



Comment capter le CO₂ ?

Le captage du dioxyde de carbone (CO₂) est d'ores et déjà une technologie industrielle utilisée aujourd'hui pour le traitement du gaz naturel. Elle est pratiquée couramment dans la fabrication d'engrais, dans l'industrie agroalimentaire et dans le secteur de l'énergie (industrie pétrolière et gazière). Le principal problème est en général la faible concentration de CO₂ dans les fumées. Selon l'industrie concernée, cette teneur peut aller de quelques pour cent à 20 % des effluents. D'autres gaz, tels l'oxygène, la vapeur d'eau ou l'azote, se retrouvent dans le panache des fumées. Il serait impensable de vouloir tous les compresser pour les stocker, pour des raisons d'énergie et de place. Des méthodes de séparation sont donc nécessaires pour pouvoir capter exclusivement le CO₂. Un grand nombre de procédés industriels de captage existent sur le marché, chacun ayant un domaine d'application spécifique en fonction de la nature des fumées à traiter (composition, température, pression).

Ils relèvent tous de trois catégories principales : le captage postcombustion, le captage par oxycombustion et le captage précombustion.

Le captage postcombustion



Le captage postcombustion a pour objectif d'extraire le CO₂ dilué dans les fumées de combustion. Il peut s'intégrer sans trop apporter de modifications aux installations existantes.

Le procédé le plus couramment utilisé est le captage du CO₂ par un solvant, en général des amines.

C'est le procédé de captage utilisé dans la centrale d'Elsam à Esbjerg pour le pilote du projet Castor.

D'autres procédés sont envisagés par cycle calcium et par voie cryogénique. Le premier consiste à capter le CO₂ par de la chaux vive pour produire du calcaire ; celui-ci est chauffé, ce qui libère le CO₂ tout en produisant à nouveau de la chaux vive. Le procédé par voie cryogénique repose sur la solidification du CO₂ par givrage pour le séparer. La séparation du CO₂ peut également se faire au contact d'un adsorbant solide ou à travers une membrane.

Le captage par oxycombustion



Cette technologie n'est pas à proprement parler un captage du CO₂. La question est ici réglée à l'entrée et non à la sortie, il s'agit de produire une fumée concentrée à 90 % de CO₂ en réalisant une combustion à l'oxygène pur. Avec un recyclage d'une partie du CO₂ en substitution de l'azote de l'air, l'oxycombustion est particulièrement adaptée à une remise à niveau d'une installation existante.

Cependant, la séparation de l'oxygène de l'air obtenue principalement par la voie cryogénique est coûteuse et consommatrice d'énergie. À titre indicatif, la consommation d'énergie de l'apport en oxygène pur pour une centrale à charbon d'une puissance de 500 MW fonctionnant 8 000 heures par an représenterait 15 % de sa production électrique annuelle. Pour éviter le coût de séparation de l'oxygène de l'air, une technologie prometteuse est envisagée : la combustion dite en boucle chimique (*chemical looping combustion*). Elle consiste à apporter l'oxygène de l'air sur un support métallique qui, en circulant, transfère l'oxygène.

Le captage précombustion



Avec ce type de procédé, l'objectif est de capter le carbone avant combustion, lors du processus de fabrication du combustible : il est converti en entrée d'installation en gaz de synthèse, un mélange de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène. La technique utilisée est soit le vaporeformage de gaz naturel en présence d'eau, soit l'oxydation partielle en présence d'oxygène. Le CO présent dans le mélange réagit avec l'eau au cours de l'étape de *shift-conversion* pour former du CO₂ et de l'hydrogène. Le CO₂ est alors séparé de l'hydrogène, lequel peut être utilisé pour produire de l'énergie (électricité ou chaleur) sans émission de CO₂.

Les axes de progrès

Améliorer les techniques

Des efforts de recherche et développement intensifs sont aujourd'hui en cours, avec pour objectif d'améliorer les technologies de captage pour les rendre plus efficaces et plus rentables. Portées par des consortiums privés internationaux comme le *CO₂ Capture Project* (CCP) ou les programmes européens Castor et Encap, les recherches portent sur tous les aspects technologiques : depuis la consommation énergétique des procédés (actuellement le captage entraîne une surconsommation d'énergie significative) jusqu'aux performances des solvants (stabilité, capacité de régénération, sélectivité), en passant par les systèmes d'élimination des impuretés, les technologies des membranes, la mise au point de nouveaux catalyseurs ou le captage de CO₂ sous forme d'hydrate.

Intégrer le captage dans les procédés industriels

La recherche des meilleures possibilités d'intégration du poste de captage dans une installation de production industrielle à moindre coût énergétique est un enjeu important. Le surcoût correspond à l'énergie nécessaire au cycle de séparation et de conditionnement du CO₂. Il dépend à la fois des performances intrinsèques de la technologie de captage utilisée, mais aussi d'une bonne gestion de l'énergie au niveau de toutes les installations. À titre d'exemple, dans le procédé de postcombustion par amines, la régénération du solvant nécessite, actuellement, un apport énergétique d'environ 3 à 4 milliards de joules par tonne de CO₂, principalement sous forme de vapeur d'eau. Deux options pour la fourniture de vapeur sont possibles : soit une chaudière réservée spécialement à cet usage, soit une récupération de vapeur à partir du réseau basse pression de l'installation. Cette dernière option offre une meilleure gestion de l'énergie, avec pour défi de maintenir un rendement élevé de l'installation de production.

Réduire les coûts

Les prix dépendent bien sûr de la composition des fumées, du volume d'effluents à traiter et du type d'installation de captage. Mais l'on peut déjà se faire une idée générale à partir du prix du captage du CO₂ par solvants chimiques et postcombustion, actuellement la solution la plus mature sur le plan industriel. Les analyses économiques, réalisées généralement dans le cadre d'unités de production d'électricité, donnent en moyenne un coût de captage, incluant la compression du gaz, qui va de 50 à 60 euros par tonne de CO₂ pour une centrale thermique de 500 MW, ce qui se traduit par une augmentation de 50 à 70 % du coût de production du kWh électrique. L'objectif recherché est d'atteindre un coût de captage de l'ordre de 20 à 30 euros par tonne de CO₂.