

# CONCERTATION PRÉALABLE

Concertation préalable du 22 mai au 21 juillet 2023

Réunion publique #2 DUNKERQUE

« Conférence : Réutilisation et stockage définitif de CO<sub>2</sub> »

- **ULCO Université du Littoral Côte d'Opale Amphi VERSCHAVE**  
Jeudi 1<sup>er</sup> juin 2023 - 18h00

Nombre total de participants : 60

- en présentiel : 50
- en distanciel : 10

Échanges avec la salle

- Questions orales : 8
- Questions internautes : 0

Les intervenants

- Yves BORACCINO, Directeur du site Chaux et Dolomies du Boulonnais - LHOIST
- Sylvain CODRON, Coordonnateur Environnement - EQIOM
- Luc COUSIN, Directeur technique et projet - EQIOM
- Ovidiu BALOG, Directeur grandes industries - AIR LIQUIDE FRANCE INDUSTRIE
- Tudy BERNIER, Senior Policy Manager - CO<sub>2</sub>Value
- Renaud COUSIN, Professeur, Unité de Chimie Environnementale et interactions sur le Vivant (UCEiV), MREI - Université du Littoral - Côte d'Opale (ULCO)
- Isabelle CZERNICHOWSKI-LAURIOL, Ingénieure géologue et Docteure en géoscience, ex BRGM sur la partie stockage définitif du CO<sub>2</sub>
- Frédéric MOTTE, Conseiller régional délégué à la « Transformation de l'économie régionale », Président de la mission Rev3

Les garants CNDP

- Jean-Michel STIEVENARD
- Jean Raymond WATTIEZ

L'animateur modérateur

- Simon BLEAU, agence Parimage

## **M. Simon BLEAU, animateur 00:00:00**

Bonsoir à tous. Merci de votre présence à cette réunion sur la démarche Cap Décarbonation. Je suis Simon Bleau, assistant des maîtres d'ouvrage pour l'organisation de cette concertation et animateur de notre soirée. Avant de commencer, je tenais à remercier l'Université du Littoral Côte d'Opale de nous accueillir et je prie Monsieur Arnaud Cuisset, Vice-président délégué aux grands projets de l'Université, de venir nous faire un petit mot d'accueil.

## **Professeur Arnaud CUISSET, Vice-président délégué aux grands projets de l'ULCO 00:00:26**

Bonsoir à tous. Au nom de de l'équipe de direction Université du littoral Côte d'Opale, nous sommes vraiment ravis de vous accueillir ce soir pour cette conférence débat public autour de la thématique de la décarbonation, une thématique qui nous est chère. Dans notre territoire, le site industrialo-portuaire de Dunkerque, c'est 20% des émissions de CO<sub>2</sub> industrielles pour un dix millième du territoire national. Donc on est vraiment dans un territoire concerné par la problématique et qui a enclenché via un travail commun, des entreprises, des collectivités mais aussi du monde académique, et je vais vous en parler, le processus vers la décarbonation. Alors, on est vraiment ravis de vous accueillir pour cette conférence débat public autour des technologies d'utilisation et du stockage du CO<sub>2</sub>.

Moi, je veux juste vous dire quelques mots, peut-être une petite actualité : L'ULCO s'est engagée à porter un projet d'appel à manifestation d'intérêt « Compétences et métiers d'avenir » qui s'appelle CDCID. CDCID c'est l'acronyme de Centre de Développement de Compétences pour une Industrie Décarbonée. On a travaillé depuis un an et demi sur ce projet pour essayer de faire du dunkerquois, le territoire de référence en termes de formation aux métiers et aux compétences liées à la décarbonation. Et donc, nous avons créé un consortium avec les entreprises, opérateurs de formation et notamment Arcelor avec le Digital lab, qui est juste à côté, Total Énergies avec son centre OLEUM, l'AFPA avec son incubateur à Hydrogène, les collectivités territoriales, la Communauté Urbaine de Dunkerque, la Chambre de Commerce et d'Industrie, le GIP ERA Energie. Tous ensemble, on a créé ce projet de formation et je peux vous dire aujourd'hui que nous allons être lauréat de cet AMI. Ça va être annoncé le 7 juin à Paris par la Ministre. On va accompagner les industriels pour essayer de former, de répondre à la demande en termes de métiers et de compétences dans une approche très systémique, du Bac-3 jusqu'au Bac +8 autour de la décarbonation industrielle.

Et aussi 3 rendez-vous : le 21 juin dans le même amphithéâtre, à l'initiative du CESER et des 5 universités, dont l'Université du Littoral Côte d'Opale, Université Picardie Jules Verne, Université d'Artois, Université de Lille et UPH Valenciennes. Nous organisons des rencontres universités-entreprises. Donc le 21 juin, toute la journée, on va vous montrer des *success story* entre la recherche académique et des partenariats public-privé. Et aussi, on exposera un petit peu les dispositifs qui permettent ces partenariats ; le 20 septembre, on sera la veille des rencontres CO<sub>2</sub> et de la fabuleuse *Factory* sur Dunkerque et, on va profiter de cette journée justement pour lancer le projet CDCID (Centre de Développement de Compétences pour une Industrie Décarbonée). Si vous voulez découvrir un petit peu ce que va être ce projet, comment on va construire sur Dunkerque une « décarbo Industrie Académie », prenez note, ça sera le 20 septembre, toujours ici, à Dunkerque. Et puis on a eu une autre commande cette fois-ci, qui vient de REV3. On a été choisi, Dunkerque, pour organiser le 9 novembre un séminaire REV3. Ce séminaire REV3 va s'appuyer sur la dynamique dunkerquoise autour de la décarbonation des mobilités et de la décarbonation de l'industrie avec 2 tables rondes. L'une le matin et l'autre l'après-midi, donc là, c'est bien toute la journée. Le matin, ça sera dédié à essayer de voir un petit peu, de parler de l'attractivité économique d'un territoire autour de la décarbonation et l'après-midi, on travaillera plus sur le volet ressources humaines et attractivité emploi. Je vous souhaite à toutes et à tous, une excellente soirée et un bon débat.

**M. Simon BLEAU, animateur 00:05:11**

Merci Monsieur Cuisset. Félicitations. (*Applaudissements de la salle*)

Je vais vous présenter rapidement le programme de la soirée qui sera en trois temps : d'abord une présentation rapide de ce qu'est Cap Décarbonation. Nous aurons ensuite une présentation sur les enjeux de la réutilisation du dioxyde de carbone, et plus précisément, plusieurs présentations. Et puis enfin, un dernier temps, qui sera dédié aux enjeux du stockage définitif de dioxyde de carbone. Nous aurons régulièrement des temps d'échanges pour rythmer cette présentation.

Avant de poursuivre également quelques principes sur la réunion de ce soir : d'abord, je vous invite évidemment à la bienveillance et à l'écoute entre toutes les personnes présentes à la tribune, en salle, mais aussi en ligne puisque cette réunion est retransmise en ligne et nous avons quelques personnes qui sont connectées et qui nous suivent. Et également, la concision des interventions et des questions courtes, des réponses également synthétiques pour que tout le monde ait le temps de s'exprimer ce soir.

Je vous informe également que cette réunion est à la fois retransmise en ligne actuellement, devant une petite dizaine de personnes et elle est également enregistrée et ceci afin d'établir un verbatim. C'est un des principes de la concertation, la transparence des échanges, et ce verbatim sera mis en ligne sur le site internet dans les jours à venir.

Et puis pour les participants qui nous suivent en ligne sur Zoom, la conversation est ouverte et vous pourrez pendant les temps d'échanges, lever la main pour prendre la parole et on pourra vous voir en salle. Voilà, pour terminer de poser le cadre de cette réunion, je vais inviter nos garants, Monsieur Stiévenard et Monsieur Wattier, à nous présenter le cadre de cette concertation. Messieurs, vous pouvez vous asseoir, si vous le souhaitez.

**M. Jean-Michel STIEVENARD, garant de la CNDP 00:07:11**

Nous avons été chargés, Jean-Raymond Wattier et moi-même par la Commission nationale du débat public, de garantir ce débat. On va vous expliquer les conditions un peu juridiques de cette intervention, mais c'est une manière de dire que dès lors qu'un projet touche profondément l'environnement, il est nécessaire que les citoyens soient informés bien en amont du projet, bien avant que la décision ne soit effectivement prise et que ces citoyens informés, puissent intervenir, interpellier, modifier, améliorer le projet et c'est ce que nous faisons, c'est ce que nous sommes chargés de garantir.

Alors bien entendu, sur le territoire de Dunkerque, les débats publics se succèdent et sont souvent concomitants d'ailleurs. Il y en a un qui va se conclure la semaine prochaine, c'est celui d'Arcelor où la CNDP va valider le rapport à la fois des garants et le rapport du maître d'ouvrage. Il y a celui sur lequel nous sommes tous les deux, le projet de décarbonation dans ce cadre qui va être rappelé. Il y a le projet VERKOR sur lequel mon collègue était lui-même garant. Et puis il y en a un autre qui est en train de se préparer pour la rentrée sur la nouvelle usine de la nouvelle giga Factory, dont le projet a été annoncé il y a quelques jours seulement.

Pour ceux qui étaient là il y a 2 ans, il y a eu le débat sur le parc éolien, il y a eu le débat sur les transformations du port de Dunkerque il y a un peu plus longtemps donc vous êtes habitués à ces débats et nous avons hier une séance de travail avec notre nouveau Président qui s'appelle Marc Papinutti, qui vient d'être nommé à la place de Chantal Jouanno, qui a été nommé la semaine dernière et il a repéré immédiatement le foisonnement d'initiatives qui existait sur le territoire dunkerquois et il s'est proposé de faire sa première sortie publique ici pour prendre connaissance des différents projets qui sont garantis par nous.

**M. Jean-Raymond WATTIEZ, garant de la CNDP 00:09:53**

Merci à l'Université du Littoral et la Côte d'Opale de nous accueillir. En tant que juriste, j'aime bien rappeler un petit peu les tenants et aboutissants de la concertation du public. Bon, ce soir, on va certainement entendre des dates qui vont nous projeter dans un avenir proche. On va entendre que, par exemple, il y a un objectif en 2050 d'être en zéro émission. On sait aussi qu'il va y avoir une réforme des quotas de CO<sub>2</sub> et j'ai envie de vous dire que le principe de participation du public sur les sujets qui touchent à l'environnement est un principe qui n'est pas de l'actualité très récente avec la nouvelle présidence de la Commission nationale du débat public, mais qui remonte en fait aux années 1970 avec le Sommet de la Terre organisé par l'ONU à l'époque. Il y a eu depuis les années 1970 une vraie préoccupation sur les questions environnementales, et, pour garantir la préservation de l'environnement, de faire participer le public et de l'informer. Et puis ensuite on a en 1995 en France la Loi Barnier qui crée la Commission nationale du débat public. Et puis on avance encore un petit peu dans le temps, en 2002, la CNDP devient une Autorité Administrative Indépendante. Et puis en 2005, dans la Constitution de 1958, on a l'introduction de la Charte de l'environnement et donc ce droit que le public a de participer à la décision sur les projets qui ont des impacts notables, c'est ce qui est dit dans le Code de l'environnement, donc impacts notables sur l'environnement, ce droit à la participation est aujourd'hui protégé par la Constitution à travers la Charte de l'environnement, et plus précisément à travers son Article 7. Le droit à la participation et aussi un droit à l'information. Et puis je refais un petit flashback sur la Convention d'Aarhus, qui est une convention internationale de 1998. Cette Convention dit droit à l'information, droit à la participation, aux décisions et aussi, accès à la justice sur les questions qui touchent l'environnement. Voilà un petit rappel, je pense, pas inutile dans une enceinte universitaire. Et bravo aux étudiants qui ont pu trouver du temps pour participer à ce débat.

#### **M. Simon BLEAU, animateur 00:12:58**

Merci Messieurs. Je vous invite à regagner la salle et puis je vais demander aux représentants des maîtres d'ouvrage de bien vouloir nous rejoindre en scène. Et avant de leur donner la parole, nous allons vous vous proposer un film pour vous expliquer ce qu'est cette démarche Cap Décarbonation.

#### **Film 00:13:30**

#### **M. Simon BLEAU, animateur 00:20:21**

Alors peut-être quelques mots des maîtres d'ouvrage pour venir compléter cette présentation, en commençant par vous, Monsieur Boraccino.

#### **M. Yves BORACCINO, Directeur du site Chaux et Dolomies du Boulonnais – LHOIST 00:20:30**

Bonjour à toutes et tous. Yves Boraccino, je suis le Directeur du site de Chaux et Dolomies du Boulonnais groupe Lhoist à Réty.

Comme vous avez pu le voir dans le film, l'industrie de la chaux et l'industrie du ciment sont fortement émettrices de CO<sub>2</sub>. Vous avez eu les ratios qui sont cités dans le film.

D'où provient ce CO<sub>2</sub> ? À peu près 30 à 40 % du CO<sub>2</sub> provient des combustibles qui sont utilisés pour amener ces éléments minéraux, notamment les matières premières qui vont permettre de produire la chaux et le ciment, les amener à une température à laquelle les réactions chimiques vont se réaliser. Cette chaleur est apportée par des combustibles généralement fossiles, d'où les émissions de CO<sub>2</sub> liées à ces combustibles. Il est possible de réduire ces émissions en modifiant le mix combustible et en ayant recours notamment à des combustibles alternatifs et la biomasse qui est neutre au niveau émission carbone. En revanche, le reste des émissions donc c'est la majorité, la majeure partie, 60 à 70 %, est

directement liée à la réaction chimique des produits minéraux. On parle là d'émissions qui sont inévitables et donc éviter que ce CO<sub>2</sub> ne soit émis dans l'atmosphère nécessite obligatoirement un procédé de captage et ensuite de séquestration en zone géologique profonde. Je passe la parole à Sylvain Codron.

#### **M. Sylvain CODRON, Coordonnateur Environnement – EQUIOM 00:22:04**

Sylvain Codron, Responsable environnement Eqiom, sur tous les sites ciment en France. Comme le disait Yves, on a des premières actions qui sont l'efficacité énergétique, c'est ce qu'on est en train de faire à Lumbres avec une première partie de projet ; la phase 1 du projet K6 qui est d'améliorer l'efficacité énergétique de nos fours, avec un nouveau four sur Lumbres – Lumbres est à 50 km d'ici à peu près, à côté de Saint-Omer - et de manière à, en tout cas avec cette nouvelle technologie, aussi mieux concentrer le CO<sub>2</sub>. C'est une technologie dite à oxycombustion donc qui permet de mieux concentrer le CO<sub>2</sub> dans nos gaz en cheminées rejetés. Lorsqu'on a ces gaz concentrés en cheminée, il faut encore les concentrer pour les capter et donc c'est ce projet phase 2 qu'on développe, donc de capture du CO<sub>2</sub> dans les fumées du nouveau four avec la technologie *Cryocap*<sup>TM</sup> que présentera Air Liquide dans un second temps.

Une fois capté, purifié et préparé pour le transport, on va transférer le CO<sub>2</sub> par canalisation, en tout cas, c'est le projet qu'on présente aujourd'hui, de manière à remettre le carbone dans le sol. Le carbone dont on vient de parler, qu'on a retiré du sol au travers du calcaire, l'objectif, c'est de le remettre dans le sol, donc par des puits de carbone géologique, de manière à ce qu'il soit piégé définitivement et qu'il ne soit pas dans l'air ambiant. En étant capté, stocké, on évitera pour ces émissions-là, les influences sur le changement climatique qui est l'objet-même et l'essence-même de nos projets.

Cap Décarbonation, c'est trois projets complémentaires, donc CaICC pour Chaux et Dolomies, K6 phase 2 pour Eqiom et D'Artagnan pour Air Liquide France Industrie, de manière à, comme on le voit sur le slide et comme ça a été évoqué dans le film, se retrouver dans un périmètre où on capte, on transporte, on prépare de manière à ensuite le transférer pour le puit de carbone géologique qu'on envisage en mer du Nord. Plusieurs sites existent et donc ça c'est la phase à la sortie de Dunkerque, de transfert vers un des sites aujourd'hui existants ou en projet sur la mer du Nord. Et éventuellement, dans le futur, parce qu'aujourd'hui ce n'est pas totalement mature, une réutilisation du CO<sub>2</sub> dans diverses productions et on resterait cette fois-ci en France plutôt que de le transférer en mer du Nord.

#### **M. Ovidiu BALOG, Directeur grandes industries - AIR LIQUIDE FRANCE INDUSTRIE 00:25:22**

Bonsoir tout le monde. Je m'appelle Ovidiu Balog. Je travaille pour la société Air Liquide France Industrie ; je travaille au sein du service commercial et j'accompagne dans la région Hauts-de-France, les développements concernant la transition énergétique. Donc, comme vous l'avez vu dans le film, sous la bannière Cap Décarbonation, on trouve trois projets.

Donc ces projets ont un planning concomitant qui se déploie sur 5 ans avec une première étape de 2 ans pendant laquelle on va avoir justement la concertation qui est en cours et qui va se poursuivre encore toute l'année prochaine, puisque le site internet sera encore ouvert et les gens pourront y poser leurs avis.

Également en 2024, lors de cette première étape, on aura toute la partie d'instruction des dossiers d'autorisation et en parallèle, ce qu'on ne voit pas sur ce planning qui représente essentiellement le chemin critique, il y a également des études techniques et environnementales pour essayer d'évaluer les enjeux ; les enjeux environnementaux mais aussi des sujets plus projets donc, comme le capex et l'opex de ce développement. Et à l'issue de cette première étape de 2 ans, on devrait arriver à un jalon très important pour les maîtres d'ouvrage, qui est celui de la décision d'investissement. Si effectivement l'ensemble des conditions est favorable, à ce moment-là, les maîtres d'ouvrage vont bien évidemment

passer à l'étape suivante qui concerne la phase de travaux, qui elle va se poursuivre sur 3 ans, pour arriver fin 2027 au captage des premières molécules. Enfin, la mise en route des installations et le captage des premières molécules de CO<sub>2</sub>.

**M. Simon BLEAU, animateur 00:27:27**

Merci Monsieur de nous avoir de nous avoir présenté le contexte. Je préciserai que dans Cap Décarbonation, vous l'avez compris, il y a Chaux et Dolomies du Boulonnais du groupe Lhoist, il y a Eqiom, il y a Air Liquide France Industrie, il y a deux autres maîtres d'ouvrage qui sont dans la salle également ce soir et qui pourront répondre à vos éventuelles questions. Donc il y a Dunkerque LNG, exploitant du terminal méthanier à Dunkerque et également RTE qui assure les raccordements électriques de deux des trois projets.

Monsieur Frédéric Motte, vous souhaitez peut-être dire quelques mots également pour nous apporter le point de vue de la région Hauts-de-France sur ce projet ?

**M. Frédéric Motte, Conseiller régional délégué à la « transformation de l'économie régionale », Président de la mission Rev3 00:28:03**

Je tenais à vous remercier de me donner la parole, de donner la parole indirectement au territoire. Je suis Frédéric Motte. Je suis Conseiller régional des Hauts-de-France et Xavier Bertrand m'a confié la mission de présider ce qu'on appelle la mission Rev3. C'est l'ambition de développement durable dans les Hauts-de-France. Merci de donner la place au territoire parce qu'on a beau avoir la plus belle des usines, si elle est au milieu d'un désert, ça ne fonctionnera jamais. Une entreprise, elle est placée dans un territoire. Il y a des interactions avec des habitants, il y a des problématiques de logement, d'environnement, de mobilité, etc. Et je trouve que de ce point de vue-là, cet exercice est tout à fait intéressant. De plus, il y a ce double symbole, vous l'avez évoqué tout à l'heure, c'est de le faire à Dunkerque - on est véritablement dans un territoire qui en train de se transformer ; c'est à la fois époustouflant ; c'est enthousiasmant. On a envie de vivre cette aventure collective - et puis de le faire dans une université, quel beau symbole : on parle quand même de l'avenir. Il y a du 2027. C'est de sauvegarder notre planète pour les années à venir. C'est avec vous les jeunes, qu'on va le construire et donc de faire ça ici, je trouve que c'était un formidable symbole.

Je vous le disais, Xavier Bertrand m'a confié ce qu'on appelle donc cette mission Rev3. L'ambition de Rev3, c'est de partir d'un constat qu'on fait ici : C'est qu'on doit impérativement gérer une transition énergétique pour avoir des énergies décarbonées. On doit faire face à une transformation, une révolution technologique. On en voyait ici tout à l'heure, dans vos slides, mais c'est l'intelligence artificielle, les objets connectés, etc. C'est en train de revisiter toutes les entreprises et c'est aussi, ça ouvre le champ des possibles sur des nouveaux modèles économiques. Je pense à l'économie circulaire. Elle existe depuis toujours, mais on peut complètement la réinventer et vous en êtes un bel exemple grâce à cette transformation technologique.

La troisième transition, transformation, révolution à gérer, c'est l'écologie. Évidemment, il faut qu'on soit vigilant, la biodiversité, parfois elle souffre ; les ressources naturelles, elles ne sont pas inépuisables ; le foncier non plus. Et donc on doit le prendre en compte.

Et puis la quatrième transition, c'est la transition des usages, des transitions sociétales, la façon dont tout un chacun vous, moi, on se déplace, on se nourrit, on se loge, on se distrait. C'est en train de revisiter toutes nos organisations.

Et de ces quatre transitions, nous, on s'est dit, il faut en faire une opportunité. C'est une opportunité pour notre jeunesse, mais pour tous les habitants, pour créer de la fierté, pour créer du sentiment d'appartenance, pour créer de l'attractivité aussi pour nos territoires. Tout ça, ce n'est pas du repli sur

soi, ça doit créer de l'activité et de l'emploi et là, on en a des bons exemples. Je dis toujours on a trois défis principaux à relever : Le premier, c'est l'urgence du passage à l'acte.

Le deuxième défi, c'est la massification. Une initiative individuelle, c'est bien, mais je passe souvent l'image de ceux qui connaissent les notions de développement durable. On fait souvent la comparaison avec le petit colibri de Pierre Rabhi qui allait éteindre un incendie en prenant une goutte d'eau. J'ai coutume de dire oui, on continue le colibri, mais tous ensemble, il faut qu'on passe à la méthode « Canadair », sinon on ne va jamais y arriver. Donc il faut accélérer, il faut massifier.

Et puis, troisième défi, c'est celui de l'appropriation citoyenne. Si on fait ces transitions entre ingénieurs, entre entrepreneurs et universitaires, c'est bien, mais ça risque de nous sauter à la figure parce qu'il faut véritablement entraîner tout le monde. Il faut que tous nos habitants, tous nos territoires, toutes nos classes d'âge, de formation et autres, se disent : Oui dans ces transitions, il y a une opportunité pour que moi, j'y trouve ma place. Et donc on doit être extrêmement attentif à justement à la communication, la formation, l'information. Aujourd'hui, c'est évidemment un bel exemple.

Dans ces défis des transitions, on en a identifié plusieurs. Je voudrais revenir sur deux qui vous concernent ici. La première, c'est le mix énergétique. Il faut absolument qu'on trouve ce mix d'énergies décarbonées et c'est ce qui est en train de se faire ici. C'est sur la région des Hauts-de-France, on n'est plutôt pas mauvais. On est la plus grosse centrale, la plus importante centrale nucléaire. On est les premiers en éolien, premiers en méthanisation, la première en gaz de mines, la première sur des projets autour de l'hydrogène pour construire ce mix. Et ça, c'est important ; c'est qu'il n'y a pas de solution miracle. Il n'y a pas une solution qui a tout sauvé. Donc c'est forcément de construire ce mix qui va bien.

Et le deuxième défi que l'on identifie nous, parmi les deuxièmes filières, c'est la décarbonation de l'industrie. Parce que dans la région des Hauts-de-France, je vous le disais, nous ces transitions, ça doit rimer avec activité, avec emploi et donc ici, on aime l'entreprise, on aime l'industrie. Mais oui, l'industrie, elle doit se revisiter de toute façon, sinon elle va mourir. L'industrie ou toute entreprise qui n'intègre pas ces enjeux, je suis un peu cru, mais elle va mourir parce que les banquiers ne la financeront plus, parce que les jeunes ne voudront plus aller travailler dans son entreprise et parce que les clients n'achèteront plus leurs produits. Donc il y a une vraie nécessité de survie. C'est aussi pourquoi on voit l'accélération nonobstant les éléments de contraintes et autres.

Pour mettre ça en œuvre, moi je dis toujours, ces transitions, on va les gérer avec deux jambes. La première jambe, c'est bien évidemment nos comportements de tout un chacun et la notion de sobriété n'est pas à mettre de côté, bien au contraire. Quand vous la multipliez et autre, ça fait des vrais effets. Mais la deuxième, c'est l'innovation et donc c'est de jouer sur les deux. Il y a de l'innovation de court terme, de moyen terme et de long terme. Il y en a qui vous promettent des révolutions énergétiques, etc, mais c'est dans 20 ou 30 ans. Nous, on veut déjà démarrer maintenant. Ce qui compte, là, c'est d'envoyer le stock le plus faible possible là-haut et donc, j'ai coutume de dire : Pour l'instant, il faut faire avec ce qu'on a sur l'étagère et ce qu'on a sur l'étagère, on sait que l'enfouissement du CO<sub>2</sub>, vous l'avez dit dans votre film, et vous aussi, c'est éprouvé depuis de nombreuses années. Il y a déjà un certain nombre de pays qui le font. Donc on sait que ça marche donc résolument, il faut y aller.

Peut-être que dans 20 ans on fera autre chose, mais en tout cas à court terme, si on veut avancer, il faut intégrer ces enjeux-là.

Xavier Bertrand a une petite maxime qui est de dire, ce ne sont pas les élus qui créent les emplois, mais ce sont les entreprises - et nous, notre job, c'est de créer l'environnement favorable parce que toutes ces transitions, elles vont se résoudre sur le terrain, dans les entreprises, dans les collectivités. Nous, on veut être facilitateur. C'est pour ça qu'on a pu accompagner ces entreprises parce que la Région instruit les fonds européens pour les accompagner. Ce sont les enjeux de formation, ça a été évoqué tout à l'heure et avec l'ULCO aussi. Et donc nous Région, comme on a une délégation là-dessus, et bien c'est d'accompagner le monde universitaire avec la phase qu'on a pu faire sur l'hydrogène et autre. Nous on va être là pour mettre en place l'écosystème qui va bien pour que ces entreprises puissent se créer, se développer, se transformer et puis créer - je terminerai là-dessus, ce que je vous évoquais en introduction - parce que derrière toutes ces transitions, oui il y a cette ambition qu'on a, d'avoir un

territoire qui soit plus durable et plus solidaire et qui permette de développer cette fierté, ce sentiment d'appartenance, cette activité, cet emploi, cette espérance pour notre jeunesse puisqu'il y a quelques jeunes qui sont avec nous. Merci.

**M. Simon BLEAU, animateur 00:35:35**

Merci Monsieur Motte. Alors peut-être, avant de rentrer dans un des deux grands thèmes de notre soirée, à savoir la réutilisation et le stockage, est-ce que vous avez d'ores et déjà des questions sur cette démarche Cap Décarbonation ou sur la concertation préalable ? Si vous avez des questions, je vous invite à lever la main aussi bien pour les personnes en salle que pour les personnes en ligne de façon plus virtuelle cette fois ou est-ce qu'on s'attaque tout de suite à la réutilisation du CO<sub>2</sub> ?

Pas de question. Dans ce cas-là, je vous propose de passer aux enjeux de la réutilisation du CO<sub>2</sub>. Je vais inviter Monsieur Renaud Cousin à nous rejoindre sur le plateau, Professeur à l'Université du Littoral Côte d'Opale ; un autre Monsieur Cousin, Directeur technique d'Eqiom et Directeur du programme K6 et nous avons également à distance Monsieur Tudy Bernier de CO<sub>2</sub> Value Europe.

Nous allons d'ailleurs commencer par vous, Monsieur Tudy Bernier, vous êtes Senior Policy à CO<sub>2</sub> Value Europe et vous allez nous présenter un peu le contexte global de la réutilisation du dioxyde de carbone : Quelles opportunités et quel cadre ? Je vous en prie.

**M. Tudy BERNIER, Senior Policy Manager – CO2 Value Europe 00:37:14**

Merci beaucoup pour votre invitation. Bonjour à toutes et tous. Je suis ravi de participer et désolé de ne pas être là en présentiel.

Je travaille pour une association européenne qui s'appelle CO<sub>2</sub> Value Europe et en fait on travaille sur les projets de CCU. Donc CCU, ça veut dire la capture du carbone et son utilisation donc en anglais c'est *Carbon Capture and Utilization*. Je vais vous présenter un petit peu ce qui se passe au niveau européen et le concept en tant que tel et ce qu'il implique.

On part d'un constat commun et ça a déjà été évoqué : Ce sont bien les activités humaines qui sont responsables du réchauffement climatique et notamment les émissions de CO<sub>2</sub>. Et donc, ce qu'il faut faire, ce que vous avez déjà entendu dans les présentations précédentes, c'est le fait de limiter le CO<sub>2</sub> qui est émis. Enfin, c'est le fait de le stocker si on peut ou éventuellement le réutiliser et je vais essayer de vous expliquer comment.

On a entendu déjà parler dans les différentes interventions de la notion de décarbonation qui est vraiment au cœur du débat public et qui est extrêmement importante puisque la logique de la décarbonation, c'est le fait de dire, il faut remplacer notamment les carburants et les ressources fossiles qu'on utilise par des alternatives qui sont renouvelables ou bas carbone. Et c'est évident que la décarbonation est au cœur de la lutte contre les changements climatiques.

A CO<sub>2</sub> Value Europe, on a deux éléments qu'on aime bien mettre sous les radars des gens avec qui on discute, c'est le fait que, un, on a certaines activités, vous l'avez entendu et vous l'avez vu dans la vidéo, qui sont difficiles à décarboner. Alors non seulement dans les secteurs industriels comme le ciment, la chaux, l'acier, les produits chimiques, mais également, dans certains secteurs des transports. On peut penser notamment à l'aviation, au transport maritime et dans une certaine mesure au transport routier où là, c'est difficile d'avoir des alternatives. Pour vous donner une idée, avoir un avion électrique aujourd'hui, c'est compliqué donc il faut trouver des alternatives pour ces industries et pour ces secteurs qui sont difficiles à décarboner.

Le deuxième élément à avoir en tête, c'est le fait qu'on a un certain nombre de produits qui sont faits à partir de carbone dans notre société actuellement. On peut penser notamment aux produits chimiques, aux plastiques et la question c'est de savoir, d'où va venir ce carbone dans le futur ? Est-ce qu'on va utiliser des ressources fossiles supplémentaires, en utilisant par exemple du pétrole ou du gaz,

ou bien est-ce qu'on peut réutiliser le CO<sub>2</sub> inévitable comme par exemple de la production de la chaux et du ciment dont vous avez entendu parler dans la vidéo, et le valoriser ? Donc c'est pour ça qu'une des notions que l'on met en avant c'est, en plus de la décarbonation, c'est la notion de dé-fossilisation. Ça veut dire remplacer les ressources fossiles par des ressources non fossiles et par exemple, basées sur le recyclage de CO<sub>2</sub>.

Alors voilà, à CO<sub>2</sub> Value Europe - on est basé à Bruxelles, en Belgique - et on fait la promotion de ce concept de CCU et des projets qui s'organisent autour du CCU. Cette notion de CCU est un concept qui recouvre tous les processus qui permettent de capturer le CO<sub>2</sub>, soit depuis les fumées industrielles, soit directement de l'atmosphère et de le convertir en produit à valeur ajoutée. La première phase, la phase de capture, c'est la même entre le stockage géologique ou le CCU. Par contre dans le cadre du CCU, on va pouvoir valoriser ce CO<sub>2</sub> qu'on a capté. Il y a trois façons de la faire.

La première façon, c'est d'en faire ce qu'on appelle des carburants renouvelables ou des carburants bas carbone. Sans aller dans le détail, la logique c'est de produire de l'hydrogène à partir d'énergies renouvelables ou d'énergies bas carbone. Cet hydrogène, on va le combiner avec le CO<sub>2</sub> qu'on a capté et on va en faire des carburants qui sont utilisables en l'état. On appelle ça en anglais des *drop and solution* - ça veut dire des carburants qui sont utilisables en l'état ; qu'on peut utiliser dans les infrastructures actuelles. Par exemple, dans l'aviation, dans le secteur maritime ou même dans des secteurs industriels, et pour permettre pour des industries qui sont difficiles, par exemple à les électrifier directement, on va pouvoir utiliser ces carburants renouvelables. La deuxième voie de valorisation, c'est de faire des produits chimiques. Donc, ici la logique c'est, on va réutiliser le CO<sub>2</sub> qu'on a capté comme une matière première en fait, comme un *fit stock* pour remplacer ce qui sinon vient de l'utilisation du pétrole ou d'autres ressources fossiles. Et puis on a une troisième voie de valorisation qui s'appelle la minéralisation et donc ici, l'idée c'est on fait réagir le CO<sub>2</sub> qu'on a capté avec des déchets réactifs par exemple, on fait avec du carbonate de calcium, ça c'est des produits de construction si vous voulez. On stocke par exemple du CO<sub>2</sub> dans des éléments de construction qu'on va pouvoir utiliser et dans ce troisième cas, le CO<sub>2</sub> est stocké de manière permanente, donc comme dans le cas du stockage géologique. Je vais revenir sur les deux premières voies de valorisation parce qu'il y a des éléments de complexité en plus à avoir en tête.

L'idée au cœur du CCU, c'est l'idée de circularité ; le fait que les émissions de carbone des uns puissent devenir la source de carbone des autres, et notamment le CO<sub>2</sub> qui est inévitable et qui va être produit dans le cadre de processus industriels ou comme celui de la production de la chaux ou du ciment.

La minéralisation du CO<sub>2</sub>, je l'ai déjà évoquée, un des éléments qui était vraiment intéressant, c'est cette notion de circularité ; la notion de réutiliser des déchets qu'on va pouvoir valoriser et dans lesquels on va pouvoir stocker du CO<sub>2</sub> pour en faire des éléments qu'on va pouvoir utiliser dans la construction, la notion de lutte contre le changement climatique, elle va aussi main dans la main avec d'autres éléments qu'il faut avoir en tête, comme par exemple la biodiversité. Donc c'est une approche holistique qu'il va falloir avoir sur ces différents éléments.

La couche supplémentaire de complexité dont je parlais dans le cadre du CCU, c'est que les technologies CCU, elles ne vont pas avoir le même impact selon le type de CO<sub>2</sub> qu'on utilise et selon le type de produit dans lequel on convertit ce CO<sub>2</sub>. Je ne vais pas aller dans trop de détails mais pour vous donner une idée, il y a trois types d'impact que doivent avoir les technologies CO<sub>2</sub> : La première, c'est de créer des produits qui sont réduits en carbone : si on capte du CO<sub>2</sub> industriel, on produit du kérosène renouvelable pour un avion et qu'on utilise ce kérosène, le CO<sub>2</sub> est réémis. Donc on l'a capté, on l'a converti et au moment où on l'utilise dans un avion, ce CO<sub>2</sub> est réémis. Dans ce cadre-là, on va avoir une réduction nette du CO<sub>2</sub> sur l'ensemble de la chaîne de valeur, mais on ne sera pas à zéro en CO<sub>2</sub>. Par contre, on aura utilisé le CO<sub>2</sub> pour trouver une solution par exemple pour l'aviation où il n'y a pas d'alternative.

Dans d'autres types de valorisation, on va avoir des produits qui seront neutres en carbone, c'est le cas par exemple de la minéralisation. On capte du CO<sub>2</sub>, on le stocke de manière permanente et donc du coup, le CO<sub>2</sub> n'est pas réémis. On peut aussi avoir des procédés, par exemple pour les carburants qui soient neutres en carbone. Mais à ce moment-là, il faut utiliser du CO<sub>2</sub> qu'on dit « biogénique », donc qui vient de la biomasse ou bien le capter directement dans l'air.

Il y a aussi la partie de retrait carbone de l'atmosphère mais ça n'est pas forcément le cœur du débat aujourd'hui. Donc si jamais vous avez des questions là-dessus, je serai ravi d'y répondre.

Sur le cadre européen et le cadre réglementaire : au niveau européen, il y a cet objectif de réduire de 55 % les émissions de CO<sub>2</sub> en Europe à Horizon 2030 par rapport à 1990. Il y a un paquet législatif qu'on appelle *Fit for 55* ou pour réduire de 55 % les émissions d'ici 2030. La grande majorité de ces législations a été adoptée maintenant au niveau européen. En fait, il y a des objectifs qui sont très ambitieux. On veut aller vers des énergies renouvelables et des énergies bas carbone. Il y a aussi des éléments, par exemple de quotas d'utilisation de ces carburants CCU Dont je vous parlais, notamment dans des secteurs comme l'aviation, le maritime ou dans l'industrie.

On a aussi des nouvelles incitations financières. Ça a été brièvement mentionné par un des intervenants, donc le système qu'on appelle ETS qui fait que si on stocke du CO<sub>2</sub> de manière permanente via la minéralisation, on n'a plus besoin, on ne va plus avoir besoin de payer pour le CO<sub>2</sub> puisqu'il n'a pas été émis, il a été stocké de manière permanente.

On a aussi des initiatives qui sont en discussion sur la partie produits chimiques qui sont encore un peu moins matures d'un point de vue législatif, mais qui sont en cours de discussion et en cours de négociation au niveau européen.

Ça a été aussi évoqué par Frédéric Motte dans l'intervention précédente, en fait, sur le changement climatique, on va avoir besoin de solutions différentes pour différents cas de figure. Et donc, l'utilisation d'énergies bas carbone, l'électrification directe de certains procédés, le recyclage, l'utilisation de carburants renouvelables, l'efficacité énergétique, ... Ce sont tous ces éléments qu'il va falloir avoir en tête et il n'y aura pas une seule solution. Ce ne sera pas simplement le stockage géologique ou simplement le CCU. Ce sera différentes solutions qu'il faudra adapter en fonction des contextes et en fonction des situations. Ce qu'il faut vraiment garder en tête, c'est qu'il faut une approche holistique des solutions, donc une approche où on prend tout en compte.

Et puis, un des éléments qui est intéressant dans la notion de capture du carbone et en particulier de CCU, c'est cette notion de symbiose industrielle, donc c'est-à-dire de faire que les entreprises doivent travailler ensemble en fait pour trouver des solutions et pour réduire, chacune d'entre elles, leur empreinte carbone.

Merci beaucoup de m'avoir invité et de m'avoir permis de faire cette présentation. J'attire simplement votre attention sur le fait qu'on a cette base de données qu'on a lancée avec le soutien de fonds européens, qui est une base de données qui regroupe tous les projets de CCU qui ont cours en Europe actuellement. On en a plus de deux cents qui sont référencés sur ces trois voies de valorisation dont je vous parlais. Je voulais vous mentionner ça en particulier pour vous dire que ce que je vous présente n'est pas théorique. Donc il y a un certain nombre d'enjeux et de contraintes qu'il faut prendre en compte, comme j'ai essayé de vous le décrire, mais on a des projets qui sont, qui ont lieu un peu partout en Europe avec différentes entreprises qui seront et qui sont investies dans ces projets-là, dont certaines qui sont présentes avec vous aujourd'hui, comme Lhoist. Si jamais ça vous intéresse, vous pouvez regarder cette base de données. Si vous avez des questions, je serais ravi d'y répondre. Merci beaucoup.

**M. Simon BLEAU, animateur** 00:47:43

Merci Monsieur. Je vais maintenant passer la parole à Monsieur Cousin, Professeur à l'Université Littorale Côte d'Opale, à l'Unité de Chimie Environnementale et interactions sur le Vivant. Et vous allez nous en dire un peu plus sur les travaux de recherche et développement sur ces enjeux de réutilisation.

**M. Renaud COUSIN, Professeur, Unité de Chimie Environnementale et interactions sur le Vivant (UCEIV), MREI - Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO)** 00:48:00

Oui merci. Je vais regrouper un peu des informations qui ont été dites précédemment, et on va essayer d'aller un peu plus loin. Tout d'abord, je vais me présenter : Je suis Professeur à l'Université du Littoral et bien sûr, comme on est enseignant, on a aussi une activité de recherche et dans ce cadre-là, je fais ma recherche au sein de l'Unité de Chimie Environnementale et interactions sur le Vivant. C'est un laboratoire qui a 66 personnes, qui est implanté sur le site de Dunkerque et de Calais. Et nos recherches sont pluridisciplinaires dans le domaine de la chimie, biologie, toxico-chimie. Alors nos actions de recherche, bien sûr sont en lien avec l'environnement, l'énergie et la santé.

Notre laboratoire est structuré en 4 équipes. Donc on a une équipe qui est constituée de toxico chimistes et c'est l'équipe CTEA donc, qui travaille principalement sur l'impact des polluants, par exemple sur les cellules pulmonaires. On a une équipe de biologistes qui travaillent sur l'interaction plantes et champignons. On est une équipe de chimistes organiciens en chimie supramoléculaire et moi, donc je fais partie de la 4e équipe. Je suis responsable de l'équipe Traitements Catalytiques et Énergies Propres. L'objectif de l'équipe TCEP est de développer des catalyseurs. On travaille sur de la catalyse hétérogène appliquée à l'environnement et à l'énergie. Alors dans ce cadre-là en fait, le catalyseur, je vais vous faire un petit rappel : Pourquoi utiliser un catalyseur ? C'est en fait dans de nombreux procédés de réactivité chimique ou de réaction chimique, il y a des réactions chimiques qui nécessitent d'utiliser beaucoup d'énergie et donc il faut travailler à haute température. Le fait de rajouter un catalyseur, ça baisse cette énergie d'activation pour que la réaction puisse se faire. Et donc ça nous permet de travailler à des températures plus basses, c'est un gain énergétique important pour le procédé. Cette catalyse, nous, on l'explore pour travailler sur l'élimination de polluants atmosphériques en produits inoffensifs, parce que ça aussi c'est un deuxième aspect dont il faut tenir compte, c'est que parfois on peut avoir des matériaux qui vont dépolluer mais ils vont dépolluer en sous ou co-produits qui sont encore plus toxiques que ceux au départ.

Ensuite, on développe aussi des solutions alternatives permettant de transformer la biomasse en énergie propre parce qu'on connaît tous le fameux barbecue, à partir du bois. On génère des particules et ces particules sont des HAP très toxiques, donc il faut aussi travailler sur des systèmes qui permettent de pouvoir utiliser la biomasse comme vecteur énergétique mais de façon propre. Et enfin bien sûr, dans l'air du temps, on travaille bien sûr sur la purification et la valorisation du CO<sub>2</sub>.

Alors la valorisation du CO<sub>2</sub> je vais préciser, c'est de la valorisation chimique du CO<sub>2</sub>. Alors bien sûr, les traitements sur lesquels on effectue des recherches et ces valorisations, on peut très bien les appliquer sur des effluents agricoles, industriels, automobiles ou même domestiques maintenant.

Alors comment on effectue ces recherches ? Bien sûr, nous, on va développer des catalyseurs. Donc des catalyseurs se sont des matériaux. Ces matériaux, bien sûr, on va aller synthétiser par différentes méthodes. La particularité, c'est qu'on essaie de développer des matériaux avec des métaux qui sont peu onéreux. Pourquoi ? Parce que vous connaissez tous que les gisements, par exemple de métaux précieux comme le platine, le rhodium etc, qui sont utilisés dans les pots catalytiques, ce sont des gisements qui sont en train de se tarir, donc on ne peut pas non plus avoir des visions à très long terme avec ces métaux-là. On essaie de travailler avec des métaux qu'on appelle des métaux de transition, c'est à dire des métaux classiques, comme des oxydes de cuivre, des oxydes de manganèse, etc.

Au niveau du laboratoire, on a une partie qui concerne des études fondamentales. Les études fondamentales, ça consiste en quoi ? C'est à dire qu'une fois qu'on a trouvé un catalyseur, on va essayer de comprendre pourquoi il fonctionne ; quelle position de l'atome dans le matériau, il occupe, etc. Quand on fait des matériaux, ce qui est intéressant, c'est que des fois, on a des matériaux qui fonctionnent et donc il faut trouver leur application, leur applicabilité et donc dans ce cadre-là, c'est là que je vais intervenir pour justement montrer un peu l'orientation de nos recherches des matériaux à des fins d'applications.

Applications dans quoi ? Dans le domaine de la purification et de la valorisation du CO<sub>2</sub>, le thème d'aujourd'hui. Le CO<sub>2</sub> on l'a souvent utilisé comme ça, comme une molécule sans intérêt et pourtant en fait, le CO<sub>2</sub> a pas mal d'importance pour beaucoup d'utilisations. Alors, on peut surtout avoir une utilisation directe du CO<sub>2</sub>, là je n'en parlerai pas. C'est, par exemple, de récupérer du CO<sub>2</sub> et puis de l'utiliser dans certaines serres ou de l'utiliser comme une matière première pour tout ce qui est matrice, pour faire des extincteurs etc.

La partie dont je vais vous parler, c'est de la partie CO<sub>2</sub> sur lequel on va faire de la conversion et de la conversion chimique. Si vous regardez le flux de CO<sub>2</sub> pour son utilisation globale, déjà il faut différencier deux types de CO<sub>2</sub>. Il y a le CO<sub>2</sub> qui est émis de façon anthropique avec le carbone fossile et il y a le CO<sub>2</sub> qui est de façon naturelle et qui peut suivre le cycle vertueux où les plantes se nourrissent de CO<sub>2</sub>, nous, on peut récupérer ces plantes ou ces arbres pour en faire du combustible biomasse. Ce combustible biomasse va ensuite bien sûr générer du CO<sub>2</sub>, mais il va être récupéré de nouveau par la plante. Donc ça, ce sont quand même deux parcours sur le CO<sub>2</sub> qu'il faut aussi retenir.

Néanmoins, ce qu'il est important aussi de signaler, c'est qu'une fois qu'on va convertir ce CO<sub>2</sub>, on pourra donc le stocker, mais de façon permanente si on part sur de la synthèse de matériaux -c'est ce qui a été expliqué précédemment - mais il est important de noter, et ça a été dit aussi, que lorsqu'on utilise le CO<sub>2</sub> pour en faire des molécules chimiques ou de nouveaux carburants, c'est un stockage temporaire. C'est à dire qu'on va valoriser le CO<sub>2</sub>, mais ce CO<sub>2</sub>, sera stocké alors pour une année ou deux années ou trois années, mais c'est un stockage temporaire. Donc voilà ça, il faut qu'aussi le retenir. Alors maintenant, une fois qu'on a vu qu'on peut utiliser le CO<sub>2</sub> et le valoriser, il y a différentes voies de valorisation ; il y a différents modes de conversion pour des carburants ou des produits chimiques. Il y a des modes directs et des modes indirects. Alors que ce soient des modes directs ou des modes indirects, je vais vous citer deux exemples que j'ai entourés en vert. Si, par exemple, on prend du CO<sub>2</sub>, on ajoute du H<sub>2</sub>, on fait une réaction chimique qui est l'hydrogénation du CO<sub>2</sub> mais qui est plus connue sous la réaction de méthanation. Donc c'est une réaction de méthanation, c'est-à-dire qu'on veut former du méthane.

Et une autre part importante, c'est de fabriquer du syngas. Alors du syngas, c'est quoi ? C'est un mélange en mi-cuit molarité, avec les mêmes quantités, les mêmes proportions de dihydrogène et de CO. Alors, comment on va faire tout ça ? Bien sûr, tout ça, ça peut se faire que par des procédés qui sont de génie industriel. Mais comme je vous l'ai dit tout à l'heure, le CO<sub>2</sub> c'est une molécule qui est relativement stable et donc si c'était facile d'utiliser le CO<sub>2</sub> comme un réactif chimique sur lequel on rajoute un autre réactif et a la réaction comme ça dans un bécher ou dans un verre, il y a longtemps qu'on le saurait. Donc généralement pour faire ces transformations, ces transformations nécessitent beaucoup d'énergie. D'où l'importance de développer des catalyseurs justement, pour baisser ces énergies d'activation et de pouvoir faire ces conversions chimiques de ces composés à plus basse température.

Alors là, je vais vous montrer trois exemples qui sont développés au sein du laboratoire. Je ne vais pas rentrer trop dans le détail, mais la première chose c'est que parfois quand on veut utiliser du CO<sub>2</sub> donc le CO<sub>2</sub> sera utilisé comme une matière première. La première des choses c'est d'utiliser une matière première qui soit pure. Or là, on a une action qui est de travailler sur la purification du CO<sub>2</sub>, c'est-à-dire qu'on peut avoir du CO<sub>2</sub> en très grande majorité mais généralement le CO<sub>2</sub> il provient de quoi ? Il provient d'un processus de combustion. Et quand on a un processus de combustion, malheureusement on émet aussi des oxydes d'azote.

Une des phases, c'est quand on a un effluent chargé avec du CO<sub>2</sub> et un peu de NO<sub>x</sub>, les oxydes d'azote, en fait, il faut les réduire ces oxydes d'azote. Donc là-dessus, on travaille sur le développement de catalyseurs et comme c'est quelque chose qui est un peu technique, on fait des associations avec différents éléments, notamment du cobalt, du cuivre. Et puis on peut voir en fait l'efficacité de ces matériaux pour ce genre de réaction. Alors, l'exemple que je vous ai montré là, c'est si vous regardez ce qui est entouré en vert, vous voyez que quand on mélange en fait des éléments comme le cobalt et le cuivre, avec bien sûr de l'aluminium – on prend un agent structurant – on voit qu'à la température de 300 °C, on peut avoir un rendement de réduction du NO qui est de 74 %. Voilà donc ça, c'est une question de rendement.

Mais encore une fois, il faut faire attention à un rendement en quoi ? Et donc ce rendement en quoi, dont ce qui est noté – j'ai noté S, c'est la sélectivité. C'est-à-dire que quand on développe un catalyseur, c'est pour faciliter les transformations à plus basse température, si possible, augmenter les vitesses de réaction chimique aussi, mais c'est aussi de pouvoir avoir une sélectivité en composés de 100 % et pas former des coproduits qui pourraient être plus toxiques ou qui pourraient être nocifs. Donc là, vous pouvez mentionner qu'on a obtenu une sélectivité en N<sub>2</sub>. C'est-à-dire qu'on a tout réduit les NO<sub>x</sub> en

N<sub>2</sub> de 100 %. Alors l'objectif de ces travaux, hein, c'était de clarifier et d'optimiser en fait cette composition de matériaux et de continuer donc l'étude de l'élaboration de nouveaux matériaux pour purifier ce CO<sub>2</sub>.

Alors ensuite, donc une autre voie, comme je vous ai montré tout à l'heure sur le schéma global de réutilisation du CO<sub>2</sub>, il y a la réaction de méthanation du CO<sub>2</sub>. Alors, la réaction de méthanation du CO<sub>2</sub>, c'est quoi ? Vous avez du CO<sub>2</sub>. Vous apportez quatre molécules de dihydrogène pour former du méthane. Alors bien sûr, cette réaction, elle peut se faire, mais elle peut se faire si vous avez un catalyseur. L'objectif de ces études, par exemple pour nous, c'est d'améliorer cette production de méthane par cette réaction de méthanation catalytique en optimisant donc l'activité du matériau catalytique – ce que j'ai mis en vert au-dessus de la flèche - Et aussi en faisant très attention à la sélectivité du catalyseur, de façon à ce qu'on puisse former principalement du méthane et pas un sous-produit, par exemple, le CO, le monoxyde de carbone.

Un aspect que je présente aussi par rapport à ce slide, c'est que bien sûr, on essaie de développer des catalyseurs. C'est important pour améliorer un procédé de revalorisation, mais le catalyseur, il faut savoir que c'est un matériau qu'on va installer dans un pilote industriel ou autre. Il faut savoir que nous, on fait de la recherche d'un point de vue laboratoire, donc on travaille sur des quantités qui sont de l'ordre de quelques centaines de milligrammes et qu'ensuite en fait, quand on veut extrapoler ça à une échelle d'utilisation, on va être sur du kilo, sur de la tonne, voire sur des quantités plus importantes. Donc ça a un coût pour l'installation et donc si ça a un coût, il faut savoir, il faut surtout vérifier que le catalyseur est stable dans le temps.

Cela fait partie de nos actions de recherche et que quand on est une formulation catalytique, on va vérifier si ce catalyseur, pour sa réaction dédiée, est stable dans le temps parce que le procédé industriel il ne va pas fonctionner qu'une seule journée, deux jours ou trois jours, ça sera pour plusieurs années.

Donc ensuite, je vous ai parlé un petit peu du syngas. Donc une autre voie aussi de développement de matériaux catalytiques au sein de l'équipe, c'est de travailler sur la valorisation énergétique par voie catalytique et notamment par rapport à la réaction de reformage du méthane. Alors, le reformage du méthane, c'est quoi ? On peut prendre par exemple le biogaz, le CH<sub>4</sub>, qui provient du biogaz ; on rajoute du CO<sub>2</sub>. Bien sûr, encore une fois, je mets toujours ma petite brique avec le catalyseur, parce que c'est un maillon important. Donc on développe des catalyseurs pour ce type de réaction et l'objectif c'est de fabriquer du dihydrogène et du monoxyde de carbone. C'est ce qu'on appelle le syngas.

L'objectif bien sûr, par rapport à la performance du catalyseur, c'est de pouvoir travailler aux plus basses températures possibles, dans des conditions aussi les plus simples possibles, c'est à dire à des pressions si possible, atmosphériques ou à faibles pressions, parce que sinon, on peut très vite se retrouver avec des procédés où on monte en température, où on monte en pression, et bien sûr, tout ça, ça complexifie les installations, le coût, etc, et donc bien sûr le prix de revient de la molécule qu'on a formé.

Et donc l'objectif sur cette recherche-là, c'est de pouvoir avoir un ratio le plus proche aussi de 1 entre le H<sub>2</sub> et le CO et pourquoi ? Tout simplement en fait, parce que quand on a un bon mélange comme ça de H<sub>2</sub> et de CO, on peut partir avec la réaction de Fischer-Tropsch, c'est-à-dire, c'est une réaction qui permet, en partant de ces molécules-là, de pouvoir partir sur la synthèse d'hydrocarbures. Donc voilà et pour conclure, je suis là pour des questions.

L'utilisation du CO<sub>2</sub> comme matière première alternative pour l'industrie chimique, c'est une voie bien prometteuse. Néanmoins, on peut regarder les réactions : À chaque fois, on aura besoin bien sûr d'un système catalytique pour essayer de diminuer les coûts de production et donc des efforts de recherche développement devront encore être poursuivis et renforcés pour justement développer des technologies innovantes et adaptées par rapport au contexte d'utilisation et au contexte des matières premières qui pourrait arriver, parce que ça, c'est un autre débat aussi. Merci de votre attention.

Merci Monsieur Cousin Et je vais passer la parole à l'autre Monsieur Cousin pour nous présenter le point de vue des maîtres d'ouvrage justement sur cette réutilisation du dioxyde de carbone.

### **M. Luc COUSIN, Directeur technique et projet – EQIOM** 01:03:27

La valorisation du CO<sub>2</sub>, elle existe déjà, mais les volumes concernés sont réduits. Et nous, quand on a démarré nos projets, donc fin 2018, on s'est posé la question de l'ampleur de notre projet, savoir si on allait capter une tonne par jour ou deux mille tonnes par jour. Et on s'est dit que l'heure était venue de faire des projets vraiment ambitieux et nécessaires pour la planète et donc on a choisi de faire un projet d'une certaine taille, d'une certaine ampleur. Et on s'est posé la question : Que faire de ce CO<sub>2</sub> par la suite, ça ne sert à rien de le capter pour le relâcher ; c'est déjà assez coûteux et donc on a regardé les possibilités d'utilisation.

À cette échelle l'utilisation n'existe pas. Elle demande beaucoup trop d'énergie. Les technologies sont en développement. On espère trouver des catalyseurs qui permettront de réduire cette énergie et il faut que la recherche avance dans ce domaine, c'est certain. Et on n'avait pas de solution pour développer une usine, une industrie qui utiliserait huit cent mille tonnes de CO<sub>2</sub> par an. C'était le constat. Et donc on s'est orienté vers la séquestration géologique dont on va parler dans quelques instants, qui a été privilégiée parce que c'est une solution qui existe, qui a démontré ses capacités, sa sûreté. Et des projets étaient en développement en Europe pour justement, décarboner l'industrie européenne.

La réutilisation du CO<sub>2</sub> n'était pas possible dans ce projet, pas à la taille et à l'heure où on voulait être prêt pour décarboner notre cimenterie, et je pense, la même chose pour le site de Réty. Néanmoins, c'est une voie qui vous intéresse. C'est une voie d'avenir, c'est une voie qu'on souhaite développer. C'est aussi pour ça qu'on a choisi d'amener notre CO<sub>2</sub> sur Dunkerque en tout cas pour Eqiom, parce qu'on pensait qu'à Dunkerque, il y aurait la surface industrielle énergétique nécessaire à de potentiels projets de réutilisation. Et que l'avoir stocké liquide à Dunkerque permettrait à des industriels futurs qui trouveront des procédés efficaces, d'utiliser ce CO<sub>2</sub> à terme comme une source pour des produits chimiques ou des carburants ou autres.

Sachant que nous-mêmes nous cherchons aussi à développer des process de réutilisation, notamment dans la minéralisation comme en a parlé CO<sub>2</sub> Value, puisque c'est notre métier les matériaux de construction, notamment les produits calcaires ou en tout cas qui contiennent du calcium et qui peuvent se réassocier avec le CO<sub>2</sub> sont une voie d'avenir de la réutilisation. Le ciment, on l'a expliqué un petit peu dans le film, est produit à partir de calcaire principalement auquel on enlève du CO<sub>2</sub> et la prise du ciment, c'est ce qu'on appelle une prise hydraulique. C'est une prise à l'eau. Néanmoins, la chaux, ou en tout cas, certains constituants qu'on peut développer, peuvent prendre aussi avec du CO<sub>2</sub>. On peut recréer du CaCO<sub>3</sub>. Si on a dissocié le calcium du CO<sub>2</sub> et qu'on le réassocie dans une forme, on peut refaire la même chose qu'un béton en quelque sorte et donc c'est une voie que l'on cherche à développer qui a aussi ses limites, mais qui permet une utilisation du CO<sub>2</sub> qui est quand même permanente puisque dans les matériaux de construction, on considère que le CO<sub>2</sub> est valorisé de façon permanente, c'est-à-dire séquestré comme il le serait en puits géologique.

Voilà donc, appels à projets pour les années 2030 pour ceux qui voudront utiliser du CO<sub>2</sub> à partir de Dunkerque dans la mesure où on aura développé nos projets.

### **M. Simon BLEAU, animateur** 01:08:23

Merci Monsieur Cousin. Et vous avez sous les yeux aussi, l'extrait d'un avis de l'ADEME qui a beaucoup travaillé sur le sujet de la réutilisation. Il n'était malheureusement pas disponible pour nous ce soir, mais je vous invite à consulter leur avis récent sur la valorisation du CO<sub>2</sub> et voilà la synthèse de cet avis

figure dans le dossier de concertation que vous avez peut-être récupéré à l'entrée, à la toute fin du document.

À la suite de ces présentations sur les enjeux de la réutilisation du CO<sub>2</sub>, je vous propose de passer un petit temps d'échanges si vous avez des questions à Monsieur Bernier en ligne ou à Messieurs Cousin sur scène. Est-ce qu'il y a des questions sur ces interventions ? Monsieur, on va vous apporter un micro. Je vous en prie.

#### **Question#1 : M. Adrien ALDEGUER, chargé d'études - Pôle Energie 01:09:20**

Merci. Adrien Aldeguer pour Pôle Energie. Déjà je voudrais vous féliciter pour le projet parce que c'est vrai que tout ce qui est captage du carbone, les usages CCU et CCS, on en entend parler et puis on en entend parler depuis longtemps. De voir qu'il y a des projets qui sortent et des projets d'ampleur, c'est bien et ça fait plaisir de voir ça sur le territoire. Je trouve ça effectivement aussi intéressant pour tout ce dont vous avez pu parler sur le développement des CCU d'avoir du coup des volumes de CO<sub>2</sub> qui seront disponibles, y compris sur le dunkerquois, sur toutes les applications qui ont pu être développées, notamment la méthanation.

Mes questions étaient un peu plus axées sur le projet de façon générique ; notamment sur toute la partie liquéfaction. Alors je ne sais pas si les personnes d'Air Liquide ou autres sont présents dans la salle. Ma question était plutôt sur le fonctionnement : Ce que ce que j'ai compris du projet, c'est qu'il y a une première phase globalement avec les technologies *Cryocap™* de liquéfaction sur site avec une phase de transport en phase liquide dense avant d'avoir une phase de re liquéfaction sur le site de Dunkerque LNG. Ma question étant : Tout ça entraîne forcément des consommations d'électricité, donc la liquéfaction aux premières phases, sans doute de la consommation d'électricité pour le maintien en pression de la canalisation puisque je crois que c'est à peu près à 100 bars pour le transporter et sans doute une phase de re liquéfaction sur site. Est-ce que, en parallèle de ce projet, la question du transport en phase liquide par cube, par trailer, par train étant envisagé dans le sens où les deux sites sont ravitaillés, sont disponibles, enfin, ont une infrastructure ferroviaire ?

Donc ça c'était plutôt ma première question. L'autre question que j'aurais, c'est est-ce que du coup sur le site de Dunkerque LNG, puisque Dunkerque LNG a une phase de regazéification via le terminal méthanier, est-ce que le fait que du gaz naturel froid arrive, a été réfléchi pour refroidir le CO<sub>2</sub> qui ressortirait de l'autre côté ?

Et ma dernière question était un peu plus large, sur le fait qu'en développant ces infrastructures, est-ce qu'on a anticipé aussi le fait qu'il peut y avoir un appel d'air qui pourrait être généré, que ce soit sur Calais, sur Boulogne ou sur le reste de la plaque dunkerquoise, on se disant que, à partir du moment où une infrastructure commence à être développée, d'autres sites qui ne sont peut-être pas présents dans les trois sites moteurs ici pourraient être intéressés pour également faire de la captation et se projeter. Est-ce que les dimensionnements des canalisations, les questions de contractualisation ont été pensés dans un contexte où ça pourrait se développer plus ou est-ce que là on est vraiment sur un projet qui se dimensionne autour des trois acteurs sans forcément penser, je dirais à l'étape d'après. Voilà pour mes questions.

#### **M. Simon BLEAU, animateur 01:12:08**

Merci.

#### **M. Luc COUSIN, Directeur technique et projet – EQIOM 01:12:10**

Je vais commencer les réponses mais Ovidiu si tu veux intervenir, n'hésite pas.

Sur la liquéfaction donc, l'unité *Cryocap<sup>T</sup>*, elle est un peu différente de Réty à Lumbres, parce que sur la cimenterie, on aura une oxycombustion, donc on va avoir une concentration plus élevée en CO<sub>2</sub> de base à la cheminée comparée à Réty qui le fait sur sa cheminée telle qu'elle est aujourd'hui. Mais le principe de l'unité *Cryocap<sup>TM</sup>*, c'est un gros frigo qui va refroidir le gaz jusqu'à moins 30 °C 15 bars 20 bars. Et à ces températures et pression, le CO<sub>2</sub> est liquide. Et il faut le liquéfier pour le séparer des autres gaz. On n'a pas d'autres solutions parce que c'est justement le fait que les phases soient différentes qui permet de le séparer. Le CO<sub>2</sub> va d'abord être liquéfié. Et après on réutilise une partie de ce gaz dans le frigo parce que c'est notre gaz frigorifique. Et ce CO<sub>2</sub> donc on va en re vaporiser une partie pour liquéfier le CO<sub>2</sub> qui arrive. Donc c'est notre gaz frigorifique en même temps que le gaz qu'on liquéfie.

Le fait qu'on le vaporise, on a récupéré sa chaleur latente et si on l'a mis sous pression, il peut directement aller dans le *pipe*. Ce qui est l'avantage de la solution et aux pressions auxquelles on va le transporter, en fait, on le transporte comme s'il était un liquide. Il est aussi dense qu'un liquide pour ainsi dire, et donc ça permet d'avoir un *pipe* de très petit diamètre. Donc ça réduit l'investissement et ça réduit aussi les frottements et donc ça permet d'avoir un transport qui est très efficace et non émetteur de CO<sub>2</sub> parce que c'est électrifié ; c'est la pression qui l'emmène jusqu'à Dunkerque et à Dunkerque, une fois qu'il est arrivé à Dunkerque sous haute pression, à 100 bars, 110 bars peut-être, le fait de le dépressuriser, c'est un gaz donc si on le dépressurise, il se refroidit et donc il faut lui apporter juste un petit peu de froid pour qu'il se reliquéfie.

Donc le système est assez vertueux sur ce système de transport, tant en termes d'infrastructures puisqu'on peut le partager avec Lhoist et c'est donc ça fait un volume suffisant pour rentabiliser une infrastructure quand même assez coûteuse. Et vertueux dans le sens où énergétiquement, c'est favorable ; il n'y a pas d'émission de CO<sub>2</sub> supplémentaire puisque si on l'avait fait par train, les voies ferrées, en tout cas de Lumbres, et je pense aussi de Réty, ne sont pas électrifiées, donc on aurait émis du CO<sub>2</sub> par le transport. On aurait aussi émis du CO<sub>2</sub> par la vaporisation qui a lieu du fait que les wagons sont pressurisés et comme ils se réchauffent, et bien, il y a une émission de CO<sub>2</sub>. Et puis à chaque transfert, c'est à dire chaque connexion du wagon, déconnexion du wagon, on va émettre un peu de CO<sub>2</sub> parce qu'il y a un peu de liquide dans les tuyaux.

Techniquement, cette solution est la meilleure. Elle a des enjeux environnementaux, notamment différents. Il y a des avantages et des inconvénients à chaque solution. Les deux sont possibles, mais on a choisi cette solution parce qu'elle était meilleure sur le long terme.

#### **M. Ovidiu BALOG, Directeur grandes industries - AIR LIQUIDE FRANCE INDUSTRIE 01:15:59**

En effet. D'abord, on va refroidir les fumées à moins 50 °C. Et donc à moins 50 °C, on va pouvoir récupérer le CO<sub>2</sub> sous forme liquide des fumées parce que dans les fumées, on va trouver essentiellement de l'eau, de l'azote, de l'oxygène et donc ce CO<sub>2</sub>. L'eau, on la retire avant, bien évidemment, avant de refroidir à moins 50°. Il y a, je pense, un schéma de *Cryocap<sup>TM</sup>* dans le dossier. Vous pourrez voir un peu les différentes étapes.

La réfrigération à moins 50 °C permet de liquéfier le CO<sub>2</sub>. Ensuite, on cherche à le purifier et le re vaporiser quelque part et le comprimer pour pouvoir l'envoyer par canalisation. Alors pourquoi par canalisation et pas par train ? Évidemment, comme l'a dit Luc, les deux schémas ont été regardés.

Ce qui est aussi intéressant dans le transport par canalisation, c'est que ça permet justement de mutualiser les volumes ; de faire donc un système qui est intéressant d'un point de vue coût. On a regardé le fait de le transporter sous forme gazeuse, vous l'avez dit tout à l'heure, alors que c'est sous forme liquide dense. On a regardé à le transporter sous forme gazeuse. Ça nécessite des canalisations qui sont vraiment très imposantes, qui ne font pas sens si on n'arrivait pas à réutiliser par exemple, des réseaux existants. Donc on a regardé cette option aussi. Et finalement, faute de canalisations existantes, qu'on puisse convertir, par exemple, de gaz naturel en CO<sub>2</sub> gazeux. Le fait de faire de nouvelles canalisations gazeuses avec des diamètres très importants, ça. Devenait très coûteux.

Et effectivement, comme l'a dit Luc, la solution de transporter le CO<sub>2</sub> sous forme dense à 110 bars et il arriverait aux alentours de 80 bars au niveau du terminal CO<sub>2</sub>. C'est vraiment la solution qui permet de mutualiser et de le faire de façon efficace.

Alors évidemment, d'autres émetteurs pourraient se connecter ou pourraient utiliser un schéma similaire pour transporter leur CO<sub>2</sub>. Si, ils devaient se trouver assez loin du terminal CO<sub>2</sub>, mais si ces émetteurs sont vraiment dans les alentours du terminal, ça fait évidemment plus sens de transporter ce CO<sub>2</sub> sous forme gazeuse, peut-être à 20 bars, à 30 bars. Et effectivement, avoir un autre réseau, à plus basse pression, mais sur des distances beaucoup plus courtes. Sur le pourtour du port maritime par exemple.

#### **M. Olivier HEURTIN, Président - Dunkerque LNG** 01:19:09

Je suis Olivier Heurtin, le président du terminal méthanier, et je vais compléter la réponse de Ovidiu Balog. Tout d'abord, c'est une force d'être à côté du terminal méthanier parce qu'il y a beaucoup de synergies, pas uniquement le froid à rechercher et tous les acteurs du projet veulent rechercher ces synergies un peu sur le modèle de ce qui se fait déjà dans le terminal méthanier, puisqu'on est connecté à la centrale nucléaire où on reçoit les eaux chaudes. Donc, il y a déjà un exemple d'économie circulaire et bien sûr, on va rechercher cela. Maintenant, comme viennent de l'expliquer Ovidiu et Luc, on n'a pas besoin de beaucoup de froid puisqu'on arrive déjà sous cette pression. Donc dans cette première phase, ce n'est pas quelque chose qu'on ferait. Mais oui, on garde beaucoup d'idées en tête.

#### **M. Ovidiu BALOG, Directeur grandes industries - AIR LIQUIDE FRANCE INDUSTRIE** 01:20:05

Quand le liquide arrive au niveau du terminal, comme l'a dit Luc, il faut le détendre à la pression du stockage. La pression du stockage, c'est à peu près 15 bars, moins 30 °C.

À cette pression-là, effectivement, on va avoir un flash donc il faut refroidir ce liquide. C'est ce qu'on va faire dans un équipement qui va produire à nouveau du froid. Néanmoins, la quantité de froid à apporter reste modeste par rapport à une situation où il faut complètement liquéfier le CO<sub>2</sub>. Et donc effectivement, si d'autres émetteurs dans le futur souhaitaient se connecter au terminal et viendraient avec du CO<sub>2</sub> gazeux cette fois-ci, là ça aurait un sens d'utiliser les frigories qui sont générées par la vaporisation du GNL. Mais pour le CO<sub>2</sub> qui vient de chez Egiom et Lhoist, sachant qu'il est transporté déjà à 100-110 bars. Donc il est beaucoup plus facile à liquéfier et à refroidir en fait. On n'a pas besoin dans ce cas-là de ces frigories. Ça générerait un investissement important pour le faire par rapport au coût, à l'économie qu'on pourrait générer. Mais c'est sûr que pour des émetteurs qui apporteraient le CO<sub>2</sub> gazeux, là, ça aurait vraiment beaucoup de sens, oui.

#### **M. Simon BLEAU, animateur** 01:21:30

Merci. Monsieur.

#### **Question#2 : M. Nicolas FOURNIER, Président de la Fédération ADELFA** 01:21:37

Bonsoir. Nicolas Fournier. Je suis le président de la Fédération ADELFA, Fédération de Défense de l'Environnement du Littoral. Tout d'abord, évidemment, nous on est très satisfait de cette démarche de décarbonation. C'est évidemment un enjeu important par rapport à la crise climatique et donc plus on pourra capter ce CO<sub>2</sub> et voire le réutiliser, mieux ça vaudra.

Moi, il y a quand même une question qui me vient à l'esprit, c'est : Pourquoi on mise uniquement sur la séquestration du CO<sub>2</sub> dans les couches géologiques profondes en mer ?

Alors, j'ai été très séduit par la première intervention du Monsieur Bernier, et par la seconde aussi d'ailleurs, de l'ULCO. Il y a beaucoup de possibilités de réutiliser quand même ce CO<sub>2</sub> pour des usages industriels, pour en faire des carburants, notamment des carburants d'avenir : Du kérosène, des choses comme ça. J'ai du mal à comprendre qu'aujourd'hui encore, pourquoi on s'obstine à séquestrer ce CO<sub>2</sub> dans les couches géologiques profondes. Je n'ai pas l'impression que ce soit si éprouvé que ça. Alors on nous dit que si. Mais bon, est-ce que lors de ce débat, on nous présentera des expérimentations, des choses vraiment éprouvées ? Parce qu'en plus, je vois que dans le dossier de la concertation, on a mis un peu hors-jeu cette question-là ; qu'elle ne fait pas partie du débat. C'est un peu dommage parce que c'est quand même crucial dans un tel projet. Si on ne nous présente pas les différents scénarios de séquestration, c'est quand même un peu, on passe à côté de quelque chose. Voilà.

Donc je ne vois pas non plus - enfin, je sais, qu'Arcelor Mittal a aussi ses propres projets, de décarbonation et éventuellement aussi de séquestration en mer. Bon, toutefois, ils ne font pas partie de ce projet spécifique ici. Mais ils auraient pu. Ils pourraient se rattacher aussi et je crois, j'ai cru comprendre quand même qu'ils allaient le faire. Mais enfin, bon, tout ça est encore un peu nébuleux. Ma question est : Pourquoi rejeter les réutilisations du CO<sub>2</sub> aussi rapidement alors que la séquestration en mer, dans les couches profondes géologiques, elle est quand même remise en question par de nombreuses ONG environnementales ? Donc on est assez réticent pour ce scénario-là. Merci.

#### **M. Simon BLEAU, animateur** 01:24:27

Merci Monsieur. Avant de laisser les maîtres d'ouvrage répondre, je préciserai que dans quelques instants, nous aurons une présentation justement approfondie sur le sujet du stockage définitif ou de la séquestration de dioxyde de carbone, ce qui nous permettra d'entrer dans le détail de cette solution et notamment d'examiner l'état d'avancement de cette technologie.

Monsieur Cousin, vous souhaitez répondre ?

#### **M. Luc COUSIN, Directeur technique et projet – EQIOM** 01:24:47

Oui. Juste pour préciser que la séquestration a été quand même reconnue par le GIEC et par l'ADEME et par la SNBC comme une voie importante et nécessaire à la décarbonation de nos civilisations.

Après, sur l'utilisation, on ne l'a pas rejetée par mépris ou par peu d'études. On l'a rejetée parce qu'elle n'était pas disponible. La partie minéralisation est juste en développement ; aujourd'hui, on n'a pas de process industriel qui le permette à grande échelle. Et la partie e-fuel, elle demande beaucoup trop d'énergie. Et c'est pour ça qu'on a besoin de l'ULCO pour trouver des solutions. Les chiffres que j'ai en tête, c'est que pour faire des e-fuel à partir de huit cent mille tonnes par an que fait la cimenterie de Lumbres, il faudrait une tranche nucléaire supplémentaire à Gravelines. Donc, c'est pour vous l'ordre d'idée de l'énergie qu'il faudrait pour transformer ce CO<sub>2</sub> en e-fuel. Ce n'est pas une petite affaire. La centrale nucléaire, elle n'existe pas encore pour le faire. Donc, ce sont des projets. Le CO<sub>2</sub> sera disponible. Si on trouve des moyens de le transformer en plastique ou en objets, en matières nécessaires, très bien. Mais on ne pouvait pas développer notre projet sans la base stockage géologique. Si on avait dit, on ne fait pas le stockage géologique, c'est simple, on ne pouvait pas faire le projet. Et donc notre but, c'était de faire ce projet parce qu'on pense qu'il faut décarboner ce monde. Mais la partie réutilisation, elle viendra après parce que le stock, le CO<sub>2</sub>, il sera là, il sera disponible et chaque process qui sera développé, chaque recherche qui sera développée et chaque industriel qui voudra s'en saisir pour en faire des produits sera le bienvenu.

**M. Simon BLEAU, animateur** 01:27:00

Je vous en prie.

**M. Renaud COUSIN, Professeur, Unité de Chimie Environnementale et interactions sur le Vivant (UCEiV), MREI - Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO)** 01:27:00

Oui, si je peux me permettre juste un complément. Il est bien connu que réutiliser le CO<sub>2</sub> pour en faire différents produits chimiques ou de nouveaux hydrocarbures, c'est une voie qui est envisagée. Mais c'est vrai qu'à l'heure actuelle, le monde de la recherche, d'un point de vue international, est très dynamique sur ce sujet-là. Mais aujourd'hui fabriquer par exemple du méthane ou fabriquer des gaz de synthèse ou des molécules, ça demande trop d'énergie donc dépenser beaucoup d'énergie pour former un vecteur énergétique après, ça n'a pas encore vraiment de sens. Et c'est là le verrou, le frein est là actuellement, mais on y travaille et j'espère qu'on pourra trouver quelque chose d'intéressant, notamment par un moyen catalytique, pour justement abaisser ces températures ou ces conditions de réactivité chimique pour arriver à des valorisations de molécules avec des coûts énergétiques de fabrication beaucoup plus faibles. Mais c'est un enjeu.

**M. Luc COUSIN, Directeur technique et projet – EQIOM** 01:27:59

Pour éviter ça, la voie sur laquelle on fait une recherche c'est la minéralisation. On pense que c'est une voie importante et nécessaire. Et l'autre point que je voulais ajouter, c'est que si on considère un monde dans le futur, où on n'extrait plus d'hydrocarbures, puisque c'est le but, il nous faudra des molécules carbonées néanmoins. Alors, on en trouvera certainement dans la nature et elles seront certainement biosourcées, mais certaines seront fabriquées à l'origine par du CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> dont on pense qu'il sera du CO<sub>2</sub> fatal en quelque sorte, du CO<sub>2</sub> qu'on ne peut pas éviter et on fait partie, la chaux comme le ciment, des industries difficiles à décarboner puisque la molécule – alors je ne sais pas si c'est la plus stable, mais une des plus stables, qui contient du CO<sub>2</sub>, c'est le calcaire. Et c'est notre matière de base, donc on fait partie des industries qui sont de toute façon difficiles à décarboner.

**M. Simon BLEAU, animateur** 01:29:04

Monsieur Bernier à distance, vous souhaitez également apporter une, un éclaircissement, une réponse ?

**M. Tudy BERNIER, Senior Policy Manager – CO2 Value Europe** 01:29:19

Merci beaucoup. Je voulais vous remercier pour la question. Je vais être vraiment rapide, mais je voulais bien confirmer qu'effectivement en fait, le dernier rapport du GIEC, il dit à la fois que on va avoir besoin du CCS et qu'on va avoir besoin du CCU. Donc si vous regardez en fait les recommandations du GIEC, c'est évidemment le fait de dire, il faut miser sur l'efficacité énergétique, sur la sobriété, sur l'électrification de ce qu'on peut électrifier. En fait, à la fois le CCS et le CCU sont mis en avant pour un certain nombre d'applications, notamment pour les industries difficiles à décarboner.

Et sur la question d'utilisation énergétique, en fait, ce qui est dit est vrai ; le fait qu'on doit utiliser de l'énergie, notamment pour la partie carburant.

Ce qu'il ne faut pas oublier, c'est que l'énergie qu'on utilise pour faire un carburant renouvelable, par exemple, qu'on va utiliser dans un avion, ça veut dire qu'on n'a pas besoin d'utiliser le pétrole que sinon

on utilise dans l'avion pour faire du kérosène. Donc il y a cet élément-là qu'il faut prendre en compte mais en disant ça, je nie pas du tout ce qui a été évoqué par les deux intervenants précédents ; le fait de dire que pour faire des carburants renouvelables ou des carburants bas carbone, on va avoir besoin d'avoir de l'énergie, ça c'est évident. Mais pour moi, cet élément, le fait que les émissions, elles ne soient pas justes, enfin, on a mentionné plutôt, que c'est du stockage temporaire ; c'est vrai, dans une certaine mesure, mais il y a aussi un effet de, on déplace ces émissions puisqu'on les utilise pour remplacer par exemple un carburant fossile qu'on utiliserait dans un avion ou dans un bateau qui sinon serait utilisé. Mais sinon sur les grandes lignes, je pense que je suis sur les mêmes éléments que ceux qui ont été évoqués précédemment.

**M. Simon BLEAU, animateur 01:30:53**

Merci. Est-ce qu'il y a d'autres questions relatives à la réutilisation avant qu'on ne s'intéresse d'un peu plus près, au stockage définitif ou à la séquestration ? Monsieur, je vous en prie.

**Question#3 : Professeur Arnaud CUISSET, Vice-président délégué aux grands projets de l'ULCO 01:31:06**

Là, je vais poser une question poil à gratter à mon collègue chimiste. Le grand public pourrait se demander quel est l'intérêt – on a montré la capacité à former du méthane à partir du CO<sub>2</sub> - de remplacer un gaz à effet de serre par un autre gaz à effet de serre qui a un pouvoir de réchauffement climatique 80 fois supérieur au CO<sub>2</sub> ?

Et peut-être la question aussi à l'intervenant, Monsieur Bernier : Est-ce qu'il y a une politique européenne aussi pour travailler sur la réutilisation des autres gaz à effet de serre, en particulier le méthane ?

**M. Renaud COUSIN, Professeur, Unité de Chimie Environnementale et interactions sur le Vivant (UCEiV), MREI - Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) 01:31:40**

Alors, pour répondre à la première question, on l'a évoqué un petit peu ; on est quand même dans une société où notre façon de vivre a été un peu liée à la pétrochimie. Donc nos besoins en molécules hydrocarbonées sont nécessaires. Donc il faut pouvoir reformuler des molécules hydrocarbonées tout simplement. Donc voilà c'est plus dans un sens par rapport à notre mode de vie. Aujourd'hui, si on demandait aux gens de ne plus utiliser de composés hydrocarbonés, on n'est pas prêt.

**M. Tudy BERNIER, Senior Policy Manager – CO2 Value Europe 01:32:19**

Et alors pour compléter sur la deuxième partie de la question, c'est une très bonne question : Dans le débat européen, on ne fait pas de différence entre un carburant liquide et un carburant sous forme de gaz. Donc, ça veut dire que vous avez le même type de règles qui s'appliquent, que vous utilisiez du e-méthanol ou du e-méthane par exemple. Là, l'élément de la législation, il est le même en fait, quelle que soit la forme en fait que votre carburant prend d'un point de vue, enfin qu'il soit liquide ou qu'il soit sous forme de gaz.

Après, comme vous l'avez évoqué, il y a des stratégies spécifiques et des éléments spécifiques qui sont mis en avant sur la partie CO<sub>2</sub> et ensuite sur la partie méthane. Sur la partie méthane, à ma connaissance, mais je ne suis pas un spécialiste de la question, je pense qu'on est beaucoup sur les questions de fuite de méthane et sur les questions des activités où il y a le plus de rejets de méthane

dans l'atmosphère. Mais malgré tout, votre question est très pertinente. Dans le cadre européen, la réponse courte, c'est le fait de dire, vous transformez votre CO<sub>2</sub> avec de l'hydrogène, les différents produits que vous allez avoir sont sous la même définition d'un point de vue réglementaire.

**M. Simon BLEAU, animateur 01:33:35**

Merci.

**M. Luc COUSIN, Directeur technique et projet – EQIOM 01:33:37**

Je voulais juste peut-être répondre en posant une question. En fait, c'est sûr que pour certains usages, comme on a parlé du transport aérien, on n'a pas beaucoup de solutions aujourd'hui et peut-être utiliser des e-fuel, ça permet effectivement d'éviter des émissions. Mais on a quand même des émissions mais moins importantes puisqu'on décale quelque part ces émissions.

La question que je voulais poser à Monsieur Renault Cousin : On a vu que ces réactions de méthanation et autres, là ça se passe à des températures assez élevées et donc ça a un coût finalement de faire ces carburants. Je ne sais pas quel est l'ordre de grandeur, mais peut-être que c'est cinq fois, dix fois le coût de ce que ça coûte aujourd'hui d'utiliser du méthane ou des combustibles je dirais « naturels » entre guillemets.

**M. Renaud COUSIN, Professeur, Unité de Chimie Environnementale et interactions sur le Vivant (UCEiV), MREI - Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) 01:34:50**

Tout à fait. Bon je n'ai pas les chiffres en tête ; je suis pas du tout dans le domaine économique mais toute la revalorisation du CO<sub>2</sub> va dépendre du coût. Et aujourd'hui, si on dépense une quantité d'énergie énorme pour fabriquer du méthane alors qu'on peut avoir du méthane, à un coût plus faible, ça n'est pas rentable. Donc c'est toute une démarche. Alors on parle de cette réaction de méthanation, mais je pense que sur la réutilisation du CO<sub>2</sub> et toutes les interventions sont cohérentes. Mais il n'y a pas une seule voie qui est fondamentale. C'est toutes les voies. C'est le mode de vie aussi qu'il faudra peut-être faire évoluer aussi parce qu'on se rend compte qu'on est quand même assez dépendant des molécules hydrocarbonées et donc de l'énergie.

**Question#4 : M. Saad BOUHINA, Citoyen dunkerquois ULCO 01:35:57**

C'était extrêmement enrichissant comme présentation, je remercie tout le monde. Moi, je vais prendre la casquette du citoyen lambda et qui est sur le dunkerquois et qui, alors j'ai consulté rapidement le document sur l'aspect on va dire sécurité, les risques que générerait la concentration d'un certain nombre de, comment dire, d'industries qui sont déjà, pour certaines d'entre elles, des entreprises à risque, Seveso etc. Le fait qu'on ait comme ça de nombreuses activités avec un risque d'effet domino. Bon tout le monde, pour l'instant, et j'espère que ça durera, ça ne s'est jamais posé, mais il n'empêche qu'à fortement concentrer toutes les activités, est-ce qu'il n'y a pas un risque finalement ?

On en parlait déjà du temps du terminal méthanier et jusqu'à maintenant tout va bien. Donc je suis tout à fait favorable, évidemment, à ce qu'on réfléchisse et je suis universitaire moi-même, donc qu'on réfléchisse évidemment à décarboner, mais en même temps, est-ce que ce risque - enfin là on vient de 50 kilomètres d'ici, et on rapproche des activités les unes des autres.

**M. Luc COUSIN, Directeur technique et projet – EQIOM 01:37:15**

Bien sûr toutes les activités présentent des risques. Néanmoins, ce sont des activités qui sont réglementées aujourd'hui. Elles sont soumises à autorisation. Ce sont des installations classées pour certaines. Donc il y a toute une démarche qui est mise en œuvre pour justement, traiter ces sujets aux risques liés à la sécurité. Du coup, on ne fait pas n'importe quoi. Des études de dangers qui ont lieu, des études d'impact. L'ensemble de ces études aboutit une fois qu'elles sont examinées par les autorités compétentes, notamment les autorités environnementales, ainsi que la DREAL. Donc, ces études aboutissent ensuite à des mesures qui doivent être mises en œuvre dans le cadre de l'exécution de ces projets et qui sont suivies ensuite derrière par les autorités pour que s'assurer que ces mesures sont maintenues, pérennisées. Je ne pense pas qu'on fasse des choses différentes des autres projets aussi. Puisque quand on met ce type d'infrastructure en place, que ce soit pour du CO<sub>2</sub> ou tout autre type d'activités, on applique les mêmes méthodologies.

**M. Ovidiu BALOG, Directeur grandes industries - AIR LIQUIDE FRANCE INDUSTRIE 01:38:51**

Je voulais rajouter, parce qu'on en parlait tout à l'heure, des différences entre le transport par train et le transport par canalisations. Le transport par canalisations a des références sur des années. C'est un moyen de transport très sûr par rapport à du transport par train qu'on pouvait aussi faire d'ailleurs dans le projet, mais qu'on avait exclu parce que les accidents ferroviaires, ça arrive un peu plus souvent que des accidents de canalisations.

**M. Simon BLEAU, animateur 01:39:29**

Merci. Je vous propose de passer à la deuxième grande séquence de cette soirée : Le stockage de dioxyde de carbone. Donc Messieurs, je vous invite à regagner la salle. Merci Monsieur Bernier à distance pour vos explications et pour vos réponses.

Et je vais inviter donc, Madame Isabelle Czernichowski-Lauriol, experte du captage stockage de dioxyde de carbone et Monsieur Boraccino à nous rejoindre en tribune.

Madame Czernichowski-Lauriol, vous êtes donc experte du stockage de CO<sub>2</sub>, vous êtes ingénieure géologue, vous êtes docteur en géosciences et également représentante de CO<sup>2</sup>-Geonet et vous allez nous parler des enjeux de la séquestration de dioxyde de carbone, enfin, du stockage définitif de CO<sup>2</sup>.

**Mme Isabelle CZERNICHOWSKI-LAURIOL, Ingénieure géologue et Docteure en géoscience, ex BRGM sur la partie stockage définitif du CO<sub>2</sub> 01:40:29**

Bonjour à tous. J'ai fait toute ma carrière au BRGM, le Bureau de Recherche Géologique et Minière qui est le service géologique national. Je suis toute jeune retraitée et donc Présidente émérite de l'association CO<sub>2</sub> Geonet, qui a son siège en France, qui est le réseau d'excellence européen sur le stockage géologique du CO<sub>2</sub>, qui regroupe 27 organismes de recherche sur 21 pays. Pour la France, c'est le BRGM et l'IFP Énergie nouvelle qui en font partie.

Alors je vais vous expliquer ce que c'est que le puits de carbone géologique. D'abord, je voudrais revenir sur l'Accord de Paris sur le climat et la COP 21 en 2015. C'était vraiment la reconnaissance internationale du fait qu'il y avait vraiment un problème climatique lié aux activités humaines et donc qu'il fallait tout faire pour contenir l'augmentation de température en dessous de 2 degrés, si possible 1,5 degré. Et pour cela, ce qui est dit dans cet accord, dans l'article 4, qu'il faut d'ici la deuxième moitié du siècle, c'est à dire 2050, parvenir à un équilibre entre les émissions anthropiques par les sources et les absorptions par les puits de gaz à effet de serre pour avoir ce qu'on appelle la neutralité carbone,

cet équilibre. Évidemment les technologies sont importantes. Et le développement de nouvelles technologies et le transfert de technologies, notamment dans les pays en développement, est très important pour pouvoir mettre en œuvre des mesures d'atténuation du changement climatique, mais aussi d'adaptation aux changements climatiques. Alors ce que je voulais vraiment vous faire comprendre, c'est que la principale cause du réchauffement climatique, c'est qu'on a déstocké du carbone du sous-sol. Parce qu'avant la révolution industrielle, il y avait, ce sont les flèches vertes, un équilibre entre les concentrations en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, dans l'océan, dans la végétation et les sols. Mais depuis qu'on a extrait du carbone du sous-sol, alors principalement le carbone fossile, le charbon, le pétrole, le gaz naturel mais aussi un peu de calcaire dont on a parlé, et bien, quand on brûle ce carbone avec l'oxygène de l'air ça fait du CO<sub>2</sub>. Le CO<sub>2</sub> donc est rejeté dans l'air et on ne s'en préoccupait pas parce que le CO<sub>2</sub> est un composant naturel de l'atmosphère. Mais une partie de ce CO<sub>2</sub> est réabsorbée par les puits de carbone qu'on dit naturels, qui sont la végétation, les sols et l'océan, ce qui cause d'ailleurs une acidification de l'océan et qui a des impacts néfastes sur les écosystèmes. Et l'autre partie s'accumule dans l'atmosphère, ce qui cause le problème du changement climatique. 50 % sont absorbés par les puits de carbone naturels, les forêts des sols, l'océan, et 50 % s'accumulent dans l'atmosphère, d'où notre problème climatique. Puisqu'en fait, le problème vient qu'on a déstocké du carbone du sous-sol, et bien remettons-le dans le sous-sol sous forme de CO<sub>2</sub>. C'est une boucle vertueuse pour l'environnement et le climat. Et il faut savoir que les gisements naturels de CO<sub>2</sub> dans le sous-sol, ça existe. La nature le fait déjà, par exemple dans le Sud-Est de la France, qu'on appelle la province carbo-gazeuse française qui est très riche en CO<sub>2</sub> naturel. C'est pour ça qu'on a nos eaux, par exemple Badoit, Vichy, Perrier, etc. Il y a beaucoup de CO<sub>2</sub> naturel dans le sol français. C'est dû à ce qu'il y a du CO<sub>2</sub> d'origine essentiellement volcanique qui remonte à la faveur de failles et de fractures vers la surface, il se mélange à des eaux souterraines, d'où nos eaux carbo-gazeuses bien connues et par endroit, il s'est accumulé sous une couche argileuse pour former des gisements de CO<sub>2</sub> purs. Ce sont les grosses étoiles. Il y en a au moins 8 dans le sous-sol français qu'on a trouvé en fait quand on cherchait dans les années 1960-1970 du pétrole et du gaz naturel, on croyait en avoir trouvé. On a fait un forage et le fluide au lieu que ça soit du méthane ou du pétrole, c'était du CO<sub>2</sub> quasi pur. Il y en a un, celui qui est le plus au Nord, Montmirail, qui a été exploité pendant 20 ans pour fournir du CO<sub>2</sub> pour les usages industriels, pour les eaux de boissons, pour les extincteurs, etc. Et tous les petits points rouges, ce sont des eaux carbo-gazeuses exploitées. Donc en fait ces gisements naturels de CO<sub>2</sub> et ces sources d'eau riche en CO<sub>2</sub> ont été étudiés par les scientifiques là depuis 30 ans déjà pour comprendre les processus de piégeage mais aussi de fuite dans le milieu géologique.

Le captage, stockage et valorisation du CO<sub>2</sub> ou utilisation c'est une technologie clé pour le climat qui comprend plusieurs étapes. Le captage du CO<sub>2</sub> au niveau d'une industrie ; le transport du CO<sub>2</sub> jusqu'à un lieu d'utilisation ou jusqu'à un lieu de stockage. Et donc voilà, on parle en français de CCS, enfin de CSC pour le Captage et Stockage de CO<sub>2</sub> ; CVC pour le captage et valorisation du CO<sub>2</sub>. Il y a aussi des acronymes en anglais. Cette technologie va permettre de réduire massivement les émissions de CO<sub>2</sub> de tout type d'industrie. Mais aussi de retirer du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère, ce qu'on appelle les scénarios à émission négative. Par exemple, si on capte le CO<sub>2</sub> d'une centrale biomasse et on stocke le CO<sub>2</sub> dans le sous-sol. Ce CO<sub>2</sub> n'est pas d'origine fossile, il vient de l'atmosphère puisque la biomasse, en poussant par photosynthèse, a absorbé ce CO<sub>2</sub>.

Pour stocker le CO<sub>2</sub> dans le sous-sol, il y a 2 sites principales. Le sous-sol, hormis les zones montagneuses, c'est un mille-feuille de couches géologiques qui sont poreuses et perméables en bleu et qui contiennent de l'eau ou de couches imperméables, souvent argileuses, qui sont en marron. Et donc, la nappe phréatique, c'est une roche poreuse et perméable qui contient de l'eau douce. Mais plus on va en profondeur, plus l'eau est salée et devient même plus salée que l'eau de mer. Donc c'est ce qu'on appelle ces couches des aquifères salins profonds qu'on n'utilisera jamais pour produire de l'eau potable et entre les minéraux des roches, l'espace poral est occupé en général par de l'eau salée, mais parfois c'est par du pétrole ou du gaz naturel ou par du CO<sub>2</sub> pure, voilà.

Alors, je vais vous montrer le principe : C'est une vidéo qui a été qui est réalisée par des Écossais et qui montre comment on peut stocker sous la mer du Nord du CO<sub>2</sub> dans des grés qui sont en jaune profondément sous la mer. Le CO<sub>2</sub> va être capté de centrales thermiques et de différentes industries,

transporté par pipeline sous la mer du Nord, et puis injecté dans le sous-sol par un forage à partir d'une plateforme. Et vous verrez, il y a tout le millefeuille de couches géologiques profondes. Il va être injecté à 2,5 km de profondeur dans un gré. Et comme le CO<sub>2</sub> à cette profondeur, il est un peu comme un liquide et un peu plus léger que l'eau salée, alors il a tendance à remonter à travers les minéraux des roches, vers un peu vers le haut ; il est bloqué par la couche argileuse imperméable qui se trouve au-dessus.

Alors, comme je le disais, le CO<sub>2</sub> sous terre ne sera pas à l'état gazeux parce que la pression et la température au-delà de 800 mètres de profondeur sont telles qu'il est à un état dense, un peu comme un liquide qu'on appelle l'état supercritique. Donc au lieu d'occuper un volume de 1000 m<sup>3</sup>, il occupe un volume de 2,7m<sup>3</sup>. Donc c'est très intéressant pour pouvoir le stocker, c'est pour ça qu'on va chercher des formations géologiques au-delà de 800 mètres de profondeur et recouvertes d'une couverture argileuse imperméable pour pouvoir stocker efficacement ce CO<sub>2</sub> de manière permanente. La diapo suivante montre quels sont les mécanismes de piégeage. D'abord, il y a le piégeage structural. Comme je le disais, c'est un blocage au-dessus par une roche couverture imperméable, voire par une faille colmatée qui peut aussi parfois jouer ce rôle. Après, il y a le CO<sub>2</sub> qui est piégé par piégeage résiduel. C'est à dire que quand le CO<sub>2</sub> dense pénètre et circule dans la roche, il y a quelques bulles isolées qui restent à l'arrière parce qu'elles sont bloquées par les forces de capillarité. Puis il y a un piégeage par dissolution au cours du temps : Il y a une partie du CO<sub>2</sub> qui va se dissoudre dans l'eau salée de la roche réservoir et l'eau qui enrichit en CO<sub>2</sub> dissous devient un peu plus lourde que l'eau sans CO<sub>2</sub> et du coup a tendance, petit à petit, à migrer vers le bas. Donc tout ça, ça accroît le piégeage du CO<sub>2</sub> et la sécurité et la stabilité du stockage. Et puis il y a le paysage minéralogique qui est la formation de minéraux carbonatés, du fait des réactions minéralogiques qui sont induites par le CO<sub>2</sub> dissous qui acidifie l'eau. Voilà donc il y a certains des minéraux carbonatés comme la calcite, qui peuvent se former dans certains cas. Alors, la diapo suivante, qui est issue d'un rapport du rapport du GIEC montre que l'importance relative de ces quatre mécanismes de piégeage varie au fil du temps. Au début de l'injection, c'est surtout le piégeage sous forme dense, forme structurale par la couche imperméable au-dessus, puis de plus en plus, il y a le CO<sub>2</sub> résiduel qui est piégé. Et puis la solubilité du CO<sub>2</sub> s'accroît avec le temps et puis le piégeage minéralogique c'est beaucoup plus lent sauf si on est dans des réservoirs géologiques très spéciaux comme les basaltes. Mais sinon, dans les aquifères salins profonds, c'est quand même très lent et donc c'est sur le très long terme que ça prend un peu plus d'importance. Je voulais dire que c'est déjà une réalité industrielle le captage et le stockage géologique de CO<sub>2</sub>. Il y a déjà quarante millions de tonnes par an qui sont captées et stockées à travers le monde. En 2001, il y avait 27 installations commerciales en opération dont 2 en Europe. Et vous voyez qu'il y a beaucoup de projets en Europe, mais beaucoup en Amérique du Nord, il y en a aussi en Asie, au Moyen-Orient, en Australie. Alors, vous avez des projets qui sont déjà de taille industrielle qui sont en opération ou en préparation, en construction. Et puis vous avez aussi des petits tests pilotes à petite échelle qui ont été faits, réalisés, dont notamment 2 en France. Il y a eu un pilote de captage de CO<sub>2</sub> dans la centrale à charbon du Havre par EDF et ses partenaires, et puis Total avait expérimenté à Lacq dans les années 2010-2013 un pilote intégré de captage, transport et stockage de CO<sub>2</sub> dans un gisement de gaz épuisé à 4,5 km de profondeur. Ce qui est vraiment important maintenant pour, si on veut vraiment agir pour efficacement lutter contre le réchauffement climatique, c'est de faire un saut d'échelle. D'après le rapport de l'Agence Internationale de l'Energie, pour atteindre le scénario de neutralité carbone en 2050, il faudrait passer des 0,04 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> par an en 2020 à 7,6 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> par an en 2050.

Alors quels sont les freins pour pouvoir accélérer le déploiement de cette technologie ? Ils sont essentiellement économiques et sociétaux, mais aussi techniques notamment. Il faut se mettre à caractériser les sites de stockage, les identifier, les caractériser, les préparer et tout ça, ça prend du temps. Ça prend plusieurs années. Il faut continuer à faire beaucoup de recherche et d'innovation pour améliorer les performances, réduire les coûts, imaginer des ruptures, accélérer les déploiements. Et puis ce que je voulais aussi montrer, c'est qu'il y a des synergies intéressantes avec les énergies renouvelables. On a parlé de la biomasse tout à l'heure pour les émissions négatives. Le BRGM travaille aussi pour faire des synergies avec la géothermie, pour récupérer de la chaleur de la terre. Et puis, il y

a des synergies avec le stockage d'énergie. On a parlé de la transformation du CO<sub>2</sub> en hydrocarbure synthétique, avec de l'hydrogène, on en a parlé tout à l'heure. Tout ça, avec de l'hydrogène vert, mais on peut aussi produire de l'hydrogène bleu dans un premier temps peut-être en plus grande quantité, ce sera moins coûteux que de produire de l'hydrogène vert. C'est à dire, on le fait à partir de gaz naturel par exemple, et pour décarboner du gaz naturel, et la production d'hydrogène à partir de gaz naturel, et bien on capte le CO<sub>2</sub> et on le stocke. Donc en fait ce qui est très important, c'est de pouvoir raisonner par territoire. C'est vraiment important, en concertation avec tous les acteurs mais aussi pour mutualiser les efforts et voir ce qui fait le plus de sens pour un territoire donné.

Alors par exemple, ici, vous avez les émissions de CO<sub>2</sub> industriels en 2017 qui sont indiquées pour les principaux territoires français et ce qui est intéressant aussi, c'est quels seraient en France les endroits où on pourrait stocker du CO<sub>2</sub> ?

Alors c'est dans nos trois grands bassins sédimentaires où il y a des accumulations de couches géologiques importantes. Ce qu'on appelle le Bassin parisien qui est autour de Paris. Tout ce qui est Vallée du Rhône et puis aussi tout ce qui est Sud-Ouest de la France, où il y a déjà beaucoup de gisements de gaz et dans le Sud-Est de la France, on a, je vous l'ai dit, des gisements naturels de CO<sub>2</sub> qui montrent que les formations géologiques profondes peuvent stocker du CO<sub>2</sub> pur pendant quand même des millions d'années.

Alors, il y a eu déjà des études, notamment pour des projets de recherche européens, mais aussi des projets financés par l'ADEME, pour essayer d'évaluer le potentiel de stockage en France. Et voilà ce que je vous donne ici, ce sont des travaux encore théoriques, et partiels. On n'a pas examiné partout, mais déjà on a quelques ordres de grandeur qui montrent que c'est intéressant de continuer à creuser parce que par exemple, dans le Bassin parisien, sous le Bassin parisien, on pourrait stocker au moins huit mille à un million de tonnes de CO<sub>2</sub> en aquifères salins profonds et dans d'anciens réservoirs d'hydrocarbures. Dans le Bassin aquitain, on pourrait stocker 560 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> dans les anciens réservoirs d'hydrocarbures, par exemple. Dans la vallée du Rhône, on a étudié que quelques petites structures dans la région de Fos qui montrent déjà un potentiel de 54 millions de tonnes. Voilà on n'a pas exploré encore le sous-sol en offshore méditerranée, mais il y a sans doute des possibilités. Et donc le contrat de filière Nouveaux systèmes énergétiques qui a été passé avec l'État insiste sur le fait de la nécessité de préciser les possibilités pour des stockages géologiques sur le territoire français onshore et offshore.

On peut bien sûr aller stocker sous la mer du Nord ; il y a déjà des sites qui sont actifs, mais pour des questions de souveraineté, notamment d'indépendance, si on peut aussi trouver des endroits où on peut stocker en France, ce serait intéressant. Et c'est important de caractériser finement quelques zones de stockage géologique en France. Il y a un projet de recherche européenne qui est en cours, qui est coordonné par le BRGM et qui est actuellement étudié très finement un secteur en Île-de-France dans le but de proposer après de réaliser un pilote à petite échelle dans ce secteur.

En rouge, vous avez toutes les émissions de CO<sub>2</sub> industrielles et en jaune tous les endroits où on pourrait, en aquifères salins profonds, stocker du CO<sub>2</sub>. Vous voyez que la mer du Nord est très propice. Il est question de préparer un Atlas sur le stockage de CO<sub>2</sub> en Europe.

Je veux dire, un mot de ce projet stratégique CCUS de recherche européenne, qui a été coordonné par le BRGM et qui s'est fini l'année dernière, où en fait dans ce projet, tous les acteurs du projet réfléchissaient à ce qui pouvait se faire en dehors de la mer du Nord, dans le Sud et dans l'Est de l'Europe. Et donc pour la France, on a étudié le Bassin parisien et la Vallée du Rhône pour essayer de voir ce qu'on pouvait faire localement en termes de captage, transport, utilisation et valorisation et stockage de CO<sub>2</sub>. Et tout ça en concertation avec des Comités régionaux de parties prenantes qui associaient un grand nombre d'acteurs.

Alors je vais vous donner dans la diapo suivante, des éléments pour ce qui concerne le centre du Bassin parisien : Alors, vous avez Paris qui est au Nord-Nord-Ouest de la carte. Et donc là, dans ce scénario, ils ont considéré sept principaux émetteurs qui sont surtout des usines de valorisation énergétique de déchets ici, mais il y a aussi une usine chimique, une chaufferie et ils ont considéré qu'ils pourraient d'abord commencer par capter les émissions des 3 principaux émetteurs et de les stocker dans un premier site de stockage qui est au Sud-Ouest de la carte -Ici, c'est un losange vert- et à 2 kilomètres

de profondeur dans des grés du Trias, en aquifères salins profonds et puis après raccorder ultérieurement 4 autres usines en fait et mettre peut-être aussi en service un deuxième site de stockage pour continuer à stocker d'ici à 2050, les émissions ultimes qu'on ne peut pas résoudre autrement. Donc dans ce scénario, sur 2025-2050, il y a 20-30 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> captées stockées, dont 9,1 venant de la biomasse, donc ce sont des émissions négatives, pour un coût de 39€ par tonne de CO<sub>2</sub> évitée. Avec l'hypothèse de prix du CO<sub>2</sub> sur le marché européen, qu'ils ont prise, ça permettrait d'économiser 2 581 millions d'euros.

Donc ça c'est un exemple, c'est un exercice prospectif, mais basé sur des données réelles. Je voulais aussi mentionner en France qui a le projet PYCASSO, qui est soutenu par un grand nombre d'acteurs, y compris par des collectivités, pour faire utiliser en fait les anciens gisements d'hydrocarbures du Sud-Ouest de la France comme lieux de stockage de CO<sub>2</sub>, des émissions non seulement de l'Aquitaine mais aussi du Nord de l'Espagne.

Alors je vais parler maintenant des enjeux du stockage et des questions de sécurité. Alors ce qu'on veut, c'est piéger le CO<sub>2</sub> en fait, au moins mille ans pour les enjeux climatiques mais dans les formations géologiques profondes, on va le stocker de manière permanente, voilà.

Et il y a les questions de sécurité localement. Donc ce qui est très important, c'est d'optimiser le stockage dans la formation de stockage, assurer le confinement grâce à la roche couverture et puis contrôler le stockage et ses environs pour vérifier qu'il n'y a pas d'impact néfaste sur l'environnement local. Et comme chaque site -la géologie, c'est un milieu naturel- est particulier et donc il faudra vraiment étudier chaque site en détail et avoir une approche sur mesure.

Alors quels sont les risques liés au stockage ? Alors, il y a des risques de fuite de CO<sub>2</sub>. La principale voie de fuite, c'est vraiment par un forage, parce que le forage, c'est vraiment la liaison directe entre le sous-sol et la surface. Donc c'est ça qui est le risque le plus probable. Et aussi, il peut y avoir par le milieu géologique, par des failles, ou des fractures.

Et des autres risques possibles, ce sont les désordres mécaniques, la sismicité induite par l'injection de CO<sub>2</sub> par exemple. Là, on injecte dans des roches poreuses et perméables, donc en principe, on va maîtriser cette sismicité induite. Il pourrait y avoir la sismicité naturelle subie par un stockage et puis aussi une surpression au niveau régional du fait qu'on ait injecté. Donc pour tout ça, il est vraiment très important de caractériser très bien le site, non seulement au niveau géologique, mais au niveau des écosystèmes, de la nappe phréatique, pour prévenir tout risque. Et c'est aussi très important de caractériser initialement le site, pour avoir l'état de référence, l'état 0 avant injection. Parce que s'il se passe quelque chose d'anormal, il faut pouvoir être capable de dire si c'est dû à l'injection de CO<sub>2</sub> ou si c'est dû à autre chose qui est complètement différent.

Alors quels impacts en cas de fuite de CO<sub>2</sub> à la surface du sol ? Là je parle à la surface, si on fait un stockage onshore, dans la terre. Il faut savoir que le CO<sub>2</sub>, ce n'est pas un gaz inflammable, ce n'est pas un gaz explosif, c'est un gaz inodore qu'on respire en permanence et même qu'on avale dans les boissons gazeuses, il n'est pas toxique à faible dose. Il ne faut pas le confondre avec le monoxyde de carbone qui lui est très toxique dès que sa concentration dépasse 0.1 % dans l'air. Tandis que pour le CO<sub>2</sub>, tant qu'il ne dépasse pas 1 % de concentration dans l'air, il n'y a aucun risque, aucun effet physiologique. Au-delà de 1 %, on peut commencer à avoir des maux de tête, etc. Et par contre, si la concentration est vraiment forte, à ce moment-là, il risque d'y avoir, il peut y avoir asphyxie notamment, on le sait, dans des grottes par exemple, où il y a trop de CO<sub>2</sub>, il y a moins d'oxygène et donc, il peut y avoir un risque d'asphyxie. Voilà. Donc ça peut se produire dans des caves, des grottes, des bâtiments mal ventilés, ... Mais la plupart du temps, s'il y a des fuites, le CO<sub>2</sub> se disperserait dans l'atmosphère mais bien sûr, ce n'est pas ce qu'on recherche puisqu'on veut éviter qu'il aille dans l'atmosphère, mais ça ne provoquerait pas une catastrophe sanitaire.

Alors ce dont je vais vous parler, vous avez peut-être tous en tête le cas du lac Nyos. C'est un lac au Cameroun où y a eu en 1986 je crois, un dégazage brutal du CO<sub>2</sub> qui était dissous dans les eaux du lac. Donc ce n'est pas du tout un stockage géologique, c'est du CO<sub>2</sub>. Le lac, c'était un cratère volcanique, il y a du CO<sub>2</sub> volcanique qui était arrivé par des failles, qui s'était dissous dans les eaux du lac et puis une nuit, il y a eu des quantités gigantesques, 1 million de tonnes de CO<sub>2</sub> qui était dans ce lac qui a dégazé. Et comme le CO<sub>2</sub> est un peu plus lourd que l'air, il a dévalé, c'était dans un milieu montagneux ; il a

dévalé la vallée et il y avait des habitants. Il y a eu 1700 morts, donc c'était vraiment une catastrophe. Voilà alors dans le cas de stockage de CO<sub>2</sub>, il y a vraiment que l'éruption d'un forage qui pourrait relâcher beaucoup de CO<sub>2</sub> d'un coup. Mais les débits seraient bien moindres que ce qui s'est passé au lac Nyos. Il y aurait de la neige carbonique qui se formerait en surface du fait du refroidissement brutal. Et donc il y a très peu de risques de provoquer des accidents mortels.

Ceci dit, toutes études de danger qui seront faites pour tous les sites, devront étudier et documenter ce risque. Alors ce que je voulais aussi vous dire, c'est que des fuites de CO<sub>2</sub> d'origine volcanique en surface, il y en a beaucoup. Par exemple, vous voyez, là, il y a eu la grande conférence internationale sur le sujet Captage, stockage et valorisation du CO<sub>2</sub> qui s'est tenue en France pour la première fois en octobre 2022 à Lyon. Et on les a amenés faire une excursion près de Clermont-Ferrand, dans une zone où il y a du CO<sub>2</sub> naturel d'origine volcanique, qui bulle ici dans une source d'eau. Là, c'est la source du grand Saladis. A un endroit, il y a même un geyser intermittent d'eau riche en CO<sub>2</sub> dissous, qui toutes les 20 minutes, fait une petite éruption. On a fait des mesures sur le terrain pour montrer qu'on avait des méthodes de surveillance pour pouvoir localiser d'éventuelles fuites de CO<sub>2</sub> et les quantifier. Et puis juste à côté, il y a une usine d'embouteillage d'eau gazeuse qui est commercialisée aussi, qu'on a visitée.

Alors pour assurer la sécurité d'un site de stockage de CO<sub>2</sub>, ce qui est très important, il y a cinq choses : Il faut choisir le bon site ; on ne peut pas stocker n'importe où sous terre, il faut vraiment choisir une formation poreuse, perméable, recouverte par une roche argileuse imperméable etc.

Il faut aussi évaluer le risque, notamment les fuites et les mouvements du sol dont j'ai parlé. Il faut mener les opérations d'injection correctement, notamment en contrôlant la composition du CO<sub>2</sub> injecté, contrôlant la pression, etc. ; s'assurer qu'il y a une bonne adéquation entre la modélisation et les mesures. Et puis à la fin, quand on ferme le site, bien boucher les puits. Et puis, faut surveiller le site pendant l'injection et après l'injection, à la fin de l'injection, la migration du CO<sub>2</sub> ; il faut surveiller l'étanchéité de la roche couverture, il faut surveiller la nappe phréatique, la surface du sol ou le plancher marin, ainsi que les écosystèmes.

Et puis il faut prévoir un plan de mesures correctives au cas où quelque chose ne se passerait pas comme prévu. Il y a déjà beaucoup d'outils et de méthodologies qui ont été élaborés pour chacun de ces cinq critères et il y a une directive européenne qui existe sur le stockage géologique de CO<sub>2</sub>, qui a été faite en 2009, qui a déjà été transposée en droit français. Il y a des normes ISO internationales qui ont été aussi élaborées pour s'assurer que tout soit fait dans toutes les conditions de sécurité voulues. Comme retour d'expérience sur le stockage du CO<sub>2</sub>, je peux dire qu'il n'y a aucune fuite qui a été recensée sur les stockages de CO<sub>2</sub> en opération. Il y avait des fuites suspectées par certains sur Sleipner, en Norvège et à Weyburn, c'est dans l'Ouest du Canada, en surface. Mais en fait, ça a été démenti. Ce n'était pas lié à l'injection du CO<sub>2</sub>. D'où l'importance des mesures de l'état 0 dont je vous ai parlé avant. A In Salah en Algérie, il y a une légère insurrection des terrains. Il y a une fuite de CO<sub>2</sub> qui a été suspectée dans un puits d'observation, donc l'injection a été arrêtée et le monitoring se poursuit toujours. Il y avait eu des difficultés d'injection au début en Norvège, qui a été fait après Sleipner et l'injection a été faite dans un autre horizon géologique, qui était plus perméable.

Je voulais vous dire que le Club CO<sub>2</sub>, c'est une association française qui a été créée en 2002 avec 11 membres fondateurs et en 2023, il y a 63 membres. Ces dernières années, il y a vraiment beaucoup, beaucoup de membres, alors c'est non seulement diverses entreprises, mais il y a aussi des organismes de recherche, il y a des associations et il y a des start-up. Donc il y a vraiment les compétences en France pour développer et déployer cette technologie.

**M. Simon BLEAU, animateur 02:13:54**

Merci Madame. Monsieur Boraccino, un petit mot sur le point de vue des maîtres d'ouvrage sur les enjeux de stockage. Et puis ensuite, on aura un temps d'échanges, dans quelques instants.

**M. Yves BORACCINO, Directeur du site Chaux et Dolomies du Boulonnais – LHOIST** 02:14:06

Pour conclure, je rappelle donc que ce sont aussi bien le projet CalCC, que le projet K6 phase 2 de Egiom, des projets qui ont une échéance temporelle relativement courte, puisque l'objectif qui doit être tenu dans le cadre des subventions qui ont été accordées par l'Europe et de démarrer le captage de CO<sub>2</sub> tout début 2028. À cette échéance-là, les possibilités de captage, de stockage plutôt en mer du Nord sont au nombre de 5 ou 6. Il y a donc aujourd'hui un certain nombre de projets qui sont en développement. Vous avez peut-être entendu qu'au Danemark, un projet a été inauguré cette année, il y a quelques mois de cela, avec une capacité de stockage de 1,5 million de tonnes. Il y a d'autres projets donc projet Porthos, Athos, Zero Carbon, Humber, etc. qui vont développer des capacités de stockage relativement importantes. On parle de 22 millions de tonnes dans les toutes prochaines années, donc c'est vers ces projets-là que nous nous tournons aujourd'hui. Le choix du site de stockage n'est pas encore déterminé. Nous évaluerons les opportunités d'un point de vue aussi économique, du choix de tel ou tel stockage. L'intérêt d'être lié au site du Hub CO<sub>2</sub> de Dunkerque, c'est d'avoir la possibilité, par un transfert par bateau, de choisir tel ou tel autre site en mer bien sûr. Donc c'est un véritable atout que d'être positionné au bord d'un port. Et également pour préciser que nous sommes également ouverts dans le futur à des stockages onshore bien entendu. Nous utiliserons toutes les opportunités qui se présentent et on en parlait précédemment de l'utilisation du CO<sub>2</sub> pour fabriquer des e-fuel, bien sûr, ça fait partie des opportunités qui pourraient se proposer dans le futur. Mais voilà, à court terme, échéance 2028, on table plutôt sur des projets qui sont présentés ici et qui auront des capacités de stockage bien supérieures au 1,5 million de tonnes que nos 2 projets réunis capteront.

**M. Simon BLEAU, animateur** 02:16:40

Merci Monsieur. Et je vous propose de passer au dernier temps d'échanges. Donc il y avait déjà une main levée au premier rang avec Monsieur Motte.

**Question#5 : M. Frédéric Motte, Conseiller régional délégué à la « transformation de l'économie régionale », Président de la mission Rev3** 02:17:03

Le premier point, c'est vous remercier. C'est passionnant. On dit qu'il y a de moins en moins d'ingénieurs, vous devriez aller dans toutes les écoles, raconter des histoires ; ça susciterait des vocations et puis des chercheurs demain. Donc merci.

Le deuxième point, parce qu'on parle beaucoup de chiffres. Pour vous donner une information, la région des Hauts-de-France, si je ne compte pas le CO<sub>2</sub> importé, quand vous importez des biens et autres, mais c'est à peu près 50 millions de tonnes. On émet par an 50 millions de tonnes dont 17-18 pour tout le périmètre industriel donc ça fait 32-33 pour tout le reste de la région, ça permet de donner une petite échelle.

Le troisième point, c'est une question de néophyte, notre CO<sub>2</sub> quand il est tout au fond, si on se retrouve dans 200 millions d'années, il sera redevenu du charbon ou autre chose ou il sera toujours là?

**Mme Isabelle CZERNICHOWSKI-LAURIOL, Ingénieure géologue et Docteure en géoscience, ex BRGM sur la partie stockage définitif du CO<sub>2</sub>** 02:17:49

Il sera toujours là, comme les gisements naturels de CO<sub>2</sub> qui sont là depuis des millions d'années. Donc, voilà, il sera toujours là. En fait, les stockages s'apparenteront après à des gisements naturels de CO<sub>2</sub> si on peut dire.

**M. Simon BLEAU, animateur 02:18:05**

Merci. Est-ce qu'il y a d'autres questions en salle ou en ligne ? Il y a toujours quelques personnes qui nous suivent à distance. Monsieur.

**Question#6 : M. Saad BOUHINA, Citoyen dunkerquois ULCO 02:18:19**

Juste pour compléter. Merci, c'était effectivement très intéressant. Je voulais savoir concernant puisque vous avez parlé des risques de fuites en surface mais vous n'avez pas du tout évoqué les risques de fuites – et est-ce qu'il y a eu des fuites ? – sur le stockage en mer par rapport à l'acidité, enfin tous les problèmes d'écosystème marin, etc. Enfin, on a quand même un peu d'expérience. Il y a eu des choses qui ont été faites depuis longtemps et à ce niveau-là, en cas de fuites en mer, quels risques y a-t-il ?

**Mme Isabelle CZERNICHOWSKI-LAURIOL, Ingénieure géologue et Docteure en géoscience, ex BRGM sur la partie stockage définitif du CO<sub>2</sub> 02:18:50**

Alors, il n'y a pas eu de fuites sur des stockages en mer. Il y a eu beaucoup de projets de recherche pour étudier le monitoring offshore de site de stockage mais aussi quels seraient les impacts sur les écosystèmes marins si jamais il y avait une fuite. Donc il y a eu beaucoup de projets de recherche européens qui ont été fait ; il y a eu des rapports. Le but est de détecter toute fuite le plus tôt possible, y remédier, et évidemment, ne pas avoir d'impact. Mais voilà, s'il y avait une fuite, ça va quand même se disperser dans le milieu marin ou dans l'atmosphère. Et sauf si elle était en très grande quantité, ça pourrait perturber localement les écosystèmes marins, mais le but c'est de détecter et il y a beaucoup d'outils maintenant qui sont faits pour détecter au plus tôt une fuite.

**M. Simon BLEAU, animateur 02:19:58**

Merci. Est-ce qu'il y a d'autres mains levées, d'autres questions ? Monsieur Stiévenard, on vous apporte un micro.

**Question#7 : M. Jean-Michel STIEVENARD, garant 02:20:11**

Merci. Je m'autorise une interpellation de participant dans la salle indépendamment du fait que je dois garantir la vérité du débat.

J'ai été subjugué aussi par votre exposé. Il n'y a plus besoin de discuter et la solution, elle est là : C'est la séquestration sans risque. On la possède. Alors là où du coup je m'interroge, parce que j'ai été confronté dans le passé à un autre débat d'enfouissement de déchets nucléaires qui lui pose débat. C'est du nucléaire.

Certes, c'est moins inerte que le CO<sub>2</sub> mais quand même, n'y a-t-il pas de controverse sur cette solution ? Est-ce que la communauté scientifique, premièrement, la communauté des citoyens, deuxièmement, est-elle aussi subjuguée par cette solution ?

**Mme Isabelle CZERNICHOWSKI-LAURIOL, Ingénieure géologue et Docteure en géoscience, ex BRGM sur la partie stockage définitif du CO<sub>2</sub> 02:21:12**

Vous voulez parler de la solution géologique du stockage du CO<sub>2</sub> ?

Oui, et bien c'est comme pour tout. Il peut y avoir des oppositions. Tous les scientifiques pensent que c'est tout à fait possible - D'ailleurs, il y a déjà des opérations qui se font- et que c'est tout à fait maîtrisable. En termes de pratiques industrielles, ça s'apparente beaucoup au stockage de gaz naturel dans le sous-sol. Il y a le méthane donc. C'est une pratique qui est extrêmement répandue partout, y compris en France, on stocke le méthane dans des aquifères salins profonds, aussi dans des cavités salines, mais surtout dans des aquifères salins profonds, où le méthane est piégé dans les pores, dans les porosités de la roche, avec une couche argileuse imperméable dessus. C'est exactement le même principe, à part que le stockage saisonnier de gaz naturel, on le stocke de manière saisonnière, non pas permanente puisque on stocke en été et on reproduit le gaz en hiver pour les besoins de gaz, de chaleur. Voilà, et on surveille aussi ces gisements de gaz naturel. Et maintenant, c'est une technologie qui est très utilisée et il y a très peu d'accidents. Alors bien sûr ce n'est pas le même gaz, il y a des différences etc. Mais toute l'expérience aussi qui a été acquise dans le cadre de stockage de gaz naturel, et bien, on a utilisé ce qui était transposable aussi pour le stockage aussi de CO<sub>2</sub> et développer de nouvelles études, de nouvelles méthodes à cause des spécificités spécifiques des stockages de CO<sub>2</sub>.

**M. Simon BLEAU, animateur** 02:23:14

Merci. Est-ce qu'il y a une dernière question avant que nous ne passions à la conclusion de notre réunion ? Monsieur.

**Question#8 : M. Denis VANDEPERSTRAEKE, Citoyen dunkerquois** 02:23:28

Bonjour. Merci pour la présentation. Moi, je me posais une question, alors on a vu qu'il fallait éviter les désordres mécaniques dans les réservoirs souterrains. On sait qu'il y a une urgence à réduire, enfin à éviter les émissions de CO<sub>2</sub> à l'atmosphère et donc potentiellement des projets de captation de CO<sub>2</sub> qui vont se multiplier. Est-ce que le fait de vouloir éviter les désordres mécaniques dans les réservoirs pourrait... Est-ce que du coup, les débits d'injection sont limités pour éviter le désordre mécanique et donc pourrait venir limiter les capacités de séquestration et donc du coup, de ce fait, limiter les capacités de captation parce qu'on ne pourrait pas injecter ce CO<sub>2</sub> à débit assez rapide afin de limiter les risques de perturbation des réservoirs ?

**Mme Isabelle CZERNICHOWSKI-LAURIOL, Ingénieure géologue et Docteure en géoscience, ex BRGM sur la partie stockage définitif du CO<sub>2</sub>** 02:24:30

Oui, c'est une très bonne question. Alors les capacités de stockage dans le sous-sol, elles sont assez gigantesques, bien supérieures à ce qu'il faut pour stocker les émissions résiduelles de CO<sub>2</sub> irréductibles qui proviennent de différentes industries. Pour éviter les désordres mécaniques, c'est très important de contrôler la pression d'injection. Il ne faut surtout pas qu'elle soit trop forte et qu'on fracture la roche couverture puisqu'il faut qu'elle soit étanche, donc les modélisations vont montrer quelle est la pression à ne pas dépasser d'injection et bien sûr, ça fera partie du suivi journalier, par heure, de vérifier la pression d'injection ne passe pas un certain seuil. Après, ce qui est important dans un site donné, c'est de pouvoir injecter une quantité de CO<sub>2</sub> voulue en un temps voulu. Ce qu'on appelle un peu l'injectivité. Parfois, on va avoir besoin de deux puits d'injection au lieu d'un seul pour injecter la quantité de CO<sub>2</sub> qu'on veut, donc ça permettra - on fait un autre puits d'injection un peu plus loin et donc ça permet de réduire un peu la pression dans les deux. Donc il y a toute une stratégie d'ingénierie à faire pour savoir combien de puits d'injection il faut dans un site de stockage, en fonction de combien on veut injecter en un an, par exemple. Et puis, quelles seront les formes ? Enfin il y a plusieurs

architectures de forage possibles. Donc tout ça doit être calculé et ça fait l'objet de simulations en trois dimensions avec le modèle géologique complet et puis des calculs d'incertitude, etc.

**M. Simon BLEAU, animateur 02:26:30**

Merci. Je vous propose de nous arrêter là, sauf s'il y a une dernière question. Et avant de mettre fin à la réunion, Messieurs les garants, est-ce que vous souhaiteriez nous dire quelque chose pour terminer cette réunion, quelques mots ?

**M. Jean-Raymond WATTIEZ, garant 02:26:54**

On voit bien ce soir toute l'utilité d'une concertation préalable. Mon collègue à l'instant parlait d'un débat très fourni sur l'enfouissement des déchets nucléaires. La CNDP avait souhaité que justement sur la séquestration du carbone, on puisse, dans le cadre de cette concertation, lancer en fait, une réflexion et un débat à l'échelle nationale parce que je pense qu'à ce jour, la question du CO<sub>2</sub> et de sa séquestration n'a pas été débattue véritablement à l'échelle nationale. Et je crois que ce soir, les citoyens pourront, ceux qui ne sont pas présents, aller sur le site puisque tout ce qui a été dit ce soir sera mis en ligne et je crois que l'utilité de cette concertation est vraiment démontrée ce soir parce que moi, j'ai appris plein de choses et je pense que les non-spécialistes auront également appris beaucoup de choses.

Et la question qui a été posée aussi, la question de société, à savoir est-ce qu'il faut privilégier la réutilisation ou la séquestration ? On a entendu cette question posée également, avec aussi, bien sûr les interrogations sur les risques. En gros, c'est autour de ces deux questions principales que le public présent a pu s'exprimer. Et forcément, on reviendra sur tous ces sujets puisque la concertation va durer jusqu'à la fin du mois de juillet.

**M. Simon BLEAU, animateur 02:28:45**

Merci. Donc, justement, transition toute trouvée pour les prochaines rencontres de la concertation : la prochaine ce sera mardi prochain à Loon-Plage sur le terminal CO<sub>2</sub> du projet D'Artagnan. Nous aurons aussi le premier atelier dédié aux canalisations jeudi prochain et puis, vous pouvez aussi vous inscrire aux visites des sites industriels et notamment du terminal méthanier de dunkerque. Il y a différents moyens d'expression qui sont à votre disposition. Vous pouvez récupérer à l'entrée des coupons T et également vous avez un formulaire d'expression sur le site internet qui est à votre disposition. Voilà, la soirée est bien avancée. Je voulais vous remercier pour votre participation à ce semi-marathon peut-être et remercier tous nos intervenants ce soir. Merci à tous et très bonne soirée.