

Capture de CO₂ : technologie de demain ?

Fonctionnement, rôle et perspectives

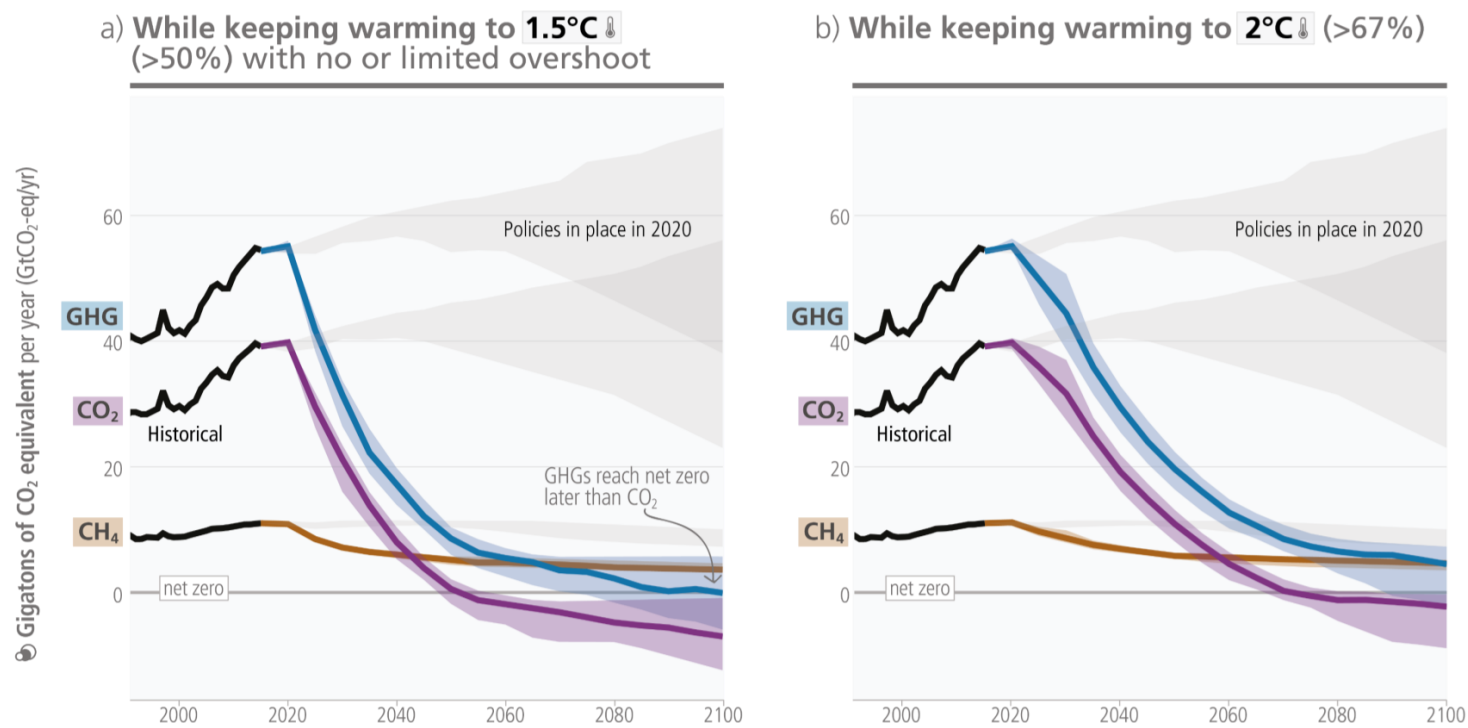
Brieuc BEGUIN

Jeudi 21 novembre 2024

Contexte et motivations

Accord de Paris (2015) :

« Maintenir l'augmentation de la température moyenne mondiale **bien en dessous de 2°C** au-dessus des niveaux préindustriels et de poursuivre les efforts pour **limiter l'augmentation de la température à 1,5°C** au-dessus des niveaux préindustriels. »



Contexte et motivations

Pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, nous pouvons suivre une hiérarchie des actions :

①

Éviter



Réduire notre
demande

②

Substituer



Remplacer les énergies
fossiles par des énergies
bas carbone

③

Améliorer



CCUS

Capture de CO₂ : concept

CCUS = Carbon Capture, Utilisation and Storage



Intercepter l'émission de
CO₂ avant qu'elle
n'atteigne l'atmosphère



Gérer le CO₂ ainsi capté

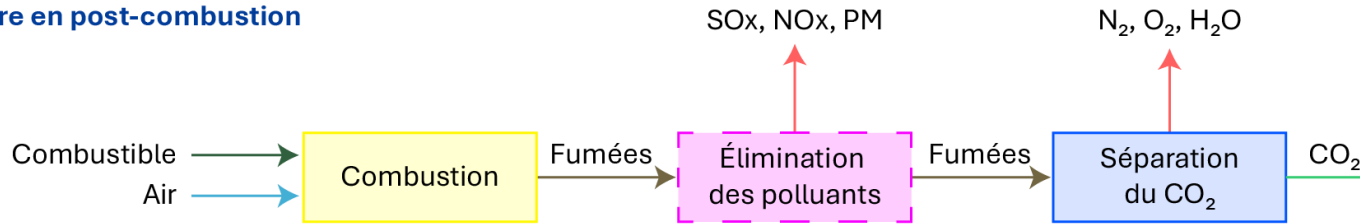


Il existe de nombreuses façons de faire !

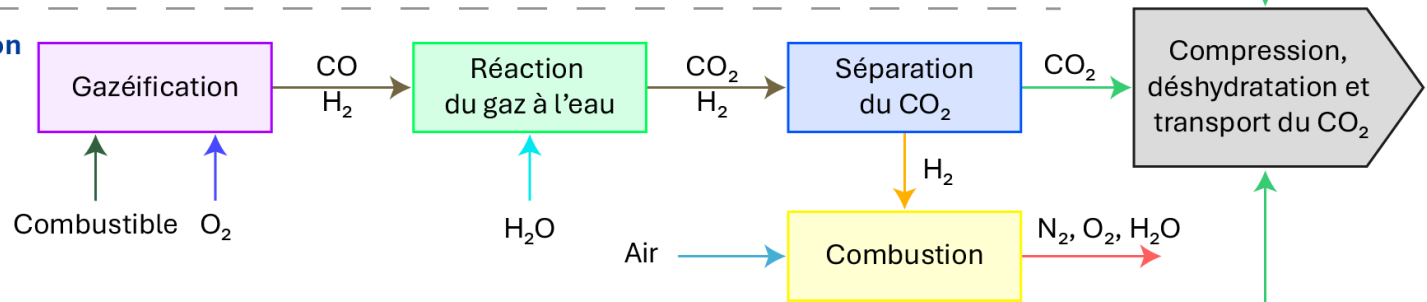
- Procédés physico-chimiques différents
- Étapes différentes dans la chaîne de valeur

Capture de CO₂ : concept

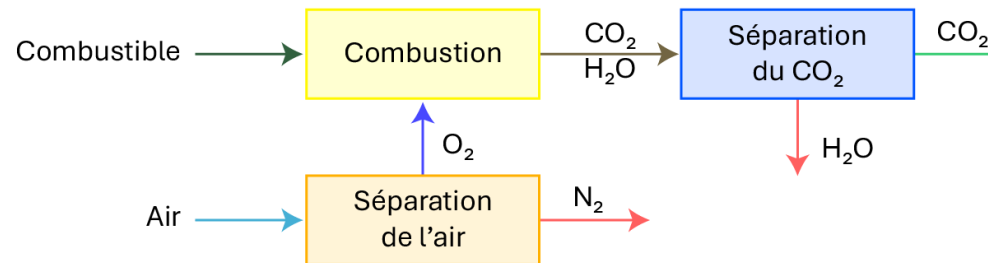
Capture en post-combustion



Capture en pré-combustion

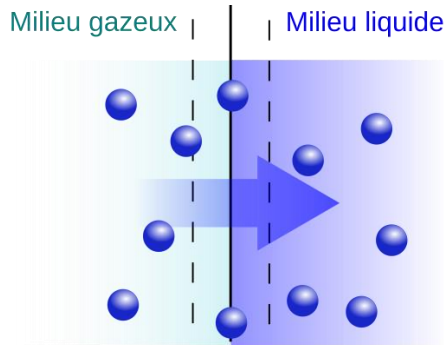


Oxycombustion

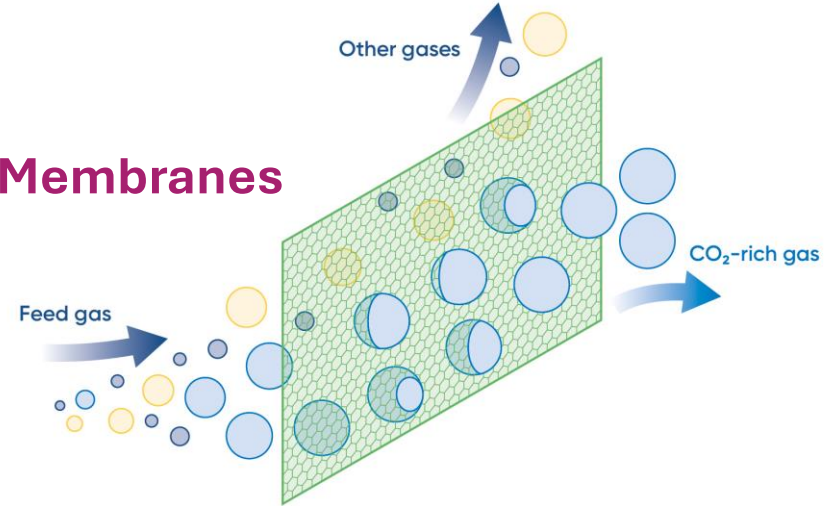


Capture de CO₂ : technologies

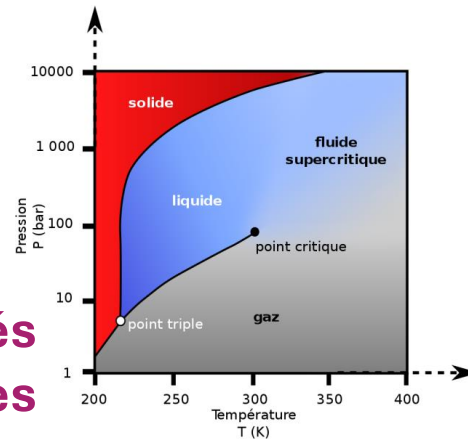
Absorption chimique



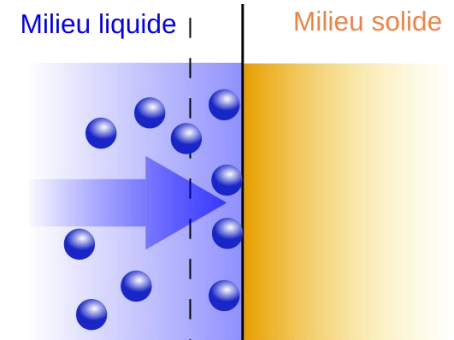
Membranes



Procédés cryogéniques



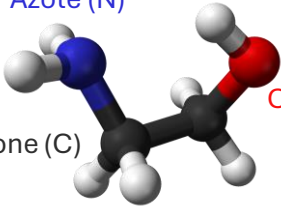
Adsorption



Mais aussi : calcium looping, absorption physique, bio-fixation...

Capture de CO₂ : absorption chimique

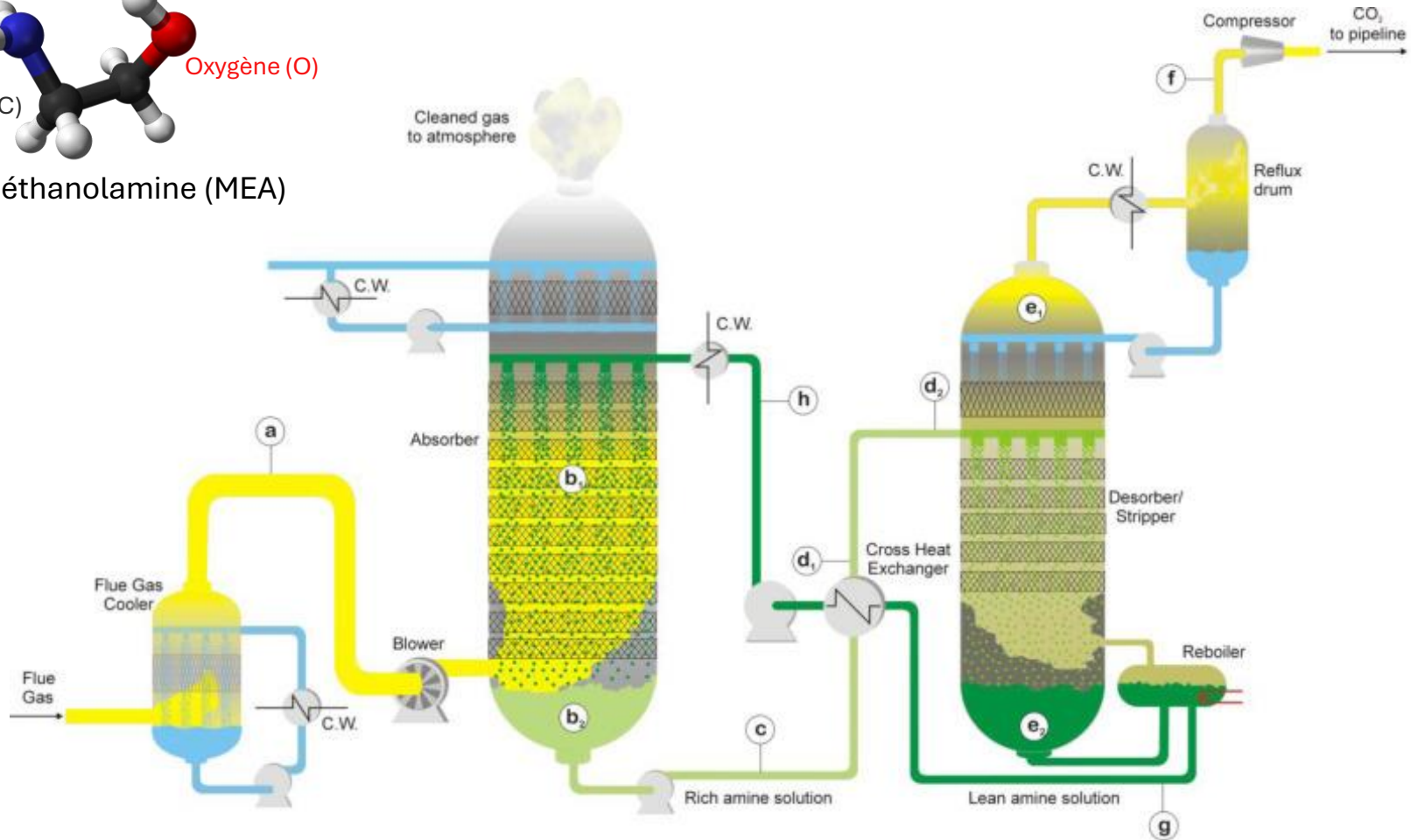
Azote (N)



Oxygène (O)

Carbone (C)

Monoéthanolamine (MEA)



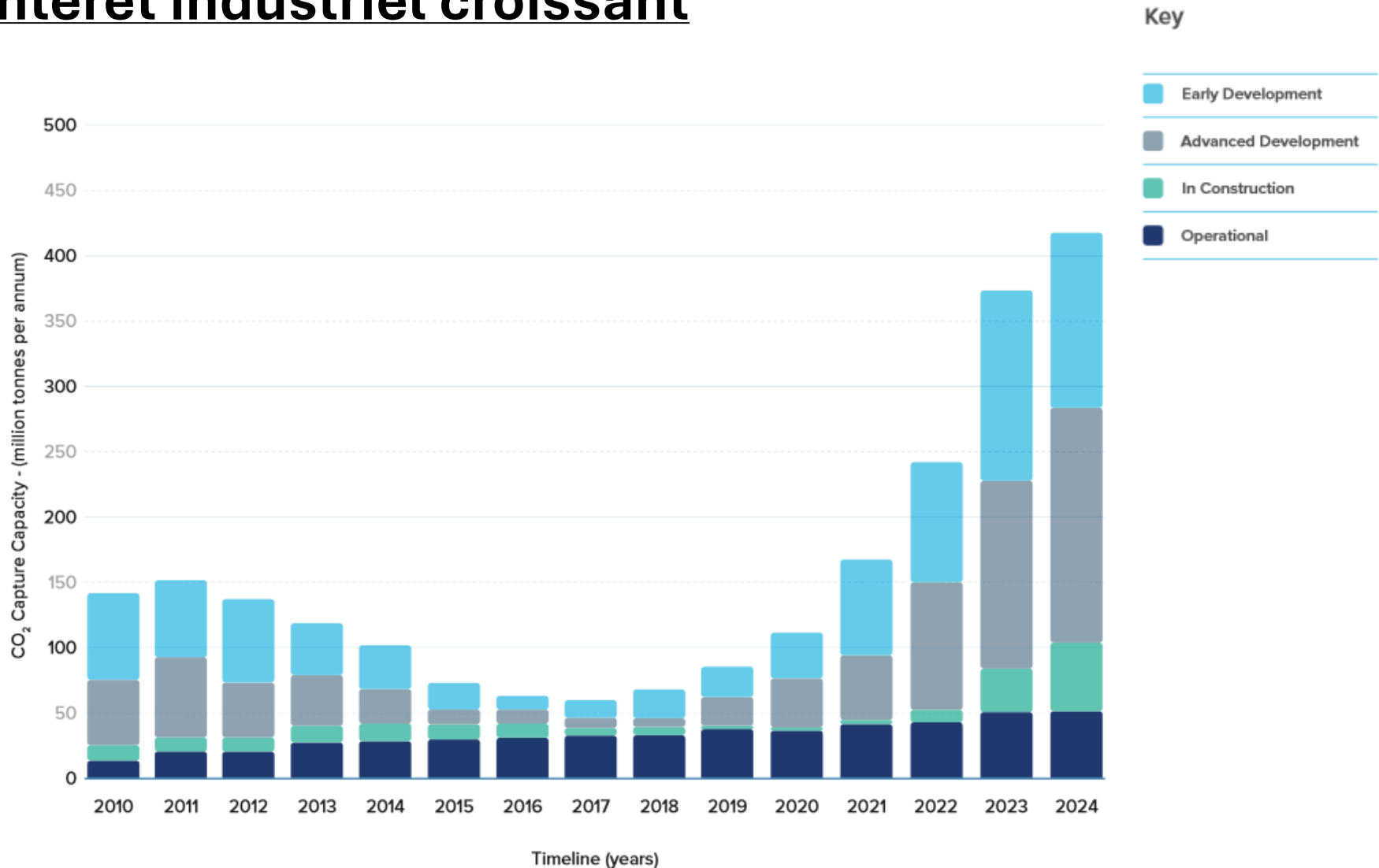
Capture de CO₂ : absorption chimique

Déploiement industriel à grande échelle

Boundary Dam	Petra Nova
Saskatchewan, Canada	Texas, États-Unis
Centrale électrique au charbon (110 MW)	Centrale électrique au charbon (240 MW)
2700 tCO ₂ /jour	4400 tCO ₂ /jour
Construite en 2014	Construite en 2017
CO ₂ utilisé pour de l'EOR	CO ₂ utilisé pour de l'EOR

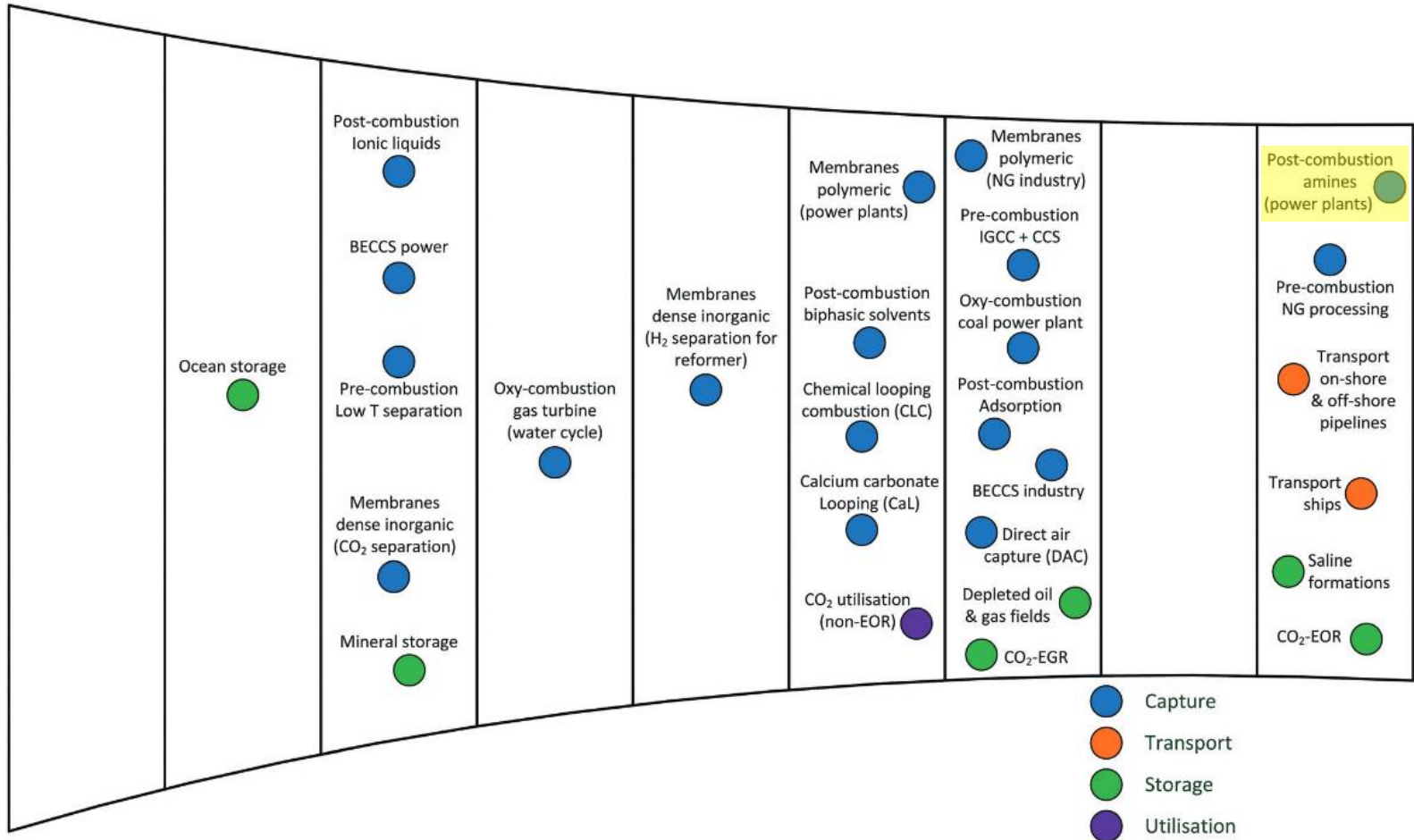


Intérêt industriel croissant



Capture de CO₂ : maturité technologique

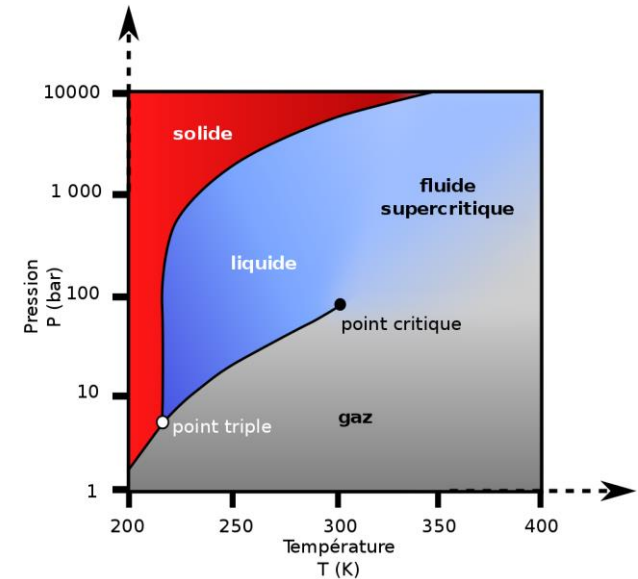
Concept	Formulation	Proof of concept (lab tests)	Lab prototype	Lab-scale plant	Pilot plant	Demonstration	Commercial Refinement required	Commercial
TRL1	TRL2	TRL3	TRL4	TRL5	TRL6	TRL7	TRL8	TRL9



Transport du CO₂ – Généralités

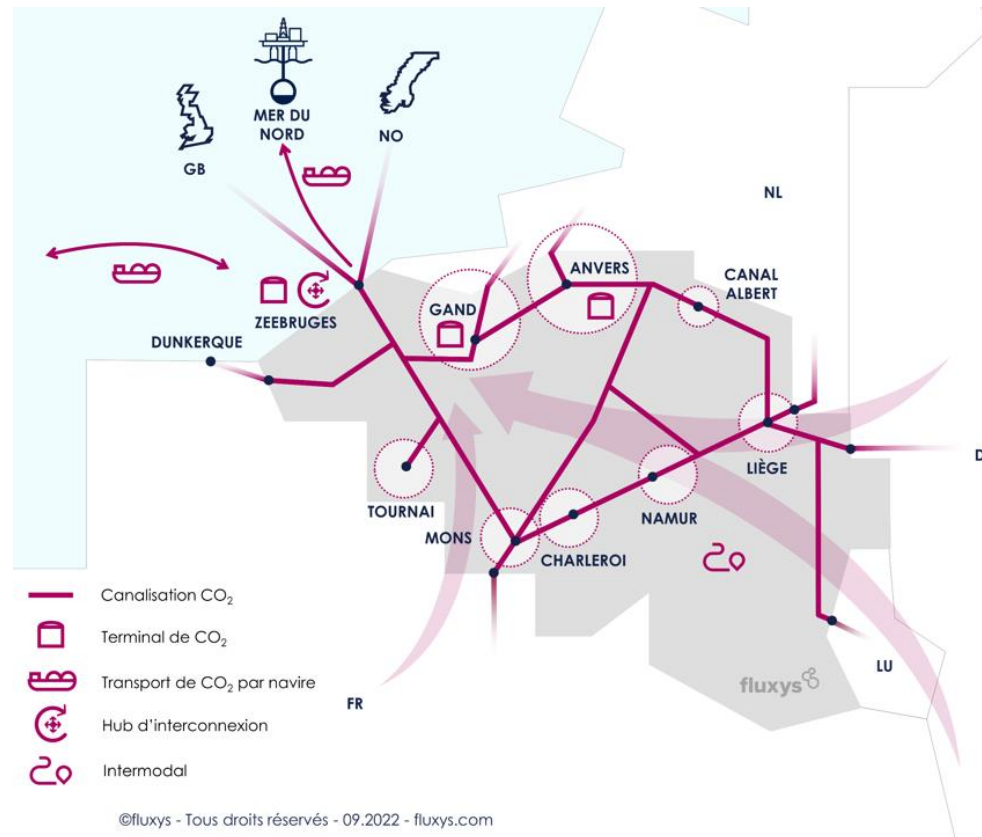
Une fois capté, il faut pouvoir le transporter vers un lieu où on pourra le gérer.

➔ Transport par bateau, camion, train ou pipeline



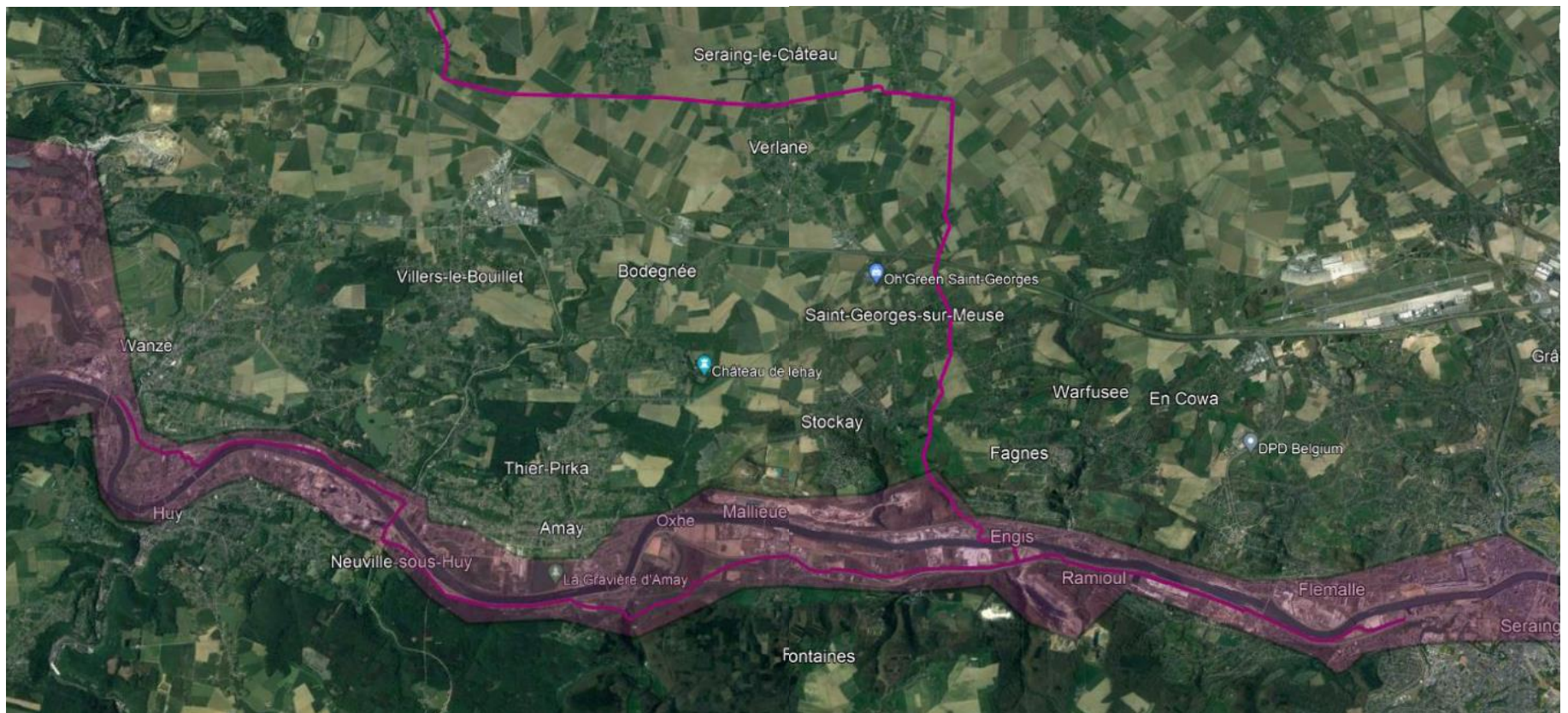
Transport du CO₂ – Réseau CO₂ en Belgique

- Connexions aux industries demandeuses et réseaux locaux
- Interconnexions avec les pays voisins : potentiel pour les régions industrialisées des Hauts-de-France et de l'Allemagne du Nord-Ouest



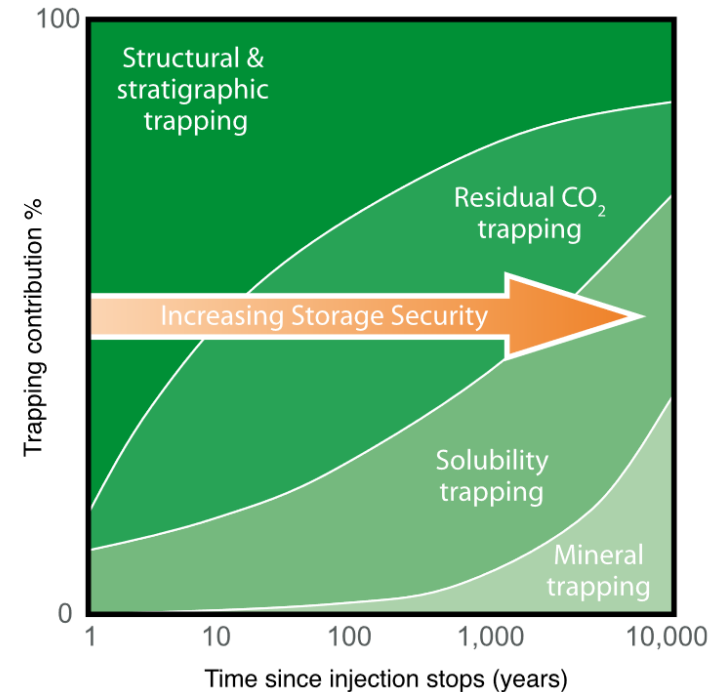
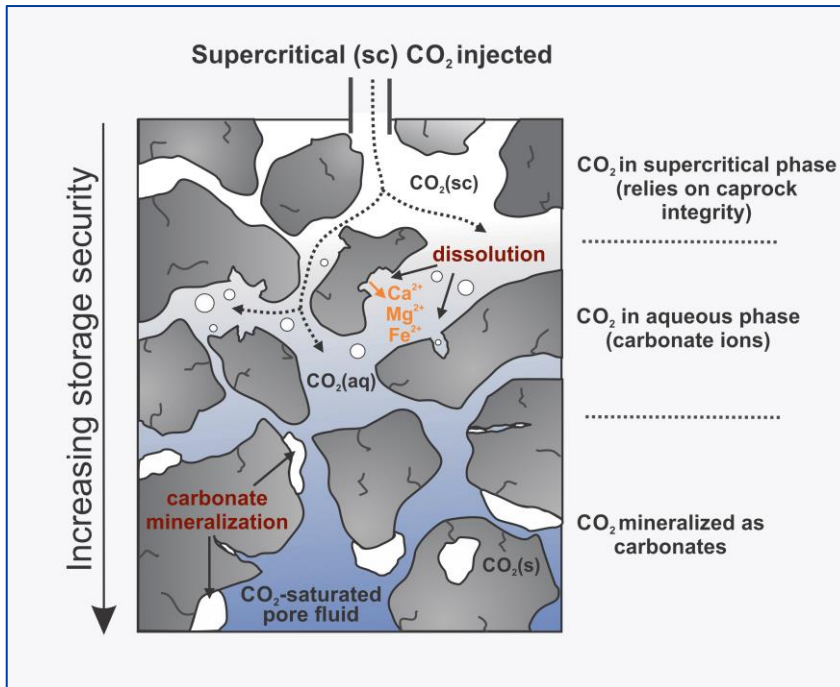
Transport du CO₂ – Réseau CO₂ à Liège

Sur base d'une consultation et de manifestations d'intérêt des entreprises locales



Séquestration du CO₂

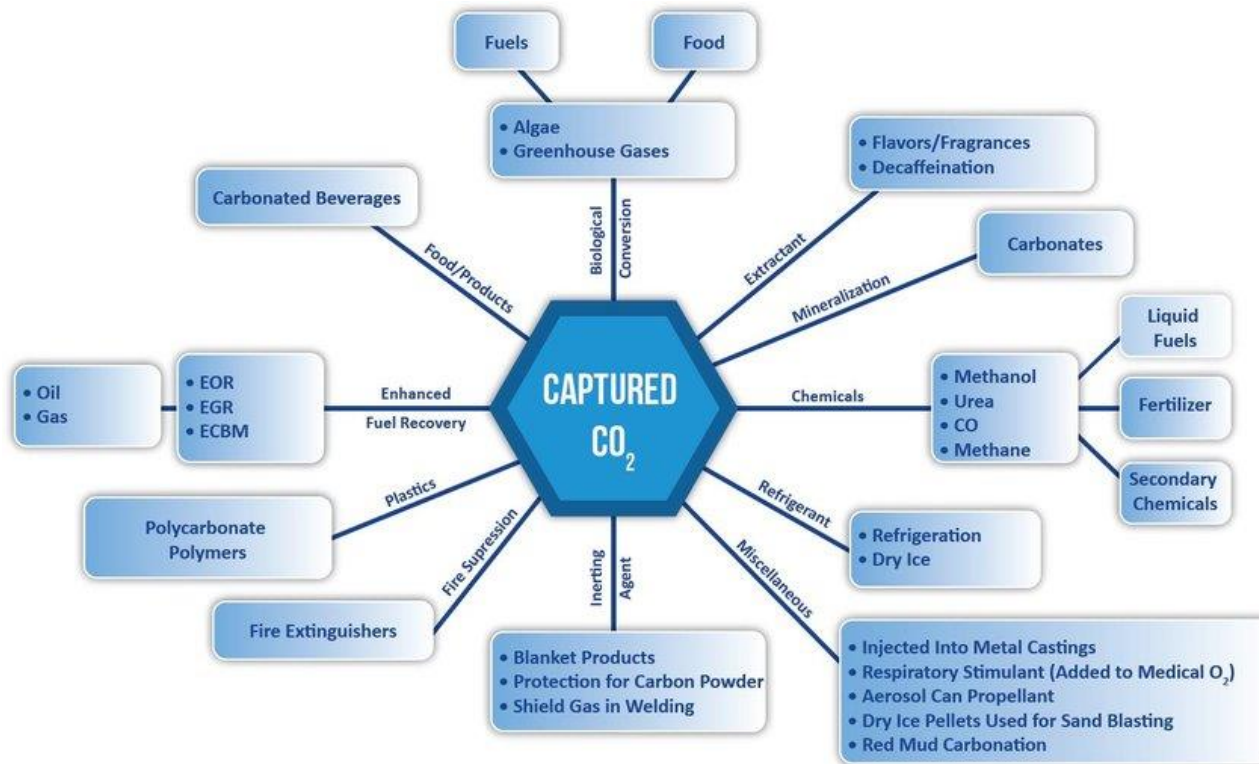
Stockage à très long terme dans des aquifères salins, dans des anciens réservoirs de pétrole ou de gaz, dans des anciennes mines...



Utilisation du CO₂

Au lieu d'enfouir le CO₂, on peut aussi le valoriser !

- Utilisation directe (Enhanced Oil Recovery, industrie agroalimentaire...)
- Matériaux minéraux (agrégats pour le secteur de la construction)
- Matériaux plastiques
- Carburants synthétiques (nécessitent souvent de l'hydrogène)



Coût de la capture et marché du carbone

The price of emissions allowances in Europe

Cost per tonne of carbon dioxide produced



Source: Data provided by Montel · EU and UK Emissions Trading Scheme prices (front December contracts); UK ETS prices exclude Carbon Price Support
Due to licensing, this data is not available for download

Deux rôles incontournables

La capture de CO₂ est appelée à remplir deux rôles spécifiques :

1

Empêcher les émissions de CO₂
à partir de leurs sources

Support éventuel
pour certaines
transitions

Gestion les
émissions dites
« hard-to-abate »

2

Compenser les émissions
d'autres gaz à effet de serre
(= émissions négatives)

Compenser des
émissions de GES
inévitables

Réduire graduellement
la quantité de GES
dans l'atmosphère

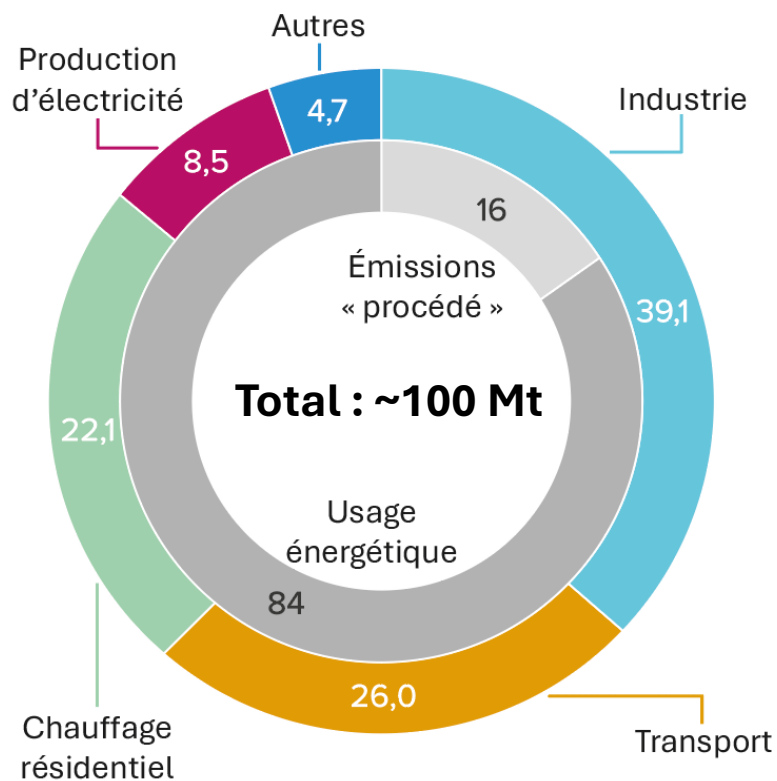
Court terme

Moyen terme

Long terme

Rôle 1 : solution pour les procédés sans alternative

➔ Capturer les émissions résiduelles de CO₂



Industries concernées :

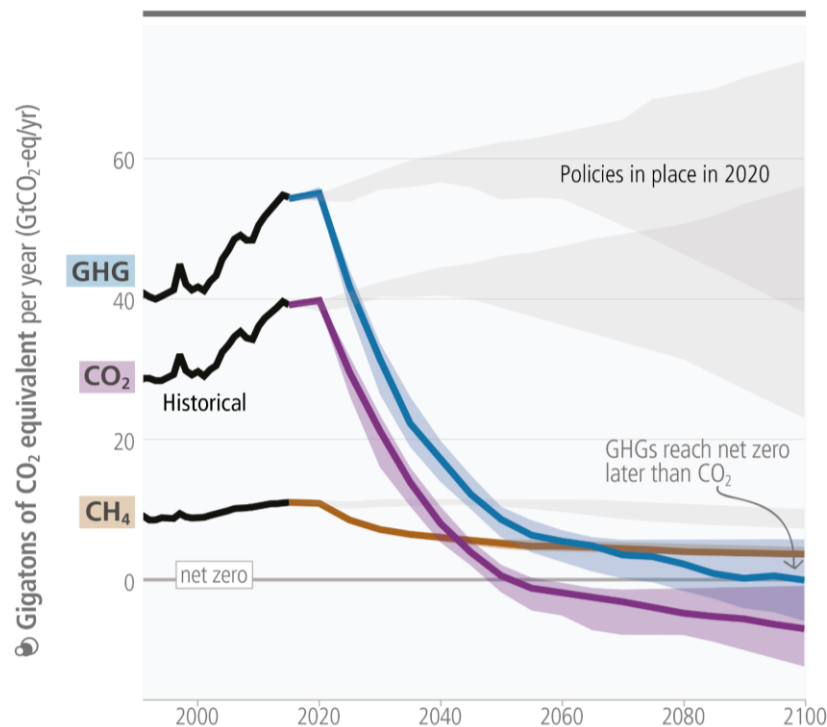
- Industrie chimique (pétrochimie et NH₃)
- Produits minéraux (ciment, chaux)
- Production métallurgique
- Produits de substitution

Répartition des émissions de CO₂ en Belgique (2018)

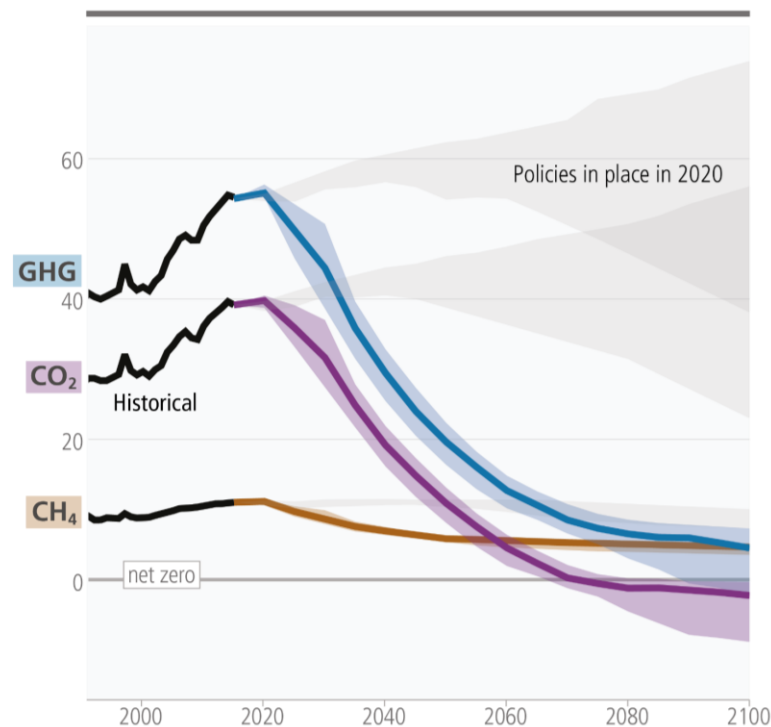
Rôle 2 : émissions négatives

 **Compenser les émissions résiduelles de gaz à effet de serre**

a) While keeping warming to **1.5°C** (🌡️) (>50%) with no or limited overshoot



b) While keeping warming to **2°C** (🌡️) (>67%)



Rôle 2 : émissions négatives

Capture directe dans l'air (DAC)

- Concentration très faible !
- Grande consommation énergétique, notamment pour brasser suffisamment d'air
- Technologie de capture assez similaire à celles pour une source fixe



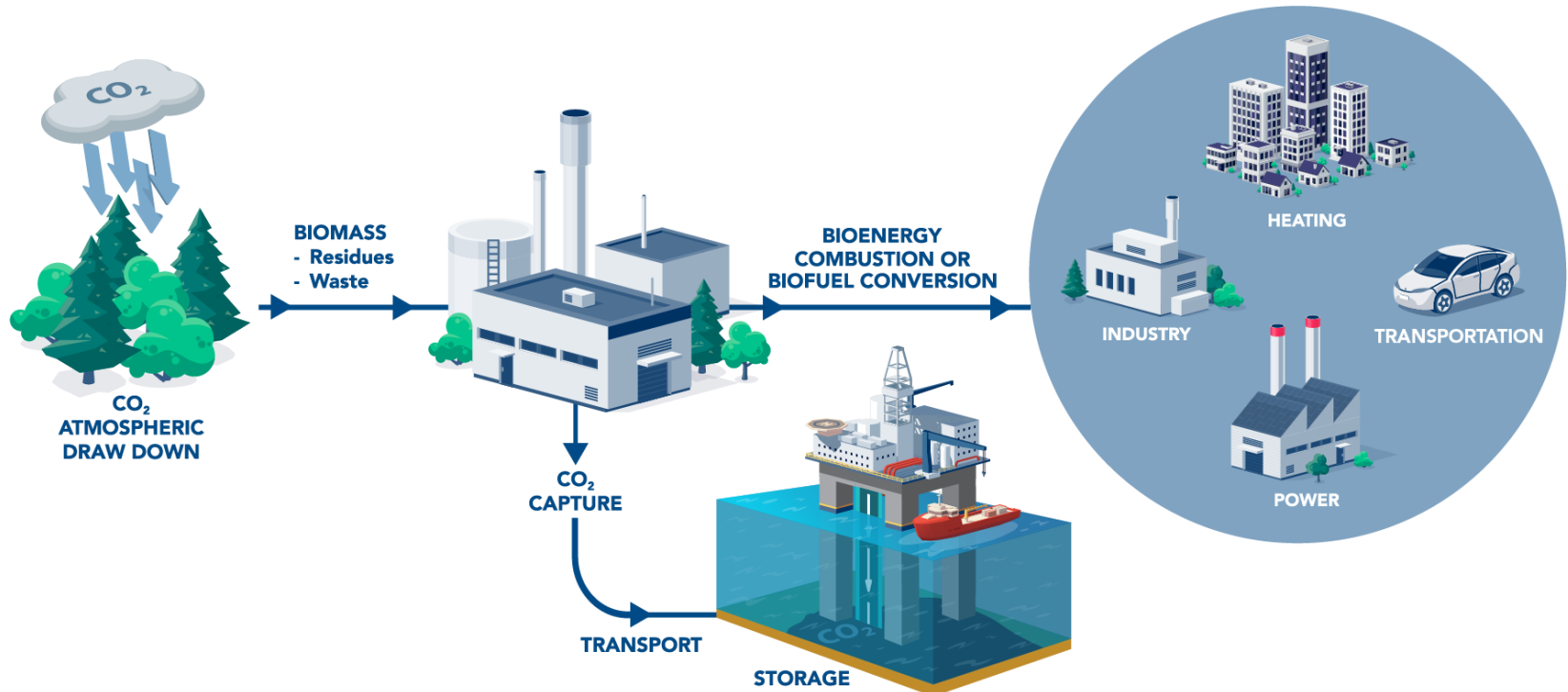
Mammoth par Climeworks

- Lancée en 2022
- Capacité de capture de 36 ktCO₂/an

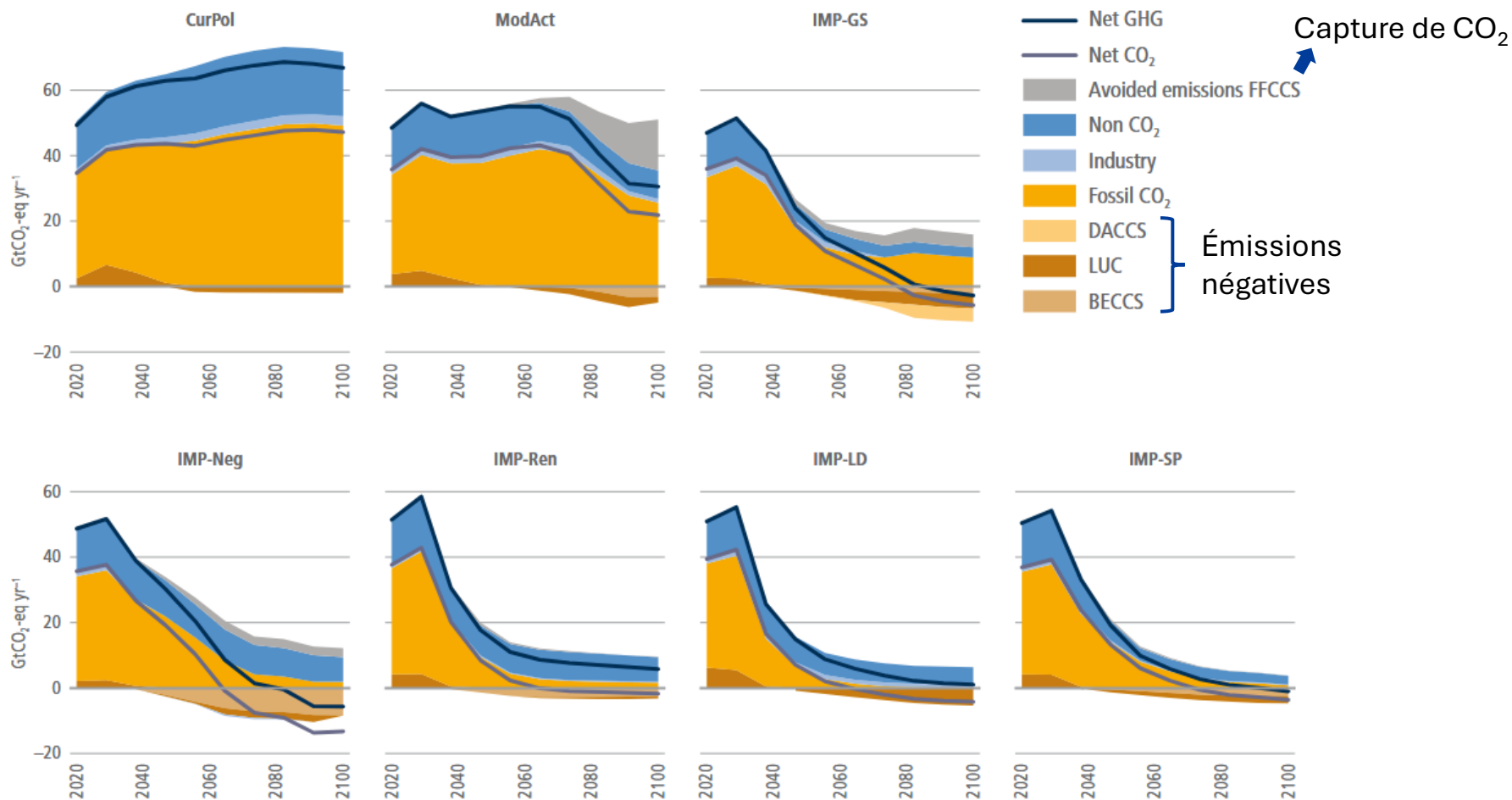
Rôle 2 : émissions négatives

Bioénergie avec capture et stockage du CO₂ (BECCS)

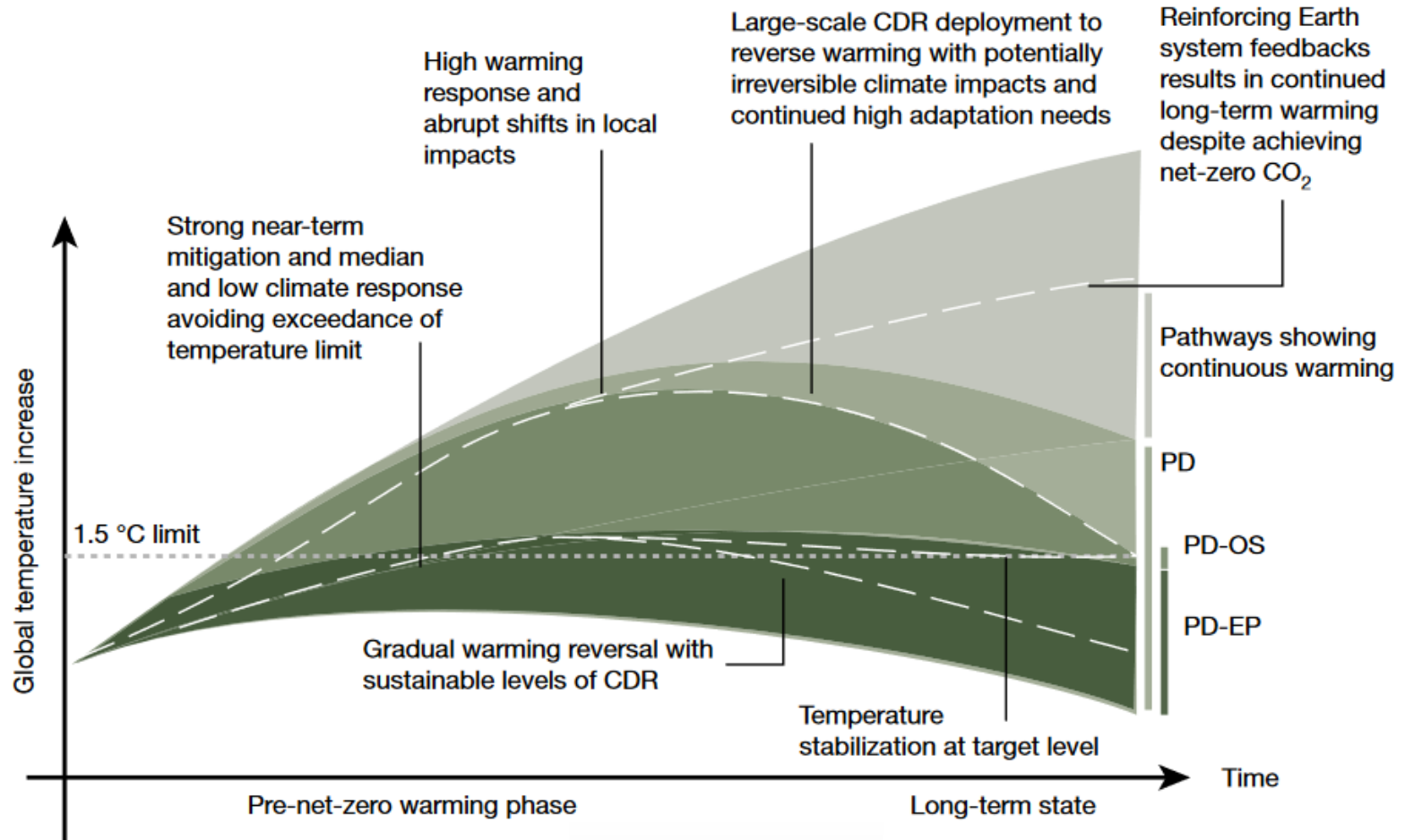
- Technologie disponible et prête à être déployée
- Logistique compliquée
- Compétition avec d'autres usages des sols



Importance dans les scénarios futurs



Overshoot



Notre laboratoire

Groupe de recherche « Products, Environnement and Processes » au sein du département de Chemical Engineering



Dirigé par le Professeur Grégoire Léonard

Thématiques de recherche :

- Modélisation des procédés industriels
- Optimisation et analyse technico-économique
- Transition énergétique dans l'industrie
- Capture et utilisation du CO₂
- Développement de bancs expérimentaux

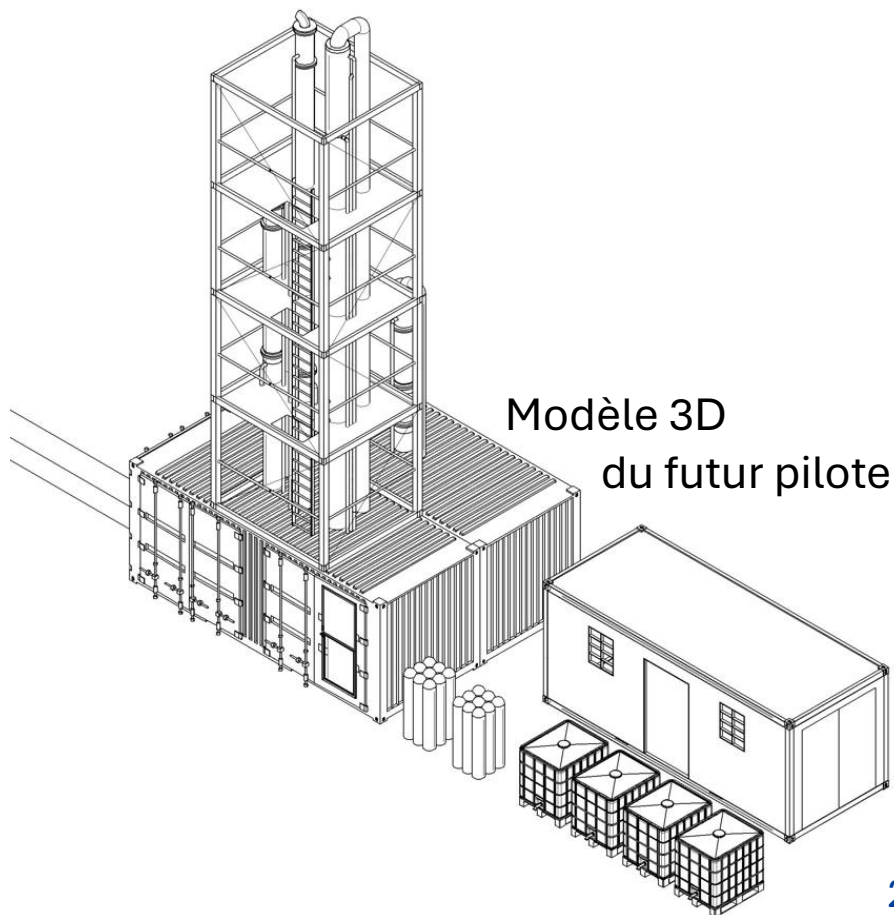


Recherche : pilote de capture de CO₂

- Unité pilote d'une capacité de 1 tonne de CO₂ par jour
- Conçu pour être mobile et installé sur d'autres sites industriels
- Initialement installé à la chaufferie centrale du Sart Tilman (combustion de biomasse)



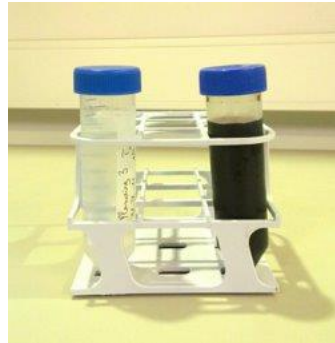
Chaufferie centrale du Sart Tilman



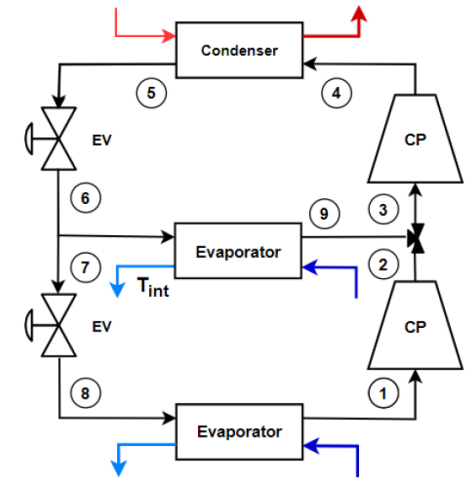
Recherche : pilote de capture de CO₂

- Priorités :
 - Validation des modèles
 - Intégration énergétique
 - Pompe à chaleur haute température

- Dégradation de solvant

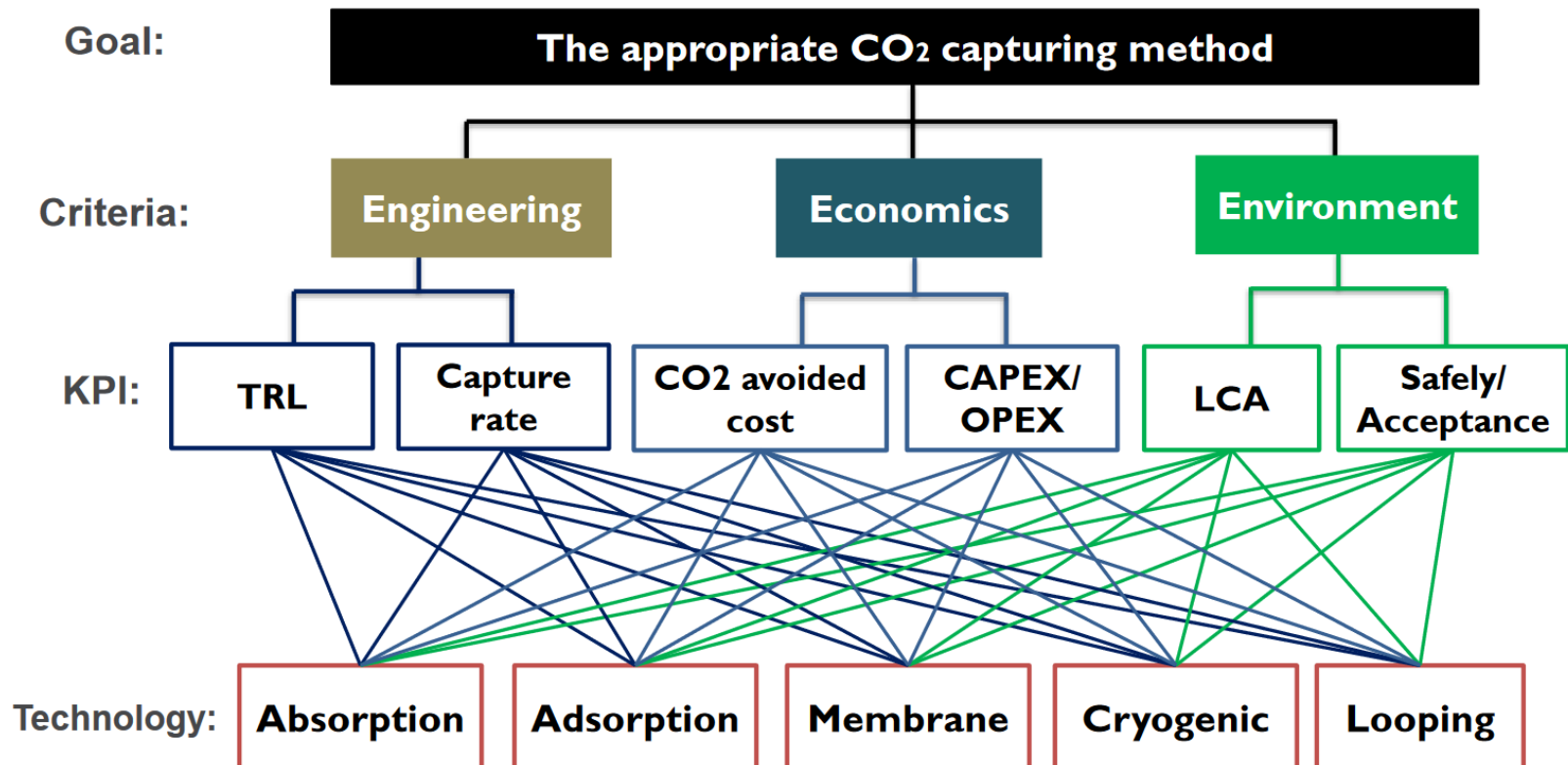


- Longues campagnes expérimentales
- Influence des polluants issus de la combustion de biomasse (SO_x, NO_x)



Recherche : outil d'aide à la décision

- Outil de sélection de la technologie de capture appropriée
- Sur base d'une série de critères ajustables
- À destination des acteurs industriels



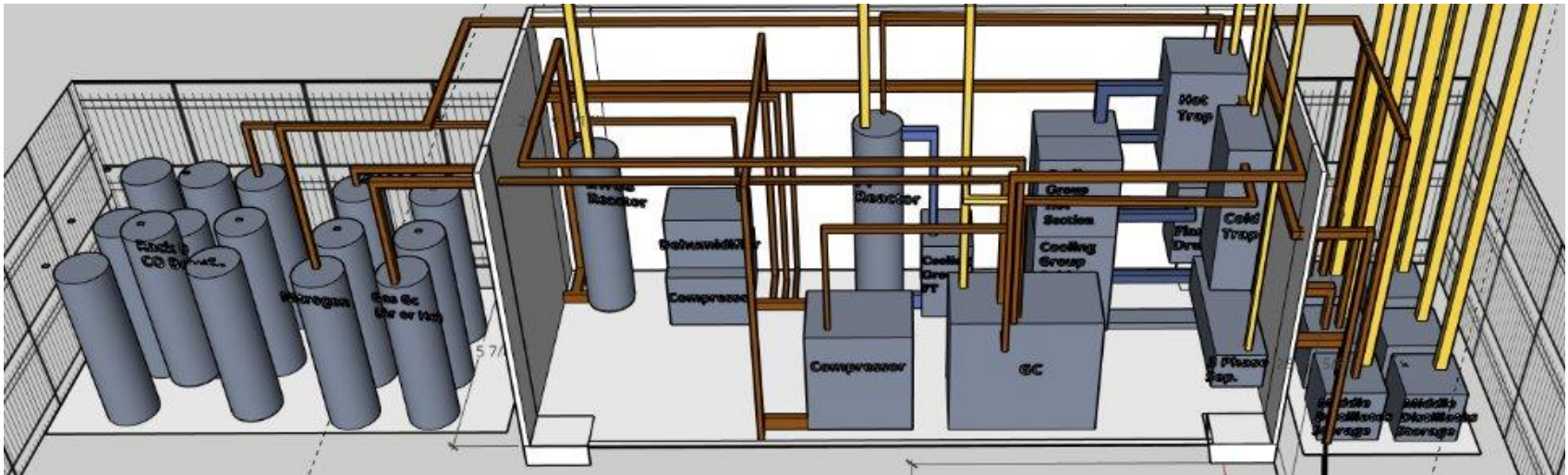
Recherche : capture directe dans l'air (DAC)

Étant donné la nécessité de faire circuler de grands volumes d'air, il est pertinent de tirer profit des infrastructures existantes :

- Tours de refroidissement
- Ventilation de bâtiments

Recherche : utilisation du CO₂

- Synthèse de carburants synthétiques par Fischer-Tropsch
- Carbonatation de déchets minéraux pour produire de nouveaux matériaux de construction



Merci pour votre attention !

Si nous n'avons pas l'occasion de discuter,
n'hésitez pas à me contacter :

brieuc.beguin@uliege.be