



**HAL**  
open science

## Captage du CO<sub>2</sub>: le projet OXYCOMB

Samantha Lim, Laurent Dupont

► **To cite this version:**

Samantha Lim, Laurent Dupont. Captage du CO<sub>2</sub>: le projet OXYCOMB. Rapport Scientifique INERIS, 2011, 2010-2011, pp.16-18. ineris-01869381

**HAL Id: ineris-01869381**

**<https://ineris.hal.science/ineris-01869381>**

Submitted on 6 Sep 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## Contributeurs



Samantha  
Lim



Laurent  
Dupont

# Captage du CO<sub>2</sub>

## Le projet OXYCOMB

La Commission européenne a adopté en mars 2011 une feuille de route fixant l'objectif de réduire d'ici à 2050 de 80 à 95 % ses émissions de gaz à effet de serre, par rapport à leur niveau de 1990.

Des technologies de captage de CO<sub>2</sub> à la source, avant son émission vers l'atmosphère, se développent.

Il convient de s'assurer que les risques pouvant se présenter au cours des différentes étapes de mise en œuvre de ces technologies (captage, compression, transport, stockage sur de très longues périodes...) sont bien identifiés, évalués et maîtrisés.

En ce qui concerne le captage, trois principales techniques sont aujourd'hui envisagées, dérivées pour la plupart de celles mises en place dans l'industrie pétrolière et gazière. Il s'agit de :

- la postcombustion, qui est le procédé le plus avancé au niveau technologique. Il implique l'extraction du CO<sub>2</sub> des fumées de combustion à l'aide de solvants ;
- la précombustion, technique qui induit une transformation du combustible en gaz de synthèse dont est, dès le départ, soustrait le CO<sub>2</sub> ;
- l'oxycombustion, qui résulte d'une combustion en présence d'une atmosphère enrichie en oxygène, ce qui permet d'obtenir des volumes de fumées réduits et concentrés en CO<sub>2</sub>.

La mise en œuvre de ces procédés de captage s'avère cependant délicate et nécessite encore des travaux de recherche visant à optimiser les rendements pour réduire les coûts de mise en œuvre et à assurer les performances en matière de sécurité et d'impact sur l'environnement.

### Le projet OXYCOMB

L'INERIS et le laboratoire de Génie des procédés industriels de l'Université technologique de Compiègne (UTC), avec la plateforme d'essais « Procedis », se sont associés pour le projet OXYCOMB. Financé par l'Ademe, ce projet, d'une durée de dix-neuf mois, débuté en 2008, visait à concevoir, valider et optimiser un procédé d'oxycombustion du gaz naturel en intégrant l'aspect sécurité dès la conception du pilote de 300 kW.

Le but de ce projet de recherche était l'amélioration des connaissances dans le domaine de la technologie d'oxycombustion et la conception d'un procédé intrinsèquement sûr, au travers de trois objectifs :

- mise en œuvre d'une installation préindustrielle d'oxycombustion avec recyclage des fumées et séparation du CO<sub>2</sub> produit par condensation, et optimisation des paramètres d'exploitation, notamment en termes de récupération d'énergie calorifique et de qualité du CO<sub>2</sub> produit ;
- analyse de la composition des fumées de combustion avec identification et quantification des impuretés ;
- définition des critères de sécurité et des règles de bonnes pratiques nécessaires au dimensionnement d'installations d'oxycombustion, afin que les risques soient pris en compte dès la conception des installations et maîtrisés lors de l'exploitation.

### Principe de l'oxycombustion

L'oxycombustion consiste à réaliser une combustion à l'oxygène pur et non pas à l'air pour obtenir des fumées concentrées en CO<sub>2</sub> à 90 %. Avec le recyclage d'une partie du CO<sub>2</sub> en substitution de l'azote de l'air, l'oxycombustion est un procédé adaptable à une installation existante.

Une fois que les fumées riches en CO<sub>2</sub> ont été obtenues, le CO<sub>2</sub> doit alors être purifié et comprimé. Étant donné la richesse des fumées en CO<sub>2</sub>, un procédé frigorifique fonctionnant autour de 223 K (-50 °C) est préconisé pour séparer le CO<sub>2</sub> des gaz non condensables, tels que l'argon, l'oxygène ou l'azote.

### Résultats

Une étude expérimentale des caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité du mélange CH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> a permis de compléter les données issues de la littérature (diagramme d'explosivité, caractéristiques de la violence de l'explosion et d'auto-inflammation du mélange). Ainsi, lorsque la concentration en CO<sub>2</sub> augmente, le domaine d'explosivité diminue. L'influence significative de l'oxygène sur la violence de l'explosion ainsi que le pouvoir inertant du CO<sub>2</sub> ont été mis en évidence.

Sur la base de ces données expérimentales et du retour d'expérience sur des installations de combustion conventionnelles, une analyse des risques a été menée sur l'installation pilote sur les différentes phases de fonctionnement de l'installation (démarrage, exploitation, arrêt, maintenance).

Elle a mis en évidence les scénarios d'accident qui pouvaient affecter les personnes et l'environnement. Les principaux risques sont similaires à ceux rencontrés sur des installations de combustion conventionnelles mais avec des termes sources différents, à savoir l'inflammation spontanée ou retardée de gaz naturel, l'éclatement de capacité par surpression ou encore la dispersion de gaz toxiques, tel le CO ou le CO<sub>2</sub>.

L'analyse des risques a ainsi permis de préconiser des mesures techniques et organisationnelles

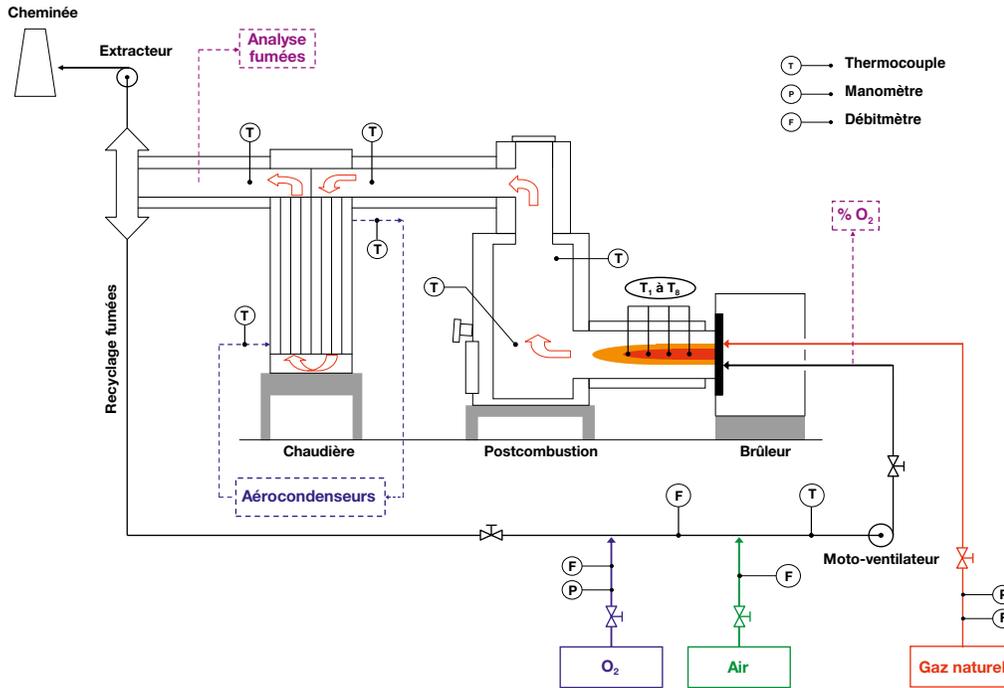


Figure 1  
Schéma de l'installation modifiée.

Figure 2  
Domaine d'explosivité des mélanges méthane/oxygène/dioxyde de carbone.

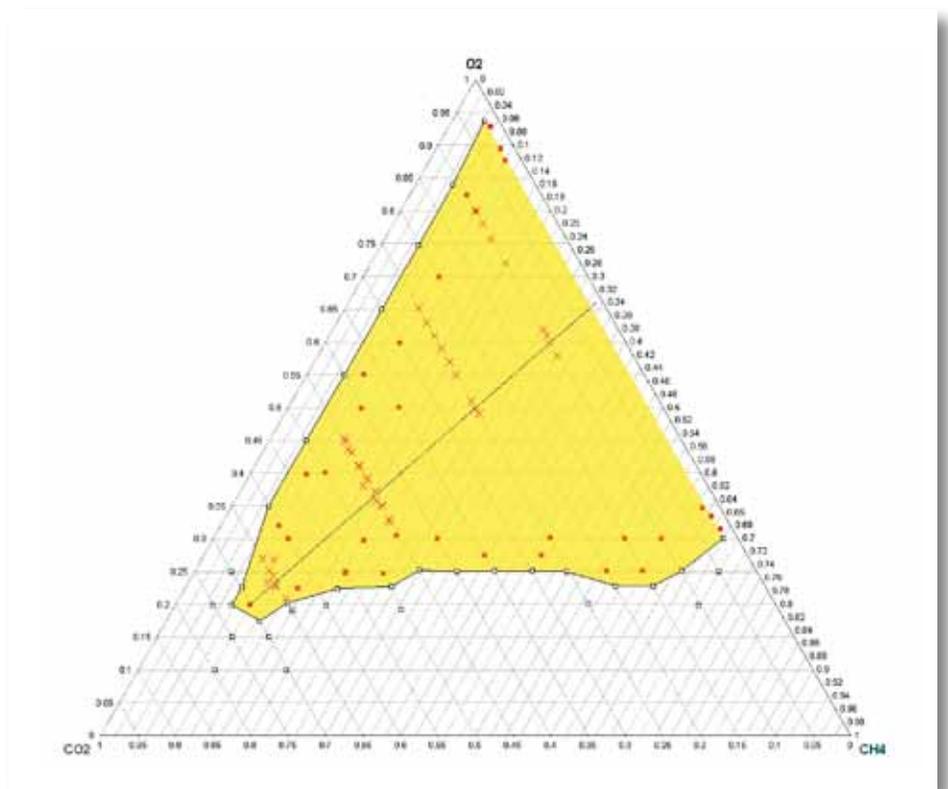
tant en prévention qu'en protection ainsi que des règles de bonnes pratiques nécessaires au dimensionnement d'installations d'oxycombustion (étanchéité, taux de recirculation des fumées, matériaux, etc.).

D'un point de vue expérimental sur le pilote, il s'agissait, d'une part, d'optimiser les paramètres d'exploitation de l'oxycombustion, notamment au niveau de la récupération d'énergie calorifique et de la qualité du CO<sub>2</sub> produit, et d'autre part, d'analyser la composition des fumées de combustion notamment en identifiant et en quantifiant les différentes impuretés.

Il a ainsi été possible de maintenir des conditions opératoires similaires à la combustion à l'air en jouant sur le taux de recyclage pour ajuster la richesse du comburant en O<sub>2</sub>. Sur l'installation utilisée, nous avons pu déterminer qu'une richesse de 24-25 % en O<sub>2</sub> est nécessaire pour retrouver des profils de température semblables à ceux observés en combustion à l'air.

Aussi, l'oxycombustion permet-elle une amélioration notable de la qualité du transfert de chaleur. En effet, les fumées obtenues sont riches en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O et ont donc un coefficient d'absorption supérieur aux fumées de combustion à l'air, ce qui améliore le transfert de chaleur par rayonnement.

En raison de la faible teneur en N<sub>2</sub> dans les fumées, l'oxycombustion offre également l'opportunité de réduire de façon considérable les émissions d'oxydes d'azote (NOx). Toutefois, l'installation ne pouvant pas être parfaitement étanche, les infiltrations d'air ont maintenu une teneur non négligeable de NOx dans les fumées, mais pour un débit de fumées plus faible en oxycombustion qu'en combustion conventionnelle.



**PERSPECTIVES**

En raison de ces coûts d'investissement relativement élevés, la technique d'oxycombustion apparaît comme plus adaptée aux sources importantes et concentrées d'émissions telles que les centrales électriques (au gaz naturel ou au charbon).

Les principaux axes de progrès qui permettraient le déploiement à grande échelle de la technologie

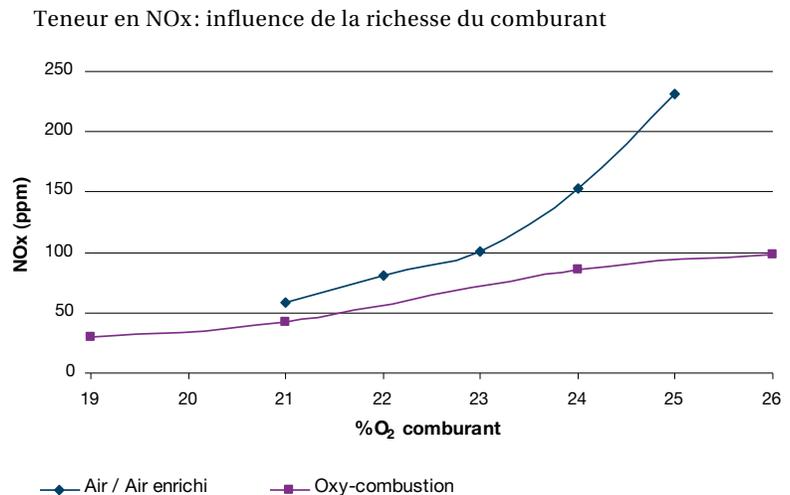
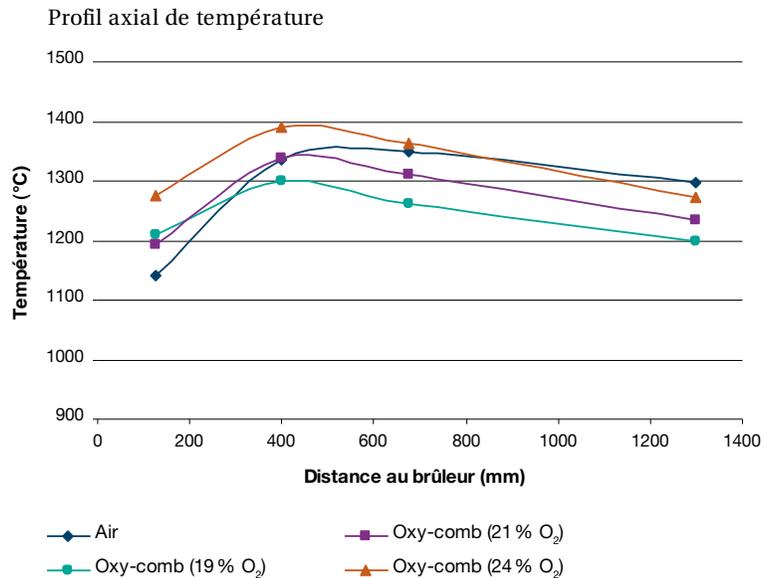
d'oxycombustion se situent au niveau de la séparation de l'oxygène de l'air (coût, consommation d'énergie) et des équipements de séparation du CO<sub>2</sub> (dimension, efficacité).

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. →

→ Compte tenu des taxes à l'émission de CO<sub>2</sub>, l'application de la technique d'oxycombustion à une centrale électrique actuelle semble être une excellente opportunité pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> à court terme.

Cependant, ces techniques doivent impérativement être associées au panel de solutions existantes pour limiter les rejets de CO<sub>2</sub> : le développement des énergies renouvelables, l'amélioration de l'efficacité thermique des industries et des bâtiments ou encore la sobriété énergétique.

- Figures 3 et 4**
- 3** Profil de température – Influence de la richesse du comburant : Comparaison : Combustion à l'air / oxycombustion (Excès d'O<sub>2</sub> : 4%).
- 4** Émissions de NOx : Influence de la richesse du comburant (Excès d'O<sub>2</sub> : 4%).



## ABSTRACT

Greenhouse gas emissions have to be drastically reduced to limit global warming effects. Fossil fuels (coal, natural gas and oil) represent 81 % of the global energetic mix in 2008 and coal is the second fuel source after oil but is the first in terms of CO<sub>2</sub> emissions. Thus, in addition to the long-term alternatives to be taken, considering the emergency, it becomes necessary to get viable technologies at disposal to offer several technical solutions to limit these greenhouse gas emissions. The CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) could contribute up to 20-33% of the desired CO<sub>2</sub> emission reduction. The main issue before deploying industrially these capture solutions is to face the technological constraints and to prevent industrial accidents which could delay its development.

INERIS and the Industrial process engineering laboratory of the Université Technologique de Compiègne (UTC) joined for the OXYCOMB project. This project (started in 2008 for 19 months) financed by the ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) aimed at designing, validating and optimising an oxycombustion process with natural gas integrating safety on a pilot unit of 300 kW. Inflammability and explosivity properties of the gas mixing were determined. Risk analysis were performed to identify the main accident scenarios and to propose technical and organisational recommendations at different levels (design, operation, maintenance). Experimentations on the pilot enabled to optimise the operating parameters of oxycombustion (recycling rate, O<sub>2</sub> excess concentration, heat transfer) and to analyse the flue gases impurities.