

In de lucht of in de grond

CO₂ capteren om voor altijd op te slaan

Als tussenoplossing in het proces naar een koolstofvrije samenleving is de technologie voor het afvangen en opslaan van CO₂ (CCS) één van de opties om tussen nu en 2100 de hoeveelheid in de lucht uitgestoten CO₂ aanzienlijk terug te dringen. Midden februari was ze nog voorwerp van discussie op een conferentie in Brussel waar politici en experts de energiestrategie van de EU evalueerden in het kader van de economische crisis. Waar staat CCS precies voor? Wanneer wordt het gecommercialiseerd? Hypothekeert de lage prijs van carbon de ontwikkeling ervan? Welk potentieel heeft CCS voor de industrie? Wat zijn de risico's? Vragen waarop dit dossier een antwoord geeft.

TEKST FLORENCE DELHOVE

FOTO IEA, ZEP



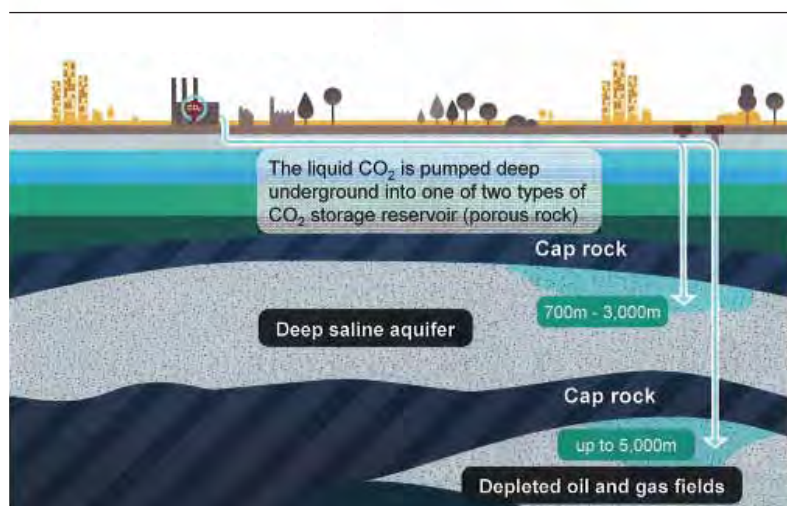
De doelstelling om de temperatuur op aarde met maximaal 2°C te laten stijgen ten opzichte van de pre-industriële tijd, impliceert dat de ontwikkelde landen hun CO₂-uitstoot tegen 2050 met minstens 80% moeten terugdringen ten opzichte van het niveau van 1990. Zo helder als de doelstelling is, zoveel onduidelijkheid heerst er nog rond de mogelijke oplossingen om hiertoe te komen. Eén ervan is de technologie voor het vangen en opslaan van CO₂, beter bekend onder de Engelse benaming 'Carbon Cap-

ture & Storage' (CCS). Bij deze technologie wordt de door industriële installaties uitgestoten CO₂ afgevangen en getransporteerd naar een site die geschikt is voor ondergrondse geologische opslag. Hier wordt het gas geïnjecteerd in de bodem waar het permanent blijft opgeslagen en niet meer in contact komt met de lucht. Vooral de staalnijverheid, cementbedrijven, raffinaderijen, maar zeker ook de steenkoolcentrales en in mindere mate gascentrales hebben een grote CO₂-uitstoot en zijn dus betrokken partij voor CCS. Wereldwijd zijn er trouwens nog veel kolencentrales, en

er worden er nog steeds bijgebouwd. Steenkool blijft de belangrijkste brandstof. Het is niet alleen de goedkoopste, maar ook die met de grootste bewezen en tamelijk gelijk over de wereld verdeelde reserves, in tegenstelling tot aardolie en gas.

Hoewel CCS bij het grote publiek nog weinig bekend is, wordt er al jaren en op verschillende plaatsen ter wereld over gedebatteerd en onderzoek naar gedaan, waarbij overheden, de industrie, ngo's en publieke en private onderzoekscentra de krachten bundelen. Zo wijdde het wetenschappelijk >

- > klimaatpanel van de VN, het IPCC, in 2005 een speciaal rapport aan CCS. In 2009 boog het Internationaal Energie Agentschap (IEA) zich in detail over het onderwerp. Nog in 2009 werd de Europese CCS-Richtlijn gepubliceerd. Ondertussen is de technologie het stadium van de pilots voorbij en wordt volop gewerkt aan demonstratieprojecten, de stap net vóór de commercialisatie. Vooral in de VS, Canada, Australië, Europa en China wordt nu veel onderzoek gedaan. Volgens het IEA moeten er tussen nu en 2050 wereldwijd ruim 3.000 CCS-projecten worden uitgerold. Deze moeten het mogelijk maken om tegen dan de CO₂-uitstoot met 20% terug te dringen. Volgens het IPCC kunnen we dankzij



Bron: ZEP-European Technology Platform for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants

“De opslag is bepalend voor de hele keten”

Philippe Mathieu (ULg / GIEC)

CCS de CO₂-uitstoot tussen 2000 en 2100 gecumuleerd met 1.000 miljard ton terugdringen. De grootste inspanning zal daarbij worden geleverd na 2030, omdat vanaf die datum de technologie op grote schaal zal kunnen worden ingezet.

De technologieën waarop de drie fasen van CCS een beroep doen – het capteren, transporteren en opslaan van een gas – hebben voor de industrie geen geheimen meer. De uitgestoten hoeveelheden zijn echter zo immens dat hun toepassing voor CCS bijkomend en doorgedreven onderzoek vergt om de veiligheid en de economische leefbaarheid ervan te verzekeren.

Capteren kost het meest

Voor het afvangen van CO₂ in de industrie beschikt men over drie technologieën. Post-combustion (CO₂ wordt afgevangen in de rookgassen die door de industriële installatie worden uitgestoten), oxycombustion (het gebruik van zuivere zuurstof voor een verbranding waarbij in de verbrandingsproducten CO₂ door condensatie van het water

wordt gescheiden van het water) en pre-combustion (het vooraf afscheiden van CO₂ in de brandstof waardoor er een gas ontstaat met vrijwel zuiver waterstof). “Geen van de drie opties is de enig zaligmakende technologie”, verduidelijkt **Rose de Lannoy**, CCS Corporate Program Manager bij de afdeling Recherche & Innovation bij GDF SUEZ. “De keuze voor het ene of het andere moet gebeuren in functie van de specifieke kenmerken van elk project.” Voor de afvang van CO₂ in het kader van CCS-installaties wordt men echter voor twee technische uitdagingen geplaagd. Ten eerste moet men alles kunnen opschalen. Deze drie technologieën bestaan immers al binnen andere domeinen, maar op een veel kleinere schaal dan nodig voor het afvangen van het CO₂ van een elektriciteitscentrale. De tweede bestaat in het verlagen van het energieverlies door de CCS-installatie binnen een industriële eenheid. **Philippe Mathieu**, professor energieproductie aan de ULg en medeauteur van het rapport van het IPCC in 2004-2005: “De CO₂-concentratie in de rookgassen van elektriciteitscentrales ligt, bij een hoog debiet, veeleer laag, waardoor het afvangproces erg veel energie vergt. Het rendement van de centrales daalt hierdoor met 15 tot 25%. CCS is dus enkel zinvol voor installaties met een hoog basisrendement, met andere woorden, de centrales van de allerlaatste generatie en de nog te bouwen eenheden.” De professor preciseert echter dat we dankzij “de technologische evolutie mogen verwachten dat die energieverliezen de volgende tien jaar zullen worden gehalveerd”. In de huidige stand van zaken en met de nieuwste technische kennis vertegenwoordigt het capteren ruim 70% van de totale kosten van CCS. Kosten die volledig ten laste zijn van het bedrijf dat beslist in deze technologie te stappen. “Op dit moment liggen de kosten nog te hoog ten opzichte van andere technologieën, maar het staat vast dat ze zullen dalen naarmate de technologie verder wordt ontwikkeld en op steeds meer plaatsen wordt geïnstalleerd”, vervolgt Philippe Mathieu. “Ondernemingen die nieuwe steenkoolcentrales bouwen, doen dit nog zonder CCS omdat de spelregels nog onvoldoende duidelijk zijn, en vooral ook omdat de prijs van een ton koolstof nog te laag is. Toch is het technisch mogelijk om ervoor te zorgen dat deze centrales al 'capture ready' zijn.” Dit wordt door de CCS-Richtlijn trouwens al opgelegd voor nieuwe, grotere centrales op fossiele brandstoffen.

Transport via pijpleiding

Ook voor het transport bevinden we ons zeker niet op onbekend terrein. Op tal van plaatsen in de wereld, hoofdzakelijk in de

>

“De marktprijs van CO₂ zal bepalen voor welke technologie de investeerder kiest”

Rose de Lannoy (GDF SUEZ)

> VS, bestaat er al een netwerk van pijplijnen voor het transport van CO₂ voor bedrijven die dit in hun industriële processen gebruiken. Toch moet er ook hier nog onderzoek worden gedaan om de integriteit en de veiligheid van de transportinfrastructuur te garanderen. Ze zullen immers flink moeten worden opgeschaald en ook door dichtbevolkte gebieden lopen. **Kris Piessens**, geoloog bij de Belgische Geologische Dienst (BGD) en coördinator van het Belgische project ‘Policy Support System for Carbon Capture and Storage’ (PSS-CCS): “Indien CCS zich verder ontwikkelt, zal het netwerk voor het transport van CO₂ in omvang vergelijkbaar zijn met het huidige aardgasnet. Hiervoor is een aanzienlijke basisinvestering nodig, maar nadien zal men CO₂ tegen zeer lage kosten en over lange afstanden kunnen vervoeren.” Ook het transport over water, hoewel duurder, wordt onderzocht. Voor de financiering van dit netwerk en de organisatie ervan werden echter tot nog toe geen beslissingen genomen, op geen enkel niveau. Maar een ding is zeker, dit grootschalige netwerk moet optimaal worden gepland, om te vermijden dat zich dit versnipperd, geval per geval, ontwikkelt.

De opslag, prioriteit nr. 1

Op dit moment zijn er voor CO₂-opslag twee geologische configuraties, zowel te land als in zee, waar de voorkeur naar uitgaat: uitgeputte olie- en gasvelden en zoutwaterreservoirs op meer dan 800 meter diepte. Daarnaast is ook een beperkte opslag mogelijk in steenkoollagen, maar deze is nog minder

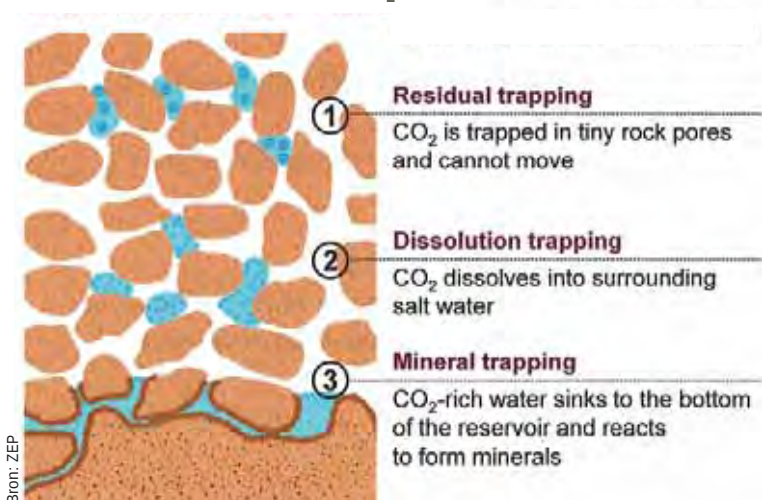
bekend. Bij internationaal overleg werd de piste van de CO₂-opslag in de waterkolom van oceanen inmiddels verlaten. Deze techniek wordt trouwens door de EU expliciet verboden. De rotsen die hiervoor in aanmerking komen, bestaan uit poreus materiaal. Men zou ze kunnen vergelijken met zand waarvan de korrels het CO₂ ‘vasthouden’ (zie schema op deze pagina).

In 2005 raamde het IPCC dat men over het technische potentieel beschikt om in geologische formaties minstens 2.000 miljard ton CO₂ op te slaan. “Deze cijfers houden enkel rekening met de behoorlijk bekende capaciteit, en dus hoofdzakelijk uitgeputte olie- en gasvelden”, verduidelijkt professor **Jean-Pascal van Ypersele**, klimatoloog bij de UCL en vicevoorzitter bij het VN-Klimaatpanel. Ze houden geen rekening met de diepe zoutwaterreservoirs waarvoor er nog verder onderzoek en verkenning nodig is. Momenteel wordt er jaarlijks een vijftigtal miljard ton CO₂ uitgestoten. Op basis van deze gegevens kan CCS dus enkel een tussenoplossing zijn, een stap in het lange proces naar een koolstofvrije samenleving. Een visie die door de meeste experts ter zake wordt gedeeld. Daarnaast werd ook nog niet onderzocht hoe de grote potentiële opslagsites en de belangrijkste emissiebronnen ten opzichte van elkaar gelegen zijn. **Hugues de Meulemeester**, oprichter van het consultancybedrijf Climact, maakte hierbij de volgende reflectie: “Indien CCS wordt aanvaard en verder ingevoerd, zullen bepaalde opslagsites interessant worden voor de inplanting van industriële bedrijven. In plaats van zich te focussen op de aanvoer van grondstoffen, acht ik het niet ondenkbaar dat groepen in de toekomst overwegen om zich te vestigen op de plaats waar ze hun emissies kwijtraken.”

In petroleumputten

De industrie – in het bijzonder de olie- en gasbedrijven – beschikken al over heel wat kennis voor de opslag in uitgeputte velden. “Het injecteren van CO₂ wordt immers gebruikt voor het winnen van een grotere hoeveelheid olie in de putten”, verklaart Rose de Lannoy. Bij dit procedé, de zogenaamde Enhanced Oil Recovery (EOR), wordt CO₂ in de put geïnjecteerd om de olie vloeibaarder te maken en zo een groter volume te kunnen winnen. Het CO₂ dat mee uit de put komt, wordt vervolgens van de olie gescheiden en opnieuw voor opslag in de put geïnjecteerd. De Noorse groep Statoil past in de Noordzee nog een ander procedé toe bij haar productie van koolwaterstoffen. De groep ontgint er gasbellen op 4 km onder het niveau van de Noordzee. Het gewonnen gas bevat uiter- >

STOCKAGEMECHANISMEN VOOR CO₂



CO₂ wordt in vloeibare vorm geïnjecteerd in de poreuze rots, waar het zich verspreidt. Bij het contact met water lost het op. Door de natuurlijke migratie binnen de poreuze omgeving stoot het op mineralen – in het bijzonder calcium – en wordt het omgezet in carbonaat. Na verloop van tijd gaat het CO₂ dus over in vaste vorm en zal het mineraliseren. Hierdoor stellen experts dat de veiligheid van de opslag stijgt met de jaren. Het volledige proces vergt duizenden jaren.

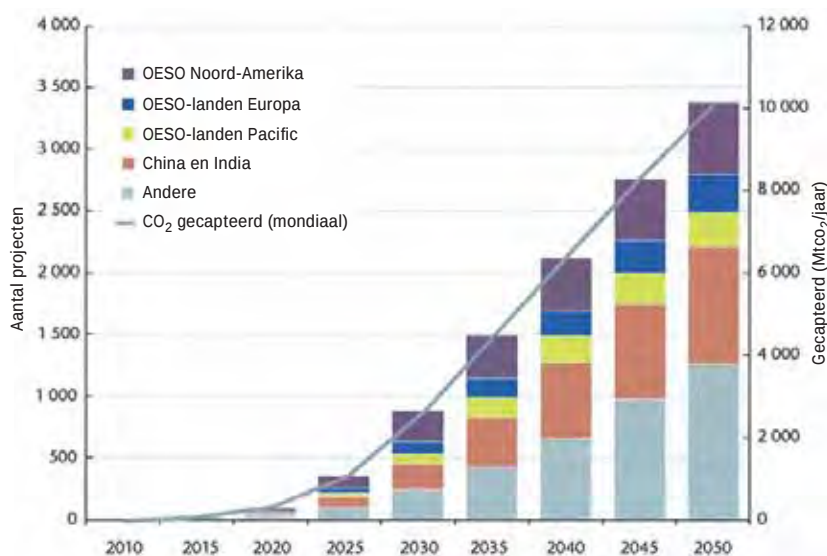
- > aard CO₂ en het gehalte ervan moet worden verlaagd om te voldoen aan de contractuele specificaties voor de commercialisering. Aangezien Noorwegen een zeer hoge heffing heeft ingevoerd op de uitstoot van CO₂, slaat Statoil deze op in een zoutwaterreservoir op 800 meter onder de Noordzeebodem. Sinds 1996 wordt er op die manier elk jaar een miljoen ton CO₂ opgeslagen. Op dit moment beschikt men echter nog niet over een uitgebreide kennis van de zoutwaterreservoirs, waarvan wel wordt vermoed

ANTWERPS NETWERK VOOR HET GEBRUIK VAN CO₂

Zijn er dan geen mogelijkheden om CO₂ te gebruiken en te recyclen in plaats van het gas zomaar in de bodem op te slaan? Toch wel, en een eerste mogelijkheid is de productie van biomassa uit algen, waarvoor CO₂ nodig is. "Deze oplossing blijft echter marginaal in verhouding tot de hoeveelheid CO₂ die wereldwijd wordt uitgestoten", verklaart professor **Pierre Dewallef**, specialist hernieuwbare energie bij de ULg.

De Vlaamse instelling voor technologisch onderzoek VITO werkt ook mee aan een pilot waarbij CO₂ wordt gebruikt bij de productie van nieuwe bouwmaterialen (Carbstone project). Het VITO werkt ook rond een project waarbij chemiebedrijven in de Antwerpse haven een netwerk zouden opzetten om CO₂ te kunnen uitwisselen en niet meer te moeten aankopen. Met op termijn de doelstelling om dit netwerk te combineren met datgene dat wordt ontwikkeld in het kader van de Rotterdamse hub voor de opslag van CO₂ (Carbon Capture Utilization and Storage project). ◀

ONTWIKKELING VAN CCS TUSSEN 2010 EN 2050



Bron: IEA - Technology Roadmap - Carbon capture and storage - 2009

dat ze in de wereld het hoogste opslagpotentieel hebben. "Een van de belangrijkste punten voor de opslag is het ontwikkelen van een methodologie voor het karakteriseren van de sites. Enerzijds moet worden bepaald of de site geschikt is. Anderzijds moet een monitoring worden voorbereid, niet alleen voor tijdens de opslagoperaties, ook voor daarna", benadrukt Rose de Lannoy. En dit zal aanzienlijke financieringen vergen. Philippe Mathieu: "De opslag is dan ook bepalend voor de toekomst van de

hele keten. Want zonder opslagplaats met de juiste kenmerken, heeft het ook geen zin om CO₂ te capteren." Toch mag er niet worden getalmd. Rose de Lannoy: "Alle betrokken spelers bevestigen dat, als we nu niet starten met het uitwerken van transportnetwerken en het nagaan welke zoutwaterreservoirs geschikt zijn, we vertraging zullen oplopen."

Zal de financiering volgen?

De commercialisering van CCS-technologie zal maar volgen na een reeks tests op industriële schaal, via de zogenaamde grote demonstratieprojecten. Voor een aantal Amerikaanse projecten acht men de investeringsbeslissing nakend. Toen in 2009 de CCS-Richtlijn werd gepubliceerd, werd geraamd dat er tegen 2015 nood was aan twaalf operationele grote demonstratieprojecten en ging men ervan uit dat men de technologie tegen 2020 zou kunnen uitrollen. Hiervoor werden de Europese financieringsprogramma's EEPR en NER300 in het leven geroepen. Ondertussen zitten we in een crisis en zijn de koolstofprijzen ingestort. Terwijl men voor deze projecten juist rekende op een deel van de inkomsten uit het EU-ETS, de Europese regeling voor de handel in emissierechten. Ondertussen spreekt men van een commerciële uitrol tegen 2030. De financiële context blijft Rose de Lannoy echter zorgen baren: "Zullen we erin slagen om een goede portefeuille van grote demonstratieprojecten tot stand te brengen? Zullen investeerders bij een kleiner aantal projecten tegen 2020 overtuigd zijn van de resultaten? Dit risico zal CCS geen goed doen omdat het voor de fabrikanten van de systemen quasi onmogelijk is om hun onderzoeksinspanningen nog tien jaar voort te zetten zonder bijbehorende bestellingen..." Deze situatie doet dan weer vrezen voor de technologische afhankelijkheid van Europa. "Andere regio's, waaronder China met heel veel kolencentrales, hebben deze technologie broodnodig en talmen minder", besluit Hugues de Meulemeester.

Koolstofprijs, bepalende factor

Over één punt zijn de experts het roerend eens: de technologie zal maar een hoge vlucht nemen vanaf het moment dat de prijs van een ton CO₂ boven een bepaalde waarde gaat. Een waarde die zo hoog ligt dat de industrie er geen enkel belang meer bij heeft om CO₂ uit te stoten. Op dit moment schommelt de prijs van een ton CO₂ rond de 9 euro. Voor bedrijven is het daardoor voordeliger om emissierechten aan te kopen dan te investeren in CCS-installaties. Men verwacht echter dat de internationale eisen voor het terugdringen van de koolstofuitstoot zullen verstrengen. Dit zal de prijs van een ton

- koolstof aanzienlijk de hoogte injagen en de technologie economisch interessanter maken. Tal van onzekerheden bemoeilijken echter het bepalen van deze 'kritische waarde', niet alleen de evolutie van de technologie en van de prijzen van de brandstoffen en van de elektriciteit, maar ook het al dan niet sluiten van een internationale overeenkomst over de prijs van het CO₂. De meest aangehaalde vork is die van 40 à 70 euro per ton CO₂. Op dit moment zijn er, in tegenstelling tot voor hernieuwbare energie, geen subsidie-mechanismen voor CCS, buiten wat er voorzien is voor de eerste demonstratie-projecten. "Zodra de technologie commercieel beschikbaar wordt, moet de marktprijs van het CO₂ de investeerder elementen aanreiken om een keuze te maken tussen de verschillende technologieën", verklaart Rose de Lannoy. Bedrijven moeten dus nu investeren in de kennis van deze technologie om, zodra de economische kwestie zich stelt, weloverwogen de keuze te maken om al dan niet deze technologie in te zetten.

Impact van kernenergie

Een andere factor die de uitrol van CCS zou kunnen beïnvloeden, is de energiemix, een keuze die van land tot land zal verschillen. We denken daarbij in het bijzonder aan een kernuitstap. Een dergelijke beslissing kan de keuze voor CCS immers aanzienlijk beïnvloeden. Een kernuitstap impliceert dat men andere energiebronnen zal moeten inzetten, en mogelijk dus ook meer steenkool en gas. Hierdoor verhoogt de koolstofbalans en impliciet betekent dit dat men een beroep zal moeten doen op CCS. Een denkwijze waar Jean-Pascal van Ypersele zich volledig bij aansluit: "Tal van studies hebben aangetoond – waaronder die van de Energiecommissie 2030 in België – dat het economisch haalbaar is om een van de twee technologieën, kernenergie of CCS, te moeten opgeven. Het verbieden van beide zou echter leiden tot een aanzienlijke verhoging van de kosten ten opzichte van de eisen voor het terugdringen van emissies."

En in België?

Tussen 2005 en 2011 heeft het PSS-CCS project, met steun van het Federaal Wetenschapsbeleid, bijgedragen tot een ruimer inzicht in het CCS-potentieel in België. België telt niet veel kolencentrales. In ons land zijn veeleer de cementbedrijven, de staalnijverheid en de chemische en petrochemische sector betrokken partij. Een aantal ondernemingen zou al overleg hebben gepleegd voor het onderzoeken van de mogelijkheid om hun uitgestoten CO₂ in gemeenschappelijke reservoirs op te slaan. Het federale project is

inmiddels afgerond en de bal bevindt zich nu in het kamp van de regio's, bijvoorbeeld voor de financiering van demonstratieprojecten. Vlaanderen staat vrij open voor het potentieel van CCS. Er zijn trouwens plannen voor een demonstratieproject in de Antwerpse haven. Het Waalse Gewest is echter heel wat terughoudender.

Voor België blijft het belangrijkste probleem de opslag. Ons land beschikt niet over een grote opslagcapaciteit in de bodem. "We hebben potentiële reservoirs, maar het zal nog 5 à 10 jaar exploratie vergen om na te gaan of deze kunnen worden gebruikt", verduidelijkt Kris Piessens. Daarnaast behoren ook de niet ontginde steenkoollagen in de Kempen en Henegouwen tot de opties die op termijn kunnen worden overwogen. Maar deze piste, met overigens een beperkte capaciteit, blijft zeer theoretisch en vergt nog bijkomend onderzoek. Indien België van start gaat met CCS, zou ons land dus in eerste instantie de afgevangen CO₂ moeten uitvoeren. Het zou realistisch zijn om het CO₂ te vervoeren naar Nederland, waar Rotterdam zich wil profileren als CO₂-hub.

Volgens Philippe Mathieu zal er voor het transport en de opslag ook moeten worden samengewerkt tussen meerdere emittenten binnen eenzelfde geografische regio, over de Belgische landsgrenzen heen. Waarbij uiteraard de vraag rijst wie deze operaties zal financieren...

Ook in Coca-Cola

Of het nu het Belgische of internationale niveau betreft, er is een laatste element dat men bij de discussies over CCS niet mag onderschatten: de manier waarop het publiek deze technologie percipieert. De gecontacteerde experts zijn er gerust in. CO₂ is een amorf en stabiel gas, dat we elke dag inademen en waarvoor er op aarde natuurlijke bronnen bestaan. Het wordt gebruikt in een aantal industriële processen, zoals de productie van Coca-Cola. Dat neemt niet weg dat het vanaf een bepaalde concentratie in de lucht (5%) dodelijk kan zijn. Dit verklaart ook het grondige onderzoek naar de kenmerken van de sites voor de opslag en het transport, om lekken te voorkomen. Lekken zijn trouwens iets, aldus Philippe Mathieu, waarvoor men enkel de eerste vijftig jaar na het injecteren aandacht moet hebben, omdat het CO₂ oplost in het water van de zoutwaterreservoirs en tijdens de honderden jaren erna mineraliseert. Om het nut van de technologie aan te tonen en het vertrouwen van het publiek te winnen, hebben Engeland en Nederland nu al aangekondigd dat ze hun CO₂ in eerste instantie offshore zouden opslaan. ◀

EN WAT ALS WE DE NATUUR ZOUDEN NABOOTSEN?

Er wordt ook gewerkt rond alternatieve initiatieven, als mogelijke aanvulling bij de klassieke CCS. Een voorbeeld is het Europese onderzoeksproject CO2SolStock, waar ook het Belgische consultancybureau Greenloop aan deelneemt. "We zoeken oplossingen om CO₂ op een natuurlijke manier in de aardkorst op te slaan", vertelt **Gauthier Chappelle**, wetenschappelijk directeur van Greenloop. Het onderzoek spitst zich vooral toe op de biomineralisatie van koolstof door micro-organismen, in het bijzonder het benutten van de eigenschappen van bepaalde bacteriën om calcium en CO₂ te combineren om er kalkrotsen van te maken. Daarnaast zou de biotechnologie technieken kunnen aanreiken voor het duurzaam opslaan van het CO₂ in afvalwater. ◀

"Het verbieden van zowel kernenergie als CCS zou leiden tot een aanzienlijke verhoging van de kosten" Jean-Pascal van Ypersele (UCL / GIEC)