Factsheet
CIMENT

Carbon Capture and Storage (CCS)

©CBR

Pour réaliser son objectif de neutralité carbone, l'industrie cimentière belge compte pour moitié sur le CCS.

Ce factsheet vous donnera un aperçu des principaux enjeux et des solutions technologiques qui seront mises en œuvre pour capturer, transporter et stocker de manière pérenne le CO_2 et contribuer au défi climatique.

Qu'est-ce que le CCS ?

Le « Carbon Capture and Storage » (en français, capture et stockage du carbone) ou CCS se réfère aux technologies qui permettent de capturer le CO_2 et de le stocker de manière pérenne pour éviter qu'il contribue au réchauffement climatique.

On distingue la capture à partir de sources ponctuelles (industries) où l'objectif est d'éviter que le CO_2 se retrouve dans l'atmosphère, de la capture directe dans l'atmosphère appelée « Direct Air Capture » ou DAC.

C'est bien de la capture à partir de sources ponctuelles que nous traitons dans ce document.

Le CCS peut être séparé en trois étapes :

- la capture,
- le transport,
- le stockage.

1. La capture

Lors de la capture, le CO_2 est séparé des autres gaz produits par l'industrie pour l'empêcher de rejoindre l'atmosphère. L'enjeu consiste à capturer le CO_2 à la fois avec une grande efficacité (>90%) et une très grande pureté (>95%) pour un coût et une consommation énergétique acceptables. Sans rentrer dans des détails trop pointus, on distingue trois techniques applicables pour le secteur cimentier :

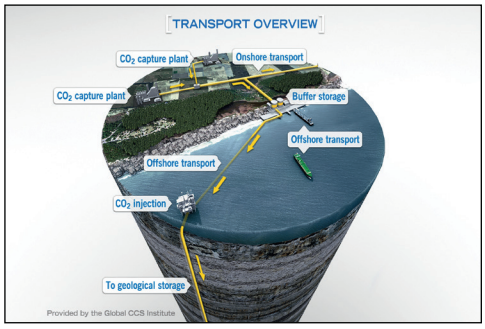
• Post-combustion : les procédés de capture du CO_2 par post-combustion consistent à séparer et à concentrer le CO_2 contenu dans les fumées avant qu'elles ne sortent de la cheminée. Plusieurs procédés existent mais les réacteurs régénératifs à base d'amines (composés organiques dérivés de l'ammoniac) sont aujourd'hui la technologie la plus avancée. Elle est utilisée dans le secteur pétrolier depuis 1996. Dans l'industrie cimentière, elle a été utilisée avec succès lors d'un essai à petite échelle à l'usine Norcem de Brevik en Norvège, un projet qui sera opérationnel à l'échelle industrielle fin 2024 et permettra de capturer jusqu'à 400.000 tonnes de CO_2 par an. Une alternative aux réacteurs aux amines est le procédé de « carbon looping » dans lequel de la chaux (CaO) est utilisée comme réactif et subit tour à tour des réactions de carbonatation et de décarbonatation pour produire un CO_2 purifié.

• Combustion oxyfuel : plutôt que d'utiliser de l'air (pour rappel, l'air contient 78% d'azote) pour la combustion du four, on utilise de l'oxygène. Cela permet non seulement d'augmenter fortement la concentration en CO_2 dans les fumées à purifier mais également d'éviter la formation d'oxydes d'azote à traiter.

• Séparation directe : elle décrit un ensemble de technologies pour lesquelles le process cimentier a été modifié en séparant l'étape de décarbonatation du calcaire de celle de clinkérisation. Le CO_2 libéré par la décomposition du calcaire (émissions de process) est ainsi séparé des émissions dues aux combustibles et est donc de grande pureté et facile à capter sans nécessiter de traitement ou de transformation supplémentaire. Parmi les projets actuels qui testent la séparation directe, la technologie LEILAC a été testée de façon prometteuse en Belgique et une seconde phase pilote est en cours en Allemagne.

2. Le transport

Une fois que le CO_2 est purifié, il est mis sous pression pour être injecté dans des canalisations et être acheminé en vue de son utilisation ou de son stockage. Des investissements importants sont prévus en Belgique pour adapter l'infrastructure existante de transport du gaz naturel et déployer de nouvelles canalisations pour le transport du CO_2. Pour l'industrie, il est très important que ce réseau soit accessible à des conditions équitables et mis en œuvre en priorité pour les sites de production qui comptent le plus sur le « CCS », comme le secteur cimentier.



©Global CCS Institute

Une fois le CO_2 acheminé dans des terminaux portuaires, il pourra être transporté par pipeline jusqu'aux sites de stockage géologique. Fluxys envisage ainsi la construction d'un pipeline de 1.000 km entre Zeebruges et la Norvège. L'autre option est de liquéfier le gaz et de le charger sur des bateaux pour l'acheminer vers les sites de stockage en mer du Nord.

Il est bon de rappeler que, comparé au gaz naturel, le CO_2 présente l'avantage de ne pas être explosif. Il est donc relativement sûr à transporter. Bien entendu, pour pouvoir être injecté dans des canalisations, le CO_2 industriel doit répondre à des spécifications de pureté (soufre, humidité, etc.) pour éviter notamment tout risque de corrosion des installations.

3. Le stockage

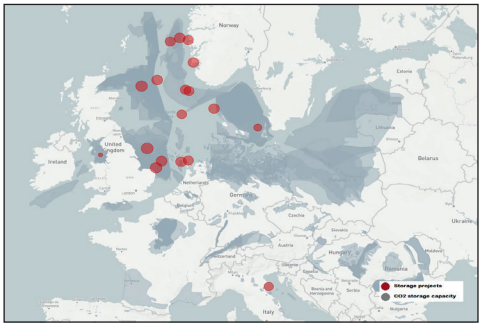
Le stockage géologique consiste à comprimer et à injecter par un puits le CO_2 capturé dans des formations rocheuses (et non dans des cavernes) à des profondeurs en général supérieures à 1km. Ces formations présentent les caractéristiques suivantes : 1. Porosité - vides de la taille d'un millimètre qui fournissent la capacité de stocker le CO_2, 2. Perméabilité - caractéristique géologique selon laquelle les pores d'une roche sont suffisamment connectés entre eux pour permettre l'injection, 3. Permanence - la formation rocheuse doit comprendre une roche de couverture qui fait barrière autour de la zone poreuse, ce qui permet de s'assurer que le CO_2 est confiné de manière permanente.

Pendant des millions d'années, les combustibles fossiles (pétrole et gaz) ont été piégés sous terre dans des formations géologiques similaires et y seraient restés si l'homme ne les avait pas extraits. Les roches destinées à stocker le CO_2 sont soit d'anciennes réserves de gaz ou de pétrole soit des formations géologiques similaires. Depuis une cinquantaine d'années, près de 300 millions de tonnes de CO_2 ont été injectées avec succès dans des formations souterraines. Rien qu'en Norvège, les installations de Sleipner et de Snøhvit ont stocké près de 26 millions de tonnes de CO_2 depuis 1996.

L'expérience accumulée du stockage du CO_2 dans le monde entier a prouvé qu'il n'y a pas d'obstacles techniques à sa mise en œuvre.

Diverses technologies de surveillance ont été déployées avec succès, démontrant la capacité à mesurer, surveiller et vérifier le CO_2 injecté dans le sous-sol tout au long de son cycle de vie. À ce jour, il n'y a pas eu de fuite importante de CO_2 dans le cadre d'une opération de CCS.

Les scientifiques et les experts les plus éminents s'accordent également à dire que le stockage du CO_2 dans les formations géologiques est une solution efficace et sure. Le rapport spécial du GIEC de 2005 sur le CCS a conclu que « des réservoirs géologiques gérés de manière appropriée sont très susceptibles (very likely) de retenir plus de 99 % du CO_2 séquestré pendant plus de 100 ans et susceptibles (likely) d'en retenir 99% pendant plus de 1.000 ans ».



Carte des capacités de stockage du CO_2 en Europe

©CATF

La question légitime qui peut être posée est celle de la capacité disponible : d'après une étude récente de Clean Air Task Force [4] basée sur différents scénarios, il apparaît que l'Europe dispose d'une capacité suffisante pour faire face à ses besoins en stockage de CO_2 pour au moins 500 ans.

Pourquoi a-t-on besoin du CCS ?

Le changement climatique est un des défis les plus urgents auquel l'humanité est confrontée aujourd'hui, et la science montre clairement que nous devons utiliser tous les outils à notre disposition si nous voulons éviter les pires

conséquences de ce phénomène. Les principaux organismes mondiaux chargés du climat et de l'énergie - le GIEC et l'Agence Internationale de l'Energie - ont tous deux souligné le rôle clair et important du CCS pour parvenir à des émissions nettes nulles d'ici à 2050.

En outre, les experts s'accordent à dire que le CCS sera particulièrement vital pour les secteurs difficiles à décarboner, comme l'industrie cimentière. Une étude récente de Bellona et E3G [2] sur l'échelle de priorité du CCS confirme l'intérêt de cette solution pour l'industrie cimentière.

En d'autres termes, même si le CCS ne peut pas être considéré comme une « solution miracle », le temps presse pour réduire nos émissions mondiales et le CCS constitue une solution industrielle accessible à grande échelle et à relativement court terme. D'ailleurs, dans sa proposition de Net Zero Industry Act, la Commission européenne fixe une capacité de stockage du CO_2 à 50 millions de tonne par an pour 2030.

Carbon Removals

Le CCS permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre, notamment des industries, et d'atteindre le « Net Zero » en matière d'émissions. Cependant, pour avoir au moins 50 % de chances de limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C sans dépassement ou avec un dépassement limité, les trajectoires réalistes prévoient la nécessité d'émissions négatives, appelées « carbon removals ». Le GIEC définit les « carbon removals » comme « un ensemble d'activités humaines qui éliminent le CO_2 de l'atmosphère et le stockent durablement dans des réservoirs géologiques, terrestres ou océaniques, ou dans des produits ». Les méthodes varient considérablement en ce qui concerne la manière dont le CO_2 est extrait de l'atmosphère, l'endroit où le carbone est stocké, la durée de ce stockage ainsi que les ressources et autres effets procurés au-delà de l'avantage climatique. Pour éviter le double comptage et assurer une contribution réelle au climat, un cadre basé sur des définitions claires est obligatoire ainsi qu'une approche scientifique rigoureuse qui tient compte de l'ensemble du cycle de vie. Notamment le stockage temporaire dans des produits ne devrait pas être considéré comme du « carbon removal » au contraire de la carbonatation sous forme minérale, qui elle est permanente.

Le CCS et l'industrie cimentière belge

Dans sa Roadmap 2050 du Ciment et du Béton [7], l'industrie cimentière belge a défini cinq leviers, les « 5 C » pour contribuer à une construction circulaire et neutre en carbone. Cela passe notamment par une utilisation plus rationnelle des matériaux de construction, dont le béton.

En ce qui concerne la trajectoire pour atteindre la neutralité carbone du ciment, celle-ci se base sur trois leviers principaux :

1. Continuer à diminuer l'empreinte carbone du clinker en améliorant encore l'efficacité des fours (consommation énergétique, matières premières alternatives, co-processing), ce levier représente environ 25% de la trajectoire ;

2. Continuer à diminuer la quantité moyenne de clinker dans les ciments (CEM II, V et VI), environ 25% ;

3. Investir dans des installations de capture de CO_2 en vue de son stockage (CCS) et dans une moindre mesure de son utilisation (CCU), environ 50%.

De manière très concrète, deux projets industriels sont prêts à être mis en œuvre dès qu'ils recevront les soutiens financiers nécessaires pour être opérationnels avant 2030 : GO4ZERO de Holcim et Anthemis de HeidelbergMaterials.

Avec GO4ZERO, Holcim Belgique souhaite investir dans de nouvelles infrastructures lui permettant d'intégrer les meilleures technologies disponibles afin de garantir des performances opérationnelles, économiques et environnementales sans précédent. GO4ZERO se traduit par un programme d'investissements qui sera réalisé en deux phases. La première vise le remplacement des deux fours actuels en voie humide par une nouvelle ligne de production

de clinker en voie sèche, ainsi que les installations de manutention et de chargement des trains de calcaire au départ de carrières du Tournaisis. Ce changement de matière première et de technologie va permettre de réduire les émissions spécifiques de CO_2 par tonne de clinker de près de 30%. La deuxième phase vise, en aval du four, la captation du CO_2 en vue de son transport vers des sites de séquestration souterrains, ou pour une valorisation industrielle. Cette deuxième phase, qui vient d'être retenue sur la liste des projets pouvant bénéficier de l'Innovation Fund, permettra à Holcim d'atteindre la neutralité carbone en Belgique au regard de ses émissions de CO_2 rapportées dans le cadre du système « ETS ».

©Holcim

CBR, la filiale belge de HeidelbergMaterials, a l'intention d'équiper son usine d'Antoing d'une unité hybride innovante

©CBR

de capture du carbone. Antoing est une cimenterie ultramoderne dotée de l'un des fours les plus performants au monde en termes d'émissions spécifiques de CO_2. Le four a récemment été modernisé et est prêt à être utilisé pour le projet sans autre modification. Le concept innovant OxyCal de deuxième génération combine les technologies Oxyfuel et Amine établies dans une unité hybride qui ne nécessite plus de tour de préchauffage supplémentaire. Cela signifie une réduction significative des besoins de construction en acier et en béton, ce qui améliore considérablement l'efficacité des ressources. Une fois opérationnel, le projet permettra de réduire les émissions de CO_2 d'Antoing de plus de 97 %. Cela équivaut à environ 800.000 tonnes de CO_2 capturées par an.

Factsheet publié par
FEBELCEM
Federation de l'industrie cimentière belge
Avenue des Arts 20
1000 Bruxelles
tel. 02 645 52 11
www.febelcem.be

Auteur : H. Camerlynck

Editeur responsable :
H. Camerlynck

Septembre 2023

Sources bibliographiques:

1 - https://network.bellona.org/content/uploads/sites/3/2022/12/Carbon-Dioxide-Removal-and-Certification---What-is-it-and-why-is-it-needed.pdf

2 - https://network.bellona.org/content/uploads/sites/3/2023/07/CCSL_briefing.pdf

3 - https://www.catf.us/ccsmapeurope/

4 - https://cdn.catf.us/wp-content/uploads/2023/07/04053136/CATF_European-CO2-Storage-Report_July-23.pdf

5 - https://www.cbr.be/fr/cbr-a-lintention-de-construire-une-unite-hybride-de-capture-de-carbone-unique-en-son-genre-dans-sa-cimenterie-dantoing

6 - https://cembureau.eu/media/glkpjvwv/230308-cembureau-position-on-carbon-removals.pdf

7 - https://www.febelcem.be/fileadmin/user_upload/agenda/communiques/Communique_Presse_Roadmap2050_Fr_Final.pdf

8 - https://www.febelcem.be/fileadmin/user_upload/rapport-environnemental/fr/Rapport_environnement_FBC_2022.pdf

9 - https://www.fluxys.com/fr/co2#/

10 - https://gccassociation.org/cement-and-concrete-innovation/carbon-capture-and-utilisation/

11 - https://www.globalccsinstitute.com/resources/publications-reports-research/ccs-in-the-ipcc-sixth-assessment-ar6-synthesis-report/

12 - https://www.globalccsinstitute.com/resources/

13 - https://www.holcim.be/fr/go4zero

14 - https://www.iea.org/reports/ccus-in-clean-energy-transitions/ccus-in-the-transition-to-net-zero-emissions

15 - https://www.leilac.com/

16 - https://zeroemissionsplatform.eu/about-ccs-ccu/why-ccs/

FEBELCEM