

TGR – BF

« Top Gas Recycling Blast Furnace »
Projet démonstrateur



Coordinateur : **ArcelorMittal Research Maizieres**

Durée du projet : **34,5 mois**

Début du projet : **Décembre 2009**

Coût total du projet : **28,5 M€**

Aide de l'ADEME : **11 M€**

N° de conventions ADEME : 0974C0 153, 296, 297, 298, 299



**Synthèse publique de projet
démonstrateur sur le captage, stockage
géologique et valorisation du CO₂**

Contexte du projet et objectifs du projet

La technologie dite « **top-gaz recycling blast furnace** » (**TGR-BF**) a été l'une de celles définies dans le projet Ulcos. Ce projet de R&D a rassemblé 55 partenaires et a été soutenu par la communauté européenne dans le cadre du 6^{ème} programme cadre et de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier (CECA). Il s'agissait de modifier de façon importante le haut-fourneau d'une usine sidérurgique de façon à capter de façon optimale le CO₂.

Le haut-fourneau est un très gros réacteur à contre-courant réduisant l'oxyde de fer contenu dans les minerais en fer en utilisant du coke, lui même produit à partir du charbon. Dans le réacteur, les charges solides sont introduites en haut de l'appareil (Minerai de fer aggloméré et coke) et de l'air préchauffé est introduit en bas de l'appareil. En raison de la réaction d'équilibre entre le CO, le CO₂ et le carbone (réaction de Boudouard), le gaz qui sort en haut du réacteur est composé, d'azote pour 50% environ, de CO et de CO₂, pour un peu moins de 25% chacun. Il y a aussi un peu d'hydrogène.

La technologie « top-gas recycling » remplace l'air par de l'oxygène pur, avec une unité de séparation de l'air en entrée. Le gaz s'échappant en haut de l'appareil est alors composé de CO, CO₂ et H₂. Une unité de captage permet de séparer le CO₂ prêt à être stocké d'une part et un gaz très réducteur composé de CO et de H₂ qui est ensuite réinjecté dans le haut-fourneau, permettant alors de poursuivre la réaction de réduction du minerai de fer par le carbone jusqu'au bout (plus de CO, au bilan final).

Cette configuration permet de **diminuer d'environ 11% les émissions globales** d'une usine sidérurgique sans stockage géologique et de **55% avec stockage**.

De plus, **la consommation d'énergie de l'usine complète est diminuée de 8%**. Le fait d'intégrer intimement le captage dans le procédé permet donc des gains appréciables.

Le projet TGR-BF, soutenu par l'ADEME, a pour objet la **préparation d'un démonstrateur complet à une échelle industrielle**. Le haut-fourneau de Florange, au nord de la Lorraine, produit 1,2 millions de tonnes de fonte (un eutectique Fer-carbone à 4,5% de carbone) par an. L'objectif est de le modifier pour incorporer un renforcement important de l'unité de séparation de l'air, une unité de captage et une boucle de réinjection. Ceci entraîne de nombreuses modifications technologiques relevant, pour l'essentiel du génie chimique.

Le projet inclut également **l'étude des possibilités de stockage géologique dans le nord de la Lorraine**. Il s'agit d'évaluer les possibilités de stockage et les risques associés.

L'objectif est de pouvoir **identifier un aquifère profond** contenant une eau saline impropre à toute utilisation et au sein duquel l'injection des quantités de CO₂ qui seraient captées sur le haut-fourneau de Florange serait possible durant toute la durée de vie de l'installation et de dimensionner les installations nécessaires au transport et à l'injection de ce CO₂ pour un stockage pérenne.

De tels objectifs nécessitent de concevoir ou de réaliser les étapes suivantes :

- **Pré faisabilité du stockage** basée sur la valorisation de données géologiques existantes aux fins de la sélection du meilleur site possible, de la simulation du comportement du gaz injecté dans le temps et dans l'espace.
- **Faisabilité du stockage** comprenant un dimensionnement des travaux d'exploration et des tests d'injection nécessaire à la confirmation de l'intérêt du site au regard des objectifs du projet.
- **Conception des équipements** nécessaire à la réalisation du stockage et les opérations de surveillance
- **Etude de l'acceptabilité sociale** d'un tel stockage.

Il s'agit également de démontrer l'innocuité des impacts possibles d'un tel stockage opéré en condition normale, sur l'environnement (surface et souterrain) mais également de quantifier ces impacts en cas de fonctionnement anormal et de déterminer les actions de rémediation à mettre en œuvre, permettant ainsi de réduire ces risques à un seuil acceptable pour l'environnement.

Résultats obtenus et perspectives

Depuis le début du projet, un certain nombre de résultats ont été obtenus :

- **l'unité de séparation de l'air** a été dimensionnée ;
- **la technologie de captage a été précisée** : le projet s'oriente vers une technologie en plusieurs étapes permettant une meilleure optimisation du traitement des gaz ;
- **des essais réalisés sur un haut-fourneau expérimental en Suède** dans le cadre d'un programme européen, ont permis de valider les bilans thermiques et matières.
- **une unité pilote a été construite** pour mieux définir les contraintes de contenu en poussières du gaz en amont de l'unité de captage ;
- **les technologies de réchauffement du gaz réducteur** en aval de l'unité de captage posent des problèmes de corrosion des réfractaires et des parties métalliques. Celles-ci sont étudiées dans des essais dédiés avec des gaz représentatifs de la situation industrielle.
- beaucoup **d'organes de régulations des débits** (mesures, vannes, etc.) sont nécessaires pour avoir un procédé stable et pour traiter les incidents de fonctionnement. Un travail important d'évaluation des différentes situations a été effectué, avec les analyses de sûreté associées.
- **un modèle géologique de la région** a été élaboré en intégrant toutes les données disponibles. Le modèle permet d'estimer les épaisseurs, le pendage des couches, la présence de failles et une estimation des écoulements de saumure dans les étages géologiques qui nous intéressent.
- **des simulations d'injection** ont été réalisées pour estimer la **faisabilité du projet industriel**. Compte tenu des incertitudes sur des paramètres importants comme la perméabilité, des études de sensibilité ont été réalisées.
- des interviews ont été réalisées auprès d'un certain nombre d'ayant-droit en Lorraine pour faire une **première évaluation de la faisabilité sociale** du projet.
- les travaux complémentaires nécessaires à la levée des incertitudes ont été dimensionnés ainsi que les éléments constitutifs du démonstrateur de recherche.

La suite du projet comporte :

- La suite des essais sur le pilote poussière et sur la corrosion des réfractaires et des parties métalliques, le design de la réinjection au niveau du fourneau, du réchauffage du gaz et des unités aval pour préparer le CO₂ pour le stockage.
- Les travaux d'exploration, incluant une campagne de sismique 2D, une campagne de sismique 3D et au moins deux forages.



CONTACTS

- François MUDRY, GM Scientific advisor, Arcelor Mittal, francois.mudry@arcelormittal.com
- Nathalie THYBAUD, Animatrice Pôle Technologies Avancées, ADEME, nathalie.thybaud@ademe.fr