



Process industriels cimentiers

Workshop 09 juin 2022

<https://cementlab.infociments.fr/>

Florian Gautier

Global Market Director Energy Transition





Cement LAB

Innovations dans les process industriels cimentiers

Solutions de décarbonation

9 Juin 2022

Florian GAUTIER, Directeur Marchés Globaux Transition Energétique

Agenda



Le Groupe Air Liquide



Solutions pour intensifier l'utilisation des combustibles alternatifs



Principaux avantages de la technologie Cryocap™



Air Liquide, un acteur clé de la chaîne de valeur CCU / CCS



Conclusion

1

Le Groupe Air Liquide

Chiffres clés 2021



~66,400
COLLABORATEURS



PRÉSENT DANS
75 PAYS



PLUS DE
3,8 MILLIONS
DE CLIENTS ET DE
PATIENTS



CHIFFRE
D'AFFAIRES
€23.3bn



RÉSULTAT NET
(PART DU GROUPE)
€2.6bn



DÉCISIONS
D'INVESTISSEMENT
€3.6bn

Réduction de nos émissions de CO₂ : une trajectoire pour atteindre la Neutralité Carbone

Engagements d'Air Liquide



Les émissions de CO₂
commencent à diminuer en
valeur absolue



Atteindre la **Neutralité
Carbone** d'ici **2050**

~2025

2035

2050

-30%

Intensité carbone
en kg CO₂/€ EBITDA^(a)
vs 2015

Réduire les émissions
CO₂eq des scopes 1 & 2
en **valeur absolue** de
-33%^(b)



(a) au taux de change de 2015 et hors IFRS16 pour les émissions de gaz à effet de serre des scopes 1 et 2
(b) sur la base de 32.5 million de tonnes d'émissions CO₂eq (Scope 1+2) en 2020, comptées en base marché

2

Solutions pour intensifier l'utilisation des combustibles alternatifs

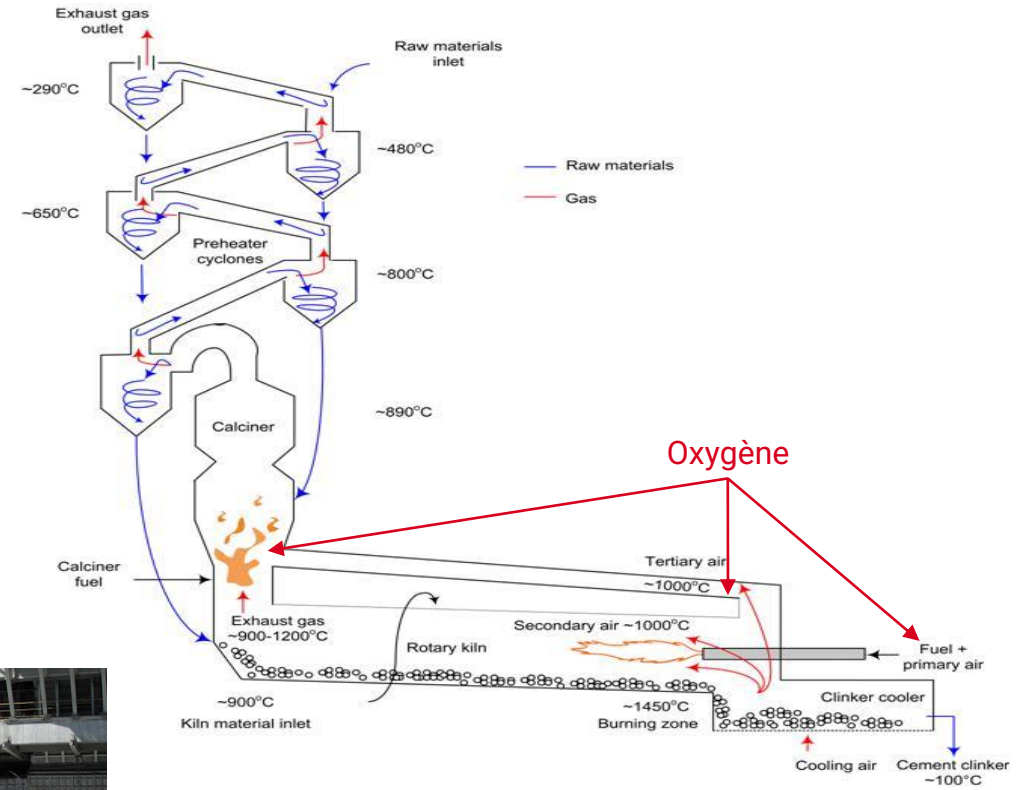
Dopage de la combustion avec oxygène et/ou hydrogène

➤ Principaux objectifs recherchés

- Accroître le taux de combustibles alternatifs solides (réduction des émissions de CO₂ avec des combustibles alternatifs de type biogénique en limitant le recours aux énergie fossiles)
- Accroître la productivité
- Réduire / prévenir la formation d'anneaux

➤ Options d'injection de l'oxygène

- Lance placée dans le brûleur principal
- Enrichissement de l'air primaire
- Lances placées dans le précalcinateur
- Enrichissement de l'air tertiaire



Hydrogène “bas carbone”:

➤ Principaux objectifs recherchés

- Réduire les émissions de CO₂ (économie de combustibles fossiles)
- Augmenter la fraction de combustibles alternatifs dans le brûleur
- Une plus grande stabilité de la flamme

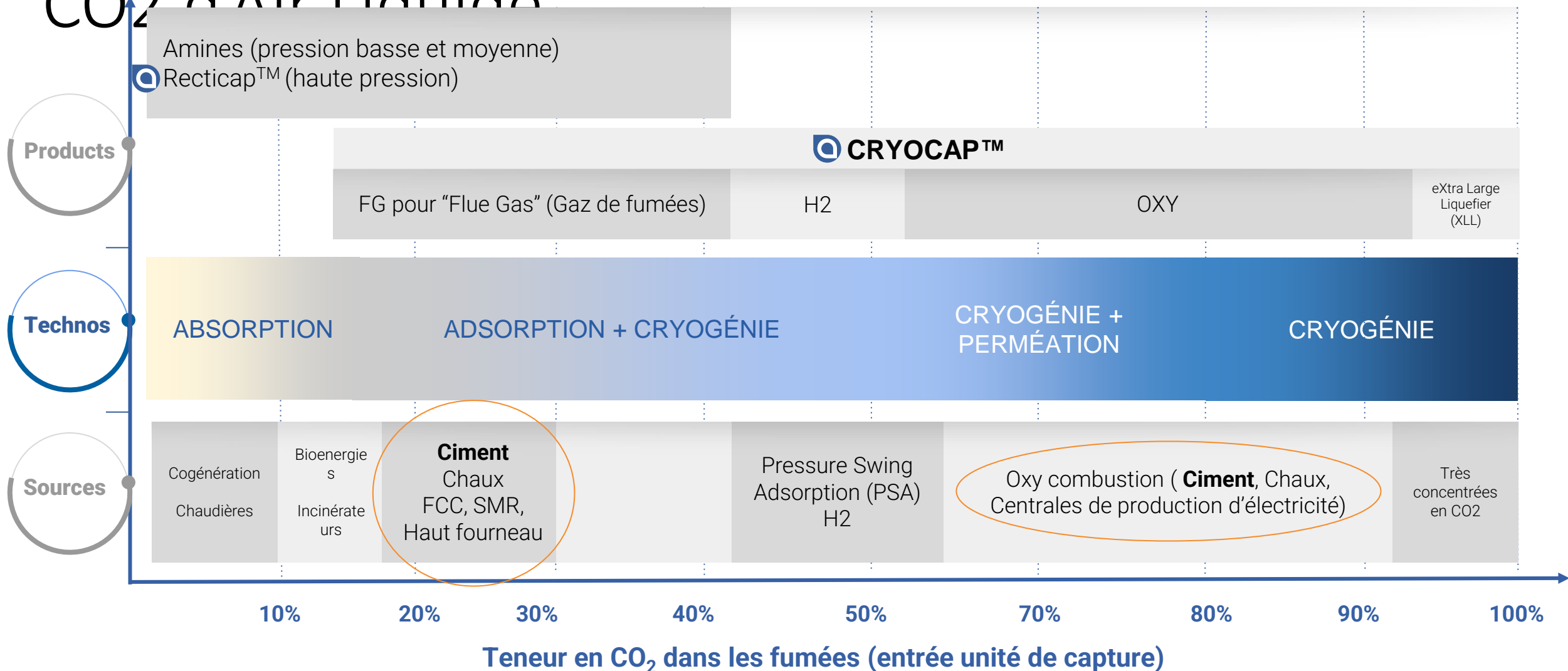
➤ Options d'injection de l'hydrogène:

- pur au moyen d'une lance dédiée, ou
- mélangé au carburant gazeux

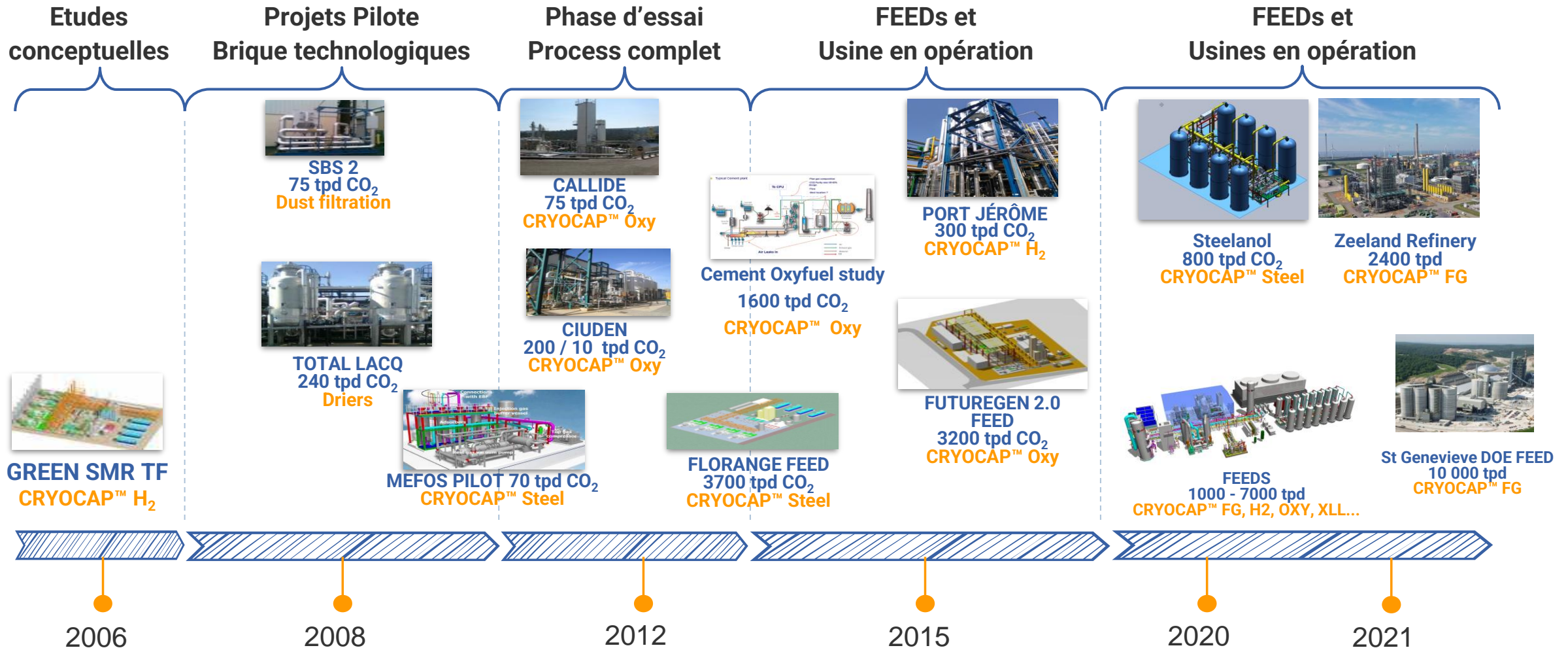
3

Principaux avantages de la technologie Cryocap™

Cartographie des technologies de captation de CO₂ d'Air Liquide

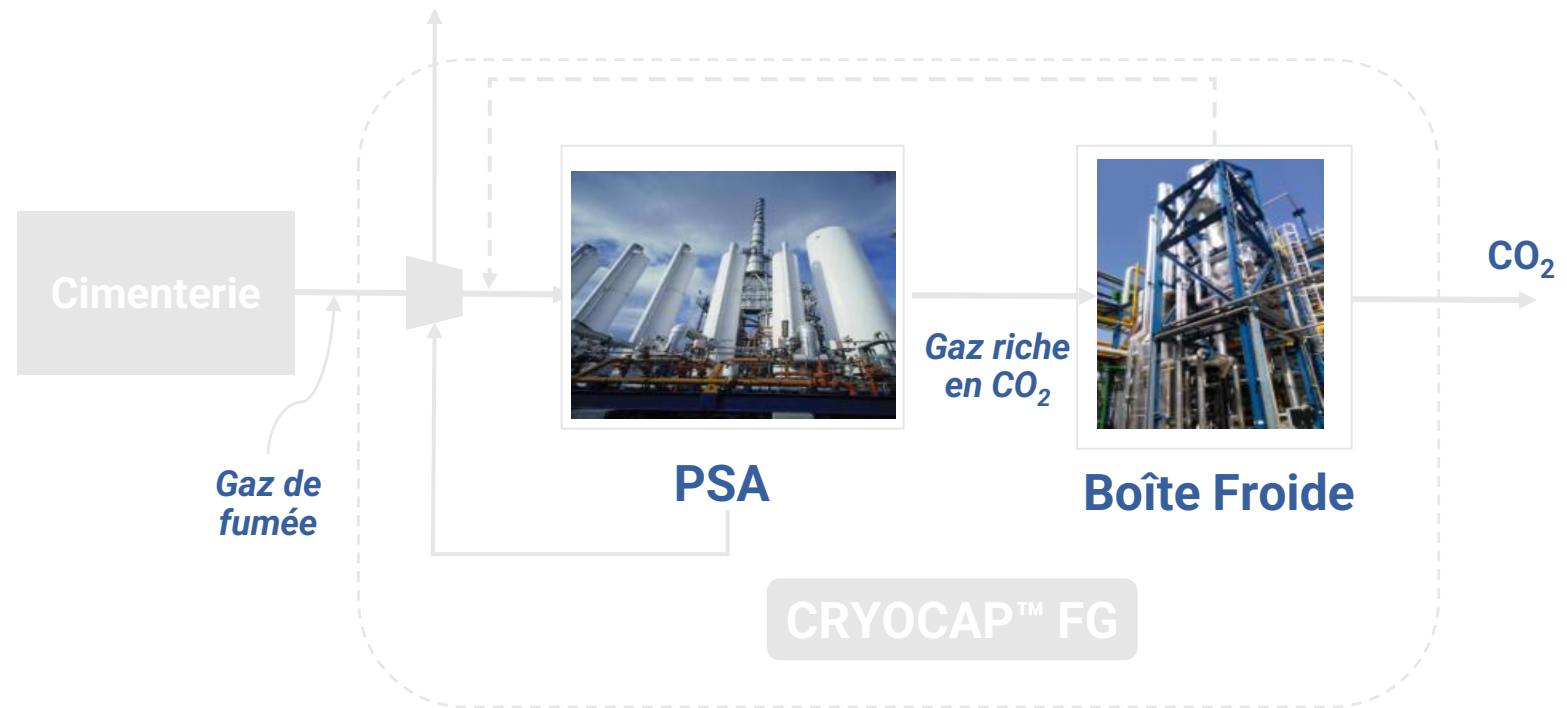


Cryocap™ : plus de 15 ans de développements et d'expérience



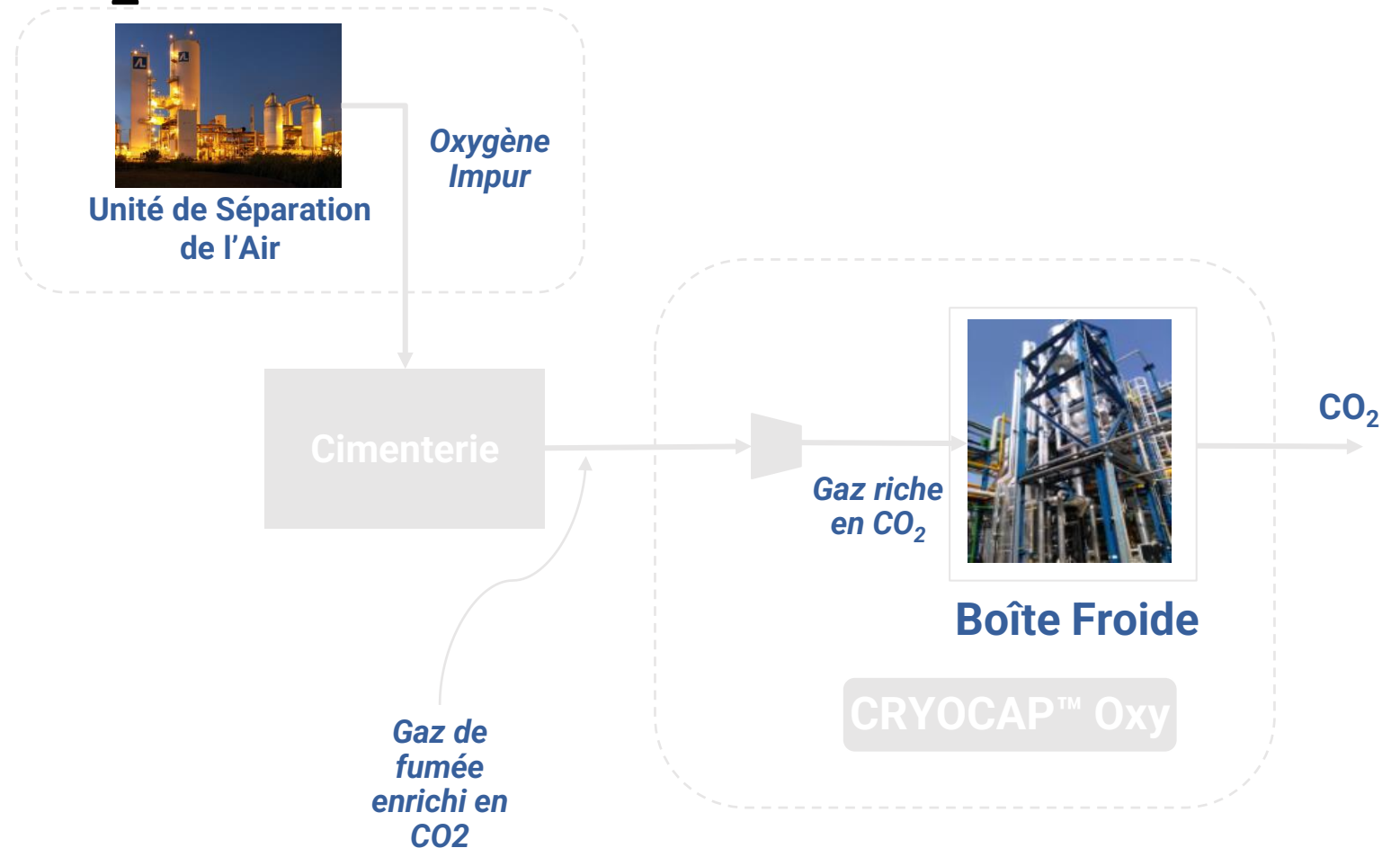
Cryocap™ FG: captation sur gaz de fumée (de CO₂ sec) Gaz riche en N₂

- Adapté pour les industries du Ciment, de la Chaux, SMR, FCC, ...
- La technologie PSA comme brique technologique de préconcentration
- Compatible HSE (pas de produits chimiques, ni inflammables)
- Alimenté à l'électricité (pas de vapeur nécessaire)
- Compact & Flexible: Compresseurs, PSA et Boîte Froide peuvent être localisées à 3 endroits différents
- Gestion intelligente des NO_x
- CO₂ gazeux ou liquide
- Efficacité de captation du CO₂: 95%+



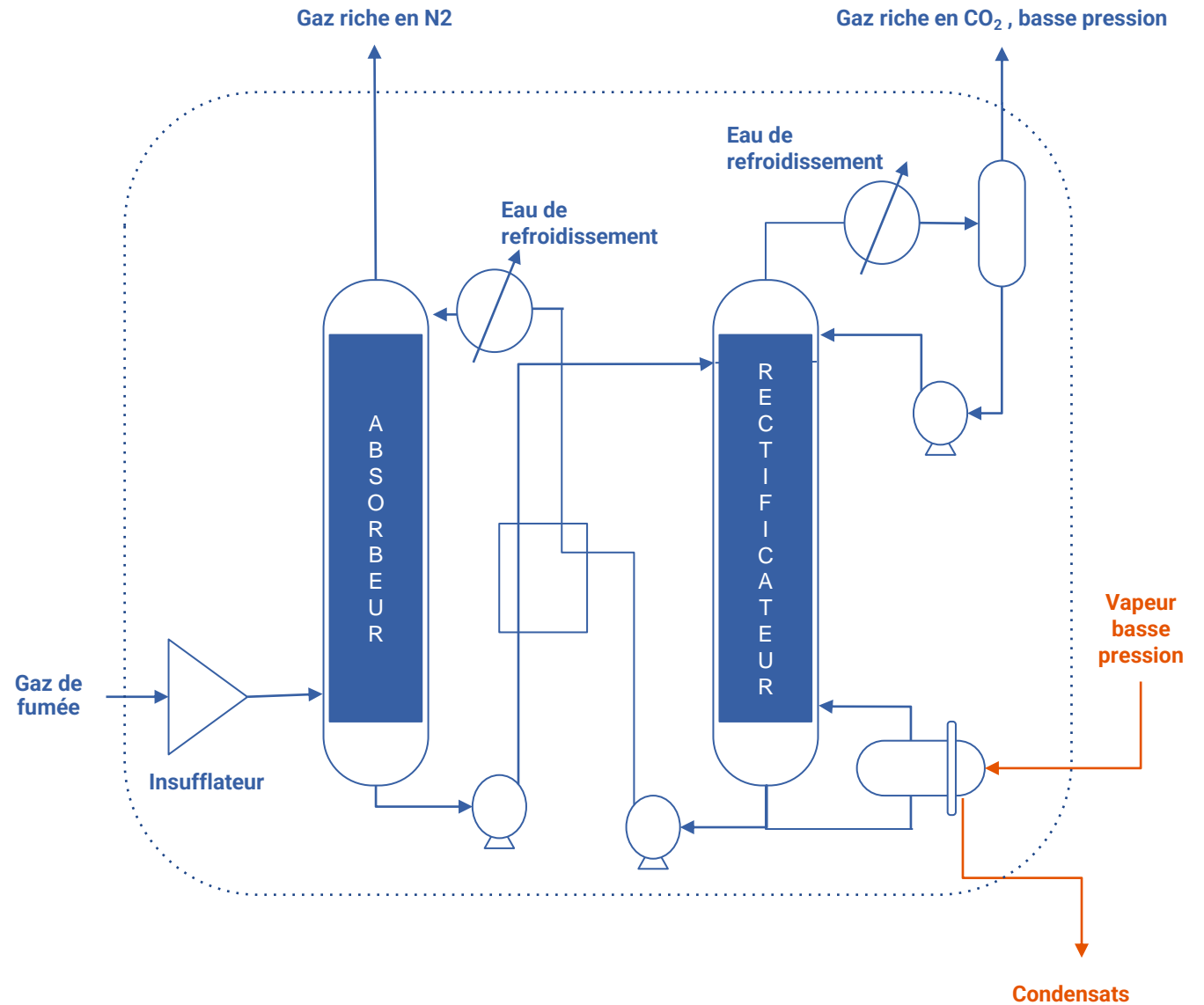
Cryocap™ Oxy: enrichissement en oxygène couplé à la captation de CO₂

- Utilise l'Oxy combustion pour enrichir les gaz de fumée en CO₂ (>50%)
- Pas de préconcentration nécessaire en amont de la séparation cryogénique
- Compatible HSE (pas de produits chimiques, ni inflammables)
- Alimenté à l'électricité (pas de vapeur nécessaire)
- Gestion intelligente des NO_x
- CO₂ gazeux ou liquide
- Efficacité de captation du CO₂: 95%+



Procédé aux amines de 2ème génération

- Adaptable à de faibles ou hautes concentration de CO₂
- Consommation de vapeur (~ -30% vs MEA)
- Apport d'appoint en Amine (5-10x moins vs MEA)
- Produit du CO₂ humide et à basse pression
- Besoin d'un liquéfacteur pour produire du CO₂ liquide
- Efficacité de captation du CO₂ : 95%+



Critères de sélection de la technologie de captation de CO₂

Excès de vapeur / chaleur disponible

CO₂ humide et à basse pression

Gaz Naturel à prix compétitif

Références industrielles

Accès à la vapeur / chaleur limité

CO₂ gazeux haute pression ou CO₂ liquide

Gestion intelligente des NO_x

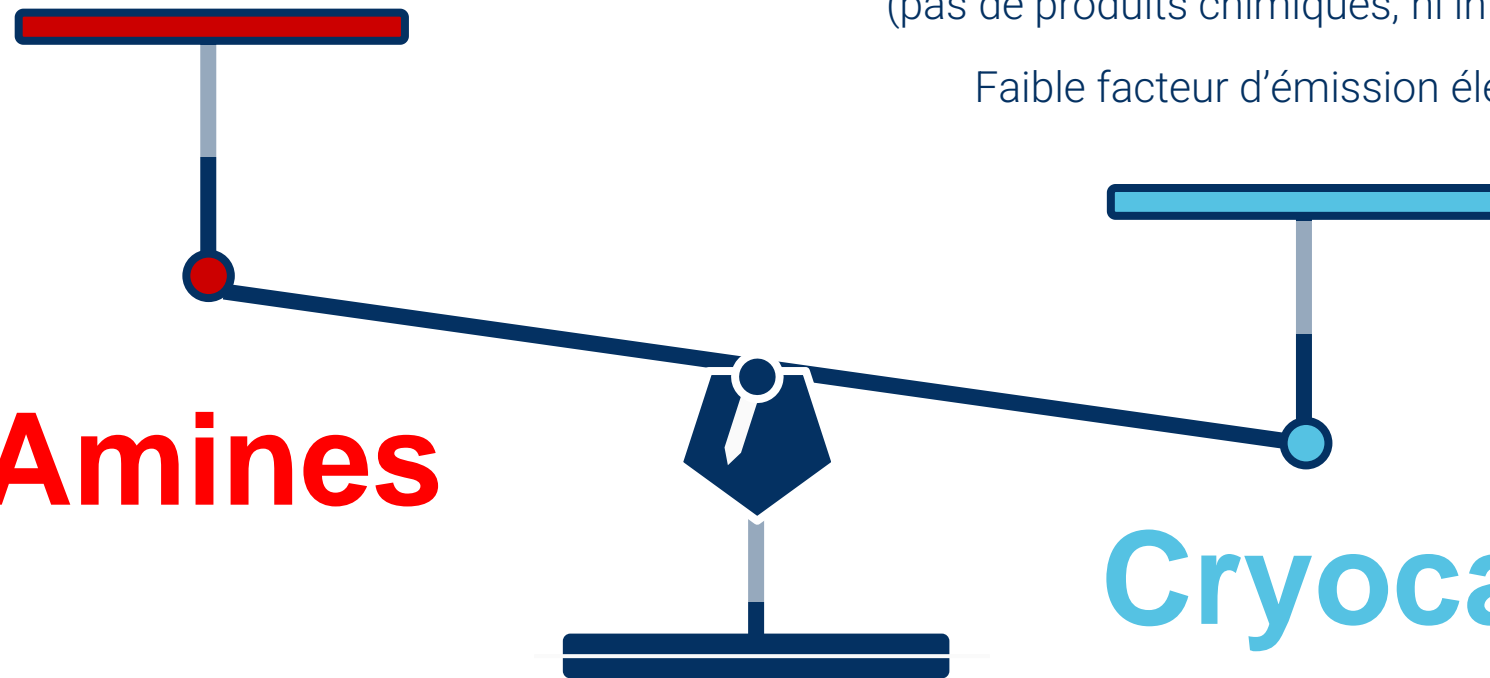
Compatible HSE

(pas de produits chimiques, ni inflammables)

Faible facteur d'émission électrique

Amines

Cryocap™

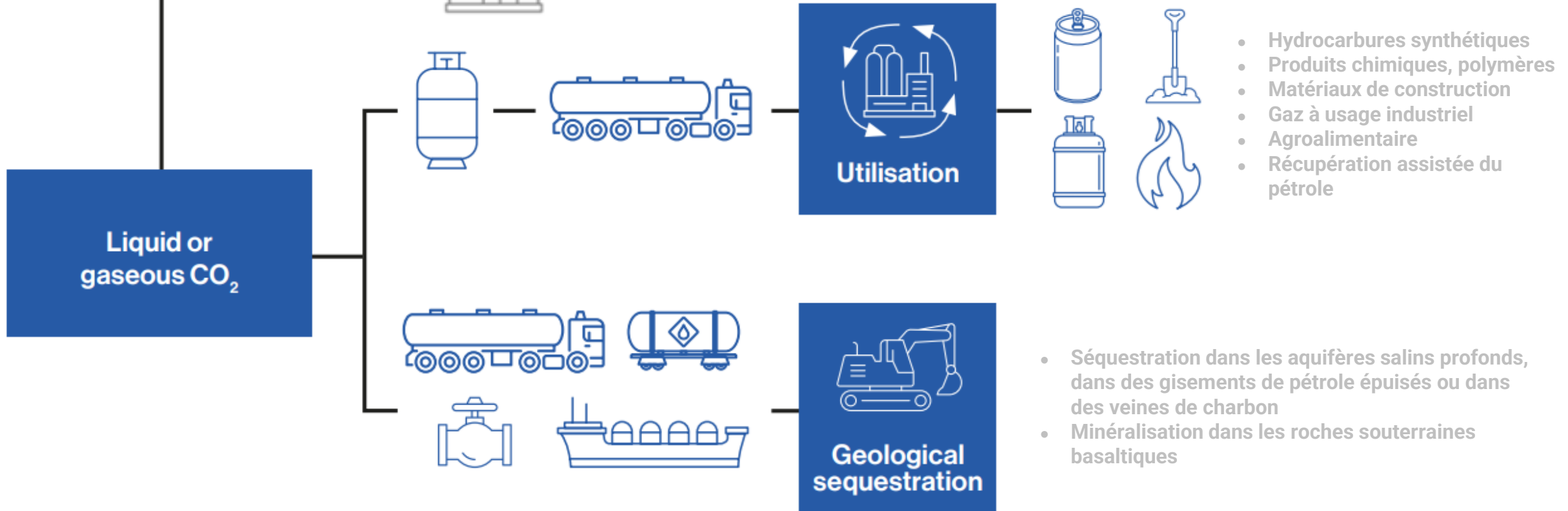
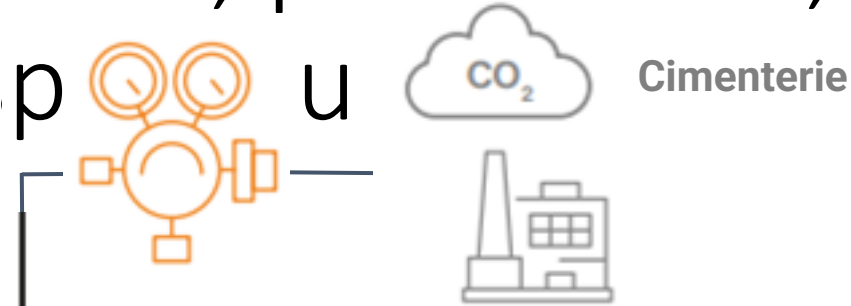


4

Air Liquide, un acteur clé de la chaîne de valeur CCU / CCS

Air Liquide est un partenaire historique pour la captation, purification, liquéfaction, stockage et

Captation
Purification
Compression
Liquéfaction
Stockage
du CO₂



5

Conclusion

Cryocap™ - Annonces récentes et exemples



St-Genevieve CRYOCAP™ FG



- Phase de FEED (Front-End Engineering Design) sponsorisé par le **DOE**
- **Cryocap™ FG** sur four rotatif de grande capacité
- Captation ~**10 000 tpd CO₂**
- Potentiel de séquestration de CO₂



Kairos @C CRYOCAP™ H₂ Antwerp @C CRYOCAP™ XLL



- Kairos@C a été primé par le **Fonds pour l'Innovation de la Commission Européenne**
- Antwerp@C a été primé par fonds de **Connecting Europe Facility (CEF)** pour le FEED
- Unités AL et position de leader **sur l'H₂ bleu**
- Cryocap™ H₂, Cryocap™ XLL et transport maritime de CO₂ liquide



Lhoist CRYOCAP™ FG



- **Un protocole d'accord a été signé** dans le cadre de la décarbonation du site de Lhoist à Réty (Chaux)
- **Cryocap™ FG ~1650 tpd CO₂**
- Connection au futur **hub d'export de CO₂ de Dunkerque** (transport maritime de CO₂ liquide)
- La mise en œuvre de ce projet sera possible à mesure que des financements publics seront disponibles



Lumbres CRYOCAP™ OXY



- **Cryocap™ Oxy** intégrant les **services d'Air Liquide (OTF)** pour la fourniture de l'O₂ & la captation du CO₂
- Captation ~**2300 tpd CO₂**
- Eqiom et AL ont été primés par le **Fonds pour l'Innovation de la Commission Européenne**
- Phase de **FEED en cours**
- La captation opérationnelle de CO₂ est **prévue pour 2028**

Conclusion



- Les technologies Cryocap™, alimentées à l'électricité (*électricité qui peut être décarbonée*)
 - sont plus avantageuses en terme d'émissions Scope 1 : **90% de réduction** pour Cryocap™ vs **69% - 75%** pour Amines (*variabilité suivant l'empreinte carbone de la vapeur utilisée*)
 - ont un meilleur coût total de possession: pour des prix d'électricité inférieur à **~80€/MWh, Cryocap™ est le meilleur choix économique**
- Cryocap™ Oxy (+ ASU) est la solution la plus efficace bien que nécessitant des investissements pour adapter une cimenterie existante à l'opération en oxy combustion
 - Cryocap™ FG est l'alternative compétitive si une solution de captage post-combustion est préférée sur une cimenterie existante
- Air Liquide est un partenaire de référence pour la captation, purification, liquéfaction, stockage et le transport du CO₂
 - Portefeuille incluant les principales technologies de captation de CO₂
 - Accompagnement des clients depuis le développement de solution jusqu'à l'exécution de projet et fourniture de technologie
 - Services de management du CO₂ sur toute la chaîne Carbon Capture & Transport (y compris investissements et opérations liés au management du CO₂)



Merci !

Contacts:

florian.gautier@airliquide.com

cryocap@airliquide.com