



La capture du CO₂

Un défi pour l'avenir

Grégoire Léonard

**Laboratoire d'analyse et de synthèse des systèmes
chimiques (LASSC)**

- 1. Contexte**
- 2. Capture du CO₂**
- 3. Quid du CO₂ capturé?**
- 4. Réalisations à l'Ulg**
- 5. Challenges et conclusion**

1. Introduction



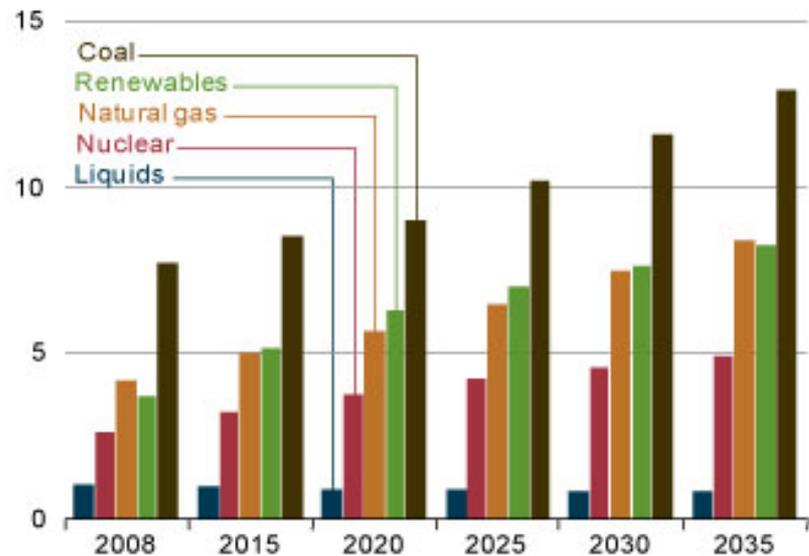
2 Constats

- Importance du charbon dans la production d'électricité
- Préoccupations environnementales

3 Réponses possibles

- Efficacité énergétique
- Biomasse
- Capture et stockage
du CO₂ (CCS)

Figure 75. World net electricity generation by fuel,
2008-2035
(trillion kilowatthours)



International Energy Outlook 2011

1. Introduction



Quel impact potentiel du CCS en Europe?

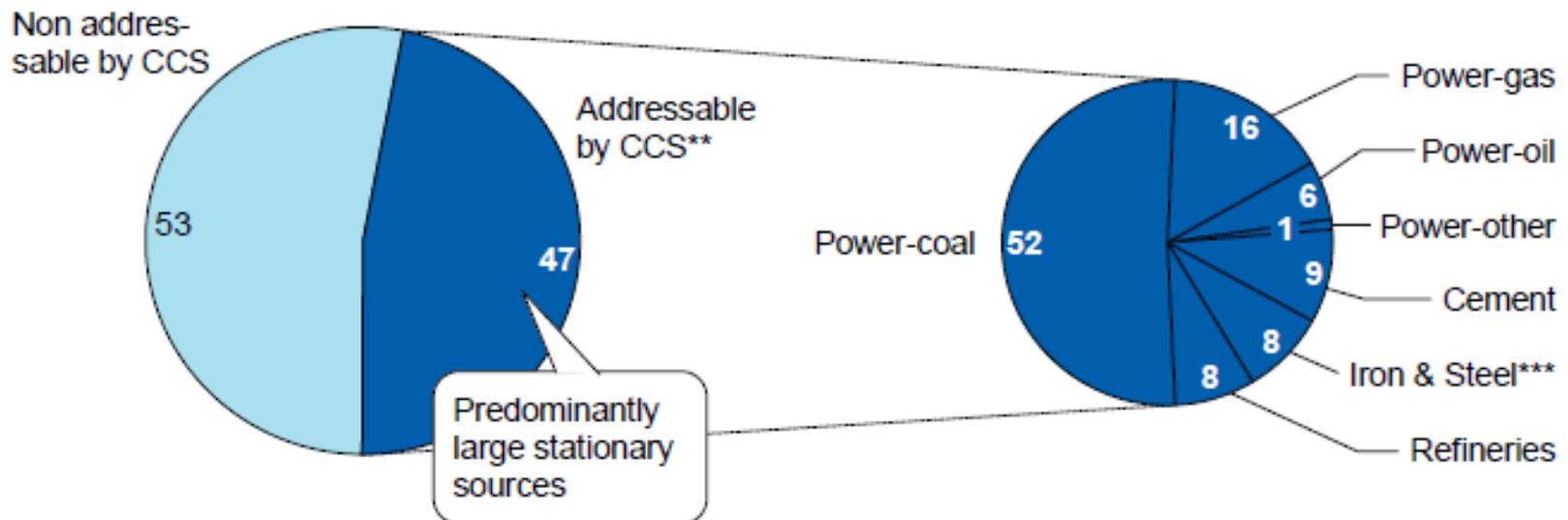
European CO₂ emissions from fuel combustion and industrial processes

Total emissions*

100% = 4.2 GtCO₂, 2007

CCS addressable emissions

100% = 2 GtCO₂, 2007



* IEA estimates of CO₂ emissions from fuel combustion and industrial processes in 2007. Does not include miscellaneous small CO₂ emitters and non-CO₂ emissions such as methane (e.g. forestry, farming, etc.)

** Not including biomass, oil sands, paper mills, ammonia, ethanol, ethylene, hydrogen, and other industries

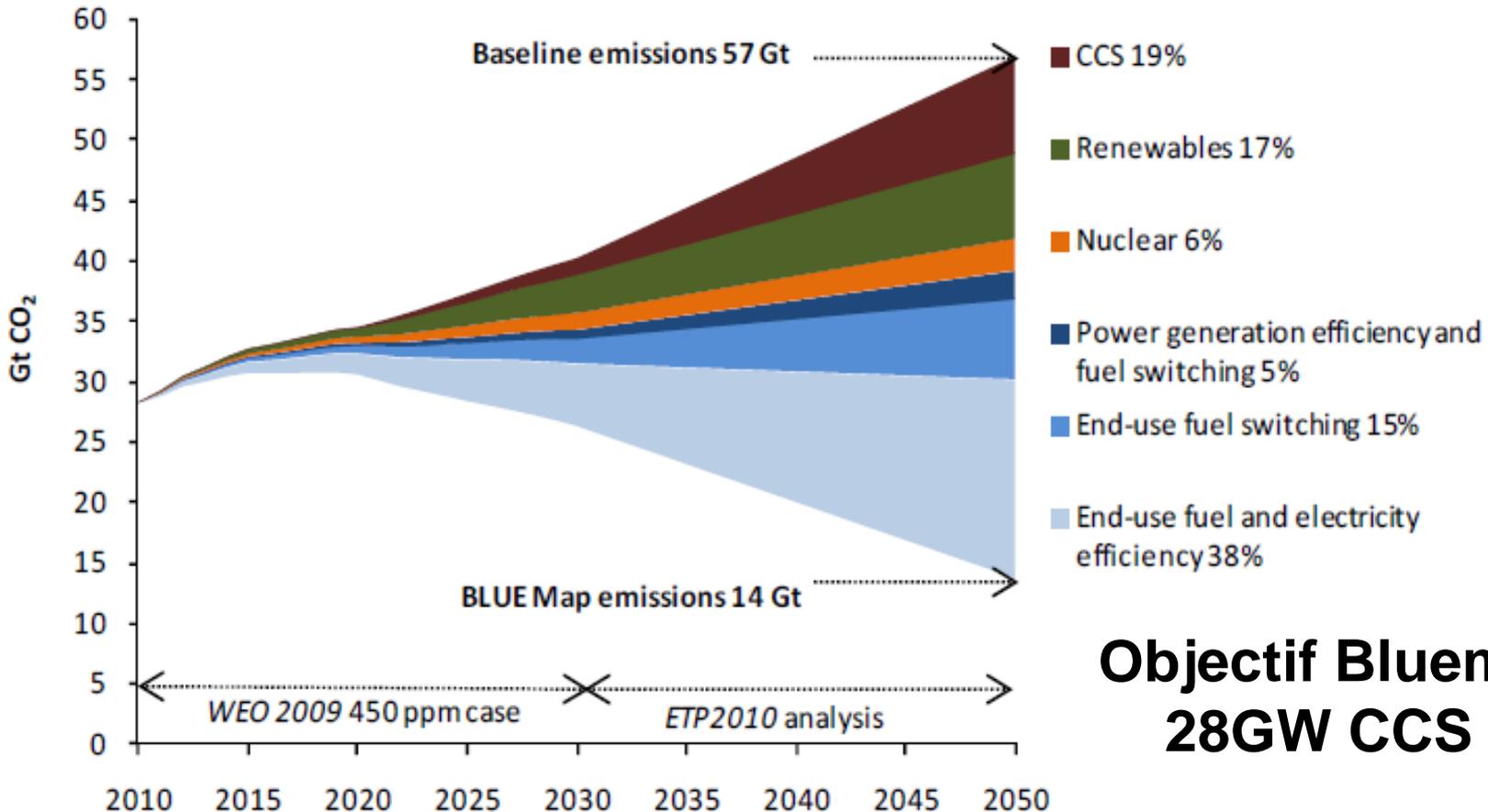
*** Includes metal ores processing

1. Introduction



Quel impact potentiel du CCS dans l'avenir?

Key technologies for reducing CO₂ emissions under the BLUE Map scenario, 2010



**Objectif Bluemap:
28GW CCS en 2020!**

2. Méthodes



1. Capturer le CO_2 formé lors de la combustion dans les fumées (séparation du CO_2 des gaz de combustion, surtout l'azote de l'air)

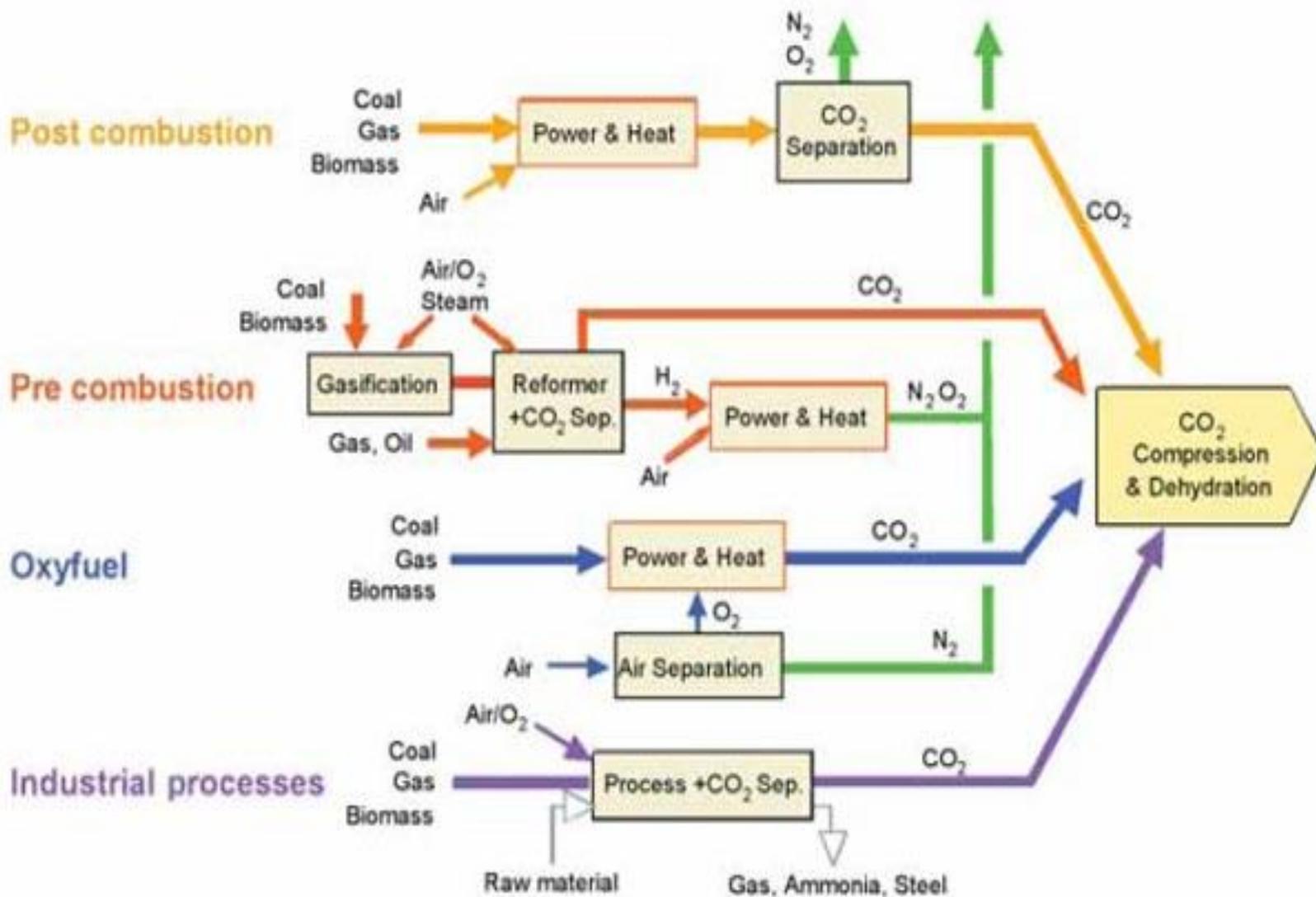
=> Décarbonisation des fumées

2. Enlever le C du combustible (séparation de CO_2 de l'hydrogène après gazéification du charbon)

=> Décarbonisation du combustible

3. Brûler le combustible avec de l'oxygène pur (séparation de CO_2 de l'eau)

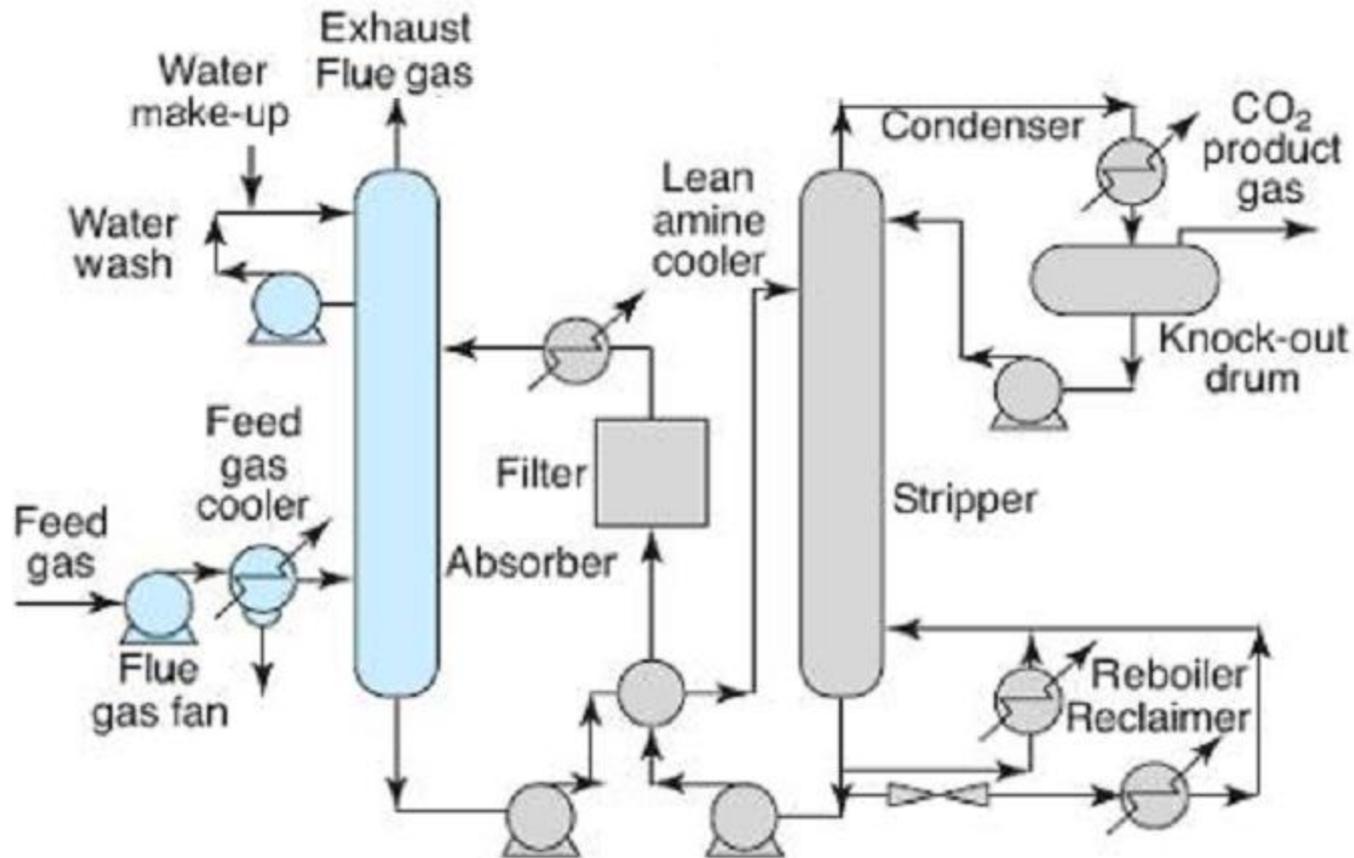
2. Méthodes



2. Méthodes



Capture post-combustion

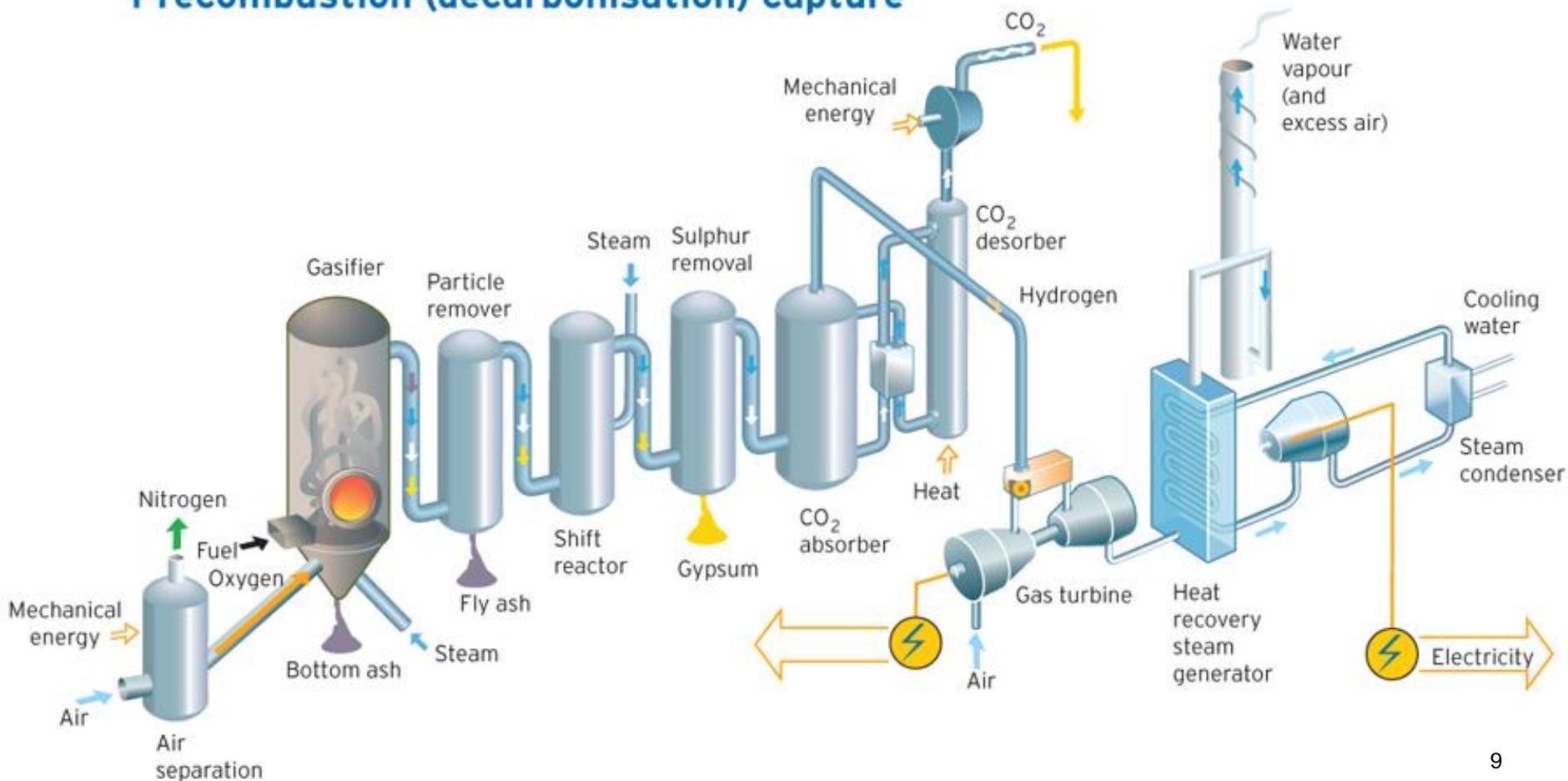


2. Méthodes



Capture pré-combustion: gaséification du combustible

Precombustion (decarbonisation) capture

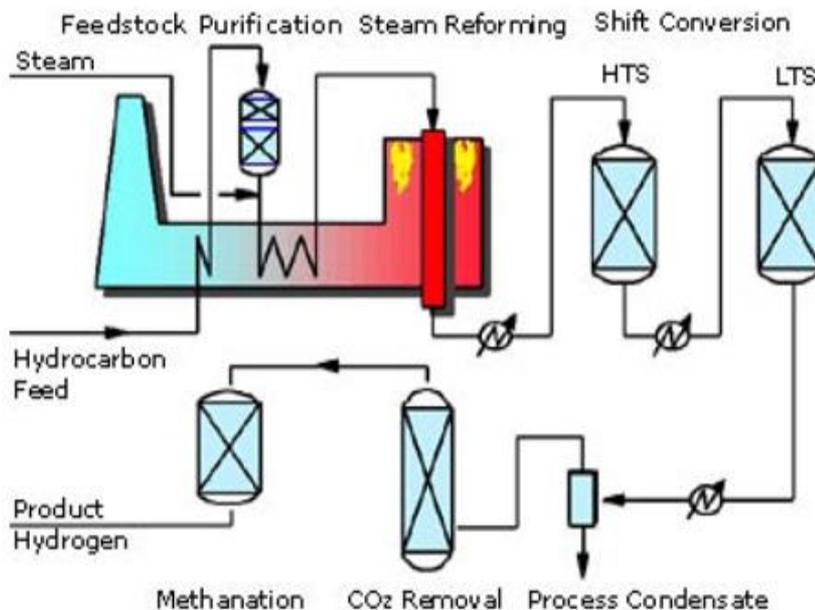


2. Méthodes



Capture pré-combustion: réformage à la vapeur

Reaction	Name	Equation	Reaction enthalpy (MJ/kmol CH ₄)
1	Steam reforming	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3\text{H}_2$	206,2
2	Partial oxidation	$\text{CH}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + 2\text{H}_2$	-35,7
3	Water-shift reaction	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$	-41

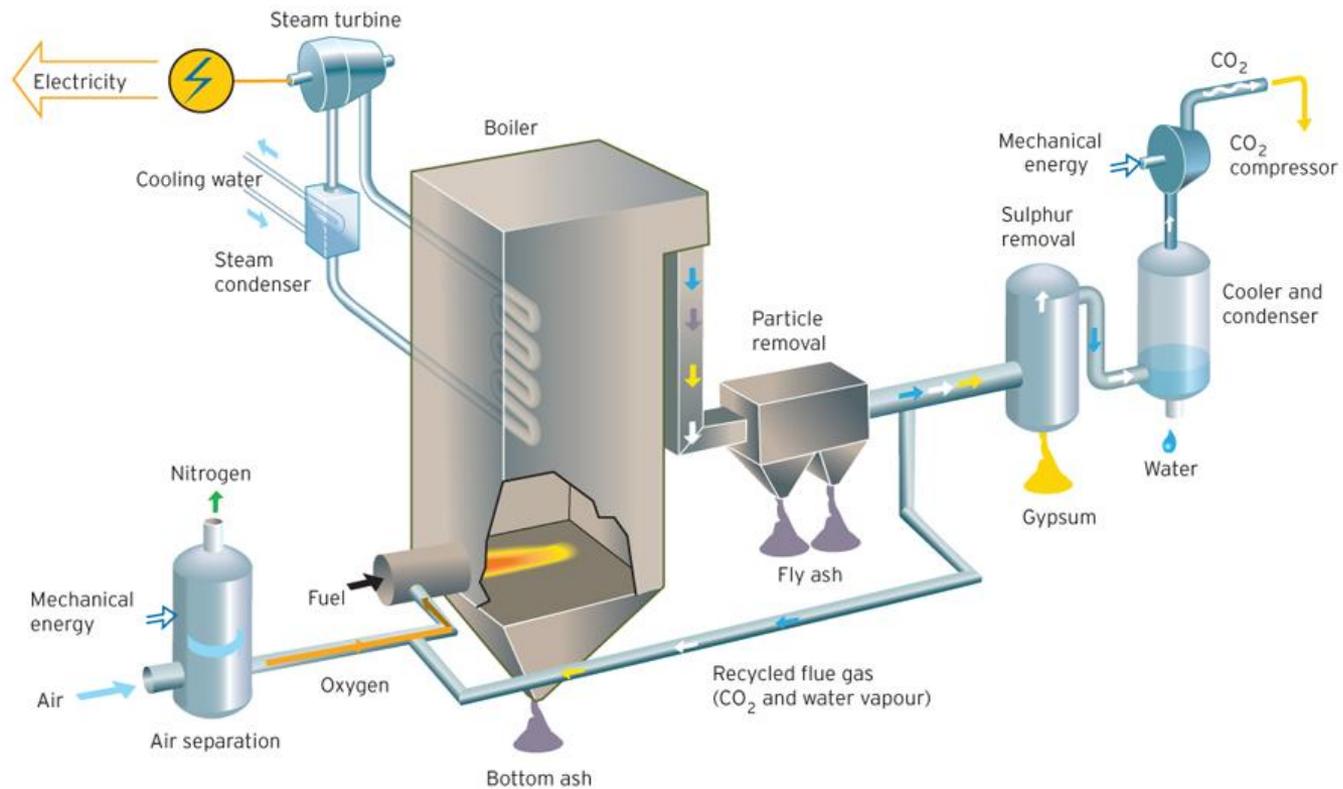


2. Méthodes



Combustion Oxy-fuel

Oxyfuel (O_2/CO_2 recycle) combustion capture

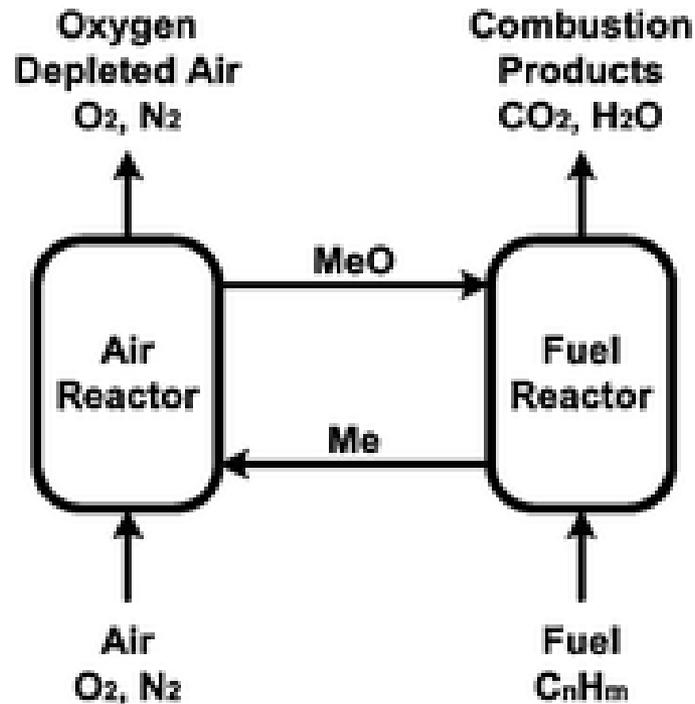


2. Méthodes



Cas particulier: chemical looping

- Pas d'installation de séparation d'air au sens classique
- Mais la combustion n'implique que de l'Oxygène



2. Méthodes

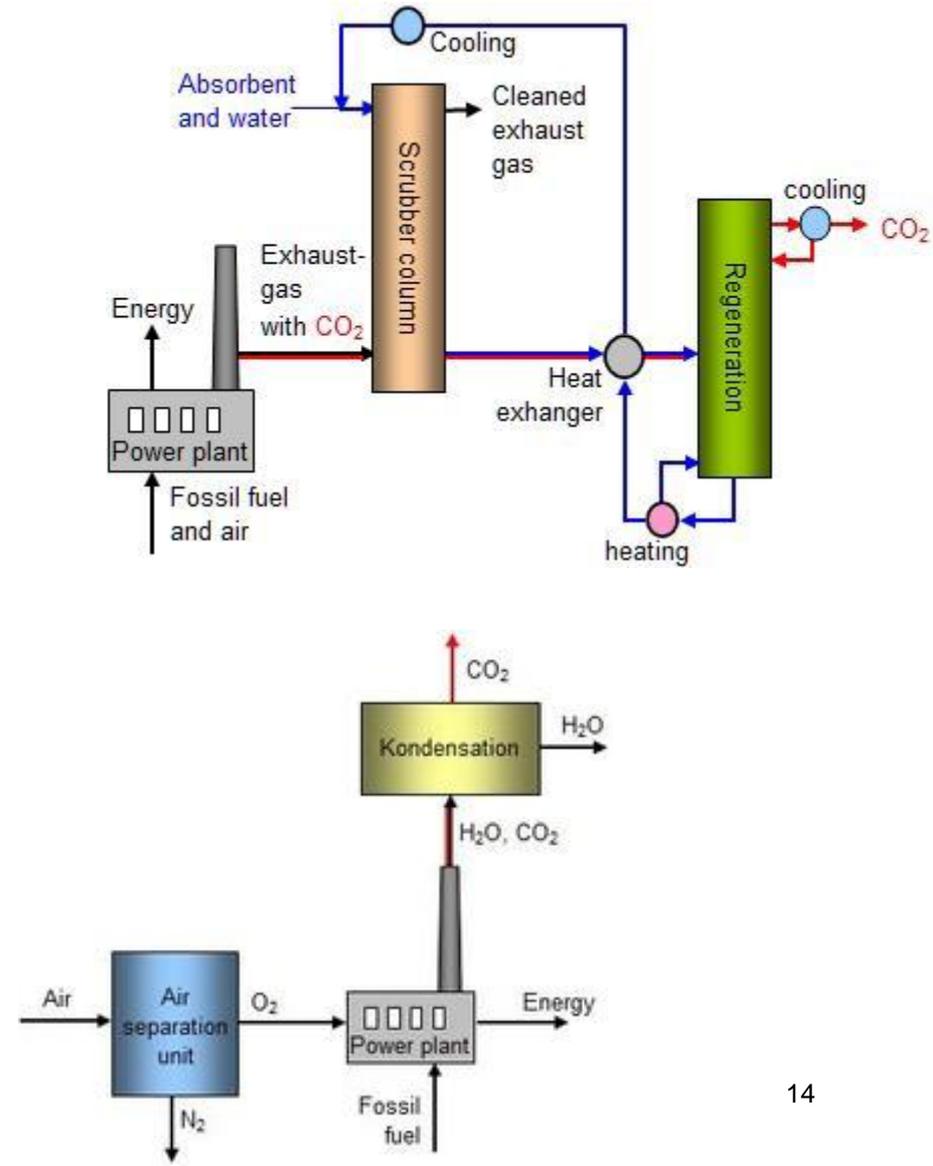
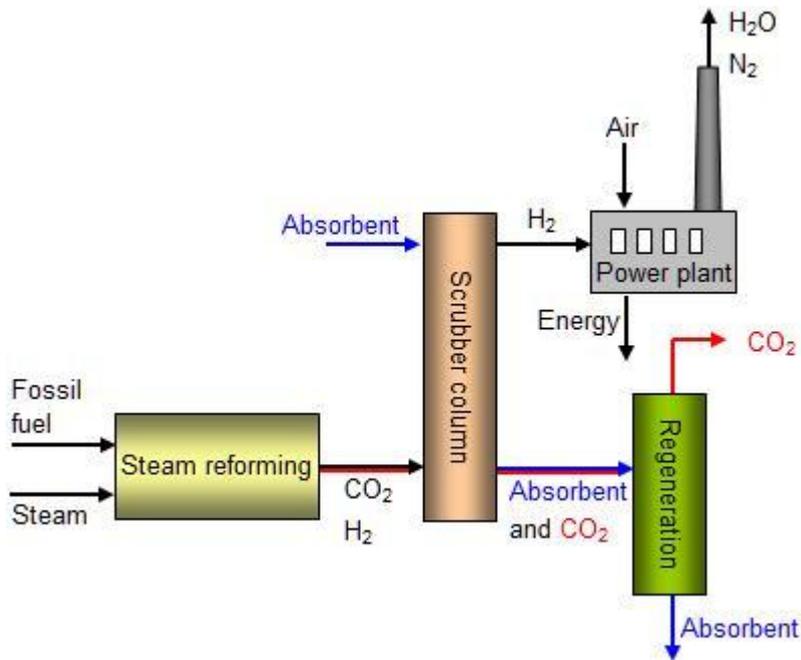


Méthode	Avantages	Inconvénients
Post-combustion	Technologie presque mature à grande échelle, possibilité de rétrofitting	Coût, émissions secondaires
Pré-combustion	Production d'hydrogène, combustible décarbonaté	Pas de rétrofit, investissement très lourd
Oxycombustion	Coût intéressant sur installation neuve	Séparation de l'air (14000t/j – 3600t/j actuellement), environnement oxygène
Chemical looping	Avantage énergétique	Cinétique de réaction, cendres, ...
Autres techniques	Coûts réduits?	Encore au stade de laboratoire

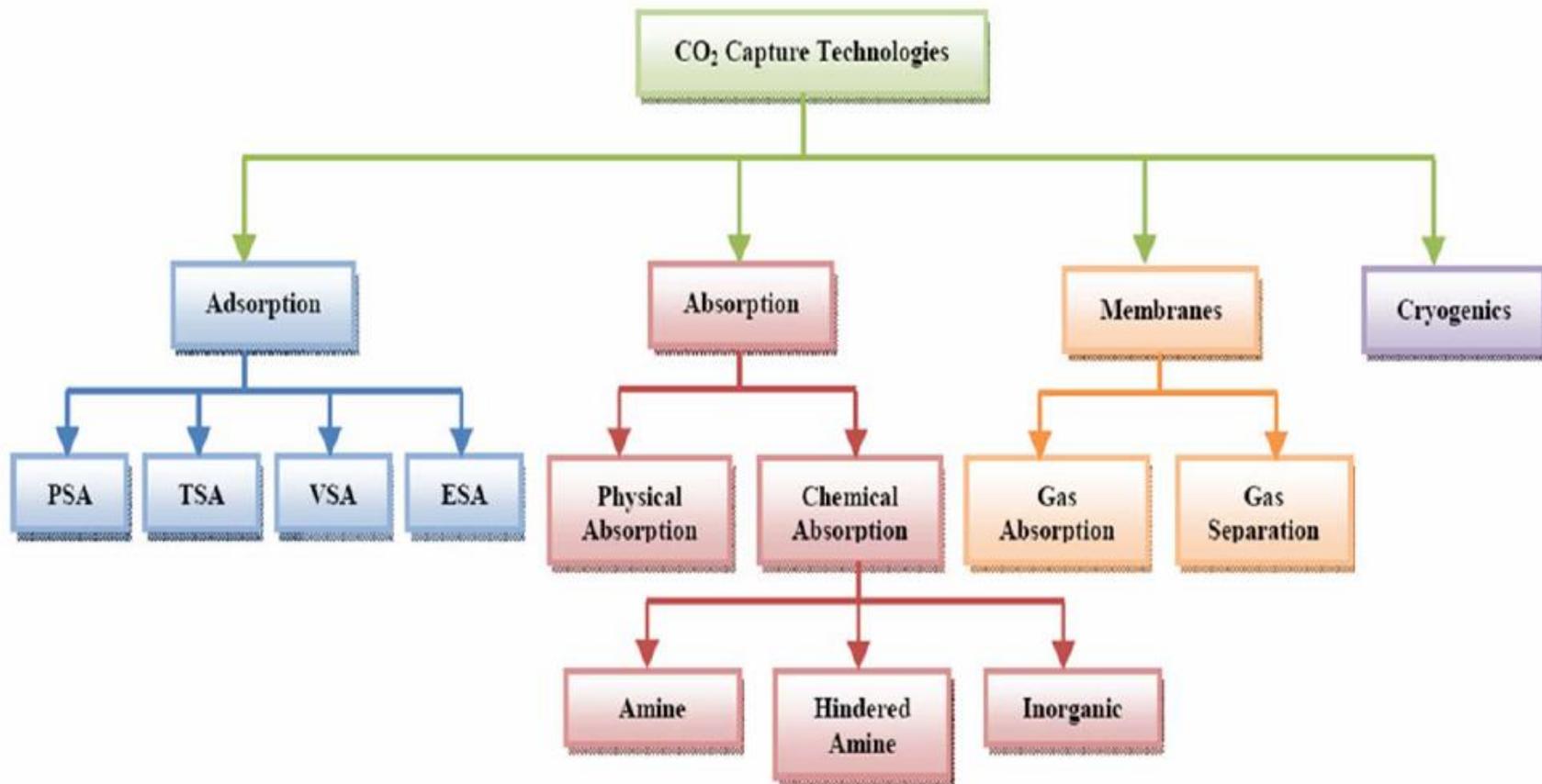
2. Méthodes



Petit jeu: quel type de capture?



2. Méthodes



+ biotechnologies: algues, micro-organismes, ...

2. Méthodes



*Laboratoire d'Analyse et
de Synthèse des Systèmes
Chimiques*



3. Stockage du CO₂



*Laboratoire d'Analyse et
de Synthèse des Systèmes
Chimiques*

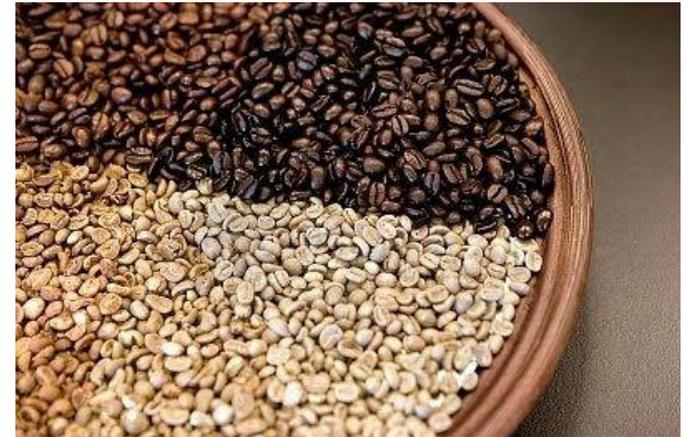


- Que faire du CO₂ capturé?
- Quantités titanesques!
- Applications diverses
- Stockage en sous-sol?
- Sujet polémique, transparence est nécessaire
- De nombreuses études sont en cours

3. Stockage du CO₂



- Applications alimentaires du CO₂



3. Stockage du CO₂

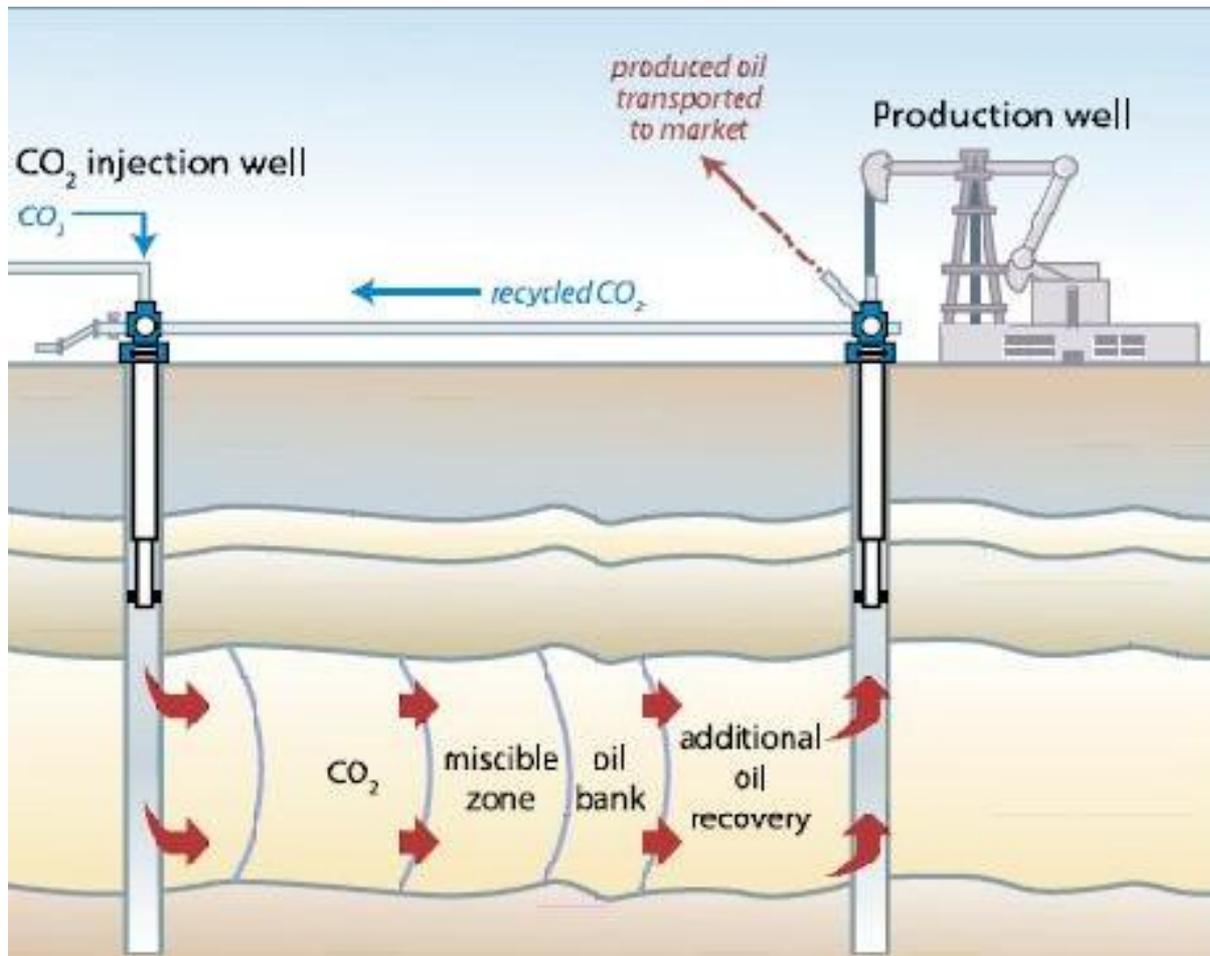


- Procédés innovants de valorisation du CO₂

Application	Quantity potential	Temporary or permanent storage?	Added value/ Advantages	Bottleneck / Drawbacks
Syngas Energy Chemicals	+++ +	T P	- Carbon is used 2 times! - Flexibility	- High CAPEX - Technical challenges (Catalyst)
Algae	-	T / P	- Diversity of products - Green process	- High CAPEX - Land use - Slow process
New materials	+	P	- Improve material properties	- Research on-going

3. Stockage du CO₂

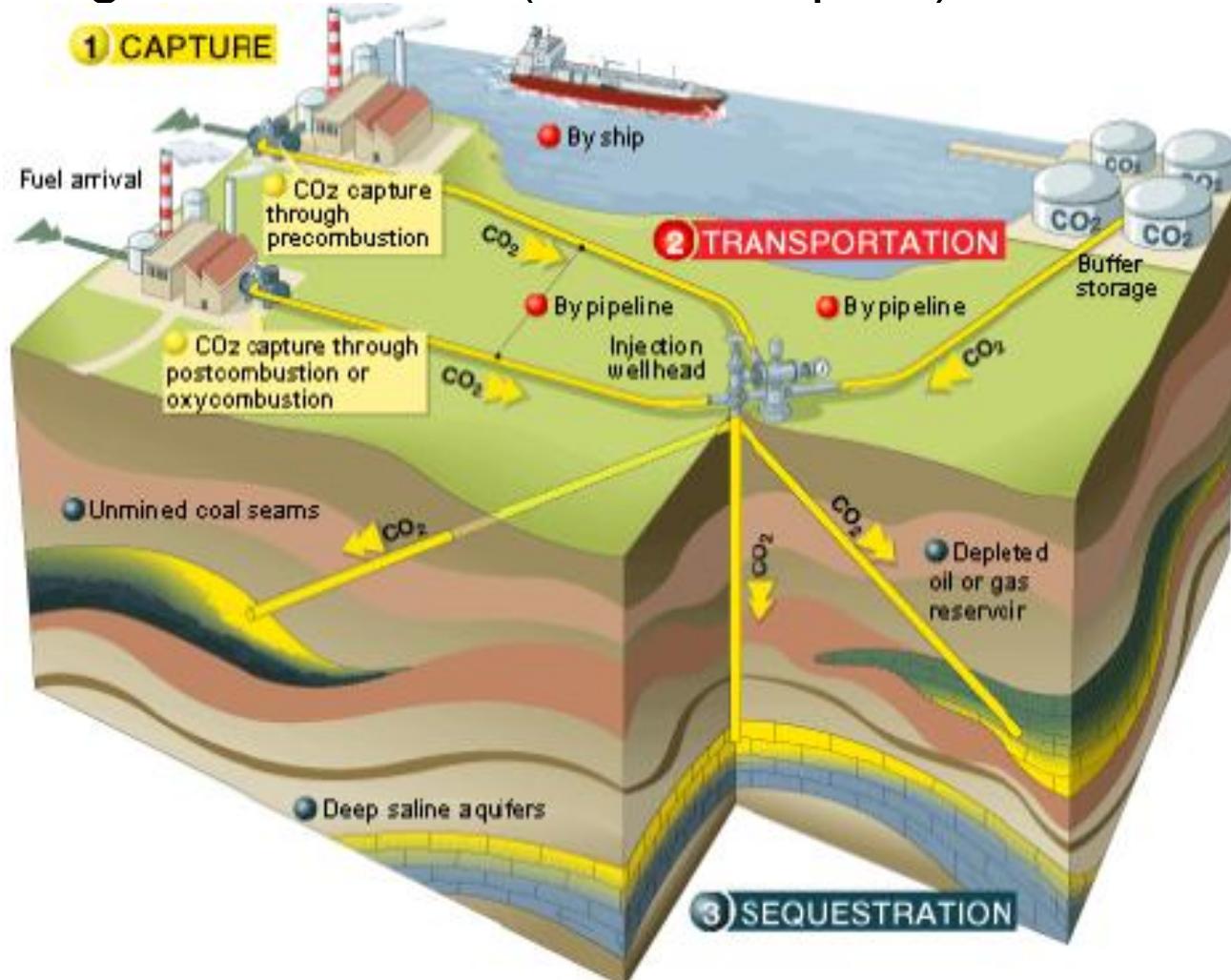
- Procédés classiques: récupération assistée de pétrole



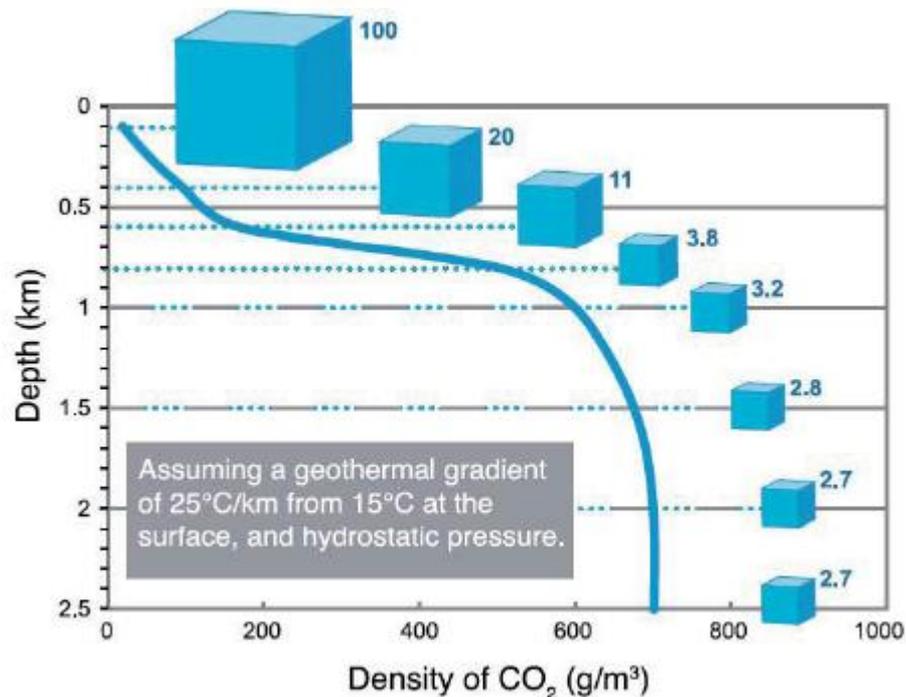
3. Stockage du CO₂



- Stockage sous-terrain (NB: Transport!)

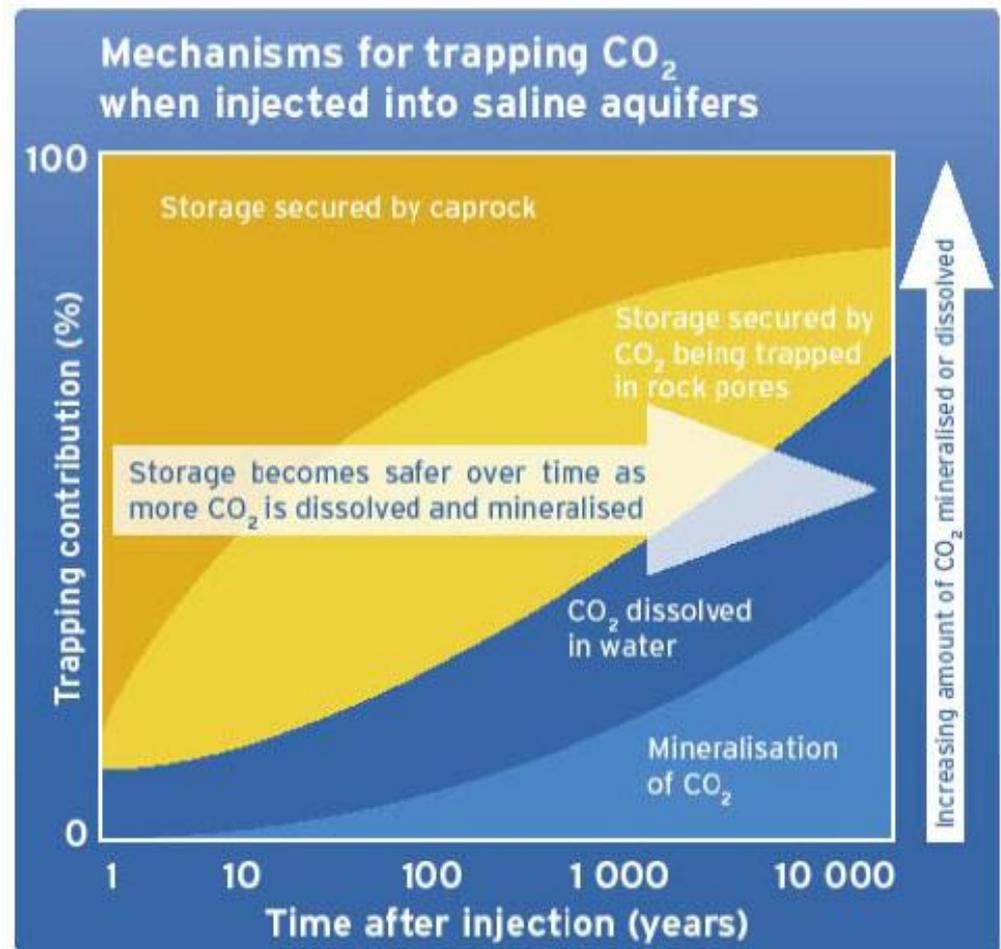


- Effet de la profondeur sur la densité du CO₂



3. Stockage du CO₂

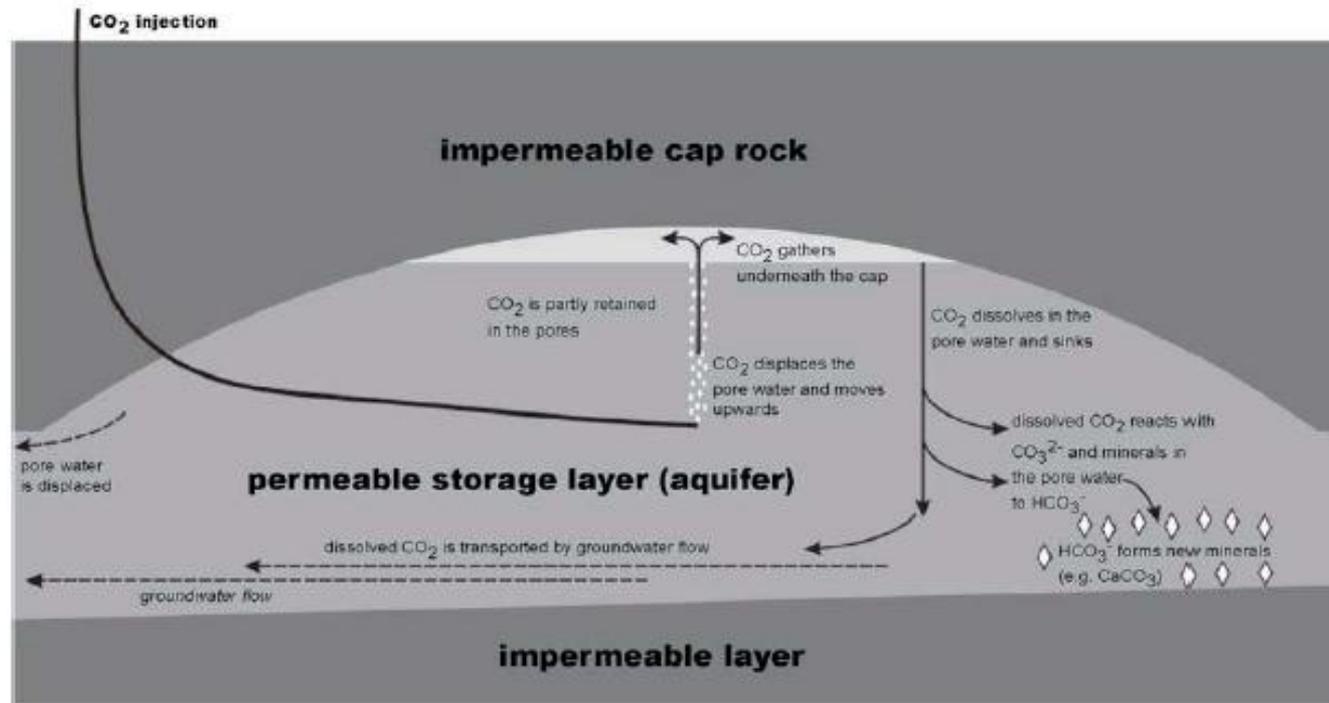
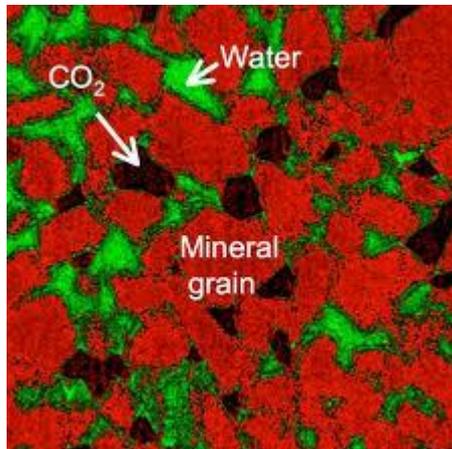
- Au début, le CO₂ diffuse jusqu'aux parois et est piégé par le couvercle
- Puis le CO₂ est de plus en plus piégé dans les porosités
- Enfin il est dissous et minéralisé



3. Stockage du CO₂



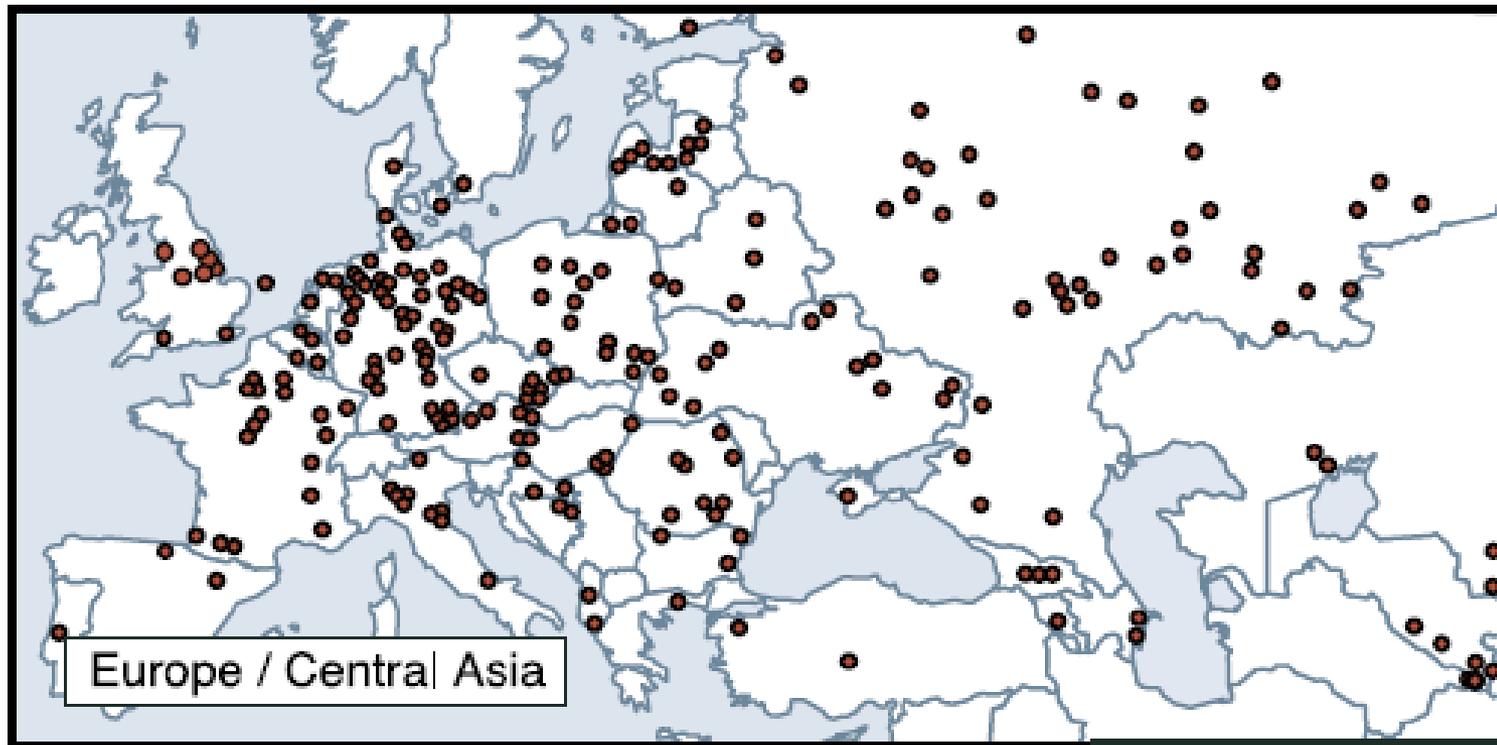
- Condition: être sûr de la stabilité du CO₂



3. Stockage du CO₂



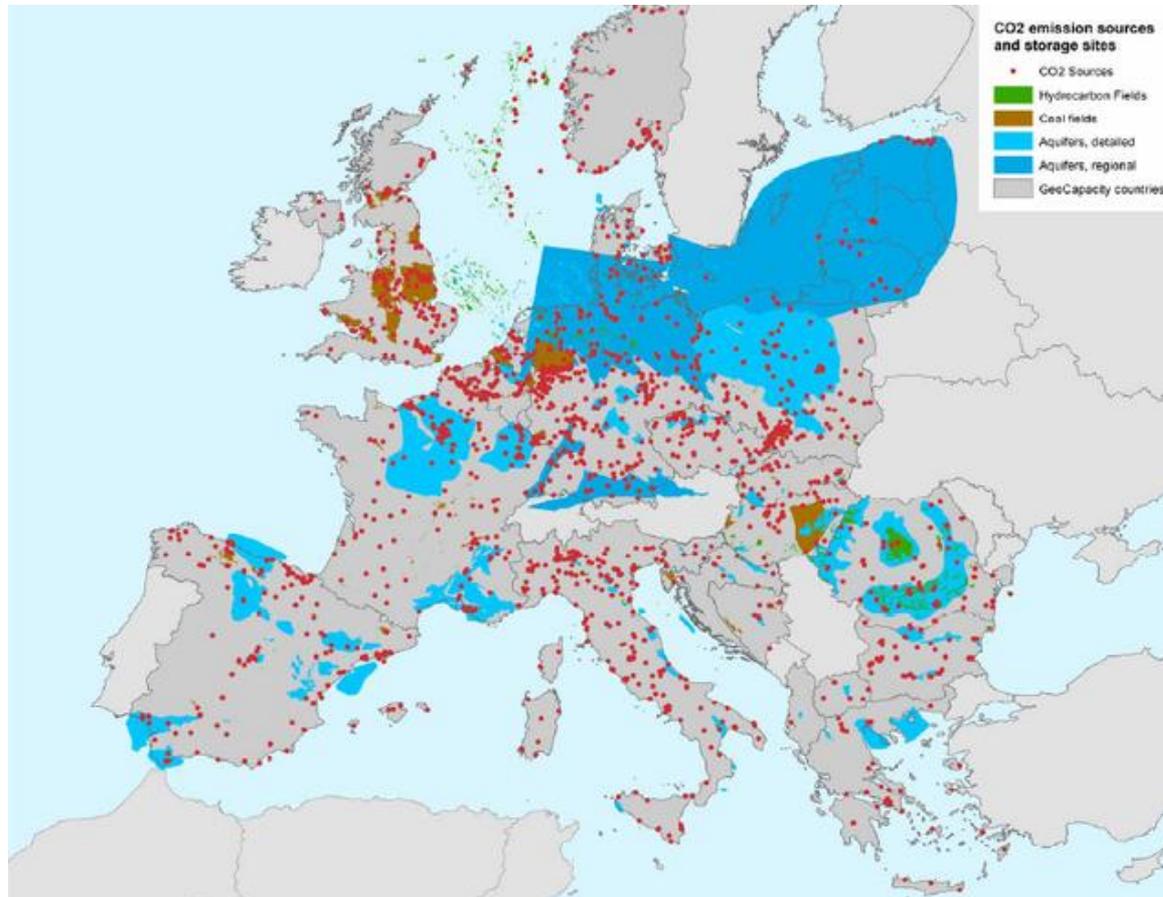
- Principe n'est pas neuf : stockage saisonnier du gaz naturel



3. Stockage du CO₂



- Potentiel de stockage en Europe



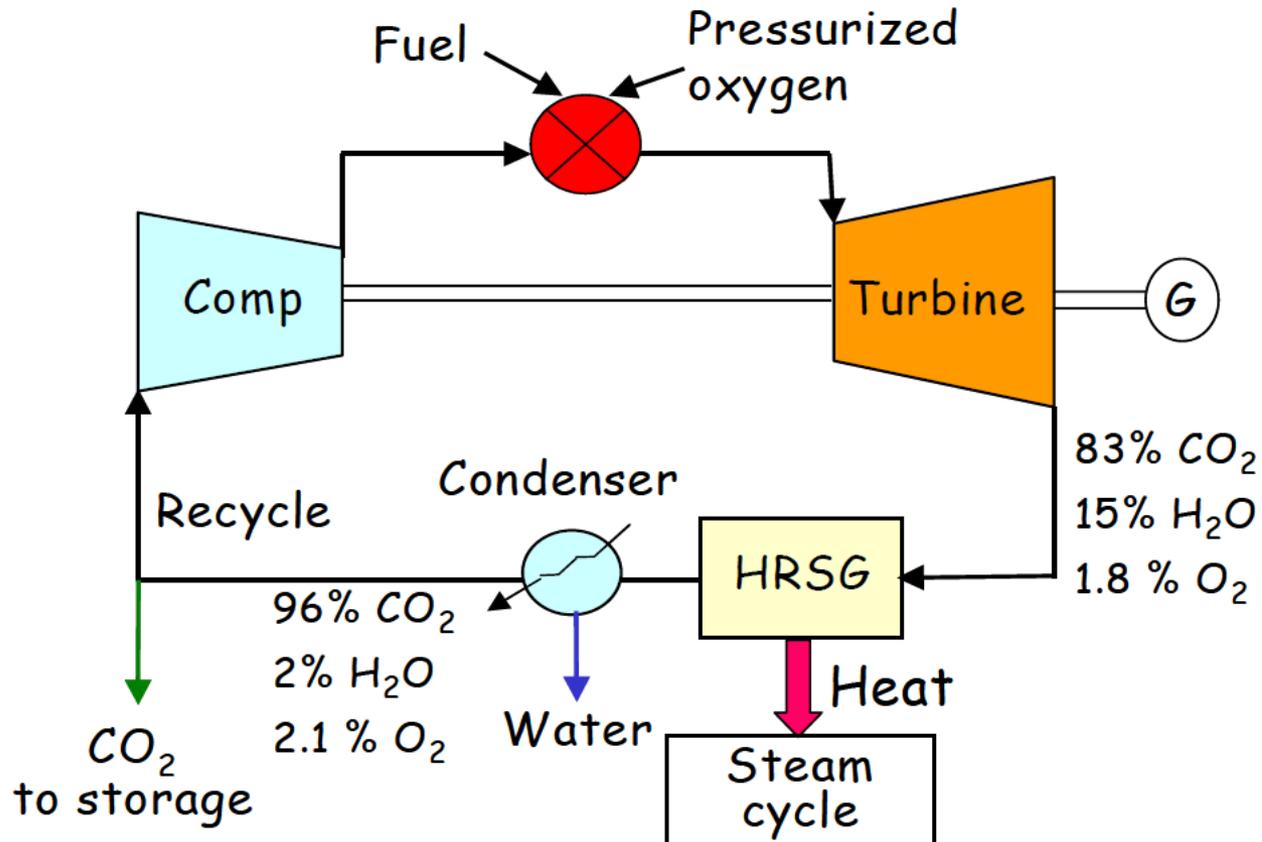
- Sleipner : 1Mtonne/an depuis 1996

4. Réalisations ULg



- Département de mécanique et aérospatiale

Oxy-fuel combustion based gas turbine (MATIANT cycle in CC) developed at ULg,B



4. Réalisations ULg



*Laboratoire d'Analyse et
de Synthèse des Systèmes
Chimiques*



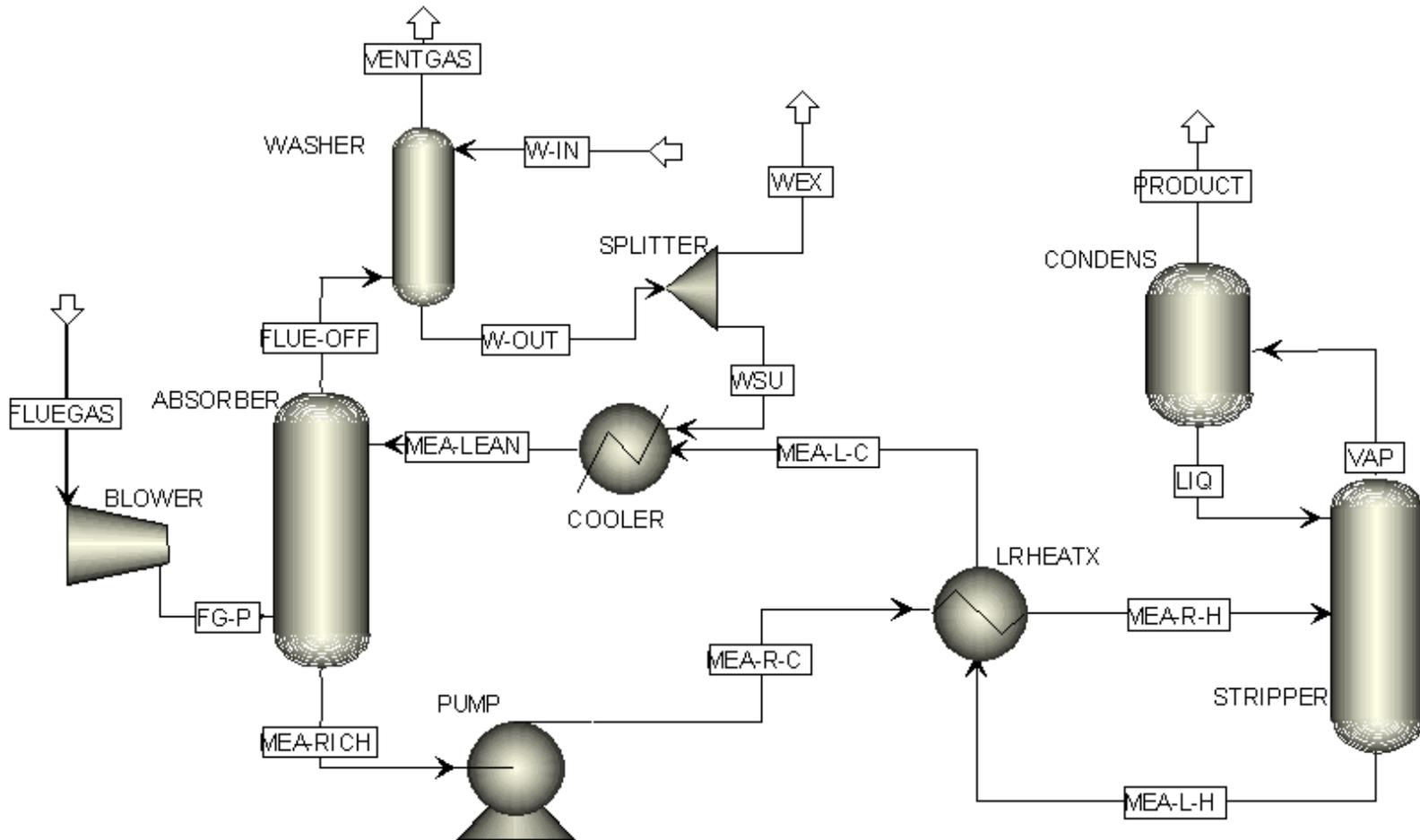
- Département de chimie appliquée
 1. Modélisation et conception optimale du procédé de capture post-combustion
 2. Etude des phénomènes de dégradations des solvants utilisés

L'objectif final est de proposer des conditions opératoires optimales pour le procédé de capture de CO₂

4. Réalisations ULg



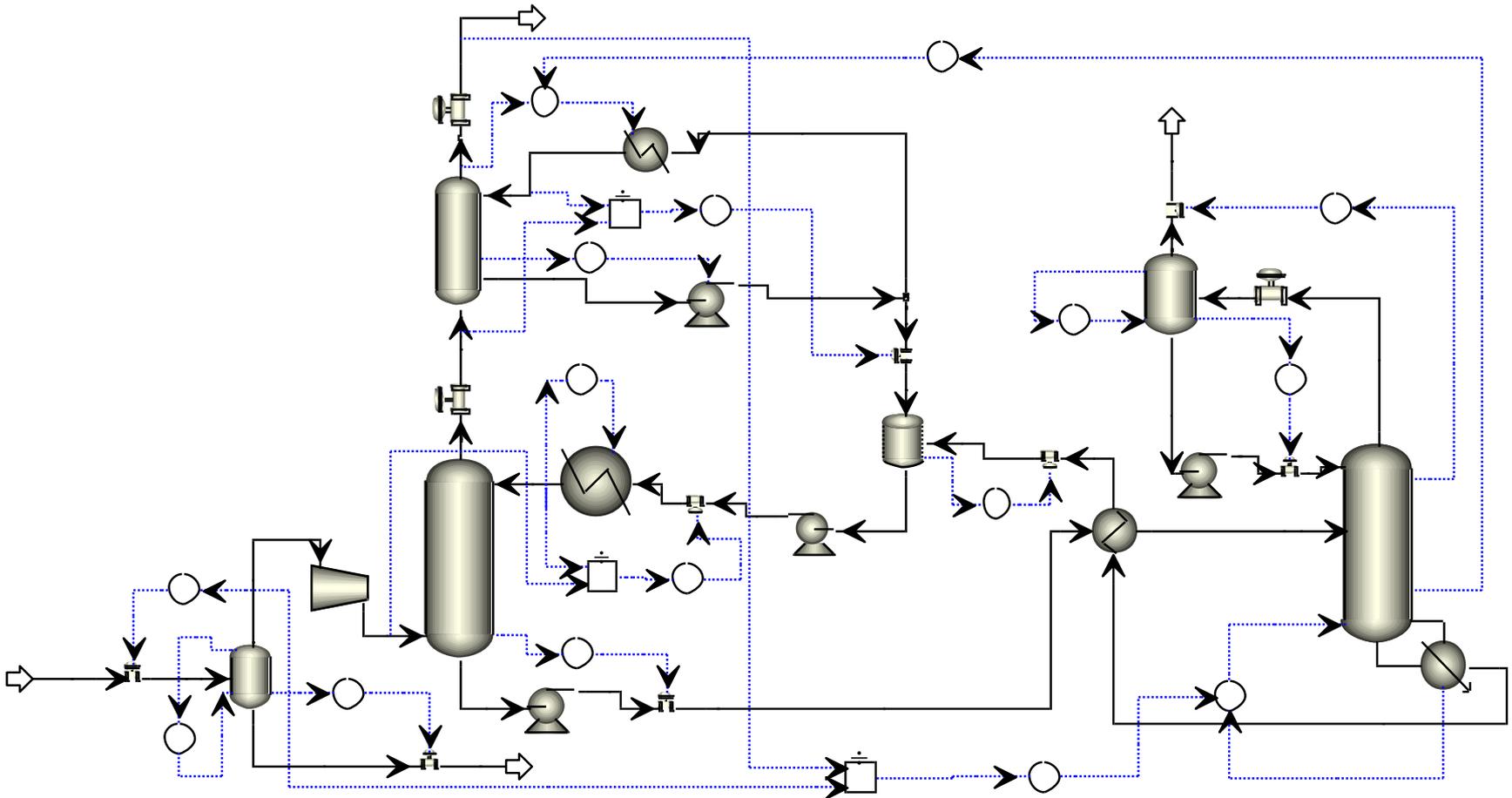
Simulation et optimisation au moyen du logiciel Aspen Plus



4. Réalisations ULg



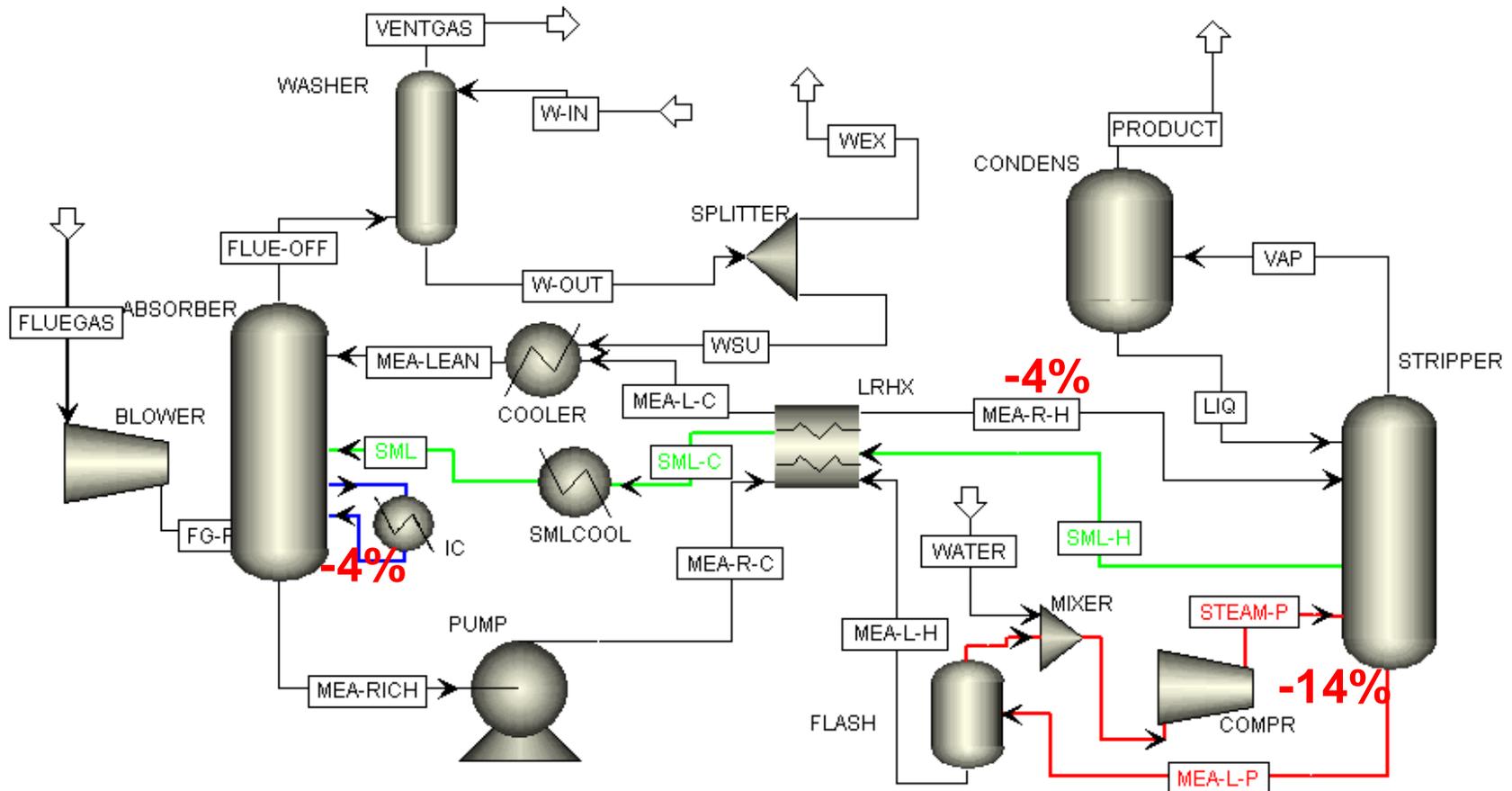
Modélisation dynamique



4. Réalisations ULg



Modifications de procédé

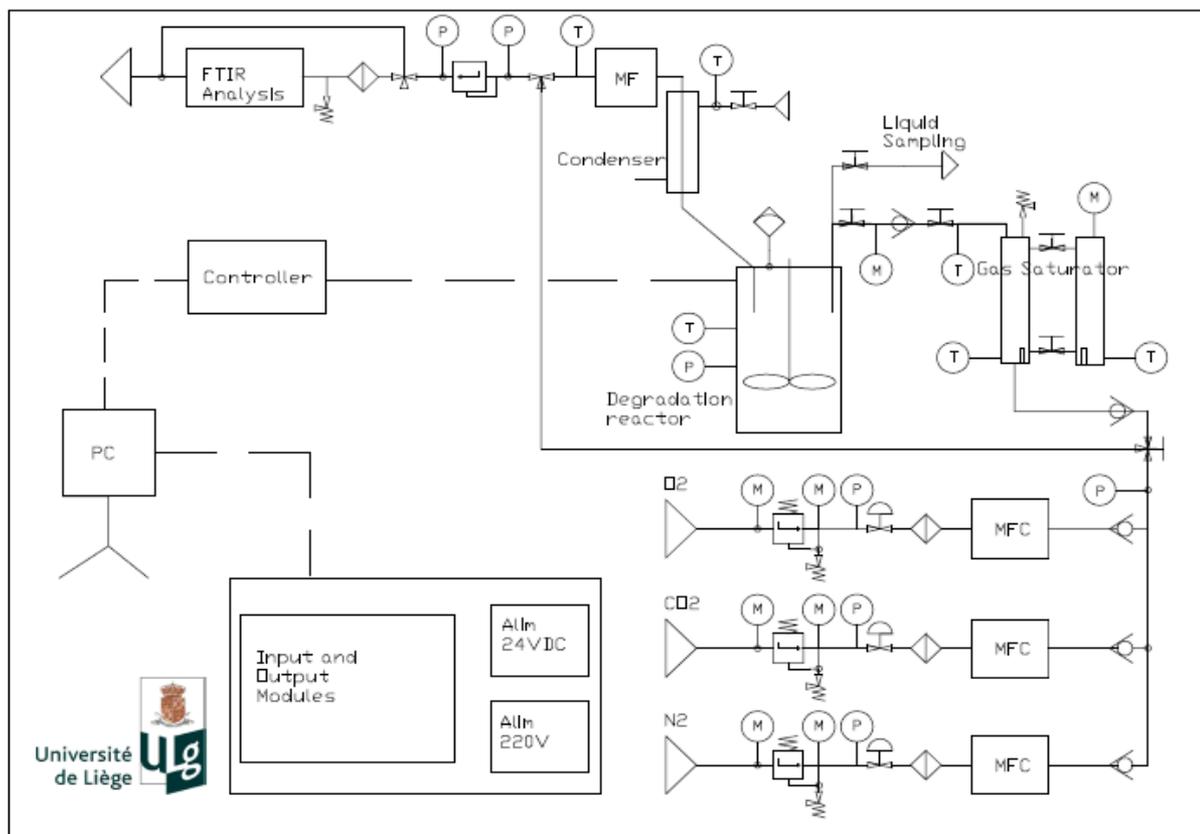


Cependant, le modèle ne considère pas certains paramètres importants!

4. Réalisations ULg



=> Mise au point d'un banc d'essais pour l'étude expérimentale de la dégradation des solvants



4. Réalisations ULg



Laboratoire d'Analyse et
de Synthèse des Systèmes
Chimiques

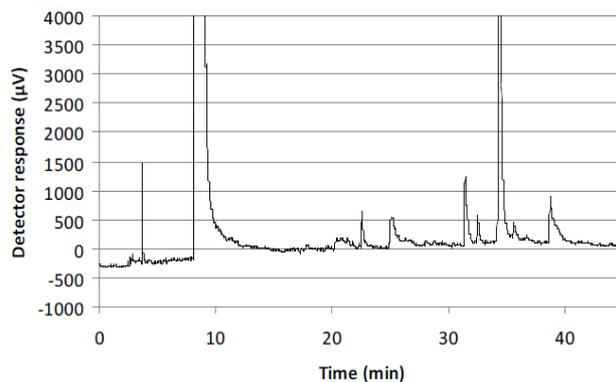
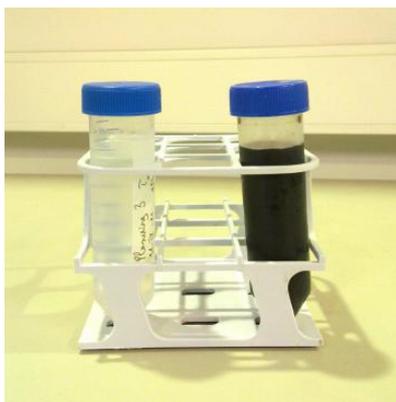


- Influence sur les coûts et performances

Jusqu'à 22% du coût opératoire de la capture de CO₂!

- Degradation Test Rig

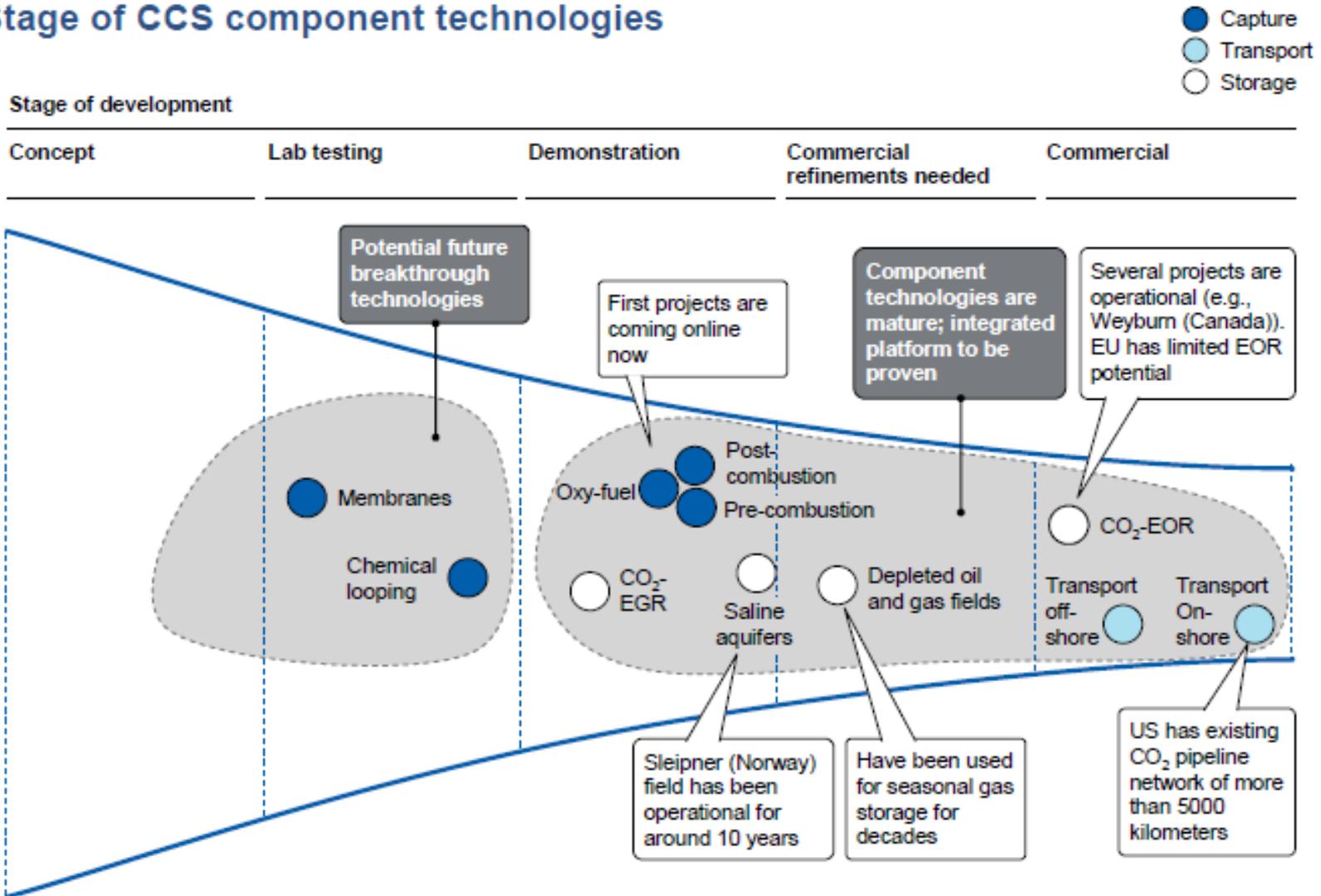
Conditions de dégradation accélérée



5. Challenges scientifiques



Stage of CCS component technologies

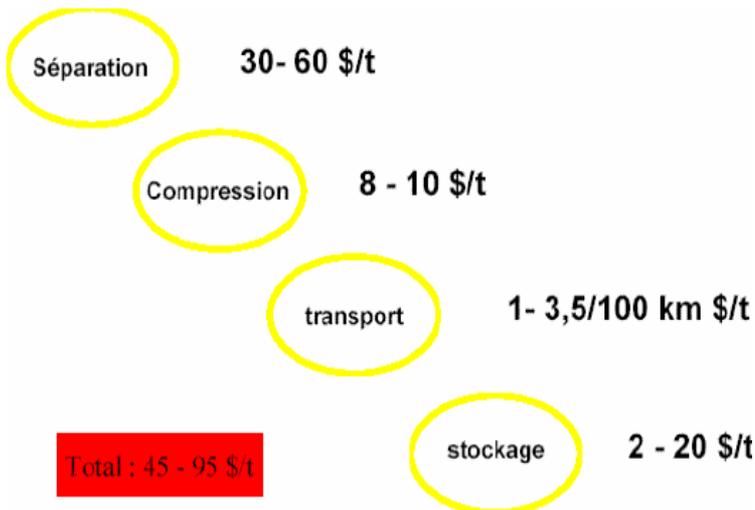
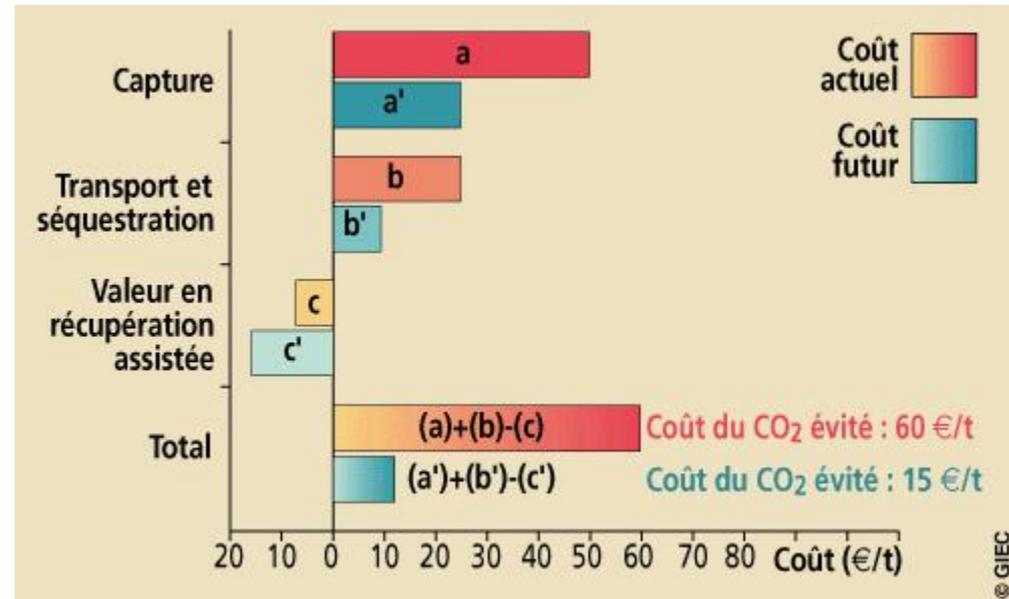


5. Challenges économiques



- Implémentation des technologies CCS prévue à partir de 2020
- Technologie transitoire

- Coût actuel :
50-60\$/tonne CO₂
=> 20\$/tonne CO₂



Sources: Feron, 2009; Mathieu, 2011

5. Challenges techniques



*Laboratoire d'Analyse et
de Synthèse des Systèmes
Chimiques*



- De nombreux défis technologiques à relever



5. Challenges sociétaux: public perception



*Laboratoire d'Analyse et
de Synthèse des Systèmes
Chimiques*



- Giving a definition of CCS: Non-responses : 55%
Incorrect responses: 27%
- After detailed technical information:
 - Without opinion : 20%
 - Good opinion concerning capture : 62,2%
 - Good opinion concerning transport : 58,3%
 - Less favourable opinion for storage : 48%

=> with « Nimby » effect

5. Conclusion



*Laboratoire d'Analyse et
de Synthèse des Systèmes
Chimiques*



- Un sujet de recherche en plein essor
- Des projets de développements un peu partout dans le monde et en Europe
- De nombreux défis encore à relever
- Une solution parmi d'autres!
- Plus d'infos? <http://bellona.org/ccs/>

Merci pour votre attention !



Liège, le 27 novembre 2012