

Diminuer le taux de CO₂ atmosphérique :

Un solvant naturel fait ses preuves !

L'augmentation du CO₂ atmosphérique : une préoccupation majeure du 21^{ème} siècle !

La dépollution, et en particulier la captation du CO₂, est l'un des principaux enjeux de ce siècle. En 2015, selon le Global Carbon Project, 32,1 milliards de tonnes de CO₂ ont été émises dans l'atmosphère. Le CO₂ provient majoritairement des émissions de gaz rejetées par les industries. Même si il n'est pas toxique pour l'homme, à forte concentration, il le devient et peut entraîner des effets neurologiques, respiratoires jusqu'à induire un arrêt cardiaque. Il est également, en partie, responsable du réchauffement climatique, qui cause de nombreux dérèglements planétaires, notamment la fonte des glaces.

Des procédés de captation de CO₂ existent mais offrent des solutions à court terme !

Pour capter le CO₂, de nombreux procédés existent, comme l'absorption à base de solvants composés d'amines ou encore par injection terrestre ou océanique de CO₂. Cependant la plupart de ces procédés ont un coût de production très élevé et possèdent une empreinte environnementale importante. Aujourd'hui, la chimie actuelle doit se tourner vers une chimie verte, où les nouveaux procédés créés doivent être en faveur du développement durable. En ce qui concerne la captation de CO₂, l'objectif est de mettre en place des systèmes à coût économique et écologique moindre.

Des solvants capables de capter le CO₂.

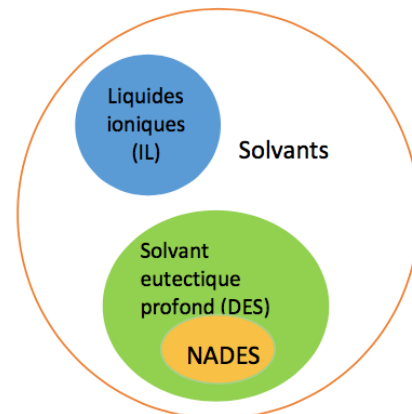


Figure 1 : Classifications des solvants

Les liquides ioniques (IL) (figure 1) sont des solvants découverts il y a plus d'un siècle par le chercheur Walden¹. Ils sont composés d'un assemblage d'éléments chimiques, portant une charge électrique, appelés anions et cations. Il y a seulement 20 ans, ils ont suscité l'intérêt des scientifiques pour leur structure adaptable, leur conférant de nombreuses propriétés. Ces propriétés physico-chimiques leur permettent d'être utilisés dans différents domaines d'applications, notamment en électrochimie. Ils ont également longtemps été utilisés pour capter le CO₂. Cependant, les liquides ioniques sont toxiques pour l'homme et l'environnement, et ont un coût de production élevé, ce qui complique leurs utilisations.

La nécessité de trouver un solvant plus adapté pour diminuer le CO₂ atmosphérique est donc primordiale. Ainsi, les ILs sont challengés par de nouveaux solvants nommés les « Deep Eutectic Solvent » (DES) (figure1). Les DES possèdent des propriétés similaires à celles des ILs, mais se

caractérisent par un faible pouvoir toxique, un faible coût de production et par leur condition biodégradable². Ces propriétés leur ont valu d'être nommés les « low-costs » des ILs. Ainsi, de par leur large éventail d'applications, ces solvants sonnent comme une réponse intéressante aux différentes exigences industrielles. Les DES sont formés par une liaison créée entre deux composants chimiques : un composé organique et un sel halogénure. Ils peuvent également être composés de molécule naturelle, notamment des sucres, ce qui amène à une nouvelle classe de solvants, les « Natural Deep Eutectic Solvent » (NADES) (figure 1). L'émergence de cette classe de solvants, a beaucoup intéressé les industriels, se traduisant par l'apparition de nombreux brevets, comme celui du groupe Naturex, qui synthétise des produits biomimétiques à base de NADES.

Sur le même principe que les ILs, les NADES sont formés de deux ou plusieurs composés, liés entre-eux par des interactions nommées les « interactions de Van Der Waal ». Ces NADES possèdent des propriétés équivalentes à celles des DES, mais ont l'avantage d'être naturels. Plusieurs études ont découvert un lien entre ce solvant et certaines réactions physiologiques encore inexpliquées. Les organismes vivants sont composés de deux phases : les lipides et l'eau, mais il y en aurait une 3^{ème}, qui serait les NADES³. Ainsi, ces nouveaux solvants joueraient un rôle dans le changement d'état des plantes, afin d'assurer leurs survies, en particulier lorsqu'elles se trouvent dans des conditions extrêmes de froid ou de sécheresse.

Issus de composés naturels, les NADES donnent la possibilité de créer des solvants sur mesure ayant un champ d'application très large et qui répondent aux enjeux actuels. La captation du CO₂ par les NADES est une piste sérieuse en exploration.

Les micro-algues : processus naturel capteur et consommateur de CO₂.

Une réaction photosynthétique contrôlée et réalisée par les plantes est l'une des pistes les plus sérieuses pour atténuer les émissions de gaz à effets de serres. En effet, ce processus présent chez les plantes permet de capter le CO₂ atmosphérique et de le transformer principalement en O₂. Diverses méthodes - par exemple des bassins ouverts - ont été développées pour cultiver et isoler ces micro-algues. Mais ces systèmes sont sensibles à la perte de CO₂ et ont des difficultés à maintenir les conditions de culture idéales. Ainsi l'utilisation de NADES et de micro-algues confinés dans un même système, nommé photobioréacteur, offre des perspectives prometteuses⁴. Alors que les NADES captent le CO₂, la culture d'algue le consomme. Ce système permet de contrôler les conditions environnementales, et de garantir une distribution et une répartition de CO₂ régulières sur toute la surface disponible.

L'université de Rennes 1 s'est penchée sur ces recherches et a créé un partenariat avec l'université de Malaisie UTP, dont l'activité principale est la gestion d'hydrocarbures et la gestion des contaminants. Cette collaboration permet à l'UTP de Malaisie de bénéficier du savoir-faire de l'université de Rennes 1, qui en retour bénéficie de moyens financiers, matériels et humains. Ensemble, ils souhaitent mettre en place, à l'échelle industrielle, un photobioréacteur.

Des questions restent en suspens.

A ce jour, les scientifiques rencontrent des difficultés pour étudier les NADES. En effet, il est nécessaire de connaître de manière exhaustive leurs propriétés et leurs structures afin d'obtenir le NADES optimal à la captation de gros tonnages de CO₂.

Mais attention, le stocker n'est pas suffisant, il est également important de le consommer. Ainsi, la photosynthèse est le

processus naturel de consommation de CO₂ qui inspire les scientifiques. C'est pourquoi le choix des micro-algues est primordial. Il faut qu'elles puissent résister à de très haut volume de CO₂. Des études ont montré que *Chlorella sp*⁵ peut survivre à 40 % de CO₂, à 30°C, et dans un environnement très acide. C'est une piste qui nécessite d'autres études, afin de confirmer ces résultats scientifiques.

La découverte des NADES et leur potentiel de captation de CO₂ est une piste très encourageante pour la dépollution atmosphérique. Toutefois, il reste encore beaucoup de travail pour adapter les photobioréacteurs à l'échelle industrielle et pour les rendre économiquement viable. La détermination des conditions optimales d'absorption et de consommation de CO₂, à

savoir le type de NADES et de micro-algues, restent également en suspens. En effet, les micro-algues quand elles respirent, produisent un peu de CO₂. Des calculs sont en cours pour approfondir les connaissances à ce sujet, à savoir si elles en produisent plus qu'elles en consomment. Affaire à suivre !

Frédérique Bouedo, 11 Mars 2018

A PROPOS

frederique.bouedo@gmail.com

Master 2 Biologie-Gestion et Marketing

Université de Rennes 2

Synthèse encadrée par : Ludovic Paquin

¹ Walden, P., **1914**. *Molecular weights and electrical conductivity of several fused salts*. Bull. Russ. Acad. Sci. 405–422.

² Paiva, A., Craveiro, R., Aroso, I., Martins, M., Reis, R.L., Duarte, A.R.C., **2014**. *Natural Deep Eutectic Solvents – Solvents for the 21st Century*. ACS Sustain. Chem. Eng. 2, 1063–1071.

³ Zhang, Q., De Oliveira Vigier, K., Royer, S., Jérôme, F., **2012**. *Deep eutectic solvents: syntheses, properties and applications*. Chem. Soc. Rev. 41, 7108–7146.

⁴ Rahaman, M.S.A., Cheng, L.-H., Xu, X.-H., Zhang, L., Chen, H.-L., **2011**. *A review of carbon dioxide capture and utilization by membrane integrated microalgal cultivation processes*. Renew. Sustain. Energy Rev. 15, 4002–4012.

⁵ *Chlorella sp* : algues unicellulaires d'eau douce.