

La captation de CO₂ et l'injection d'hydrogène

Chapitre II : Principes et technologies de la captation de CO₂

II. Principes et technologies de la captation de CO₂

La captation de CO₂, ou capture du dioxyde de carbone, est une technologie décisive dans la lutte contre le changement climatique. Elle permet de réduire les émissions de CO₂ en le capturant à la source avant qu'il n'atteigne l'atmosphère, afin d'éviter sa libération dans l'atmosphère (gaz à effet de serre). Il est également connu sous le terme anglophone CCS - pour *Carbon Capture and Storage*. Le potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre grâce aux technologies de capture et de stockage du CO₂ est important.

II.1. La captation de CO₂ et l'injection d'hydrogène

La captation de CO₂ et l'injection d'hydrogène sont deux processus différents. Pour capturer le CO₂ lors de la production d'hydrogène, on peut stocker en toute sécurité sous terre le dioxyde de carbone émanant de la production d'hydrogène et d'électricité. Le captage en pré-combustion consiste à décarboner le combustible avant qu'il ne soit brûlé, en le transformant en un gaz de synthèse composé d'hydrogène, d'eau et de monoxyde de carbone, puis en introduisant de la vapeur d'eau dans ce gaz de synthèse. Le CO₂ peut être capté avant, pendant ou après la combustion du charbon, du pétrole ou du gaz naturel. La technologie Cryocap H₂ est utilisée pour capter le CO₂ dans les unités de production d'hydrogène. L'injection d'hydrogène est une technologie embarquée permettant de réduire la consommation de carburant et les émissions polluantes des moteurs thermiques en injectant de l'hydrogène en temps réel. Cette technologie est utilisée pour améliorer la combustion des moteurs thermiques en injectant de l'hydrogène, issu de l'électrolyse de l'eau. Le mélange d'hydrogène et d'oxygène est injecté dans l'admission d'air pour désencrasser le moteur en brûlant la calamine. Cette technologie fonctionne complètement à l'hydrogène et consiste à induire de l'air durant la course d'admission et à injecter directement de l'hydrogène gazeux dans le cylindre durant la course de compression.

II.1.1. Prémisses de base

La capture du CO₂ repose sur l'idée de minimiser les émissions de gaz à effet de serre en récupérant le dioxyde de carbone émis par les installations industrielles, les centrales électriques ou même en le retirant directement de l'air.

II.1.2. Cycle du carbone

La capture de CO₂ s'inscrit dans la gestion du cycle du carbone, où le CO₂ peut être stocké (dans des puits géologiques, par exemple) ou utilisé dans des applications industrielles (utilisation du CO₂).

La captation de CO₂ et l'injection d'hydrogène

II.2.Principes fondamentaux du captage CO₂ ou CCS

Le captage du CO₂, nommé CCS (Carbon Capture and Storage) en anglais, désigne la technique de récupération du dioxyde de carbone au moment où il est produit par les industries. C'est une technologie qui n'est pas nouvelle mais néanmoins dans l'air du temps en raison de ses bénéfices. Elle permet d'extraire le carbone pour le convertir sous forme solide ou bien l'enterrer.. Le captage du CO₂ permettrait de réduire la quantité d'émissions de CO₂ rejetées par les industries afin d'atténuer les effets du changement climatique causés par le CO₂ présent en trop grande quantité sur Terre.

De fait, le procédé de captation du CO₂ est principalement imaginé pour capter les fumées des industries les plus polluantes. Ainsi, les centrales à charbon, raffineries, cimenterie ou entreprises de la pétrochimie sont les premières visées par ces technologies. Elles ont toutes en commun d'utiliser des énergies fossiles pour fonctionner. En captant le CO₂ émis au moment de la combustion, on peut réduire l'impact environnemental de ces industries. La capture du CO₂ peut se faire via trois grandes techniques : postcombustion, précombustion ou oxycombustion.

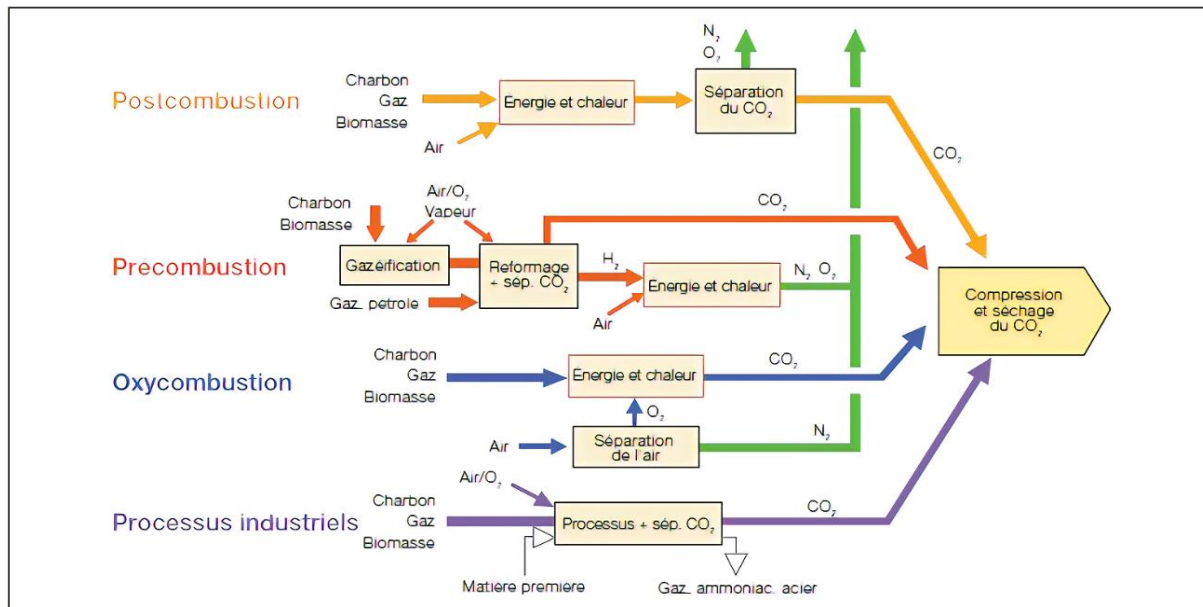


Figure II.1 : Les différentes technologies employées pour capter le CO₂

II.2.1.Captage postcombustion

La première technologie de captation du CO₂ est la postcombustion. Il s'agit d'extraire le carbone à la sortie des cheminées des industries. Cette technique est la plus aboutie. Elle est facile à mettre en place car elle peut facilement s'intégrer à des installations existantes. Dans ce type de captage, on utilise bien souvent la méthode par absorption. Pour extraire le CO₂

La captation de CO₂ et l'injection d'hydrogène

contenu dans les fumées, un solvant chimique est employé (amine, liquide ionique ou ammoniac). Le CO₂ est ensuite séparé du solvant. L'espèce chimique qui capte les électrons est appelée « oxydant » et celle qui les cède, « réducteur ». Dans le cas de la combustion d'une molécule organique, l'oxydant est l'oxygène. La réaction se fait dans le sens

Hydrocarbure + Oxygène $\longrightarrow$ CO₂ + H₂O avec dégagement de chaleur.

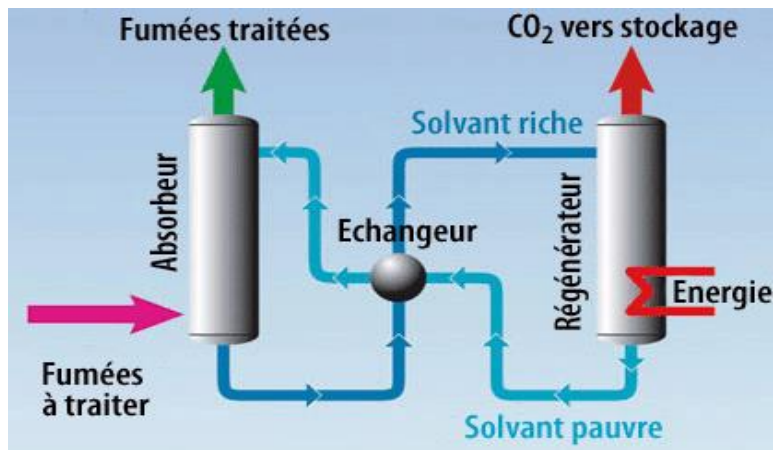


Figure II.2 : Traitement des fumées

En postcombustion, il est aussi possible d'avoir recours à la technique du captage par adsorption. Ici, le CO₂ des fumées est adsorbé sur du charbon actif. De même, il existe d'autres technologies comme le captage par cycle calcium dans lequel on utilise de la chaux vive ou encore le captage par voie cryogénique qui repose sur la solidification du CO₂ par givrage.

II.2.2. Captage en pré-combustion

La deuxième grande technologie de captation du CO₂ est la précombustion. Ici, l'objectif est de capter partiellement le CO₂ avant même qu'il n'entre en phase de combustion. Le captage en pré-combustion consiste à décarboner le combustible avant qu'il ne soit brûlé, en le transformant en un gaz de synthèse composé d'hydrogène, d'eau et de monoxyde de carbone, puis en introduisant de la vapeur d'eau dans ce gaz de synthèse. Le CO₂ est ensuite reformé afin d'obtenir d'une part du CO₂ et de l'autre part de l'hydrogène. Cette technologie est en cours de développement pour la réaliser, plusieurs pistes sont étudiées : le vaporeformage du gaz naturel ou l'oxydation partielle en présence d'oxygène.

La captation de CO₂ et l'injection d'hydrogène



Figure II.3 : Le vaporeformage du gaz naturel

II.2.3. Captage par oxycombustion

Enfin, la troisième technique de captation du CO₂ est celle de l'oxycombustion. Il s'agit de produire une fumée concentrée en CO₂ en modifiant le procédé de combustion. Il n'y a donc plus d'azote et uniquement du CO₂ et de la vapeur d'eau. La condensation permet enfin de séparer le CO₂ de la vapeur d'eau. Encore en développement, des recherches prometteuses permettent de laisser entrevoir de l'espoir pour cette technologie avec la combustion dite en boucle chimique. 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 N₂ dans le foyer de combustion et de le retrouver dans les gaz de combustion.

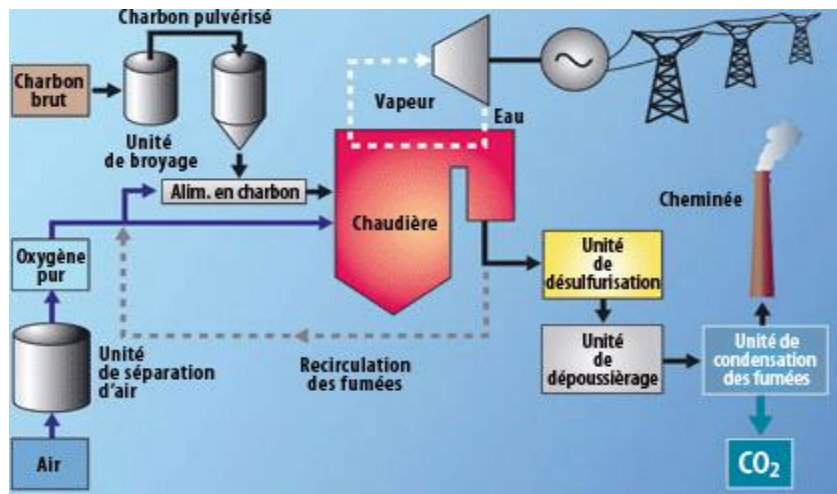


Figure II.4 : Captage par oxycombustion

II.3. Avantages à la captation du CO₂

La captation du CO₂, souvent désignée sous le terme de "captation et stockage du carbone" (CSC), présente plusieurs avantages significatifs, tant sur le plan environnemental qu'économique. Voici quelques-uns de ces avantages :

- ✓ **Limitation du réchauffement climatique** : En réduisant les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère, la CSC peut aider à limiter la hausse des températures mondiales.

La captation de CO₂ et l'injection d'hydrogène

La technologie de captation du CO₂ est considérée comme un levier de **décarbonation de l'industrie**. Elle atténue les émissions de gaz à effet de serre.

- ✓ **Transition énergétique** : La captation du CO₂ peut faciliter la transition vers des sources d'énergie renouvelable en permettant aux installations utilisant des combustibles fossiles de continuer à fonctionner tout en réduisant leur impact environnemental.
- ✓ **Utilisation des ressources existantes** : Les technologies de captation peuvent être mises en œuvre dans des infrastructures existantes, comme les centrales électriques, ce qui permet de prolonger la vie des actifs tout en réduisant leur empreinte carbone.
- ✓ **Production de ressources** : Le CO₂ capté peut être utilisé dans divers processus industriels, comme la production de carburants synthétiques, la fabrication de matériaux (par exemple, du béton ou des plastiques), ou même pour la croissance des algues dans des systèmes de biotechnologie.
- ✓ **Création d'emplois** : Le développement et l'implémentation de technologies de captation et de stockage du carbone peuvent créer des emplois dans les secteurs de l'ingénierie, de la recherche et du développement, ainsi que dans l'exploitation des installations.
- ✓ **Amélioration de la qualité de l'air** : En réduisant les niveaux de CO₂, on peut également diminuer d'autres polluants atmosphériques qui ont un impact sur la santé humaine et l'environnement.
- ✓ **Soutien à la biodiversité** : En atténuant le changement climatique, la captation de CO₂ aide également à protéger les écosystèmes et à préserver la biodiversité des espèces menacées par les effets du réchauffement climatique.
- ✓ **Stabilité économique** : En contribuant à la lutte contre le changement climatique, la CSC peut aider à prévenir des crises économiques futures liées aux catastrophes environnementales et à l'instabilité des ressources. À défaut de stocker le CO₂, la voie de la **valorisation du CO₂** est une bonne alternative. Elle représente une alternative de choix pour les industries qui souhaitent décarboner leurs procédés de fabrication. En utilisant le CO₂ comme matière première directe ou indirecte pour des applications chimiques, biologiques ou industrielles, on tire profit du CO₂ qui aurait pu être rejeté dans l'atmosphère.
- ✓ **Avantages pour les industriels**

L'avantage majeur pour les industriels avec la captation du CO₂ est la possibilité de décarboner leur activité industrielle. Ainsi, les industriels ont la possibilité de limiter leurs

La captation de CO₂ et l'injection d'hydrogène

émissions de CO₂ sans apporter des modifications majeures à leurs usines. Avec la technique de la postcombustion, les installations sont adaptées pour récolter le CO₂ sans modifier les procédés industriels ou les machines existantes. Pour les industriels qui ont besoin du CO₂ dans leurs procédés de fabrication, c'est une stratégie gagnante. D'une part il y a moins de CO₂ émis, d'autre part il est directement gardé pour être valorisé sur place dans les processus de production.

II.4.Futur de la captation du CO₂

Nous l'avons vu à plusieurs reprises dans cet article : la captation du CO₂ est une solution efficace qui a déjà fait ses preuves. À l'aune du réchauffement climatique, cette technologie est une solution concrète pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et de dioxyde de carbone des industries. Les perspectives sont réjouissantes pour cette technologie car les recherches progressent pour améliorer les dispositifs existants. Ainsi, de nouvelles méthodes de capture émergent, toutes plus efficaces et intéressantes que les autres. On peut notamment citer la capture directe dans l'air ou la combustion dite en boucle chimique. À terme, on peut même imaginer que des secteurs impossibles à décarboner le deviennent. De plus, les progrès réalisés sur les technologies de stockage du CO₂ permettent de garantir un stockage sécurisé pour des centaines d'années. Enfin, la tendance de l'économie circulaire dans l'industrie promet de transformer le CO₂ en matière première précieuse et facilement valorisable sur place. Pour s'assurer d'un bon développement de ces techniques de captation et de stockage du dioxyde de carbone dans le futur, quelques freins seront à lever. Les premiers sont ceux des coûts de déploiement des installations à grande échelle. Dans un premier temps, il convient d'offrir un cadre réglementaire adéquat à ces activités. Puis, de proposer une réduction des coûts aux entreprises qui souhaitent se décarboner grâce à cette technologie.