

[Accueil](#) > [Fiches pédagogiques](#) > [Stockage et distribution](#) >

Capture et stockage du CO₂ (CSC)



Projet pilote de centrale sans émission de CO₂ à Brandenburg, Allemagne (@photo)

Définition et catégories

La capture du CO₂

La combustion de ressources énergétiques fossiles (charbon, gaz naturel, pétrole), de ressources énergétiques renouvelables (biomasse) ou de dérivés de ces ressources entraîne la formation de molécules de dioxyde de carbone ou CO₂.

Le procédé de capture (parfois appelé captage) du CO₂ (CSC, CCS pour Carbon Capture and geological Storage en anglais) consiste à piéger les molécules de CO₂ avant, pendant ou après l'étape de combustion afin d'éviter sa libération dans l'atmosphère (gaz à effet de serre). Trois familles de procédés de capture sont ainsi envisagées :

- la capture avant la combustion : **précombustion** ;
- la capture après une combustion classique (à l'air), avec peu ou pas de modification du procédé de combustion : **postcombustion** ;
- la capture après une combustion à l'oxygène pur : **oxycombustion**.

Le CO₂ extrait est obtenu sous forme gazeuse ou liquide, généralement mélangé à d'autres espèces gazeuses minoritaires.

Le stockage du CO₂

En amont du stockage, le CO₂ doit être transporté, soit par pipeline, soit par bateau, soit encore par camion pour de petites quantités. Le CO₂ extrait est ensuite stocké dans des formations géologiques du sous-sol permettant sa séquestration sur le long terme, typiquement plusieurs siècles.

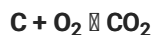
Fonctionnement technique ou scientifique

Pré requis : la combustion

Une combustion est une réaction libérant de l'énergie et faisant intervenir :

- un réducteur : le combustible (charbon, fioul, gaz, biomasse, etc.) ;
- un oxydant aussi appelé comburant : généralement l'oxygène contenu dans l'air (l'air est un mélange d'azote N_2 pour 78%, d' O_2 pour 21% et d'autres espèces - moins de 1%, notamment du CO_2).

Typiquement, le combustible est composé de chaînes carbonées. La réaction de combustion s'écrit alors sous forme simplifiée :



À l'issue de la combustion, le CO_2 est contenu dans les gaz d'échappement mais reste une espèce minoritaire.

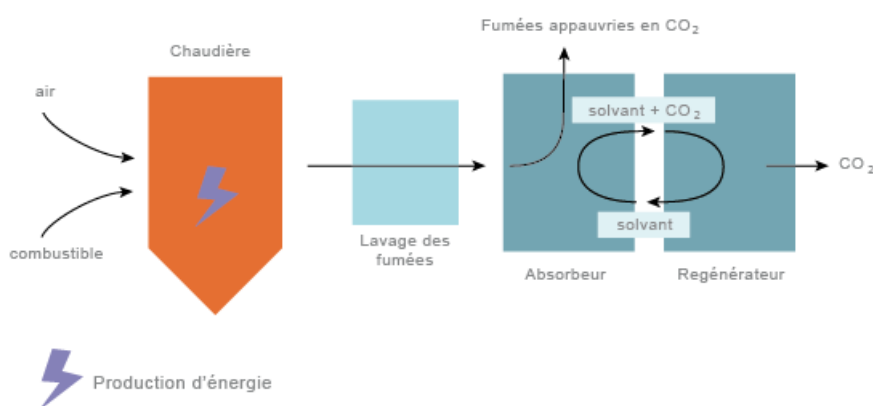
La capture du CO_2 en postcombustion

Ce procédé consiste à intervenir en aval de l'étape de combustion et à traiter les gaz de combustion pour en extraire le CO_2 . Les gaz de combustion contiennent majoritairement du N_2 , provenant de l'air entrant, mais également du CO_2 , de l' O_2 , de l'eau, des NO_x , des SO_x (oxydes d'azote et de soufre) et d'autres produits (combustion incomplète, espèces minoritaires de l'air entrant).

Le procédé le plus commun est la capture par un solvant présentant une affinité pour les molécules de CO_2 (c'est-à-dire capable de se lier avec des molécules de CO_2 dans certaines conditions, notamment de pression et de température). La capture se fait en deux temps :

- **charge du solvant** : les gaz de combustion sont mis en contact avec le solvant, qui se lie aux molécules de CO_2 ;
- **régénération** : le solvant est « régénéré » dans un autre compartiment pour libérer les molécules de CO_2 qui s'y étaient fixées.

Le reste du gaz de combustion, appauvri en CO_2 , est libéré dans l'atmosphère. La réussite de la capture repose sur le choix du solvant et des procédés choisis pour la mise en contact. Les solvants aux amines, notamment la MEA (monoéthanolamine), sont les plus utilisés. D'autres solvants sont à l'étude visant à limiter notamment les coûts, l'énergie de régénération (énergie nécessaire pour effectuer le cycle charge-régénération) et les impacts socio-environnementaux.



La capture du CO_2 par postcombustion

(©Connaissance des Énergies)

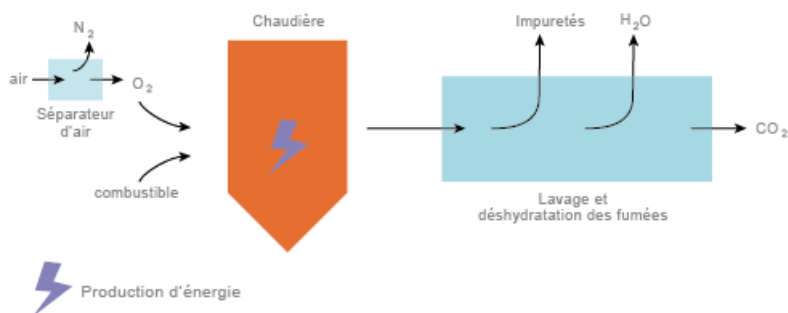
D'autres procédés existent, notamment la capture par cryogénie en refroidissant les gaz de combustion jusqu'à $-120^\circ C$ / $-80^\circ C$ pour congeler le CO_2 .

La capture du CO_2 par oxycombustion

L'oxycombustion consiste à injecter de l'oxygène pur (et non pas de l'air) au cours de la combustion. Cela évite d'introduire du N_2 dans le foyer de combustion et de le retrouver dans les gaz de combustion. Des étapes de lavage et de déshydratation des fumées sont suffisantes pour isoler le CO_2 .

Cette technologie nécessite la production de grandes quantités d'oxygène très pur. L'oxygène est obtenu par séparation de

l'oxygène de l'air, par exemple par cryogénie. D'autres procédés sont à l'étude (ex : membranes sélectives).



La capture du CO₂ par oxycombustion (©Connaissance des Énergies)

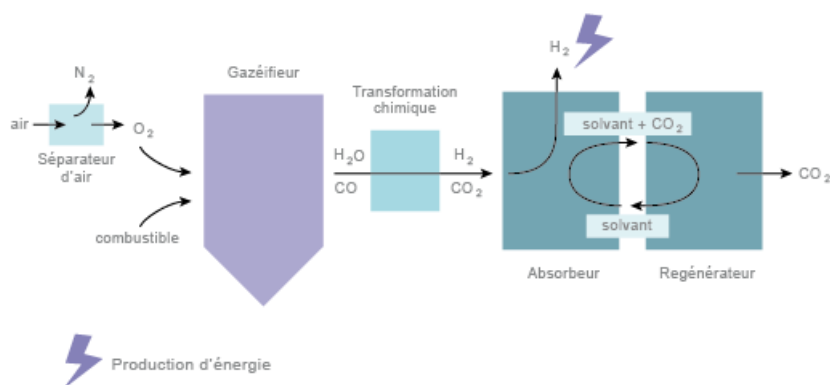
La capture du CO₂ en précombustion

La technologie de capture en précombustion nécessite de modifier l'ensemble du procédé de combustion. Les principales étapes sont :

- gazéification du combustible, pour obtenir un mélange de CO + H₂O ;
- transformation chimique permettant d'obtenir un mélange CO₂ + H₂ ;
- extraction du CO₂ par solvant (typiquement du méthanol) ;
- production d'énergie grâce à l'hydrogène (turbines).

Cette technologie ne peut s'appliquer que sur des unités neuves.

Ces différents procédés permettent d'atteindre des taux de capture du CO₂ généralement de l'ordre de 80 à 95%. La capture en oxycombustion peut même permettre de dépasser 95%, voire 99% de taux de capture.



La capture du CO₂ en précombustion (©Connaissance des Énergies)

Le stockage du CO₂

Le stockage en grande quantité est réalisé en profondeur dans des formations géologiques. Les technologies de forage et d'injection sont déjà bien connues, et utilisées notamment pour l'extraction du pétrole. Il est cependant nécessaire de s'assurer de l'étanchéité du site de stockage. Les sites potentiels les plus courants sont les aquifères salins, les gisements épuisés de pétrole et de gaz, et les veines de charbon non exploitées.

L'étanchéité est assurée par une ou plusieurs couches géologiques imperméables au CO₂ et un scellement des puits d'injection en fin d'exploitation. De nombreuses études portent encore sur l'impact des constituants du flux de CO₂ (CO₂ et espèces minoritaires) sur les roches constituant les cavités de stockage.

Pendant toutes les phases de stockage et les phases suivant la fermeture du site de stockage un suivi est mis en place pour détecter toute fuite éventuelle et y remédier.

Enjeux par rapport à l'énergie

Les avantages environnementaux

Le CO₂ est, hormis la vapeur d'eau, le gaz à effet de serre majoritaire émis dans l'atmosphère par les activités humaines. La capture et le stockage du CO₂ permettent de limiter les émissions de CO₂ dans l'atmosphère, et par conséquent de limiter l'effet de serre.

Les avantages énergétiques

Les gisements de ressources fossiles dans l'écorce terrestre sont encore considérables. Le charbon peut ainsi aisément couvrir plus d'un siècle des besoins énergétiques. Cependant, il s'agit d'un matériau à forte teneur en carbone. La maîtrise des procédés de CSC permettrait de recourir aux ressources charbonnées tout en limitant l'impact environnemental.

Notons par ailleurs que des recherches existent pour valoriser le CO₂ et en faire une ressource à part entière : substitution au pétrole pour certains usages, « carburants solaires » à partir du CO₂, etc.

Acteurs majeurs

Parmi les acteurs du marché, citons :

- **de grands industriels du secteur de l'énergie**, tout particulièrement de la production d'électricité (Total, Alstom, etc.). Les projets sont généralement multi-acteurs, afin de répartir le risque et de partager les coûts (très élevés) et les connaissances ;
- **des chercheurs du secteur public** (IFP Energies nouvelles, CEA, CNRS, etc.).

Unités de mesure et chiffres clés

Surcoût : fabrication et pénalité énergétique

Deux facteurs influent sur le coût final de l'énergie produite :

- un surcoût de fabrication des centrales, surcoût initial parfois très important (40% en moyenne selon IFP EN). Ce coût est répercuté sur l'énergie produite ;
- un surcoût d'exploitation : l'étape de capture du CO₂ est coûteuse en énergie. On parle de pénalité énergétique. Pour une centrale électrique, cette pénalité énergétique peut représenter plus de 25% de l'énergie produite.

Le coût du procédé est actuellement autour de 50 à 100 €/t CO₂ (60 euros la tonne en moyenne selon le GIEC, dont 85% pour le seul captage)⁽¹⁾. Ce coût est à comparer avec le faible prix de la tonne de CO₂ sur les marchés internationaux du carbone (autour de 6 €/t CO₂ sur le marché européen à l'été 2014). L'amélioration des procédés pourrait permettre une diminution de ces coûts.

Puissance électrique

La maîtrise d'un procédé à petite échelle ne garantit pas sa réussite à grande échelle. Plusieurs étapes sont souvent nécessaires pour transposer ce procédé.

Actuellement, les expérimentations sont menées sur des petites puissances (typiquement 30 MWth pour la chaudière à gaz en oxycombustion de Lacq de Total). Des projets de plus grande taille sont à l'étude, comme celui de White Rose sur une centrale à charbon au Royaume-Uni, financé par le programme européen NER300.

Zone de présence ou d'application

La capture du CO₂ n'est pas encore déployée à grande échelle. De nombreuses expérimentations sont en cours, soit sur des

centrales existantes, soit sur des unités neuves, principalement dans les pays développés (Europe, Amérique du Nord, Australie pour l'essentiel) ainsi qu'en Chine. Potentiellement, la capture du CO₂ pourrait être utilisée dans le monde entier.

Des sites de stockage sont également exploités. Ils peuvent être situés en mer (stockage de Sleipner, au large de la Norvège) ou sur les continents (stockage de Lacq, dans le Sud de la France).

Passé et présent

Les procédés de capture du CO₂ en postcombustion sont déjà appliqués de longue date pour la production de « CO₂ alimentaire » (il s'agit de CO₂ très pur), par exemple pour produire de l'eau gazeuse ou des sodas. Les unités de production sont cependant de petite taille, et ne sont pas directement transposables pour des grandes puissances, d'où les expérimentations en cours. Ces expérimentations sont confrontées à des obstacles techniques et économiques.

Côté réglementation, l'Europe a statué pour encadrer les activités de CSC (directive 2009/31/CE, stratégie énergétique et climatique à l'horizon 2030)⁽²⁾. Les obligations sont très strictes concernant le suivi des sites de stockage et la responsabilité de l'exploitant et en dernier recours de l'État.

Futur

Le potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre grâce aux technologies de CSC est important. L'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) estime qu'elles pourraient contribuer à 20 % des efforts de réduction des émissions en 2050 dans un contexte de diminution par deux des émissions mondiales entre 2005 et 2050.

Concrètement

Les émissions mondiales de CO₂ sont aujourd'hui évaluées à près de 36 milliards de tonnes (donnée Global Carbon Project pour l'année 2013), provenant en partie seulement de grandes installations fixes de combustion. Les sites géologiques identifiés représentent un potentiel de stockage allant de plusieurs centaines à plus de 10 000 Gt de CO₂⁽³⁾. Le potentiel de stockage n'est pas limitant. Des obstacles technico-économiques persistent cependant.

dernière modification le 18 août 2014

Sources / Notes

(1) Site du club CO₂, fondé à l'initiative de l'Ademe

(2) Garantir une utilisation en toute sécurité du captage et du stockage de carbone en Europe, Commission européenne

(3) Données IFP Energies nouvelles

« Carbon Dioxide Capture and Storage », IPCC, 2005 - Bert Metz, Ogunlade Davidson, Heleen de Coninck, Manuela Loos and Leo Meyer (Eds.)

« Le captage du CO₂. Des technologies pour réduire les émissions de gaz à effet de serre », Fabrice LECOMTE, Paul BROUTIN, Etienne LEBAS. IFP Publications

Site d'IFP EN

Site de l'AIE

Partagez cet article, diffusez la connaissance



Sur le même sujet

FICHES PÉDAGOGIQUES



Protocole de Kyoto

FICHES PÉDAGOGIQUES



FICHES PÉDAGOGIQUES



Sommet sur le climat de Copenhague (COP15)

Dernières parutions

L'ESSENTIEL DE L'ACTUALITÉ



Un été 2016 plein d'énergie

ÉTUDES ET DOSSIERS



La stratégie des majors en réponse au contre-choc pétrolier

L'ESSENTIEL DE L'ACTUALITÉ



Gaz naturel : un œil sur les tarifs réglementés en août

INNOVATIONS ET INSOLITES



De la Gigafactory à SolarCity, Tesla en pleine effervescence

L'ESSENTIEL DE L'ACTUALITÉ



Voitures électriques : la France chef de file européen au 1er semestre 2016

Thème associé

Stockage et distribution

Découvrir aussi

FICHES PÉDAGOGIQUES



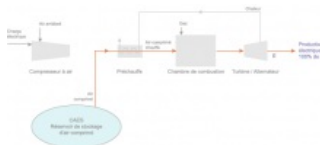
Stockage de l'énergie

FICHES PÉDAGOGIQUES



Stockage du gaz

FICHES PÉDAGOGIQUES



CAES, stockage par air comprimé

INNOVATIONS ET INSOLITES



Stockage d'énergie : une membrane souple surpasse les batteries classiques

Entre vous et nous

Restez informés

le fil
info énergies

> Consultez la dernière newsletter

c'est mardj, un peu d'énergie !

> Consultez la dernière newsletter



Abonnez-vous gratuitement
aux newsletters

Réseaux et partage



Twitter



SmartEnergies Summit @Summit_SE

#Eolien, #Autoconsommation : #RDP @Summit_SE à ne pas manquer : <https://t.co/AhUW94SSdD> w/ @EnviroMag @LesEchos @info_energies



Info énergies @info_energies

Pékin n'exploite pas abusivement la Birmanie, assure la presse chinoise, défendant un barrage controversé <https://t.co/OosZR7JXL8>



Info énergies @info_energies

Enquête publique pour des hydroliennes au large de Cherbourg <https://t.co/wi0InV9MQJ>

[Plan du site](#) [Presse](#) [Espace privé](#) [Nous contacter](#)

© 2016 - Tous droits réservés - FONDATION D'ENTREPRISE ALCEN POUR LA CONNAISSANCE DES ÉNERGIES