

Etudes de pré-faisabilité de capture carbone sur le site ArcelorMittal de Dunkerque

2034



AAP ZIBAC

1. Contexte général et objectifs

Dans le cadre de la stratégie de décarbonation du site de Dunkerque, ArcelorMittal a mandaté deux pré-faisabilités complémentaires :

- Une étude **Technip**, avec contributions de **SHELL (amine avancée)** et **CMS (membranes)**, centrée sur l'analyse des technologies de capture de CO₂ et des architectures d'implantation sur les différentes sources résiduelles du site ;
- Une étude Ekium avec contributions de **MHI (amine avancée)** et **Air Liquide (CRYOCAP cryogénique)**, focalisée sur la comparaison technico-économique de plusieurs configurations de captage sur 7 flux majeurs d'émissions.

Ces travaux, financés par l'ADEME, visent à **identifier les solutions techniques les plus pertinentes à l'horizon 2034**, en cohérence avec :

- La future configuration industrielle du site (EAF + haut fourneau résiduel),
- Les exigences du projet de transport & stockage de CO₂ porté par Natran/Equinor (pipeline onshore, compression terminale, export offshore en mer du Nord).

Les études se situent à un niveau **pré-faisabilité (classe V)**, avec pour objectifs :

- De déterminer quelles technologies sont industrialisables et robustes pour Dunkerque,
- De comparer captage individuel vs captage mutualisé,
- D'évaluer la compatibilité totale de la chaîne captage → purification → compression → livraison au réseau CO₂,
- De préparer la sélection d'un concept préférentiel à engager en pre-FEED.

2. Sources de CO₂ et périmètre des cas étudiés Les études identifient sept flux d'émissions couvrant l'ensemble du futur périmètre sidérurgique :

- Filière Hauts-Fourneaux : gaz de haut fourneau (BFG), fumées des cowpers, fumées de la Power Plant utilisant le BFG.
- Filière DRP : four de préchauffage, CO₂ du procédé « CO₂ sélectif ».
- Filière aval : fumées du laminage à chaud.
- Projets annexes : CO₂ de l'unité de chaux AMELI.

À partir de ces flux, Ekium/MHI/Air Liquide ont étudié des configurations représentatives de captage :

- Cas individuels (captage flux par flux),
- Cas mutualisés (mélange B–D–F–G notamment),
- Cas intégrant les flux modifiés après captage amont,
- Cas d'oxy-combustion en variante.

Les technologies évaluées :

- Amine avancée (Advanced KM CDR Process™ – MHI),
- Amine avancée SHELL CANSOLV • Cryogénique CRYOCAP (Air Liquide),
- Alternatives analysées par Technip : membranes (SVANTE CMS), adsorption, pré-traitements étendus.

3. Enseignements de l'étude Technip

3.1. Faisabilité technologique

Technip conclut que :

- Les amines constituent la technologie la plus mature et fiable pour le captage post-combustion sur les fumées sidérurgiques, notamment celles de la Power Plant.
- Les membranes sont jugées moins pertinentes à ce stade sur de grands volumes et requièrent une purification complémentaire (cryogénique).
- L'adsorption est limitée à des cas particuliers.

3.2. Chaîne de traitement complète

L'étude confirme la faisabilité d'une chaîne intégrée :

- Pré-traitement poussé des fumées (déSOx, déNOx, filtration), indispensable à la stabilité du solvant.
- Purification finale du CO₂ (désoxygénation, traitement H₂S/NO_x/SO_x, déshydratation).
- Compression vers le niveau spécifié par le réseau CO₂ Natran.

3.3. Architecture : captage individuel vs mutualisé

Technip met en évidence :

- Un optimum de capacité pour une unité amine au-delà duquel la mutualisation totale n'apporte plus de bénéfice,
- Une mutualisation limitée (ex. plusieurs flux autour de la Power Plant) comme meilleur compromis,
- La nécessité d'éviter la prolifération de petites unités, coûteuses et complexes à exploiter.

4. Enseignements de l'étude Ekium / MHI / Air Liquide

4.1. Performance technique des technologies

Amine MHI :

- Adaptée à une large gamme de compositions,
- Demande thermique élevée et principalement dépendante de la vapeur,
- Taux de capture élevés, taux de CO₂ évité légèrement impacté par l'énergie consommée,
- Possibilité de réduire la charge thermique par récupération de chaleur (WHRU) sur certains flux.

Cryogénique CRYOCAP :

- Particulièrement efficace pour des fumées riches en CO₂,
- Consommation majoritairement électrique, très sensible à la teneur en CO₂ en entrée,
- Intégration complète de la purification Grade A,
- Très hauts niveaux de capture et de CO₂ évité en présence d'électricité décarbonée.

Oxy-combustion : moins attractive dans les configurations étudiées.

4.2. Coûts et compétitivité (analyse qualitative)

Les deux études concluent que :

- Les unités amine sont dominées par le coût de la vapeur,
- Les unités CRYOCAP sont dominées par le coût de l'électricité,
- La récupération de chaleur des installations sidérurgiques peut améliorer la compétitivité amine,
- Les incertitudes sur les coûts restent importantes à ce stade.

5. Convergences entre études et implications pour Dunkerque

5.1. Messages structurants Les études convergent sur les points suivants :

- La capture post-combustion sur les fumées de la Power Plant est techniquement faisable et constitue le levier principal à court/moyen terme.
- Les technologies AmineS et CRYOCAP représentent les deux candidats principaux pour une mise en œuvre industrielle.
- Une mutualisation raisonnable des flux autour de la Power Plant constitue le schéma d'implantation optimal. • La qualité du CO₂ produit peut satisfaire les exigences de la filière transport & stockage Natran/Equinor.
- Les alternatives membranes/oxy-combustion ne sont pas prioritaires dans ce contexte.

6. Recommandations pour la suite

1. Sélection d'un concept à engager en pre-FEED Conserver une dualité technologique amine / cryogénique, centrée sur un cas **type BFG ou Power Plant**.
2. Lancer les études utilités & récupération de chaleur Indispensable pour optimiser le coût énergétique et sécuriser le bilan vapeur. **(ENGIE avec DK6)**
3. Approfondir la caractérisation des fumées Variabilité, contaminants trace, conditions transitoires : essentiels pour dimensionner pré-traitements et purification.
4. Étudier finement l'implantation brownfield Emprises, co-activité, sécurité, raccordements aux réseaux.
5. Accélérer la coordination avec Natran / Equinor Alignement des spécifications CO₂, profils de débit et contraintes de disponibilité.

7. Conclusion

Les pré-faisabilités Technip- SHELL et Ekium-MHI-Air Liquide montrent que le captage de CO₂ sur Dunkerque est techniquement crédible, que deux technologies industrielles — amine avancée et cryogénie CRYOCAP — se détachent clairement, et que l'architecture autour de la Power Plant constitue la voie la plus robuste.

Ces études apportent à l'ADEME et à ArcelorMittal une base solide pour engager les pre-FEED et structurer la future chaîne CCS du site, en cohérence avec les infrastructures de transport & stockage prévues en mer du Nord.

RÉSUMÉ

Dans le cadre de sa stratégie de décarbonation à l'horizon 2034, ArcelorMittal Dunkerque a conduit deux études de pré-faisabilité visant à identifier les solutions optimales de captage de CO₂, en cohérence avec le futur réseau de transport et stockage en mer du Nord.

Les analyses technico-économiques menées par Technip (avec SHELL et CMS) et Ekium (avec MHI et Air Liquide) concluent que :

- Le captage post-combustion sur les fumées de la Power Plant constitue le levier prioritaire.
- Deux technologies industrielles se distinguent :
les amines avancées, solution mature et robuste,
la cryogénie CRYOCAP, particulièrement performante pour des fumées riches en CO₂.
- Une mutualisation partielle des flux autour de la Power Plant représente le meilleur compromis technico-économique.
- La chaîne complète captage → purification → compression → transport est compatible avec les exigences du futur réseau CO₂.

Ces travaux établissent une base technique solide pour engager les études pre-FEED et structurer la future chaîne CCS du site.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

CITATION DE CE RAPPORT

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.