

## **Le CO<sub>2</sub>, un déchet au service de l'innovation.**

Bruno GRIGNARD

Centre d'Étude et de Recherche sur les Macromolécules, Unité de recherche CESAM, 13 allée du 6 août, bat.B6A, quartier Agora, 4000 Liège

**Résumé :** Le CO<sub>2</sub> : un déchet responsable des maux de la planète ou plutôt une ressource renouvelable vectrice d'innovation ? Pour tenter d'y répondre et en juger par vous-même, cet article présente de manière vulgarisée les différentes pistes envisagées pour capter, stocker, réutiliser et transformer le CO<sub>2</sub>. Il met également en avant le rôle que l'Université de Liège pourrait jouer dans la transition vers un modèle sociétal plus vertueux via la création de sa nouvelle plateforme technologique FRITCO<sub>2</sub>T

**Mots clés :** Capture, stockage et utilisation du CO<sub>2</sub>

**Abstract :** Is CO<sub>2</sub> a waste responsible for the Earth's suffocation or a renewable resource at the benefit of the innovation? To answer the question and judge by yourself, this article presents, in a vulgarized way, the different pathways that are under consideration for capturing, storing, reusing and transforming CO<sub>2</sub>. It also highlights the role University of Liège could play to move to a more sustainable societal model through the creation of its new technology platform FRITCO<sub>2</sub>T.

**Keywords :** Carbon capture and utilization technologies

### **Contexte**

Record encore battu ! Le 11 mai dernier, l'observatoire de Mauna Loa d'Hawaii mesurait un pic de concentration en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère à 415,26 ppm. Gaspillage, surconsommation, déforestation... les causes de cette augmentation continue depuis le début de la révolution industrielle sont multiples. Vecteur du changement climatique et de l'acidification des océans, le CO<sub>2</sub> est devenu le bouc émissaire numéro un d'une planète qui surchauffe. Paradoxalement, cette molécule est pourtant essentielle à la vie sur Terre telle que nous la connaissons. Nutriment du phytoplancton et des végétaux via la photosynthèse, elle est transformée par combinaison avec l'eau et la lumière en oxygène ainsi qu'en cellulose, amidon, sucre... qui intègrent la chaîne alimentaire des hommes et animaux. Alors, à l'image d'un des plus grands fantasmes de l'homme du Moyen-Age de fabriquer de l'or, certains rêvent aujourd'hui de mimer la nature en transformant le CO<sub>2</sub> en or vert au profit de la transition écologique et du développement durable. Simple science-fiction dans un monde aux prédictions alarmistes et fatalistes ou espoir réel à saisir par une société à bout de souffle pour entrevoir un futur meilleur et neutre en carbone ? Répondre à la question, c'est avant tout faire appel aux talents créatifs de nos chercheurs et aux progrès de la Science et des nouvelles technologies. Que faire du CO<sub>2</sub> ? Comment évoluer au-delà d'un objectif unique de réduction de nos émissions

anthropogéniques pour contrer le réchauffement climatique vers la promotion de technologies et de procédés valorisant, recyclant et/ou transformant le CO<sub>2</sub> en produits de commodité et à haute valeur ajoutée? Si ce défi semble insurmontable, des solutions encourageantes existent pourtant et s'appuient sur l'émergence des techniques innovantes de capture et d'utilisation du CO<sub>2</sub> mieux connues sous le nom « carbon capture and utilization technologies » (CCU). Bien que certaines d'entre elles soient encore expérimentales et/ou onéreuses ou font face à l'opposition d'organisations ... environnementales, les perspectives d'un futur optimiste et plus vertueux se profilent à l'horizon grâce au CO<sub>2</sub>.

## **Capter le CO<sub>2</sub>**

Capter 5 gigatonnes de CO<sub>2</sub>/an à l'horizon 2040,<sup>1</sup> soit l'équivalent des émissions de 3 milliards de voitures ou 10 % de nos émissions... un défi titanesque ! Les végétaux nous montrent en partie le chemin à suivre pour y arriver. Puits naturels de carbone, ils « s'alimentent » grâce au CO<sub>2</sub> via la photosynthèse. Certains projets tentent aujourd'hui d'exploiter et d'améliorer cette « biocapture » du CO<sub>2</sub> pour produire des bio-fuels ou des compléments alimentaires, via la culture de *coccolithophoridés* ou *chlorelles* ; des micro-algues unicellulaires océaniques ou d'eau douce riches en chlorophylle et en lipides. En concentrant le CO<sub>2</sub> dans leur milieu de culture via l'injection de fumées industrielles, ces micro-organismes voient leur croissance dopée et se multiplient plus rapidement tout en rejetant de l'oxygène. Bien qu'embryonnaires, ces recherches ont mené la start-up Kyanos à imaginer des arbres artificiels aux allures futuristes dont les feuilles seraient remplacées par des poches remplies d'eau et d'algues pour décarboner l'air des grandes villes. Selon les concepteurs, un prototype de 8 mètres de hauteur pourrait capter autant de CO<sub>2</sub> atmosphérique que 3.500 arbres dans une forêt ! Capturer le CO<sub>2</sub> atmosphérique : la société Climeworks s'en charge aussi. A l'aide d'aspirateurs géants, elle propose de filtrer l'air et de fixer le CO<sub>2</sub> sur un adsorbant solide poreux modifié par des amines. La capture résulte d'une réaction chimique qui conduit à la formation d'un di-adduit carbamate. La réversibilité de cette réaction permet par traitement thermique doux de régénérer l'adsorbant une fois saturé et de produire un gaz carbonique de ultra-haute pureté valorisé dans les sodas pétillants par Coca-Cola ou par la société Gebrüder Meier Primanatura AG pour accélérer de 20 % la croissance en serre des salades et des tomates.

Mais aujourd'hui, le procédé le plus mature repose sur le captage du CO<sub>2</sub> en post-combustion, c'est-à-dire directement en sortie des cheminées industrielles.<sup>2</sup> Dans ces fumées, généralement

---

<sup>1</sup> (a) M. Bui, N. Mac Dowell, **Carbon Capture and Storage**, 2019, Publisher: The Royal Society of Chemistry, ISBN: 978-1-78801-145-7; (b) National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, **Gaseous Carbon Waste Streams Utilization : Status and Research Needs**, Washington DC, Publisher : The National Academies Press, ISBN 978-0-309-48336-0

<sup>2</sup> Paul H.M. Feron, **Absorption-Based Post-Combustion Capture of Carbon Dioxide**, 2016, Publisher : Elsevier, ISBN : 978-0-08-100514-9

contaminées par des NO<sub>x</sub> ou des molécules soufrées..., la teneur en gaz carbonique avoisine les 15 % pour 0,04 % dans l'air. Le potentiel de capture est donc énorme et rend à la fois le coût du procédé et la réutilisation du CO<sub>2</sub> moins chers. Différentes méthodes existent. Le CO<sub>2</sub> peut être extrait à l'aide de solutions aqueuses alcalines de potasse caustique (KOH) ou d'hydroxyde de calcium (Ca(OH)<sub>2</sub>). La réaction chimique conduit à la formation de carbonate de potassium (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ou de calcium (CaCO<sub>3</sub>) aux usages multiples, notamment dans l'alimentation (rectifieur d'acidité, stabilisant, gazéification des sodas) ou dans la pharmacie (médicaments effervescents)... L'utilisation de solvants liquides aminés qui se lient au CO<sub>2</sub> de manière réversible est également largement développée. Après capture, un échangeur thermique (T > 100 °C) décompose le di-adduit solvant-CO<sub>2</sub> pour régénérer le solvant qui sera recyclé et du CO<sub>2</sub> pur qui peut être valorisé ou stocké dans le sous-sol. Des installations de démonstration au Canada et en Norvège ont prouvé l'efficacité et la pertinence de cette technologie via la capture annuelle de plus de 1 million de tonnes de CO<sub>2</sub> émanant de centrales thermiques au charbon ou au gaz.<sup>3</sup>

### **Stocker le CO<sub>2</sub>**

Si les progrès réalisés en matière de recyclage du CO<sub>2</sub> s'accroissent grâce à l'émergence des différentes technologies CCU, le potentiel de réutilisation du gaz carbonique à grande échelle reste encore limité. Une option pour s'en débarrasser: l'injecter sous pression sous terre et le confiner dans certaines couches géologiques profondes.<sup>4</sup> La technique de récupération assistée des hydrocarbures ou « enhanced oil recovery », soutenue par les pétroliers, propose de séquestrer le CO<sub>2</sub> sous pression au sein d'anciens champs pétrolifères ou gaziers tout en faisant ressortir par la même occasion le gaz ou le pétrole restant.<sup>5</sup> Mais cette technologie de stockage reste controversée. Elle prolonge notre dépendance aux ressources fossiles et, sans monitoring des puits de stockage, des risques de fuites existent à l'instar de celle survenue en 1986 au Cameroun suite à une éruption volcanique provoquant la libération d'un km<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> accumulé naturellement au fond du lac Nyos. Le gaz libéré avait alors asphyxié 1 700 personnes et des milliers d'animaux dans un rayon de 25 km. D'autres formations géologiques peuvent jouer le rôle de réservoir comme les aquifères salins, poches d'eau salée non potable, les formations souterraines riches en silicates de calcium et magnésium ou encore les roches basaltiques riches en calcium et en fer qui peuvent minéraliser et transformer le CO<sub>2</sub> en « cailloux » via la formation de carbonates inorganiques.<sup>2</sup> Ces projets ne représentent toutefois qu'une partie de la solution globale et certains experts soulèvent des difficultés techniques, comme par exemple la ressource en eau utile au procédé aqueux, la faible teneur en basalte de la croûte terrestre ou

---

<sup>3</sup> [www.downtoearth.org.in/news/worlds-first-carbon-capture-coal-plant-opens-in-canada-47233](http://www.downtoearth.org.in/news/worlds-first-carbon-capture-coal-plant-opens-in-canada-47233)

<sup>4</sup> S. A. Rackley, **Carbon Capture and Storage 2nd Edition**, 2017, Publisher : Elsevier, ISBN: 9780128120422

<sup>5</sup> B. Jia, J.-S. Tsau, R. Barati, **A review of the current progress of CO<sub>2</sub> injection EOR and carbon storage in shale oil reservoirs**, *Fuel*, 2019, 236, 404-427

encore le colmatage des roches empêchant la percolation naturelle des eaux souterraines ou une déstabilisation des sols et couches géologiques suite à des surpressions.

### **Minéraliser le CO<sub>2</sub>**

La carbonatation minérale: une technologie hybride entre la capture et le stockage.<sup>1b</sup> Olivine, serpentine ou wollastonite, ces trois minéraux de la famille des silicates et issus des roches les plus abondantes sur Terre ont la capacité de capturer et de stocker à long terme le CO<sub>2</sub> sous forme solide. Riches en oxydes métalliques (CaO, FeO ou MgO), ils subissent spontanément une réaction de carbonatation à température ambiante et sous pression atmosphérique pour former, à des échelles de temps géologiques, du CaCO<sub>3</sub>, du MgCO<sub>3</sub> et du FeCO<sub>3</sub>. Et si les murs de nos habitations séquestraient demain du carbone ? Cette question, certaines entreprises se la sont posée. Carbon8 Systems ou Green Minerals... se sont inspirées de ce processus géologique naturel pour développer une technologie accélérée de minéralisation d'olivine en présence de CO<sub>2</sub> industriel sous pression et commercialiser des agrégats, des bétons ou des blocs utiles au secteur de la construction. D'autres entreprises comme Orbix exploitent un substrat peu conventionnel et différent des minerais silicates : les cendres et scories industrielles. Ces déchets alcalins issus de combustion de charbon, d'incinérateurs, de la sidérurgie, des laitiers... contiennent jusqu'à 65 % de CaO et MgO. Alors pourquoi ne pas les recycler pour capter et stocker le CO<sub>2</sub> dans les bétons et les mortiers de ciment? Juste retour des choses pour l'industrie de la construction qui produit près de 40% du CO<sub>2</sub> produit dans le monde ...

### **Des carburants et de l'énergie grâce au CO<sub>2</sub>**

Imaginez... Transformer le CO<sub>2</sub> en carburants synthétiques neutres en carbone grâce à l'eau et à l'énergie du soleil ou du vent. Cette idée trop belle sur papier est pourtant déjà une réalité et promet au CO<sub>2</sub> un bel avenir. Et les possibilités sont même multiples...<sup>1b,6</sup> Grâce à l'électricité, l'eau est décomposée via un processus d'électrolyse en oxygène et en hydrogène. Ce dernier peut alors être combiné au CO<sub>2</sub> en présence d'un catalyseur (fer, cobalt, ruthénium...) pour produire du méthanol (MeOH), un liquide à la densité énergétique plus faible que l'essence mais bien supérieure à celle des batteries. Découverte en 1897, la réaction de Sabatier conduit à la méthanation du CO<sub>2</sub> en présence d'hydrogène. Le méthane (CH<sub>4</sub>) peut alors intégrer le réseau de gaz existant pour produire de la chaleur ou de l'électricité. Une troisième route fait appel à la réaction de Fischer-Tropsch qui selon certains sera «la réaction chimique du XXI<sup>e</sup> siècle». Elle consiste en la réduction électrochimique du CO<sub>2</sub> sous forme du monoxyde de carbone (CO) qui, mélangé à l'hydrogène, produit un gaz de synthèse. Un catalyseur à base de fer ou de cobalt finit le travail et transforme le mélange gazeux en diesel synthétique. Et la créativité des chercheurs ne

---

<sup>6</sup> (a) Peter Styring, Elsje Alessandra Quadrelli and Katy Armstrong, **Carbon Dioxide Utilisation Closing the Carbon Cycle**, 2015, Publisher: Elsevier, ISBN : 978-0-444-62746-9; (b) M. Aulice Scibioh B. Viswanathan, **Carbon Dioxide to Chemicals and Fuels 1<sup>st</sup> Edition**, 2018, ISBN: 9780444639974

s'arrête pas là ! Des initiatives ciblent la synthèse d'acide formique, un carburant de pile à combustible capable de générer de l'électricité, au départ de CO<sub>2</sub> et d'hydrogène. Plus étonnant, des chercheurs japonais de l'agence des sciences et technologies maritimes injectent lors du stockage géologique du CO<sub>2</sub> des bactéries capables de s'en nourrir et de le transformer en CH<sub>4</sub>.<sup>7</sup> Mieux encore, produire simultanément de l'électricité et de l'hydrogène à l'aide d'une pile dont le carburant serait le CO<sub>2</sub>, c'est le défi relevé en 2018 par une équipe coréenne.<sup>8</sup> Alors, le CO<sub>2</sub>... un futur pilier de la transition énergétique et de la mobilité verte ? Une solution crédible pour le stockage inter-saisonnier d'énergie issue des sources renouvelables intermittentes ? La réponse dépendra de la capacité de l'homme à innover pour rendre ces procédés économiquement rentables et les moins énergivores possible.

### **La chimie du CO<sub>2</sub>**

Valoriser le CO<sub>2</sub> pour verdir la chimie ou concevoir des matériaux à empreinte carbone réduite, est-ce vraiment si compliqué ? Ce déchet constitue la forme la plus dégradée du carbone. Dans cet état oxydé, sa réactivité est faible et son niveau énergétique est bas, ce qui rend la transformation chimique du CO<sub>2</sub> très difficile voire impossible dans la majorité des cas. Alors, la clé pour assurer sa transformation repose sur l'utilisation d'un catalyseur, cette poudre de perlimpinpin sans laquelle la réaction n'aurait pas lieu. Mais, chaque transformation et molécule nécessite son catalyseur spécifique dont la conception prend du temps ! Néanmoins, les recherches progressent et aujourd'hui, un large portfolio de molécules CO<sub>2</sub>-basées est désormais accessible. Commercialement, on retrouve déjà quelques molécules de commodité produites à grande échelle au départ de CO<sub>2</sub> comme l'urée, un précurseur de fertilisants agricoles, des carbonates organiques (notamment utilisés comme solvants), ou encore de l'acide salicylique (la brique de base de l'aspirine). D'autres projets à l'échelle de la démonstration ou de « proof of concept » visent la synthèse d'acide oxalique, d'éthanol ou encore de molécules polymérisables comme l'éthylène, le diphénylcarbonate, l'acide acrylique... qui conduiront ultérieurement à la conception de matériaux. Demain, nous dormirons même sur un matelas fabriqué à partir de CO<sub>2</sub>. Covestro, un géant de la chimie des polymères, vient de lancer la production de « Cardyon® », un polyol CO<sub>2</sub>-sourcé qui entre dans la formulation des mousses en polyuréthane... Et d'autres sociétés lui ont emboîté le pas comme Asahi Kasei qui développe actuellement des plastiques en polycarbonates issus du CO<sub>2</sub> qui rentreront dans la fabrication des verres organiques pour nos lunettes, pour les phares de voiture ou encore pour des vitres. Toutefois, les quantités de CO<sub>2</sub> recyclées par les industries actives dans la chimie fine resteront malgré tout faibles à l'avenir en

---

<sup>7</sup> [www.jamstec.go.jp](http://www.jamstec.go.jp)

<sup>8</sup> C. Kim & al., **Efficient CO<sub>2</sub> Utilization via a Hybrid Na-CO<sub>2</sub> System Based on CO<sub>2</sub> Dissolution**, *IScience*, 2018, 9, 278

comparaison des émissions de CO<sub>2</sub>. Si l'impact de ces initiatives dans la lutte contre le réchauffement climatique sera marginal, l'utilisation du CO<sub>2</sub> comme source de carbone permettra par contre d'économiser nos ressources fossiles et/ou issues de la biomasse et de préserver les sols pour nos besoins alimentaires.

### **Du CO<sub>2</sub> pour la pharmacie, la cosmétologie et l'agro-alimentaire**

Du CO<sub>2</sub> au bénéfice de notre bien-être, de notre santé et de notre alimentation ! Comment est-ce possible ? Dans les secteurs de la pharmacie, de la cosmétologie ou de l'agroalimentaire, le CO<sub>2</sub> ne sera pas directement transformé mais plutôt utilisé pour ses propriétés physico-chimiques particulières... Dans des conditions ambiantes, le CO<sub>2</sub> est un gaz. Injecté dans les sodas, il leur confère un caractère pétillant. Dans le traitement des eaux usées, il régule l'acidité des bassins de décantation des stations d'épuration pour contrôler la précipitation des polluants. En sciences des matériaux, il induit le moussage des polymères pour des applications à finalité diverse pour le confort ou l'isolation.<sup>9</sup> Pressurisé, il se liquéfie pour former un fluide frigorigène alternatif aux hydrofluorocarbures - gaz à effet de serre de 1 400 à 24 000 fois plus puissants que le CO<sub>2</sub> - dont les applications ne manquent pas en cryogénie alimentaire ou pour la congélation de tissus cellulaires en médecine. Chauffé au-delà de 31 °C et pressurisé au-delà de 74 bars, il devient supercritique. Dans cet état, le fluide CO<sub>2</sub> combine alors les propriétés d'un gaz et d'un liquide.<sup>10</sup> Il devient alors un excellent substitut vert aux solvants organiques et même à l'eau notamment pour des procédés d'extraction comme par exemple de la caféine, d'arômes et de parfums, de cholestérol, de principes actifs naturels...<sup>11</sup> ou de la synthèse en chimie fine.<sup>1b, 6a</sup> Le domaine de la pharmacie galénique profite pleinement des procédés « spray » assistés au CO<sub>2</sub> pour le design de nouvelles formulations médicamenteuses ou l'amélioration des propriétés thérapeutiques de formes solides existantes via la micronisation, la formulation de dispersions solides, l'encapsulation de principes actifs au sein de liposomes ou de dispositifs médicaux polymériques.<sup>12</sup> Il sert même à la stérilisation.<sup>13</sup> Alors, le CO<sub>2</sub>, un bon candidat pour améliorer l'efficacité des procédés ?

---

<sup>9</sup> F.-L. Jin & al., **Recent Trends of Foaming in Polymer Processing: A Review**, *Polymers*, 2019, 11, 953

<sup>10</sup> M. F. Kemmere, T. Meyer, **Supercritical Carbon Dioxide: In Polymer Reaction Engineering**, 2005, Publisher : Wiley, ISBN: 978-3-527-60672-6

<sup>11</sup> (a) M. McHugh, V. Krukonis, H. Brenner, **Supercritical Fluid Extraction, 2<sup>nd</sup> Edition**, 2013, Publisher : Elsevier, ISBN: 9780080518176; (b) G. Brunner, **Supercritical Fluids as Solvents and Reaction Media**, 2004, Publisher: Elsevier, ISBN: 978-0-444-51574-2

<sup>12</sup> M. Kalani & al., **Application of supercritical antisolvent method in drug encapsulation: a review**, *Int. J. Nanomedicine*, 2011, 6, 1429

## L'ULiège, une locomotive à la pointe de la recherche

Une goutte d'eau dans un océan ! Un adage qui prend du sens au regard des ~ 1 % de CO<sub>2</sub> valorisés annuellement au niveau mondial... Les technologies CCU sont donc amenées à provoquer une (r)évolution de notre société moderne tant elles contribueront à l'économie circulaire ainsi qu'à la transition écologique et énergétique. Toutes technologies confondues, le potentiel de réutilisation du CO<sub>2</sub> est estimé à un minimum de 3.7 Gtonnes par an soit ~ 10 % des émissions annuelles. Une option non négligeable dans ces temps d'urgence climatique ! Alors que la conscience du grand public se réveille enfin, il méconnaît encore trop le rôle que pourrait jouer le CO<sub>2</sub> dans notre modèle sociétal futur. A l'inverse, l'Université de Liège s'active déjà depuis plus de 20 ans à capturer et réutiliser le CO<sub>2</sub> au travers de 4 piliers stratégiques de recherche que sont l'environnement, la santé et le bien-être, l'énergie et la mobilité ou encore l'(éco-)habitat. Aujourd'hui, l'institution est passée du statut de pionnière à locomotive et pôle de référence dans un domaine R&D en plein boom. Son expertise internationalement reconnue par le monde scientifique, elle la doit aujourd'hui à quatre de ses laboratoires qui ont fait du CO<sub>2</sub> leur cheval de bataille. Le *Département de Chemical Engineering* étudie, optimise et modélise les procédés de capture du CO<sub>2</sub> qui est ensuite revalorisé pour la synthèse de carburants synthétiques, principalement le méthanol.<sup>14</sup> Il offre également un accès aux analyses de cycles de vie et aux études techno-économiques essentielles pour démontrer à la fois le bénéfice environnemental et la crédibilité économique des futurs produits ou procédés. L'Unité de Recherche *Urban and Environmental Engineering* optimise la carbonatation de matériaux de construction comme les bétons ou les agrégats recyclés. Mieux, elle conçoit des bétons organiques légers par minéralisation de la biomasse en présence d'un « ciment » durcissant à l'aide du CO<sub>2</sub>. Le *Laboratoire de Technologie Pharmaceutique et de Biopharmacie* exploite avantageusement le CO<sub>2</sub> supercritique pour la formulation et la mise en œuvre de nouvelles formes médicamenteuses qui n'auraient pu être mises en œuvre sans recourir à des solvants organiques toxiques.<sup>15</sup> Enfin, le *Centre d'Etude et de Recherche sur les Macromolécules* est un gros moteur de la réutilisation du

---

<sup>13</sup> G. Soares & al., **Supercritical CO<sub>2</sub> technology: The next standard sterilization technique?** *Mater. Sci. Eng. C.*, 2019, 99, 520

<sup>14</sup> (a) G. Léonard & al., **Design and Evaluation of a High-Density Energy Storage Route with CO<sub>2</sub> Re-Use, Water Electrolysis and Methanol Synthesis**, *Comput. Aided Chem. Eng.*, 2016, 38, 1797; (b) G. Léonard & al., **Influence of dissolved metals and oxidative degradation inhibitors on the oxidative and thermal degradation of monoethanolamine for post-combustion CO<sub>2</sub> capture**, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2014, 53, 18121

<sup>15</sup> (a) A. Pestieau & al., **Optimization of a PGSS process for a fenofibrate lipid-based solid dispersion formulation**. *International Journal of Pharmaceutics*, 2015, 485, 295; (b) M. Brion & al., **The supercritical micronization of solid dispersions by Particles from Gas Saturated Solutions using experimental design**, *J. Supercrit. Fluids*, 2009, 51, 50

CO<sub>2</sub> dans les domaines de la chimie fine, de la préparation de nouveaux polymères/plastiques éco-respectueux et (bio)dégradables, ainsi que dans la science des matériaux. A côté de son utilisation en tant que solvant vert en synthèse organique ou dans la chimie des polymères, le CO<sub>2</sub> sert à la purification de produits et matériaux (extraction de résidus catalytiques ou de monomères...) ou encore à l'imprégnation de dispositifs médicaux (implants polymères, fils de suture) par des principes actifs thérapeutiques comme des anti-inflammatoires...<sup>16</sup> Le CO<sub>2</sub> agit aussi comme agent moussant propre pour la fabrication de matériaux poreux d'isolation thermique ou pour le blindage électromagnétique.<sup>17</sup> Une grosse part des activités de recherche du centre se focalisent également sur l'utilisation du CO<sub>2</sub> comme brique de base pour construire de nouvelles molécules et polymères. Via de nouvelles voies conceptuelles, des carbonates organiques, des polyuréthanes exempts d'isocyanates, des polycarbonates ou encore des polyols<sup>18</sup> sont synthétisés au quotidien pour répondre aux besoins d'applications spécifiques en cours de développement dans le domaines des (bio-)matériaux et de l'énergie. Alors, une colle, une peinture,<sup>19</sup> un support pour ingénierie tissulaire, des implants médicaux, une mousse isolante,<sup>17</sup> des électrolytes pour batteries,<sup>20</sup> des verres organiques ultra-transparents, des matériaux à mémoire de forme fabriqués directement à partir de CO<sub>2</sub> ... Vous y croyez ? Et pourtant, voici autant de matériaux CO<sub>2</sub>-sourcés aux allures futuristes qui sont déjà une réalité au sein de ce laboratoire.

### **FRITCO<sub>2</sub>T, une plateforme technologique au service de la recherche et de l'innovation**

Enfin convaincus par le potentiel du CO<sub>2</sub> ? En tout cas, les quatre laboratoires de l'ULiège y croient. En 2017, ils ont uni leurs forces afin de mettre en commun des expertises et des

---

<sup>16</sup> M. Champeau & al. **Drug loading of polymer implants by supercritical CO<sub>2</sub> assisted impregnation: A review**, *J. Control. Rel.*, 2016, 209, 7667, 248

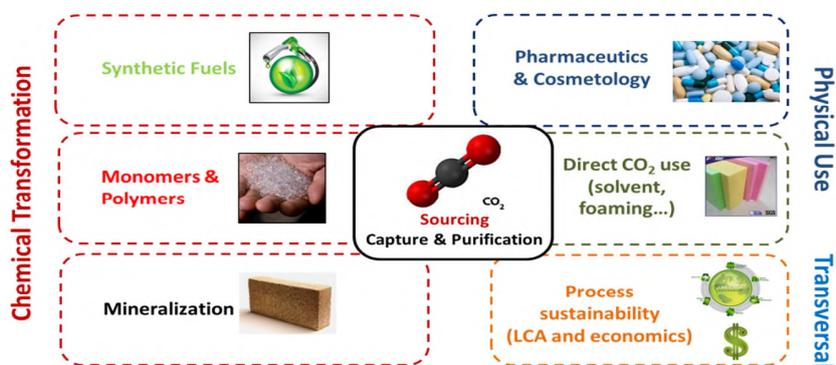
<sup>17</sup> B. Grignard & al., **CO<sub>2</sub>-blown microcellular non-isocyanate polyurethane (NIPU) foams: from bio- and CO<sub>2</sub>-sourced monomers to potentially thermal insulating materials** *Green Chem.*, 2016, 18, 2206

<sup>18</sup> (a) Grignard & al., **CO<sub>2</sub>-sourced  $\alpha$ -Alkylidene Cyclic Carbonates: A Step Forward in the Quest for Functional Regioregular Poly(urethane)s and Poly(carbonate)s**, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2017, 56, 10394; (b) Grignard & al., **Organocatalytic Coupling of CO<sub>2</sub> with Oxetane**, *ChemSusChem*, 2017, 10, 1128; (c) Grignard & al., **Advances in the use of CO<sub>2</sub> as a renewable feedstock for the synthesis of polymers**, *Chem. Soc. Rev.*, 2019, 48, 4466

<sup>19</sup> Grignard & al., **Reinforced poly(hydroxyurethane) thermosets as high performance adhesives for aluminum substrates**, *Polym. Chem.* 2017, 8, 5897

<sup>20</sup> Grignard & al., **CO<sub>2</sub>-sourced polycarbonates as solid electrolytes for room temperature operating lithium batteries**, *J. Mater. Chem. A*, 2019, 7, 9844

équipements de pointe complémentaires pour créer la plateforme technologique FRITCO<sub>2</sub>T<sup>21</sup> (en Anglais : Federation of Researchers in Innovative Technologies for CO<sub>2</sub> Transformation, Figure 1) dédiée à la capture, la transformation et la valorisation CO<sub>2</sub>. Augmenter la visibilité et la formation aux technologies CCU ; créer un environnement de recherche optimal, unique et fort en Région Wallonne pour le développement de technologies innovantes de capture, d'utilisation et de valorisation du CO<sub>2</sub> ; coordonner des projets R&D d'ampleur et ambitieux couvrant toute la chaîne de valeur du CO<sub>2</sub>, c'est à dire de son captage jusqu'à son intégration au sein de (bio-)matériaux ; tisser et accroître la complémentarité avec les initiatives bio-basées et les énergies renouvelables pour promouvoir une triple vision unique du développement durable ; offrir au tissu industriel la possibilité de tester et de valider ces nouvelles technologies à l'échelle pilote pour en faciliter l'émergence sur le marché ; pérenniser la position de l'Université de ULiège comme leader des technologies de valorisation du CO<sub>2</sub> tout en ambitionnant un ancrage international central fort de la plateforme dans un domaine vecteur d'innovation. Telles sont les missions principales dont FRITCO<sub>2</sub>T veut se doter. Une idée vient de germer ? Vous voulez réduire l'empreinte carbone de vos procédés ou produits et ne savez pas comment faire ? Ou tout simplement, vous voulez investir dans une économie circulaire favorable à l'émergence de projets, de procédés ou de produits innovants à émission négative de CO<sub>2</sub>? Alors n'attendez plus, vous n'avez plus d'excuses... C'est désormais possible grâce à FRITCO<sub>2</sub>T ! Profitez de son expertise unique et de son offre technologique en nous contactant...<sup>22</sup>



**Figure 1** : Thématiques de recherche couvertes à l'Université de Liège au sein de la plateforme technologique FRITCO<sub>2</sub>T

<sup>21</sup> [www.chemeng.uliege.be/fritco2t](http://www.chemeng.uliege.be/fritco2t)

<sup>22</sup> [g.leonard@uliege.be](mailto:g.leonard@uliege.be) ou [christophe.detrembleur@uliege.be](mailto:christophe.detrembleur@uliege.be)