• [www.energy.psu.edu/ICCDU](http://www.energy.psu.edu/ICCDU)



#### **Journal of CO<sub>2</sub> Utilization : un nouveau journal dédié au CO<sub>2</sub>**

Le tout nouveau périodique international d'Elsevier publie des contributions originales dans les domaines de la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, des matériaux et catalyseurs pour l'activation, l'adsorption et la conversion de CO<sub>2</sub>, de l'électro-, photo-électro- et bio-conversion, et l'utilisation du CO<sub>2</sub> supercritique, entre autres. La parution du premier numéro est prévue pour juin prochain.

• [www.journals.elsevier.com/journal-of-co2-utilization](http://www.journals.elsevier.com/journal-of-co2-utilization)

## Quelques repères historiques



J. Black



C. Cagniard  
de la Tour



J. Fourier



S. Arrhenius



P. Sabatier

**Découverte du dioxyde de carbone** : l'Écossais **Joseph Black**, né à Bordeaux en 1728, identifie le dioxyde de carbone en versant un acide sur du calcaire. Il découvre ensuite que ce même gaz est produit lors de la respiration animale et de la fermentation microbienne.

**Fluides supercritiques** : en 1822, **Charles Cagniard de La Tour** commence des études sur les liquides et dégage la notion de température critique : température au-dessus de laquelle on ne peut plus liquéfier un gaz en augmentant la pression.

**Effet de serre** : **Joseph Fourier** est l'un des premiers à avoir proposé, en 1824, une théorie selon laquelle les gaz de l'atmosphère terrestre augmentent la température à sa surface [1]. C'est une première ébauche de la théorie de l'effet de serre qui sera développée quelques années plus tard par **Svante Arrhenius**, prix Nobel de chimie 1903, avec le rôle du  $\text{CO}_2$  sur les températures terrestres [2].

**La réaction de Sabatier** : **Paul Sabatier**, prix Nobel de chimie 1912, développe l'hydrogénation catalytique du  $\text{CO}_2$  en méthane sur nickel, connue comme la réaction de Sabatier. Cette réaction est actuellement utilisée pour produire l'eau à bord de la station spatiale internationale.

[1] Fourier J., Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires, *Mémoires de l'Académie royale des sciences de l'Institut de France*, 1827, 7, p. 569.

[2] Arrhenius S., On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground, *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 1896, série 5, vol. 41, p. 237.



L'astronaute de la NASA Doug Wheelock installe le « Système Sabatier » qui permet d'extraire de l'eau de l'atmosphère de la Station spatiale internationale. © NASA.

subjectif tient à exprimer ici sa confusion, pour avoir été plébiscité après avoir imprudemment dévoilé l'une de ses addictions lors d'une séance de prise de tête rédactionnelle. Il espère toutefois ainsi contribuer, si besoin était, à montrer qu'un chimiste, même fort appliqué, est d'abord un habitant de la planète bleue, soucieux d'en préserver la mystérieuse beauté, si corrélée à sa viabilité.

Pour conclure, nous tenons à remercier chaleureusement tous les auteurs pour leur contribution et leur enthousiasme à rendre ce numéro attractif, ainsi que l'équipe de la rédaction pour son assistance très professionnelle et si motivée comme toujours. Nos remerciements vont également à Paul Rigny pour sa confiance et ses suggestions, ainsi qu'à Jean-Pierre Foulon qui, par ses commentaires pertinents, a permis de rendre ces articles accessibles au plus grand nombre d'entre nous.



D. Ballivet-  
Tkatchenko

**Danielle Ballivet-Tkatchenko** est directrice de recherche émérite CNRS à l'ICMuB\*.

**Hervé Toulhoat**

est directeur adjoint de la Direction scientifique, IFP Énergies nouvelles\*\*.



H. Toulhoat

\* Institut de Chimie Moléculaire de l'Université de Bourgogne, UMR 6203, Faculté des sciences Mirande, 9 avenue Alain Savary, BP 47870, F-21078 Dijon Cedex.

Courriel : ballivet@u-bourgogne.fr

\*\* IFP Énergies nouvelles - Direction scientifique, 1 et 4 avenue de Bois-Préau, F-92852 Rueil-Malmaison Cedex.

Courriel : herve.toulhoat@ifpen.fr

\* Pour la France, le facteur 4 correspond à la division par quatre des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 par rapport à 1990.