

*Université des Champs 2026*

# **Valoriser le CO<sub>2</sub> :** solutions d'ingénierie circulaire

---



**LIÈGE université**  
**Sciences Appliquées**

**Bibliothèque Publique de Vielsalm**

Antoine Rouxhet

Mardi 17 mars 2026

# Introduction

---

Antoine Rouxhet – Doctorant boursier FRIA (FNRS)

Département de Chemical Engineering, Université de Liège

PEPs group (Products, Environment & Processes)

Equipe du Professeur Grégoire Léonard (Carbonara Team)



## Domaine de recherche :

Etude de design et de **modélisation** d'une unité de **réaction inverse du gaz à l'eau** pour **intégration** dans un **procédé Power-to-Kérosène**

# Les deux côtés du problème

---



Que devient le  $\text{CO}_2$   
une fois capturé ?

# Sommaire

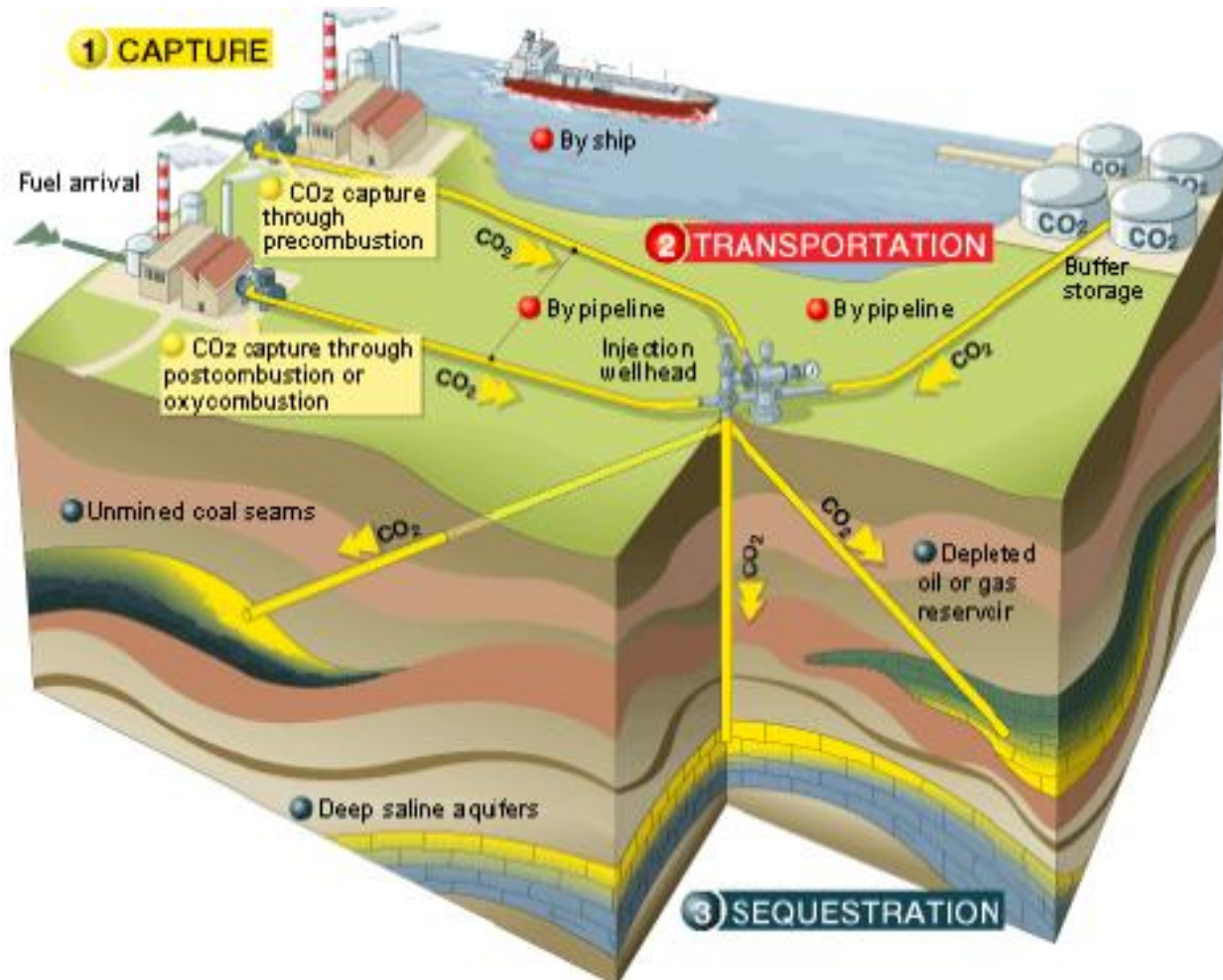
---

1. Transport du CO<sub>2</sub>
2. Stockage du CO<sub>2</sub>
3. Energies renouvelables
4. Hydrogène
5. Valorisation du CO<sub>2</sub>
  - i. Les carburants synthétiques
  - ii. Autres voies de valorisation
6. Conclusion

# Transport du CO<sub>2</sub>

---

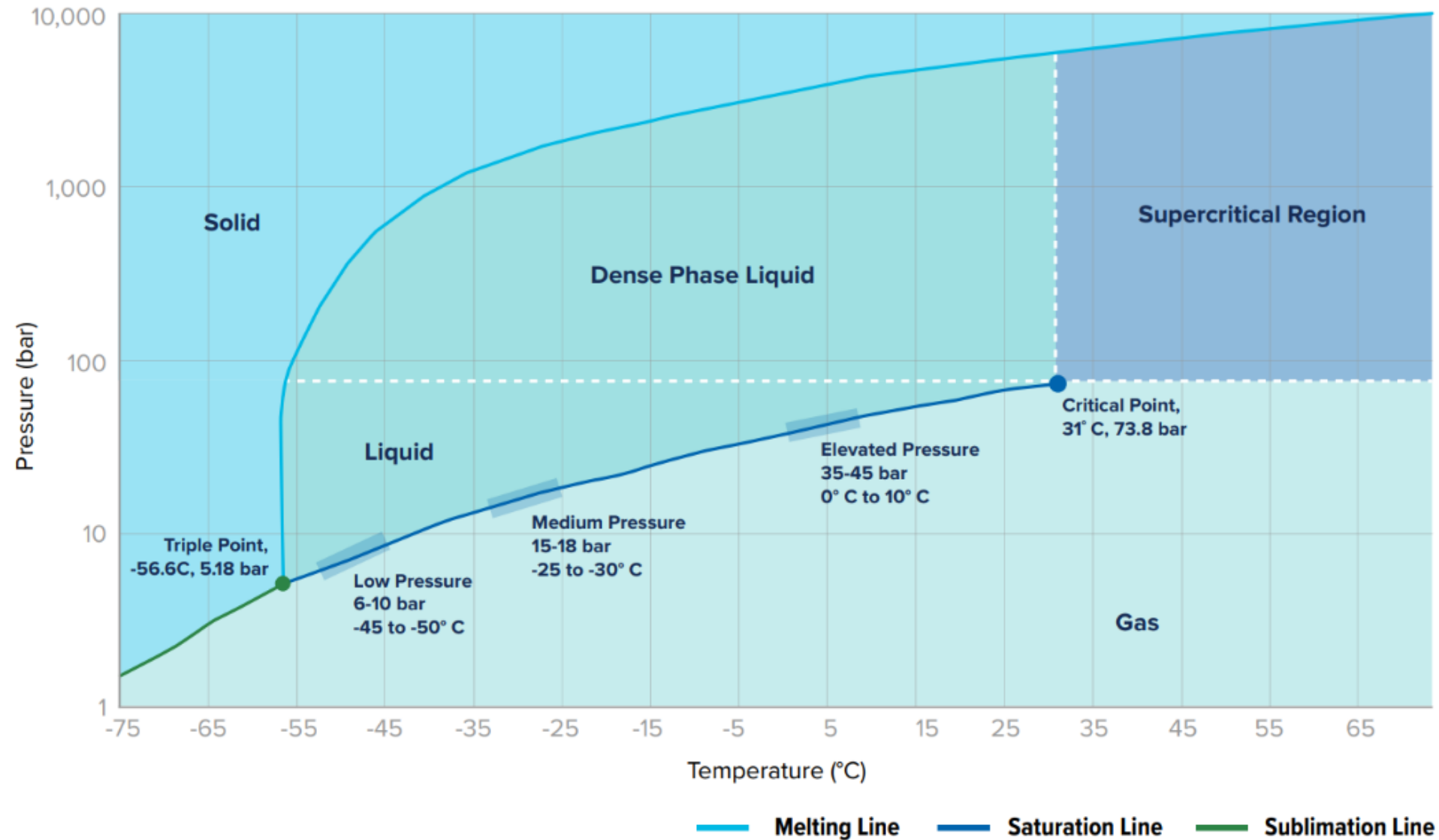
# Le transport du CO<sub>2</sub> : une chaîne intégrée



1. Capture
2. Chaîne de compression
3. Transport
4. Stockage/utilisation



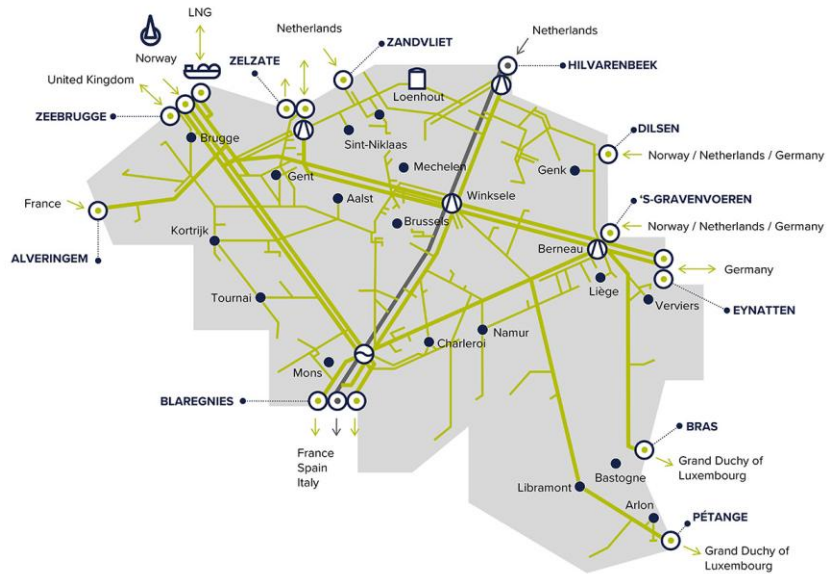
# Le CO<sub>2</sub> supercritique



# Prévisions du transport de CO<sub>2</sub> en Belgique

Opérateur : Fluxys

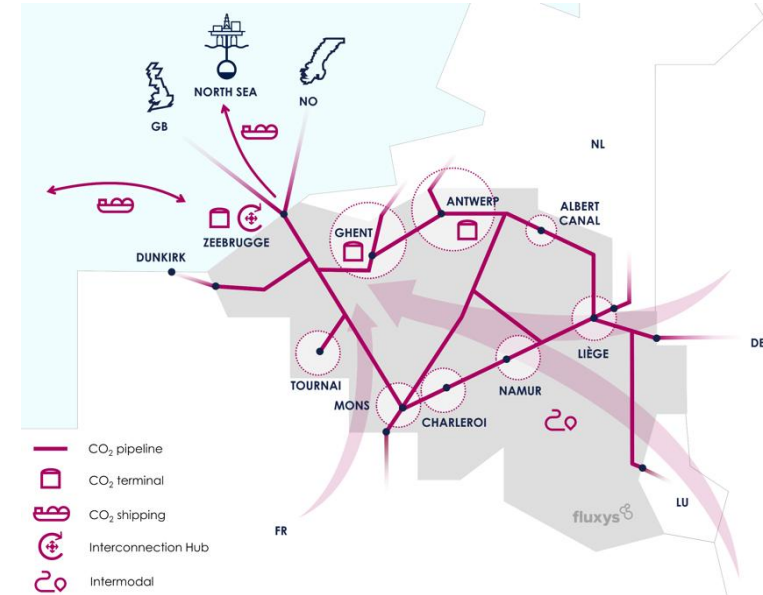
## Réseau actuel de pipelines de gaz naturel



- 4 000 km pipelines
- High calorific gas
- Low calorific gas (transit from The Netherlands to France)
- Physical interconnection points
- LNG terminal
- Compressor stations
- Blending stations
- Storage

[https://www.fluxys.com/-/media/project/fluxys/public/corporate/fluxyscom/images/maps/2025/infrastructure\\_fluxys\\_belgium\\_en\\_250327.jpg](https://www.fluxys.com/-/media/project/fluxys/public/corporate/fluxyscom/images/maps/2025/infrastructure_fluxys_belgium_en_250327.jpg)

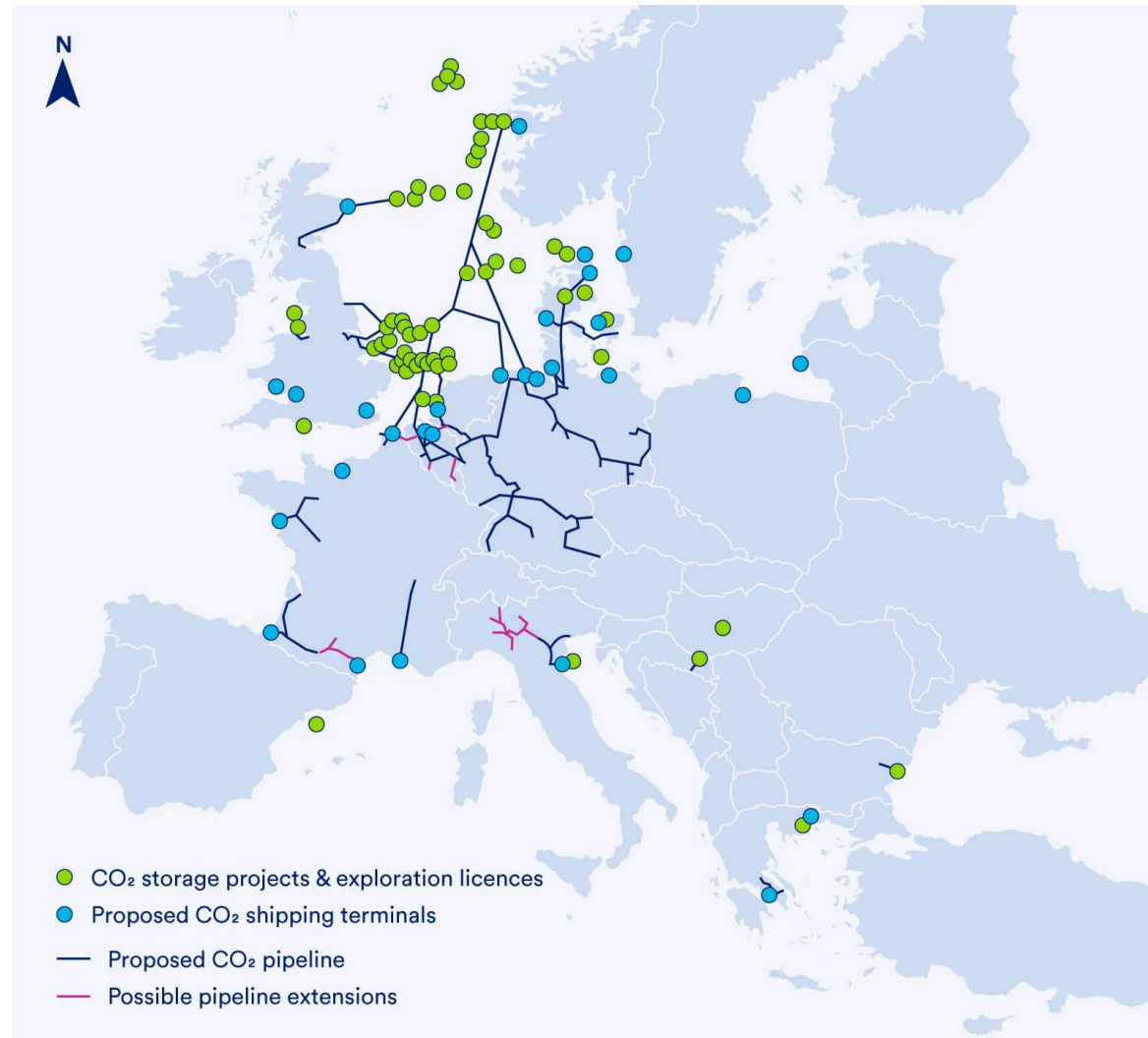
## Prévisions du réseau CO<sub>2</sub> pour 2050



©fluxys - All rights reserved - 09.2022 - fluxys.com  
<https://www.fluxys.com/-/media/project/fluxys/public/corporate/fluxyscom/documents/energy-transition/co2/2021-12-14---information-memorandum-co2-main---december-21.pdf>

| Compounds               | Specification 95 | Specification 99 |
|-------------------------|------------------|------------------|
| CO <sub>2</sub> [mol-%] | > 95             | > 99             |
| O <sub>2</sub> [ppmv]   | < 40             | < 40             |
| N <sub>2</sub> [mol-%]  | < 2              | < 0.5            |
| H <sub>2</sub> O [ppmv] | < 40             | < 40             |
| SOX [ppmv]              | < 10             | < 10             |
| NOX [ppmv]              | < 5              | < 5              |

# Infrastructures du transport du CO<sub>2</sub> à l'échelle européenne



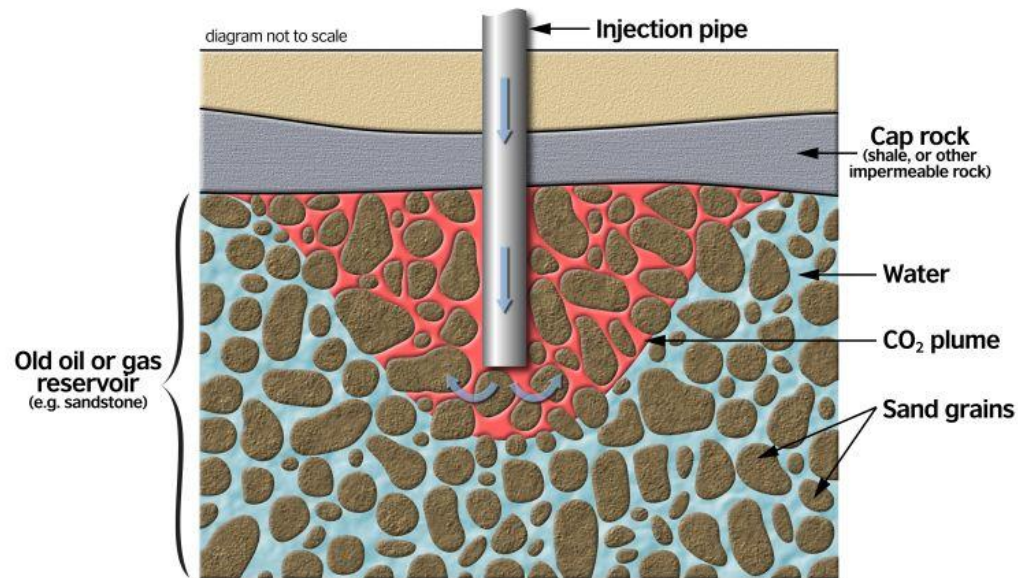
<https://www.catf.us/resource/building-future-proof-co2-transport-infrastructure-europe/>

# Stockage du CO<sub>2</sub>

---

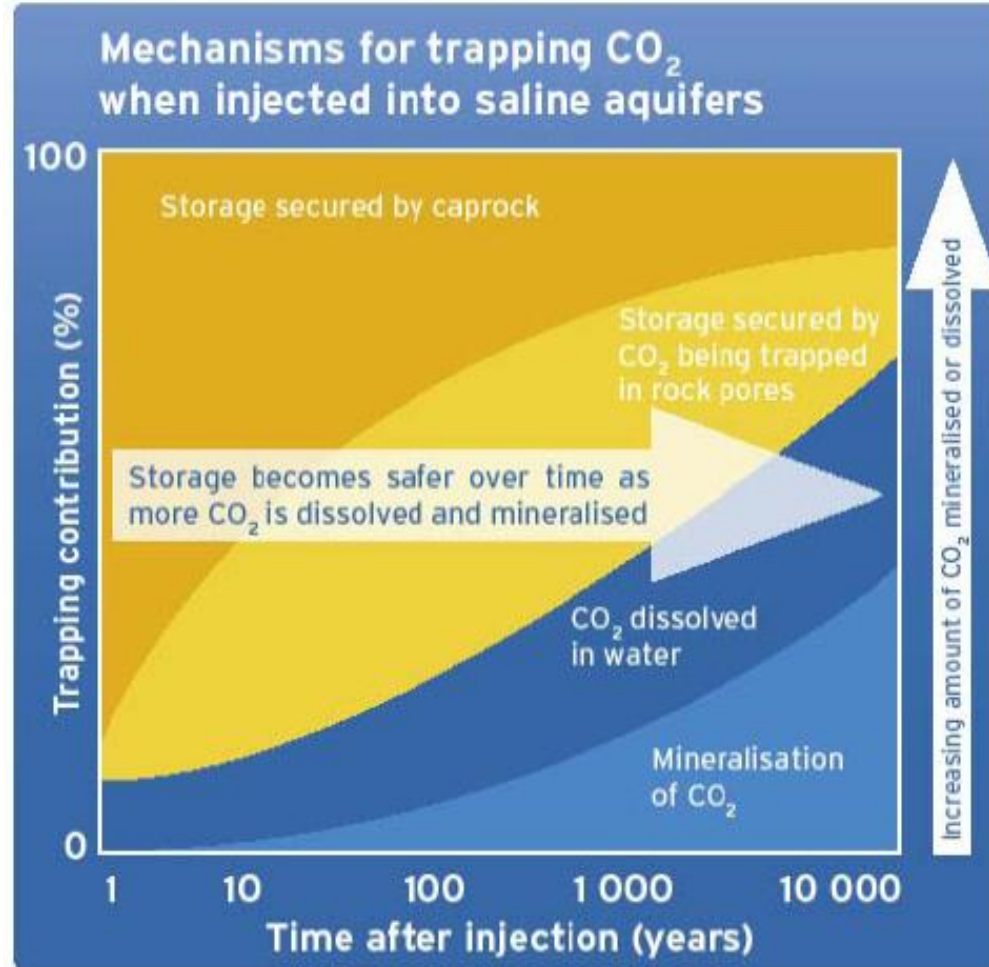
# Lieux de stockage possibles du CO<sub>2</sub> : les réservoirs naturels

- **Aquifères salins** : très grande capacité de stockage MAIS géologie assez peu connue
- **Champs de gaz ou de pétrole épuisés** : géologie bien connue MAIS capacité de stockage limitée
- **Strates de charbon inexploitable**



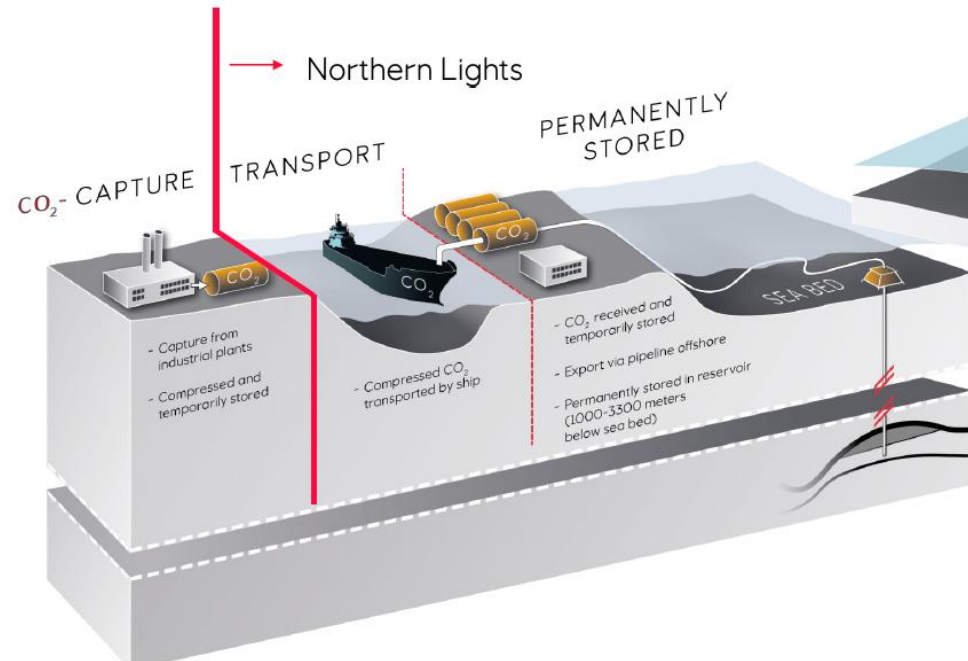
# Le phénomène derrière le stockage du CO<sub>2</sub> : la minéralisation

1. Diffusion du CO<sub>2</sub> qui se fait emprisonner dans des porosités de plus en plus fines
2. Dissolution et minéralisation



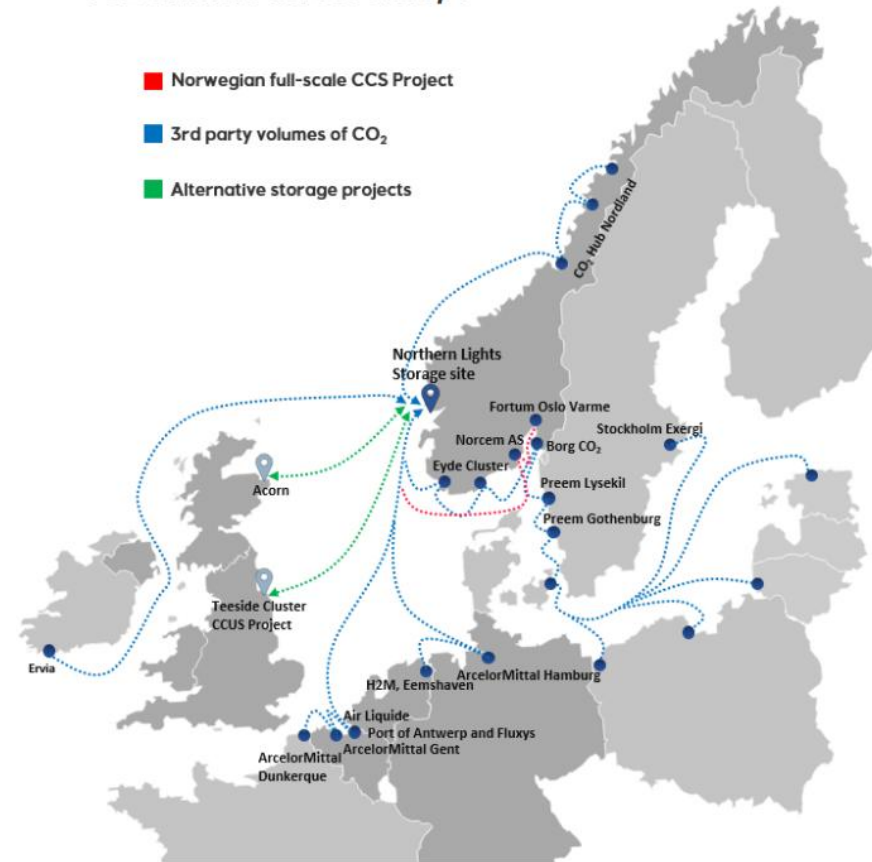
# Projet de transport et stockage du CO<sub>2</sub> : Northern Lights

- Stockage dans un aquifère salin au large de la Norvège
- Stockage de **5 Mt CO<sub>2</sub>/a**



<https://northernlightscs.eu/en>

*- A ship based solution means access for CO<sub>2</sub> emitters across Europe*



# Considérer le CO<sub>2</sub> comme un déchet : vraiment une solution ?

---

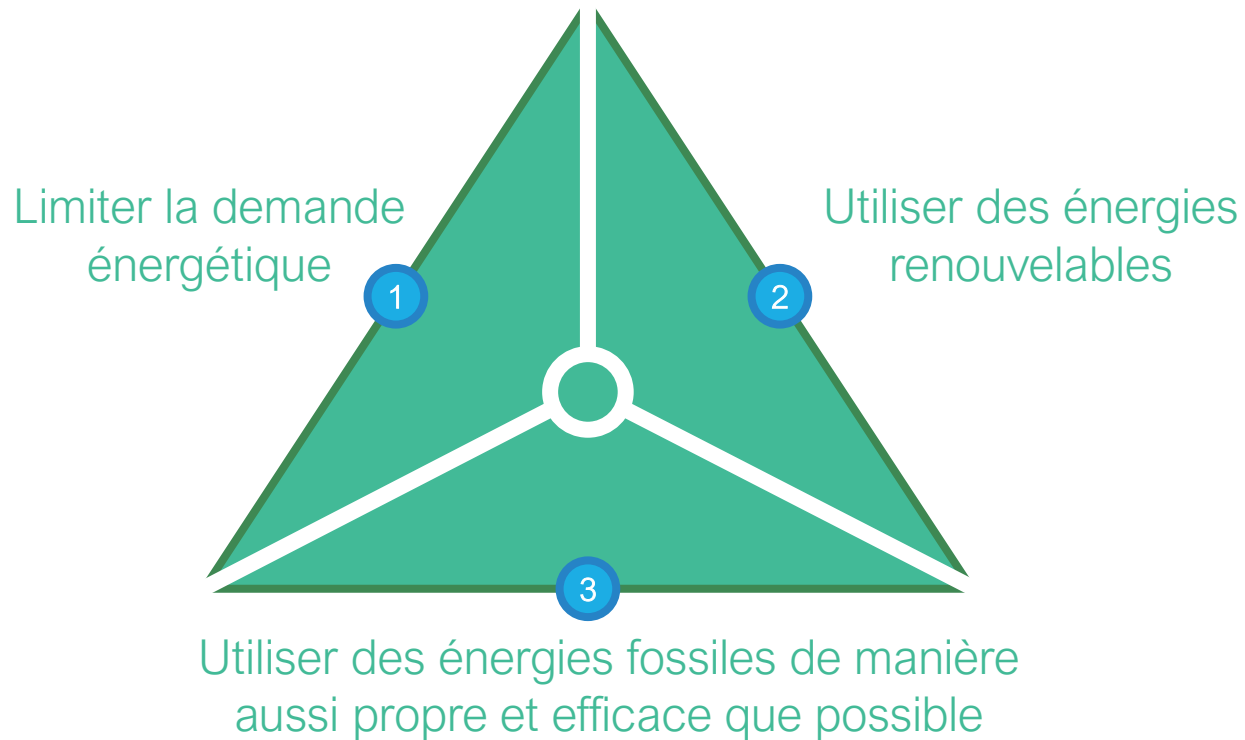
- Le stockage de gaz n'est pas une nouvelle technologie **MAIS** :
  - Ce n'est pas une technologie sans risque (fuites, risques sismiques...)
  - Gros potentiel mais pas illimité (~1500 Gt CO<sub>2</sub> = 37,5 années d'émissions)
  - Technologie « cost-only », qui doit payer ?
  - Perception du public (NIMBY effect)

Possibilité de valoriser le CO<sub>2</sub> ?

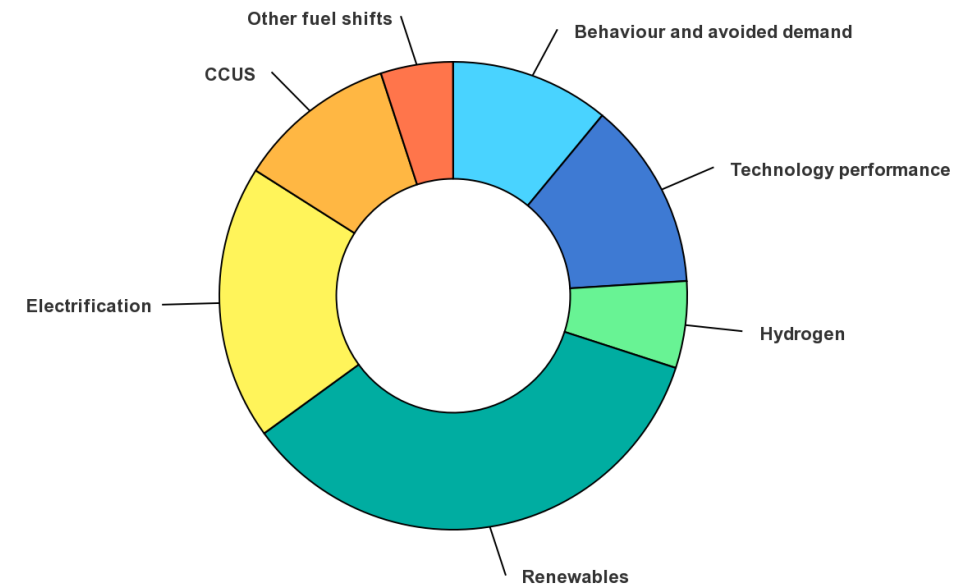
# Energies renouvelables

---

# Réponse possible aux défis énergétiques : Trias Energica



## Panel de solutions pour atteindre le Net Zero en 2050



Cumulative emissions reduction by mitigation measure in the Net Zero Scenario, 2021-2050, IEA, 2023

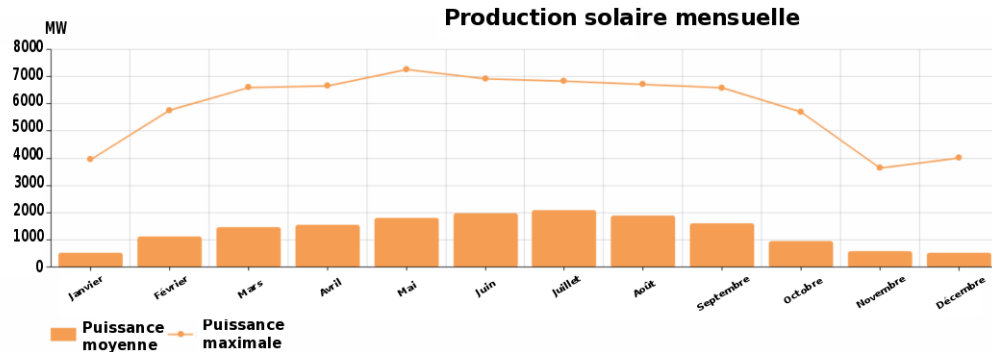
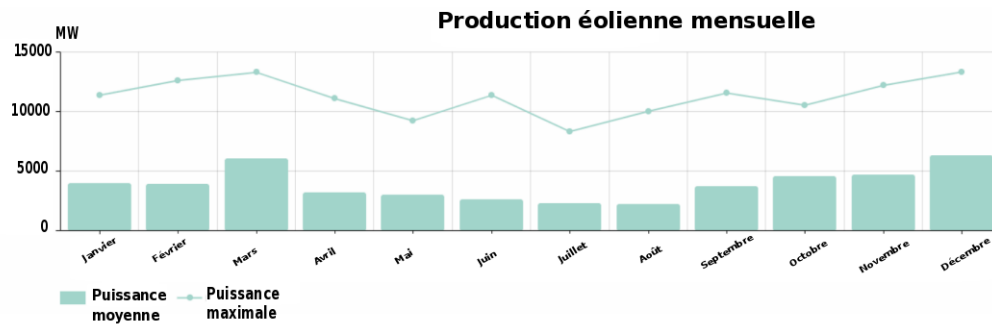
# Un frein majeur au développement du renouvelable

---

- Déploiement supporté par différents mécanismes (certificats verts...)
- Nature des énergies renouvelables = énergie **variable**
- Première solution = **+ de flexibilité**
  - Au niveau de la demande (consommation intelligente)
  - Au niveau de l'approvisionnement (interconnexions au niveau du réseau)
- Mais surtout... **besoin de stockage de l'électricité**

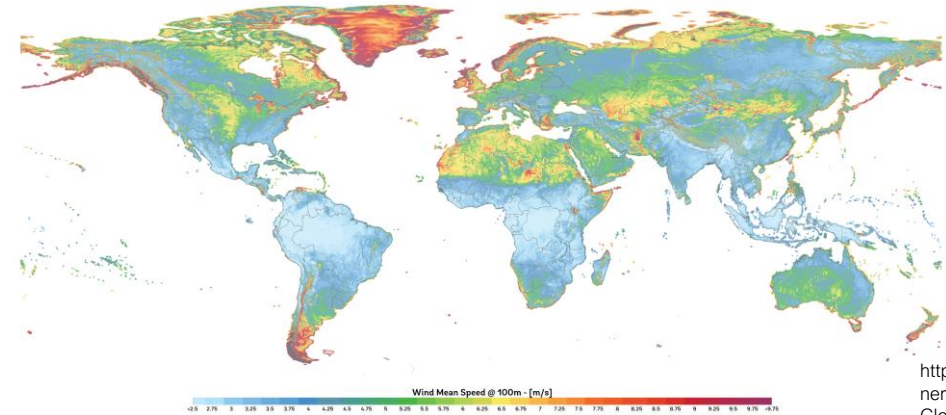
# La variabilité des énergies renouvelables

## Variabilité temporelle



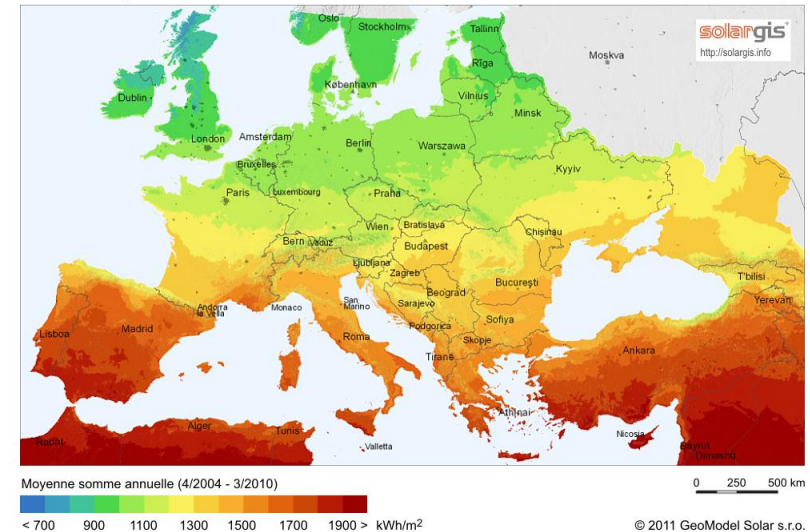
<https://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/chiffres-energie-variabilite-renouvelable.xml>

## Variabilité spatiale



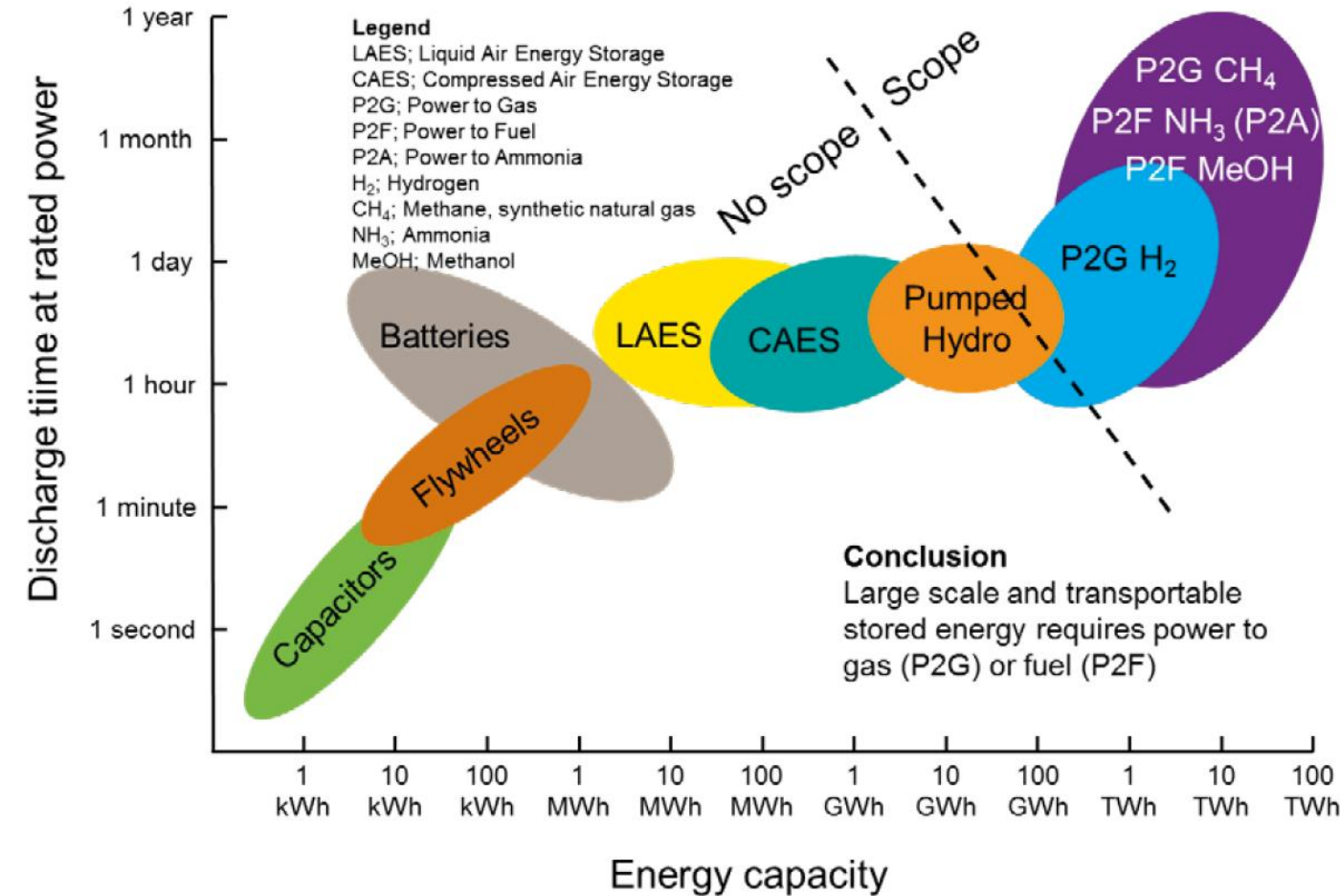
[https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie\\_renouvelable#/media/Fichier:Global\\_Map\\_of\\_Wind\\_Speed.png](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_renouvelable#/media/Fichier:Global_Map_of_Wind_Speed.png)

Irradiation globale horizontale



[https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie\\_renouvelable#/media/Fichier:SolarGIS-Solar-map-Europe-fr.png](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_renouvelable#/media/Fichier:SolarGIS-Solar-map-Europe-fr.png)

# Les solutions de stockage de l'électricité



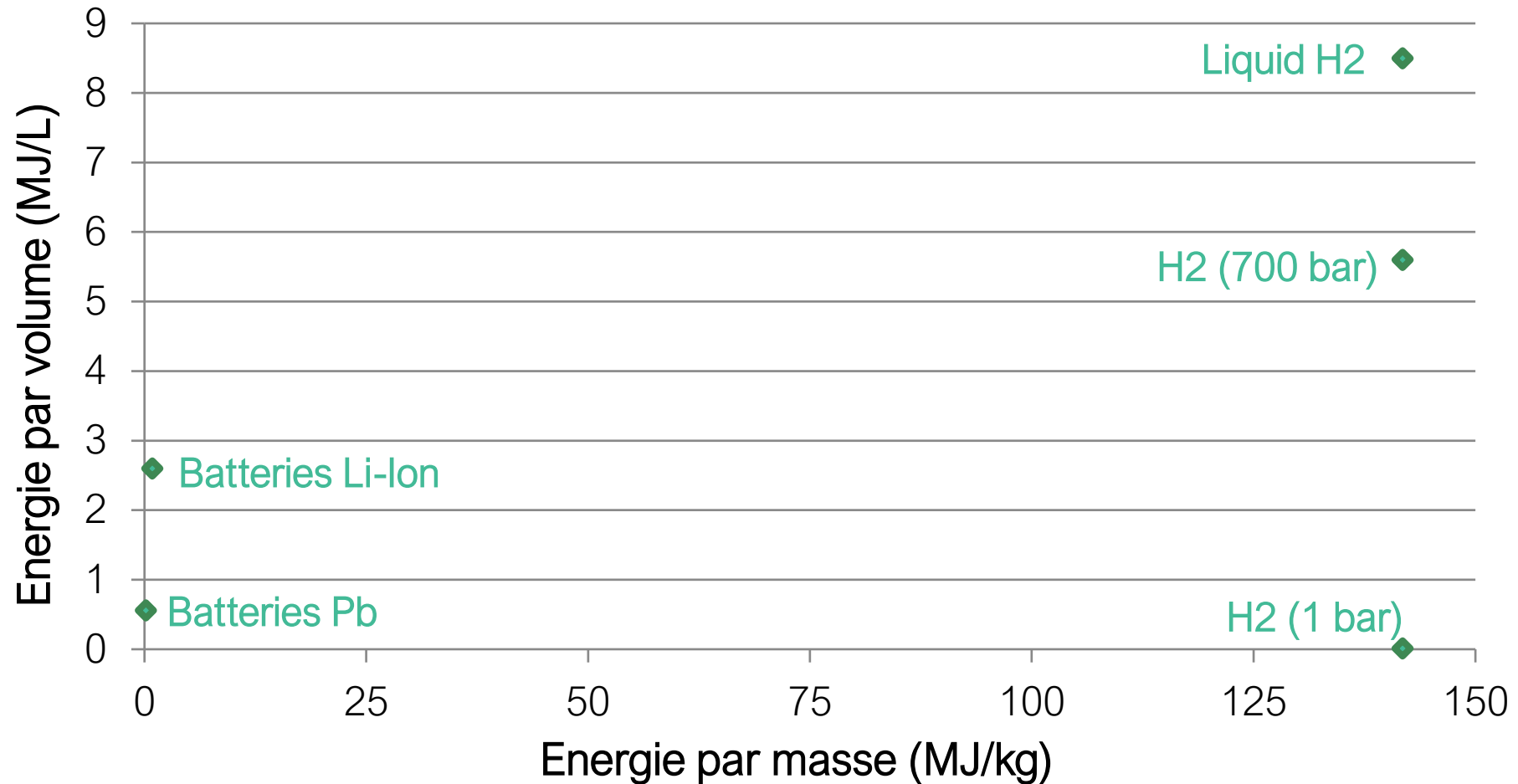
- 1 Bassin supérieur
- 2 Bassin supérieur
- 3 Conduites forcées
- 4 Salle des machines
- 5 Liaison bassin inférieur
- 6 Prise d'eau inférieure
- 7 Bassin inférieur
- 8 Dignes inférieures
- 9 Lignes haute tension



Source: Power-to-ammonia, Institute for Sustainable Process Technology, 2017

# Pourquoi stocker l'électricité dans des molécules ?

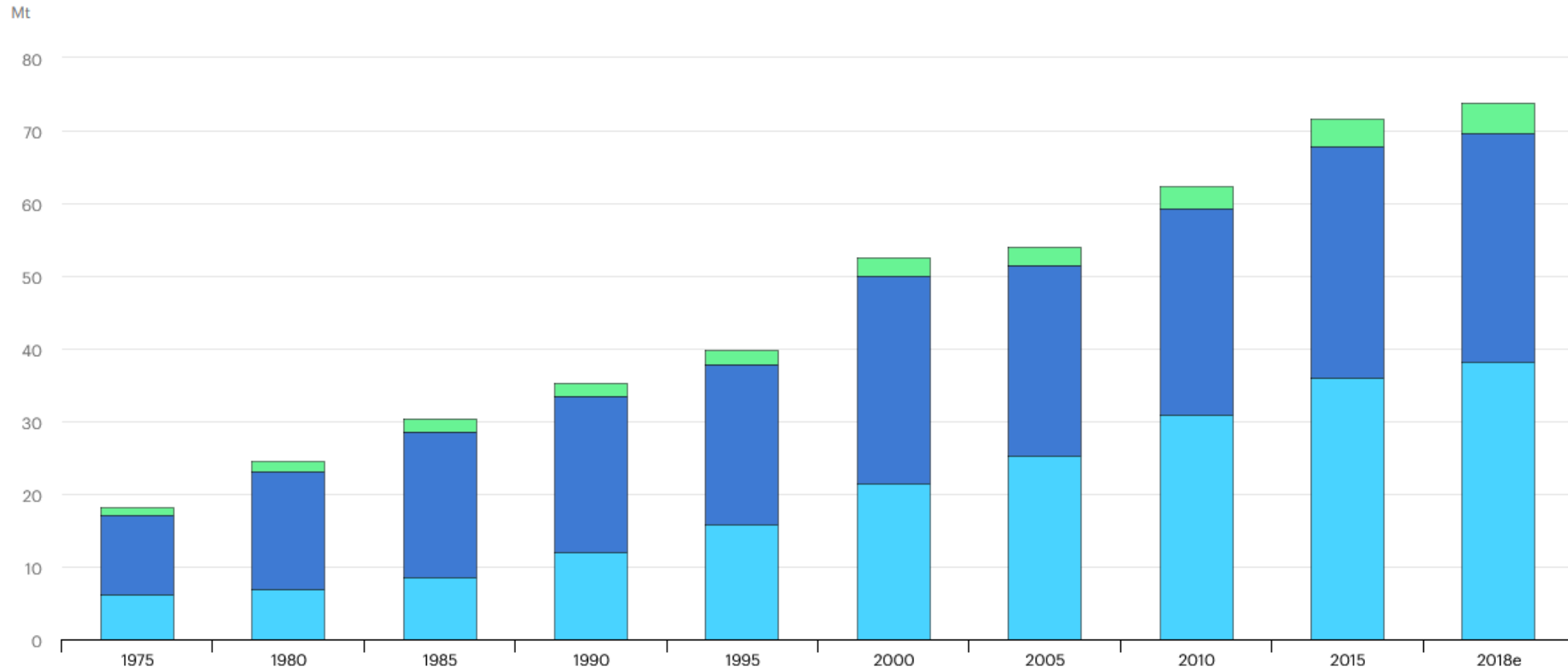
- Concept de **densité énergétique**



# Hydrogène

---

# L'hydrogène n'est pas nouveau



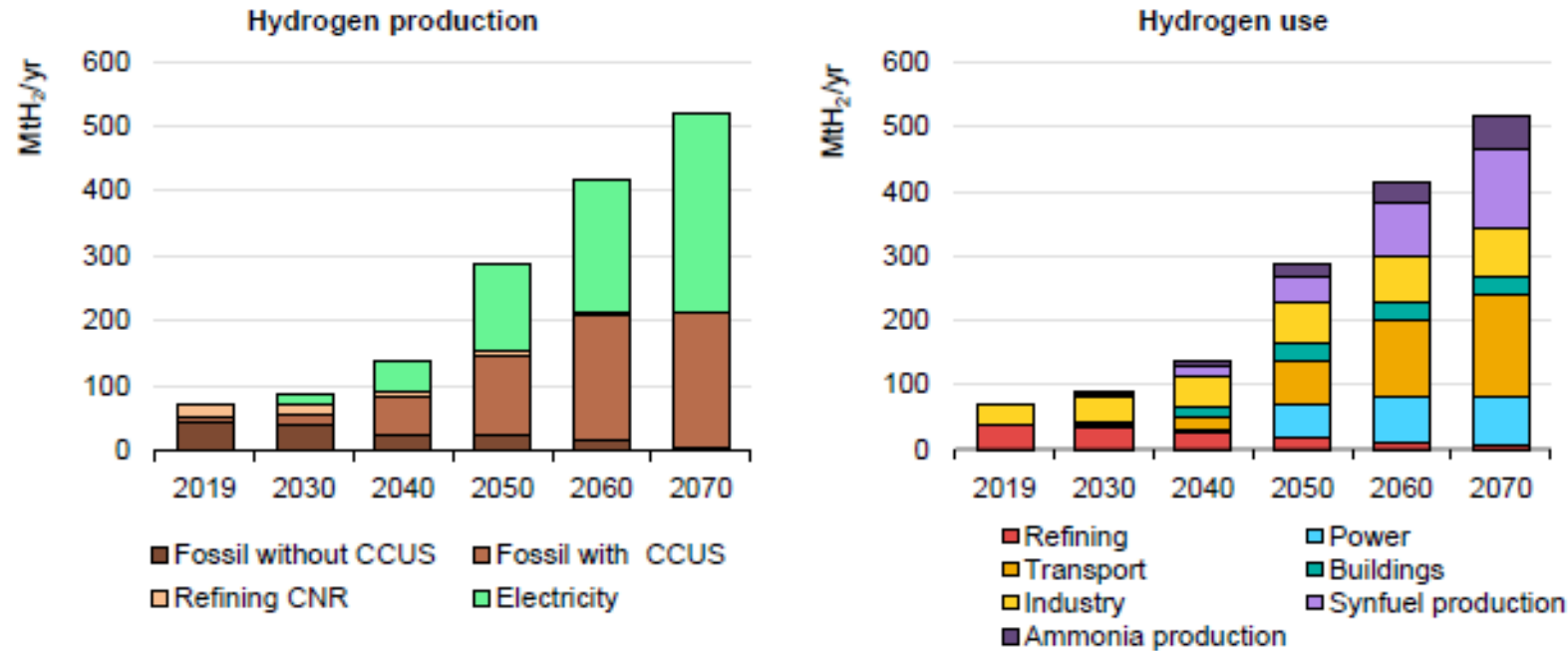
Source: IEA, *Global demand for pure hydrogen, 1975-2018*, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-demand-for-pure-hydrogen-1975-2018>

● Refining ● Ammonia ● Other

~100 Mt en 2024

# Prédictions pour la demande et la production d'H<sub>2</sub>

Figure 2.15 Global hydrogen production by fuel and hydrogen demand by sector in the Sustainable Development Scenario, 2019-70



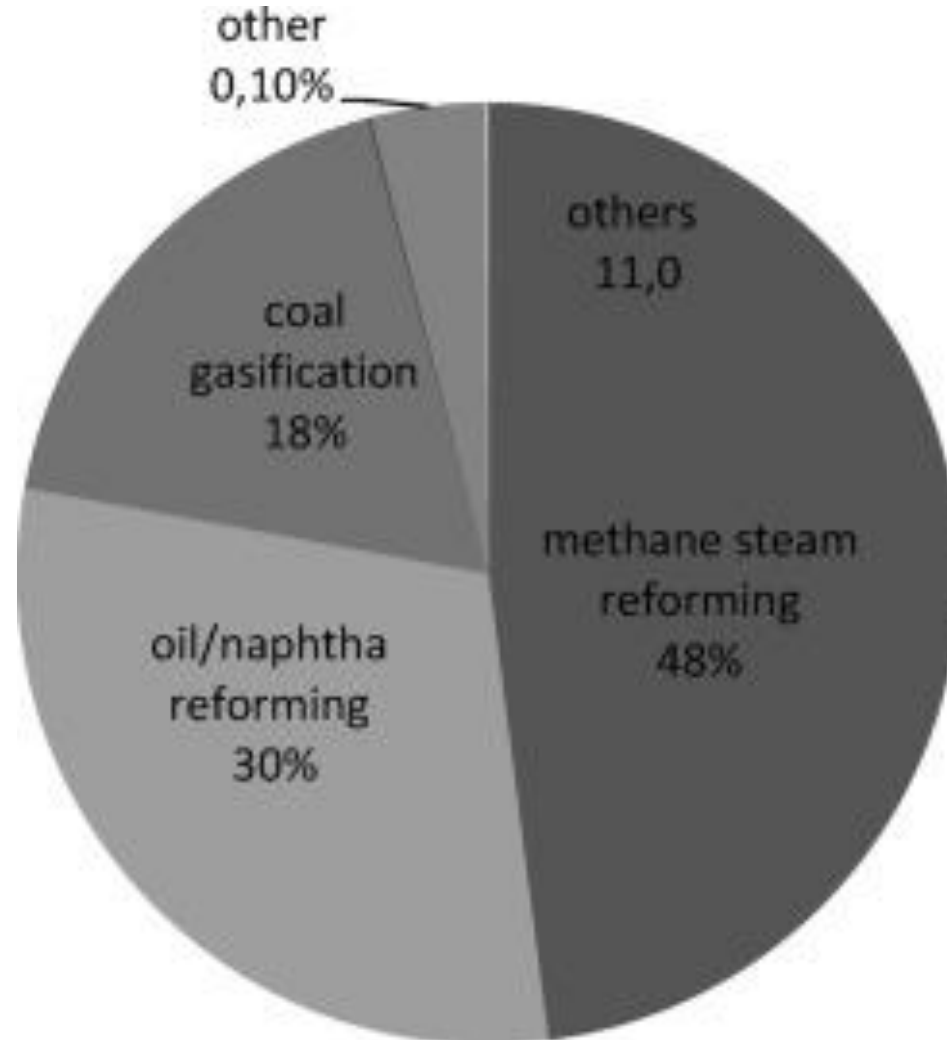
IEA 2020. All rights reserved.

Notes: CCUS = carbon capture, utilisation and storage. *Refining CNR* refers to the production of hydrogen as a by-product of catalytic naphtha reforming in refineries. *Ammonia production* refers to the fuel production for the shipping sector. Hydrogen use for industrial ammonia production is included within the industry use.

IEA, 2020. Energy technology perspectives 2020

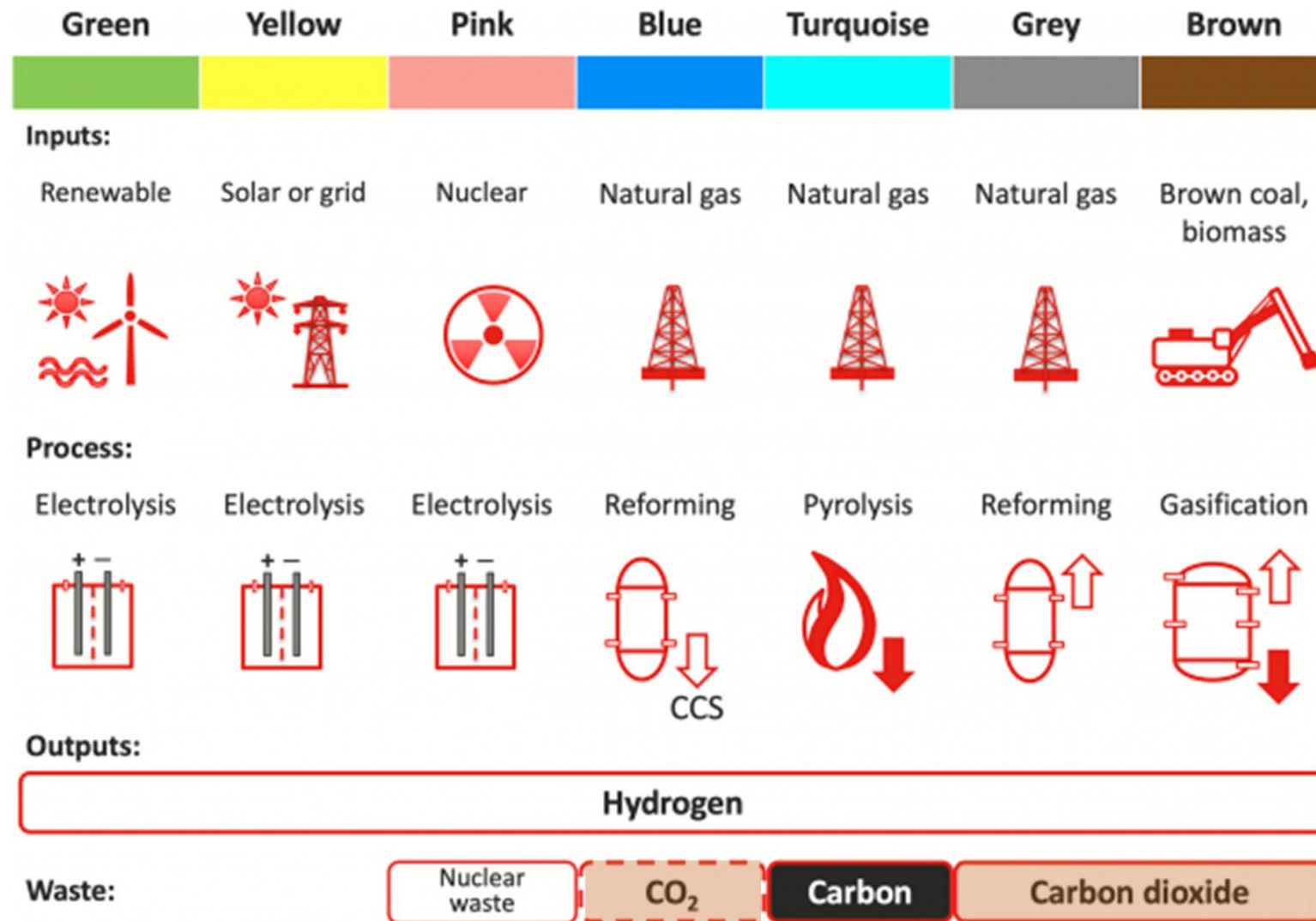
# Moyens de production de l'H<sub>2</sub>

---



<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.08.219>

# Les couleurs de l'H<sub>2</sub>



Prof. Joris Proost, UCLouvain

# Limites de la production d'H<sub>2</sub> : le facteur économique

---

| Mode de production de l'H <sub>2</sub>  | Coût moyen de production en UE (€/kg) |
|---|---------------------------------------|
| Vaporeformage du méthane (H <sub>2</sub> gris)  | 3,3                                   |
| Vaporeformage du méthane avec unité de capture du CO <sub>2</sub> formé (H <sub>2</sub> bleu) | 4,12                                  |
| Electrolyse de l'eau alimentée par des énergies renouvelables (H <sub>2</sub> vert)           | 6,71                                  |

<https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/hydrogen-landscape/production-trade-and-cost/cost-hydrogen-production>

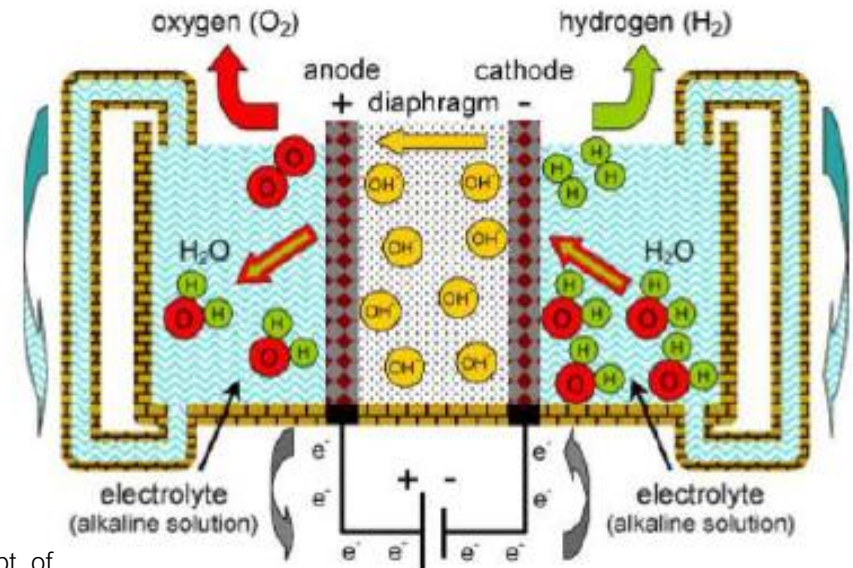
# Production d'H<sub>2</sub> par électrolyse de l'eau

## ◦ 4 technologies :

- Electrolyse alcaline = technologie la **plus mature**, la **plus durable**, la **moins chère**
- Electrolyse à membrane échangeuse de protons = technologie la **plus flexible**
- Electrolyse haute température à oxyde solide = technologie la **plus efficace**
- Electrolyse à membrane échange d'anions

Réaction à la **cathode** (réduction) :  $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{OH}^- + \text{H}_2$

Réaction à l'**anode** (oxydation) :  $2 \text{OH}^- \rightarrow \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^-$



A. Barbucci, 2016, *Electrolysers and Fuel Cells*, University of Genova, Dept. of Chemical Engineering

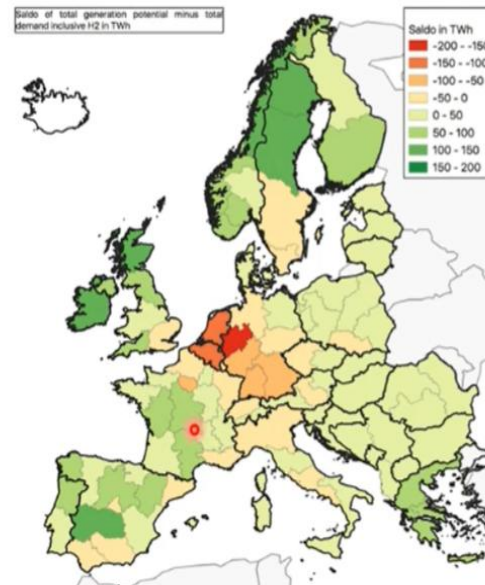
# Une économie H<sub>2</sub> en Europe...

## ◦ Projet REPowerEU :

- Objectif pour 2030 = produire 10 Mtpa + importer 10 Mtpa
- H<sub>2</sub> produit à partir d'énergies renouvelables ou bas carbone

### Local RES potential insufficient for carbon neutrality in NW-EU

Import of significant amount of renewable energy is needed

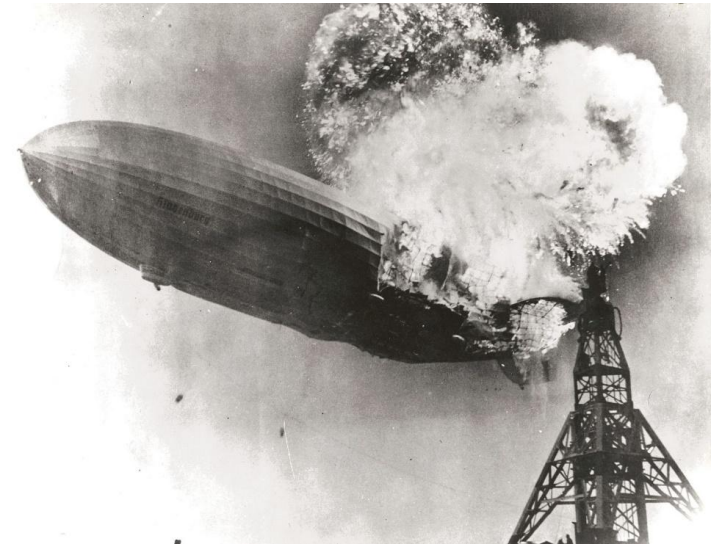


D. Marenne, Engie, Power-to-molecules SRBE Webinar, Nov-Dec 2020

# ...pas si simple

---

- $H_2$  = **gaz à effet de serre** indirect (rallonge le temps de vie du méthane)
- Or,  $H_2$  est une **très petite molécule**, donc risques de fuite importants
- **Mauvaise réputation**, donc mauvaise perception du public
- **Densité énergétique** par unité de volume **très faible**
  - Stockage et transport compliqués



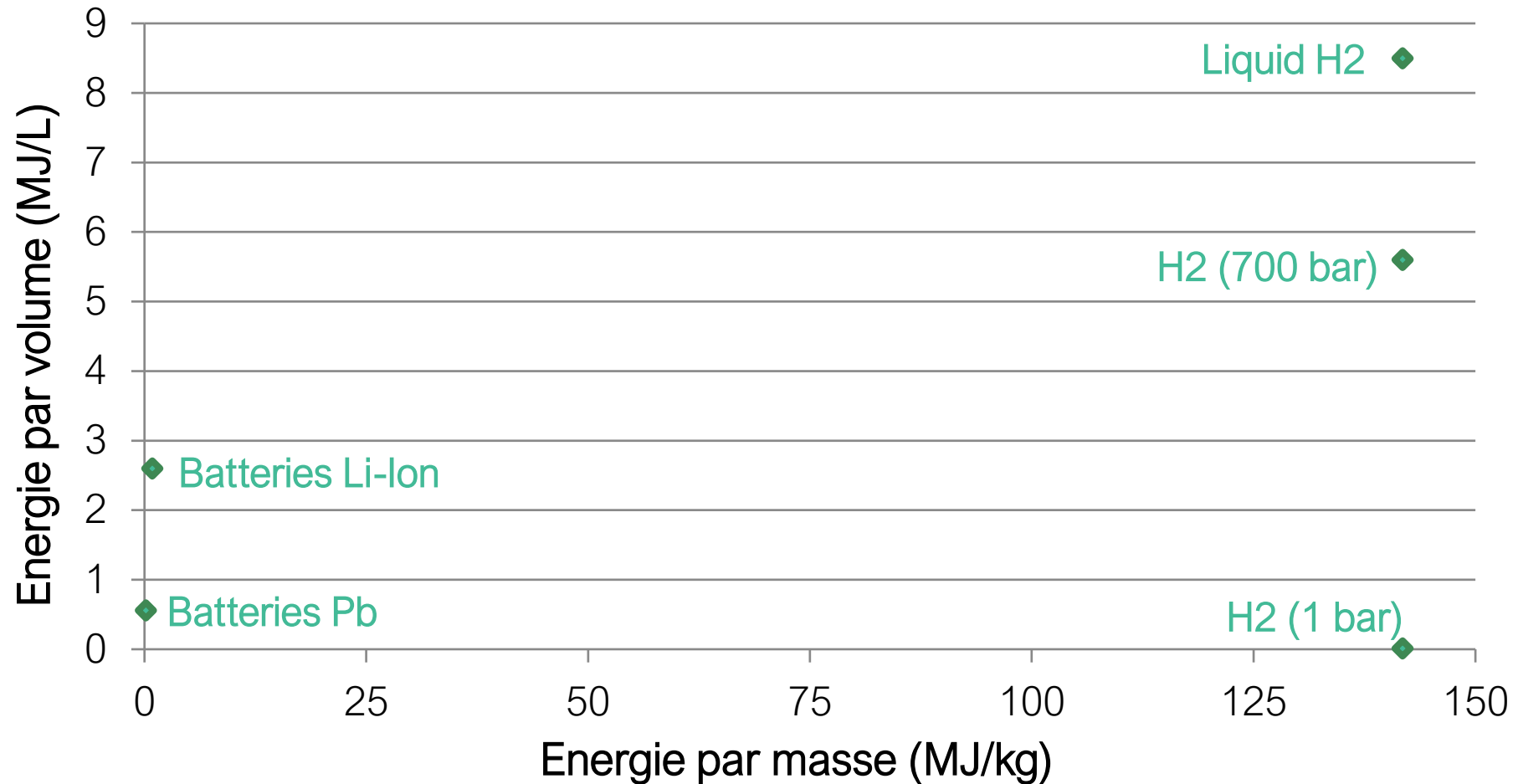
# Valorisation du CO<sub>2</sub>

## Carburants synthétiques

---

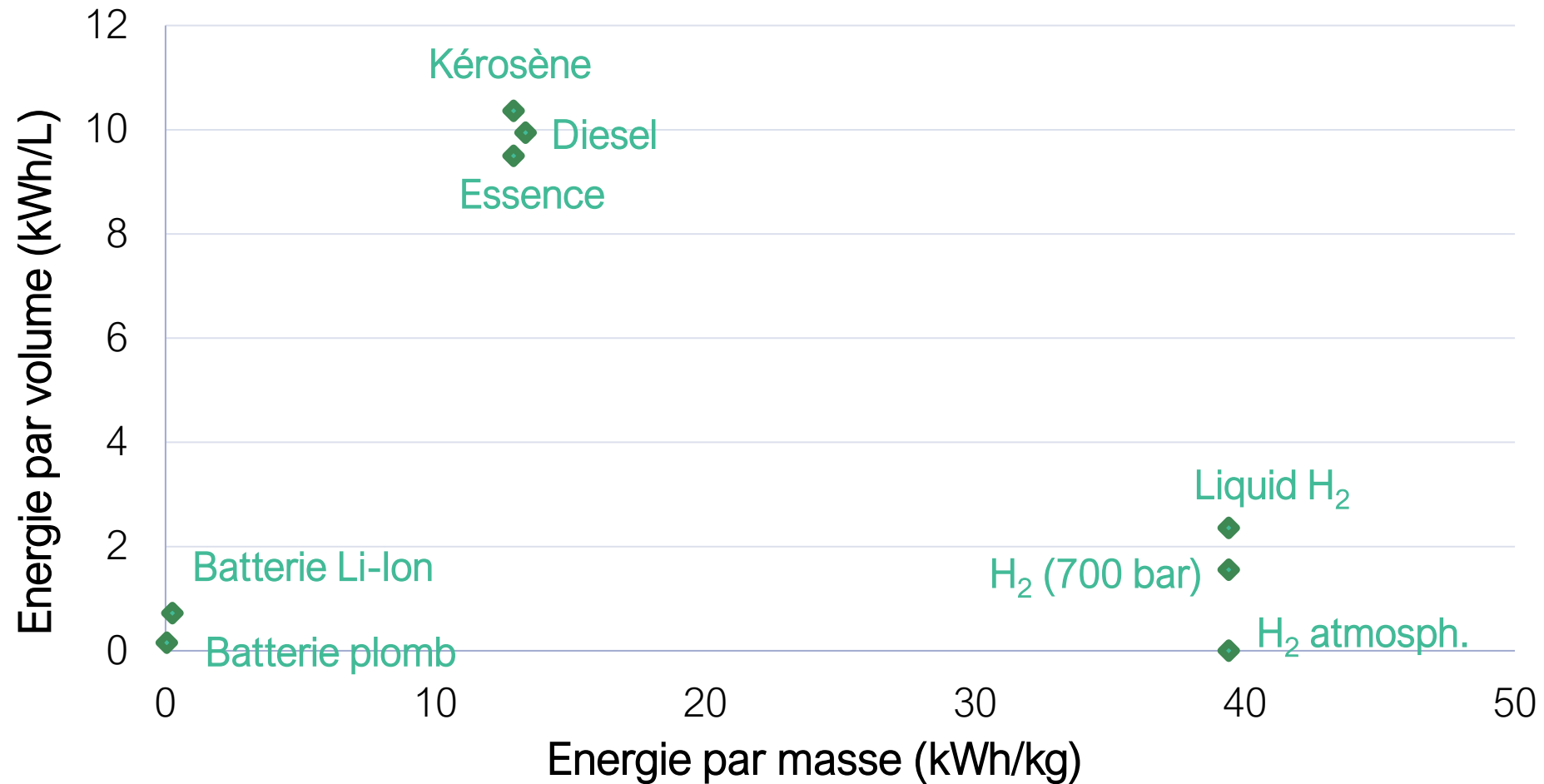
# Pourquoi stocker l'électricité dans des molécules ?

- Concept de **densité énergétique**



# Pourquoi stocker l'électricité dans des molécules ?

- 5x plus d'énergie dans 1L de kérosène vs. 1L d'H<sub>2</sub> liquide



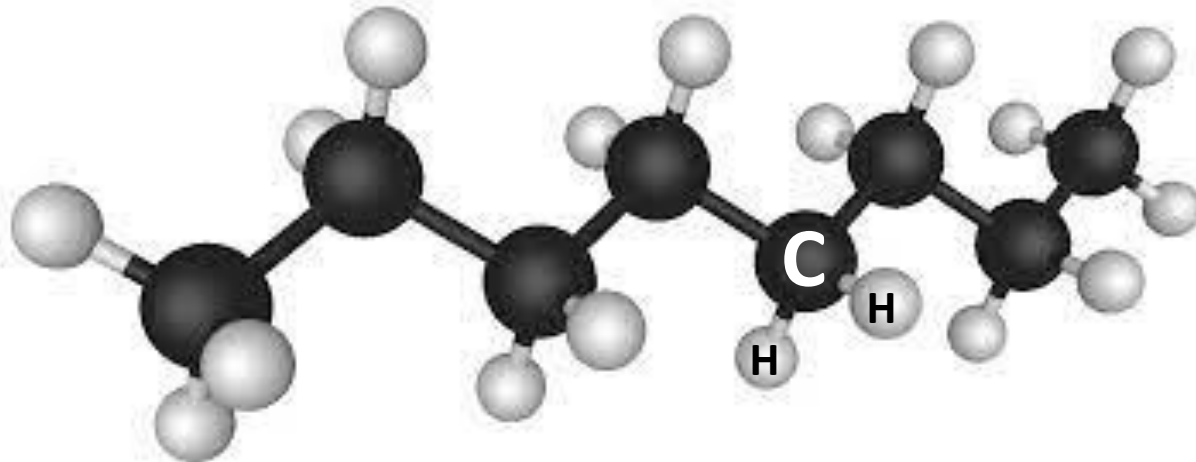
# Composition générique des carburants synthétiques

- Carburants :

- Méthane
- Méthanol
- Essence
- Diesel
- Kérosène
- LPG

**Point commun** = tous ces composés sont issus de ressources fossiles (gaz, pétrole, charbon)

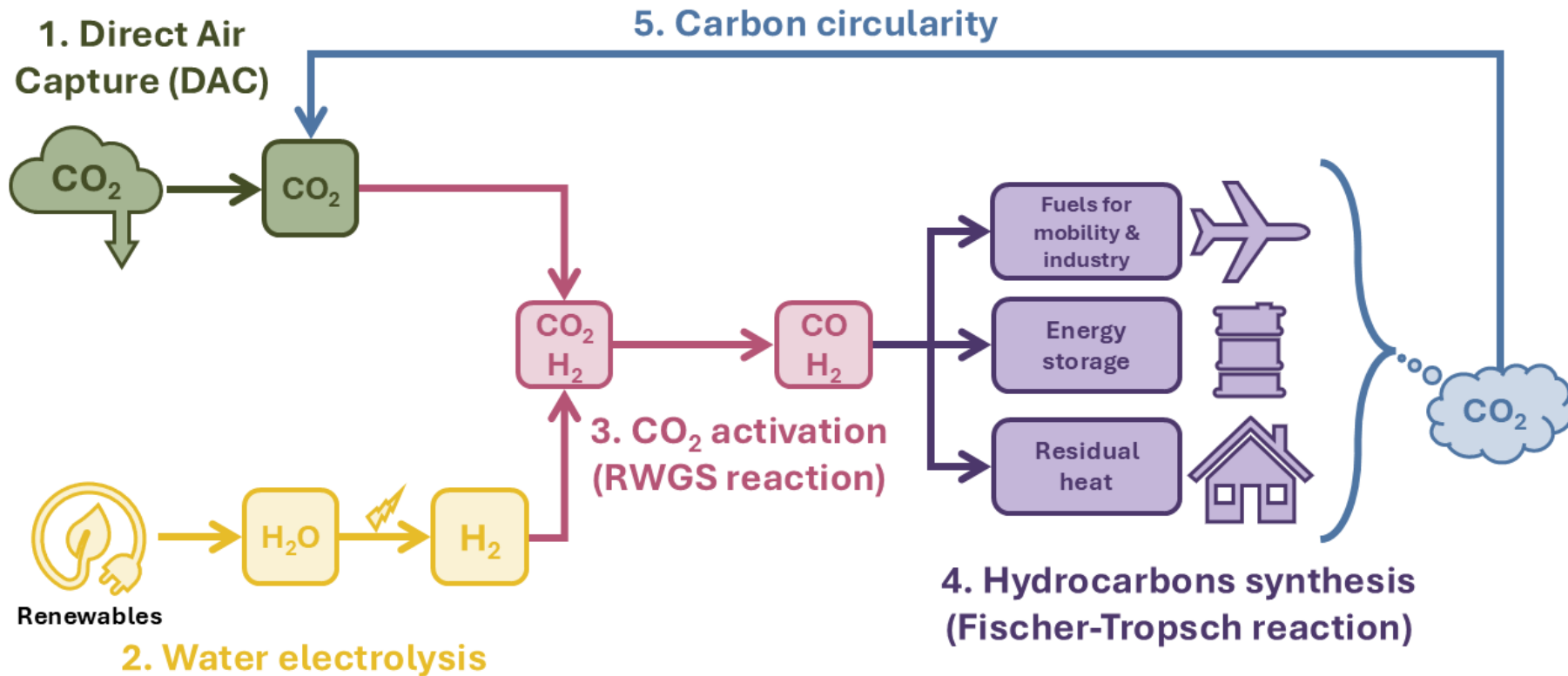
| Composition du pétrole |          |
|------------------------|----------|
| Carbone (C)            | 83 – 87% |
| Hydrogène (H)          | 10 – 14% |
| Autres (S, N, O...)    | 1 – 3%   |



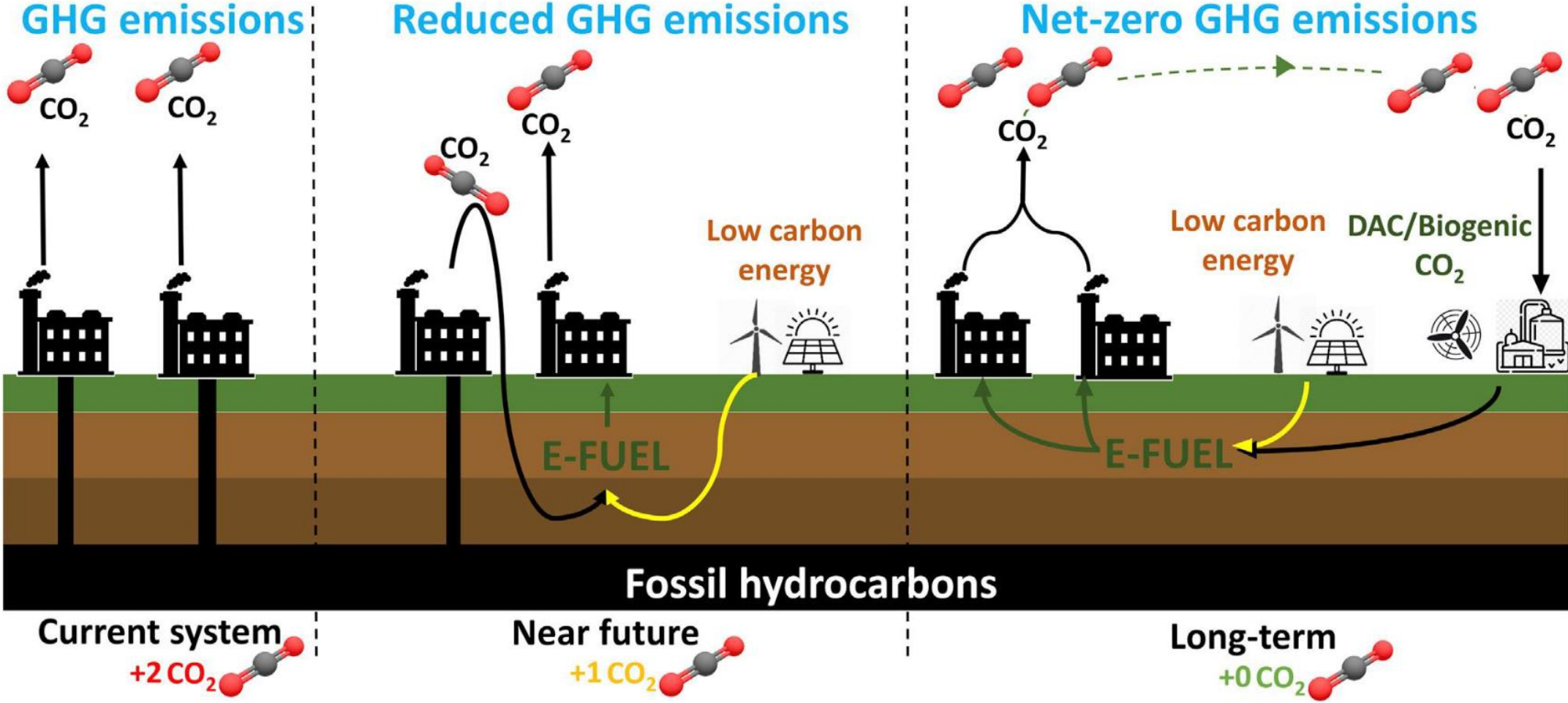
Pour synthétiser les mêmes molécules indépendamment de ressources fossiles : **besoin d'une source de C et d'H**

# Le concept de Power-to-Fuel

- Transport et stockage long terme plus aisés
- Durabilité possible avec des carburants carbonés



# Des émissions de CO<sub>2</sub> postposées ?



Mertens et al., Carbon capture and utilization: More than hiding CO<sub>2</sub> for some time, Joule (2023), <https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.01.005>

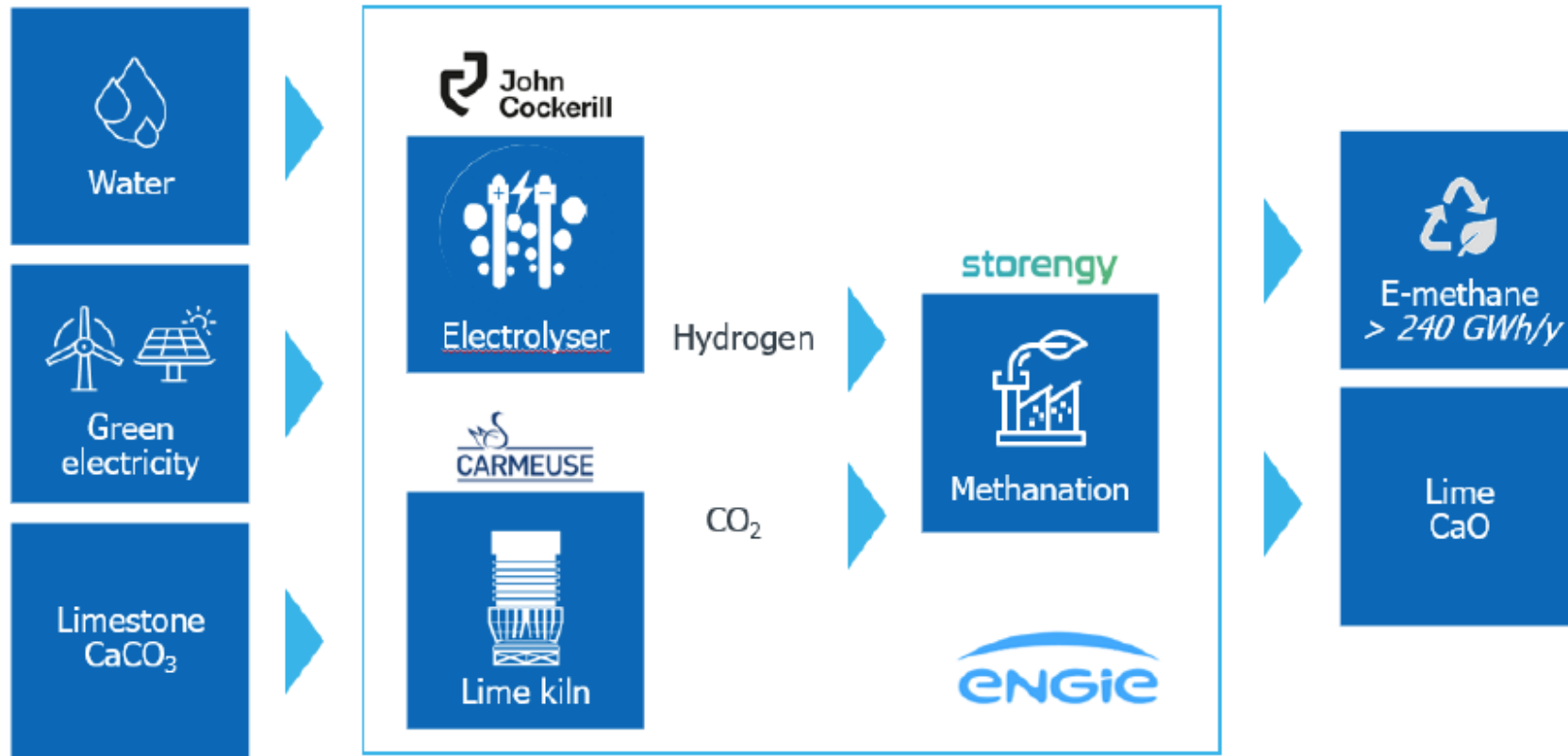
# Power-to-Methane

---



- Réaction de Sabatier (technologie mature)
- Molécule la plus simple synthétisable à partir de  $\text{CO}_2$  et d' $\text{H}_2$
- Production d'e-méthane
- Remplacement du gaz naturel actuellement utilisé dans l'industrie
- Applications dans le domaine spatial

# Power-to-Methane – Le projet COLUMBUS



Projet annulé en 2024 pour raisons économiques et réglementaires

<https://www.carmeuse.com/eu-en/newsroom/global/engie-and-carmeuse-announce-end-columbus-project-due-economic-and-regulatory>

# Challenges associés au Power-to-Methane

---

- Risques de fuites et gaz à effet de serre
- Besoin de beaucoup d'H<sub>2</sub> pour convertir le CO<sub>2</sub>
- Reformage (si on veut récupérer l'H<sub>2</sub>) à haute température
- La dépendance aux infrastructures existantes est importante
- Méthane utilisé principalement pour son énergie

# Power-to-Methanol



- Technologie mature
- Intermédiaire important en pétrochimie
- Peut être utilisé directement comme carburant
- Utilisé comme solvant



# Power-to-Dimethyl Ether (DME)

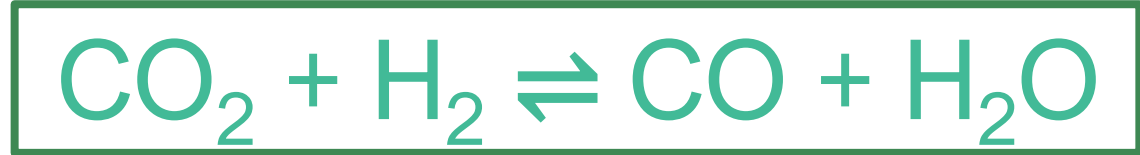
---



- Peut-être synthétisé directement à partir de  $\text{CO}_2$  ou en passant par le méthanol dans un premier temps
- Propriétés similaires au diesel, mais sous pression
- Transport d' $\text{H}_2$

# Power-to-Syngas

---



- Réaction inverse du gaz à l'eau (très haute température)
- Gaz de synthèse utilisé comme intermédiaire dans l'industrie chimique
- Rôle essentiel pour produire des carburants plus complexes (diesel, essence, kérosène)

# Le cas des carburants produits par raffinage du pétrole

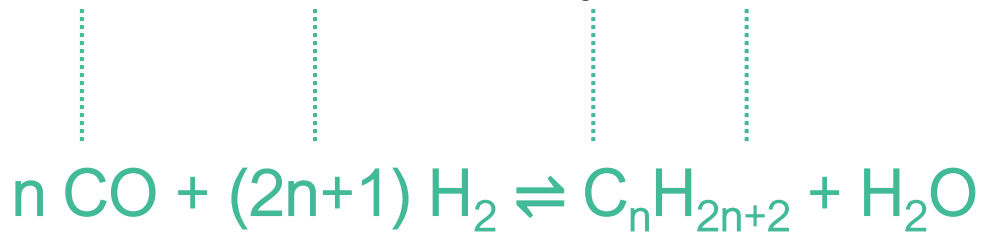
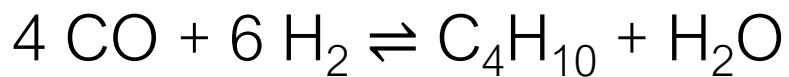
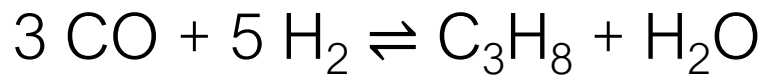
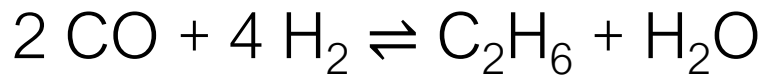
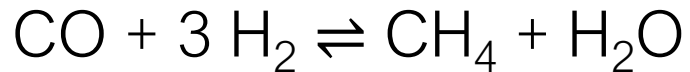
---

- On a parlé de méthane, méthanol, DME et gaz de synthèse
  - Traditionnellement produits à partir de gaz naturel ou de charbon
- Carburants liquides : kérosène, diesel, essence
  - Traditionnellement produits à partir du raffinage du pétrole
  - A quoi ressemblent les réactions Power-to-Kérosène, Power-to-Diesel et Power-to-Essence ?

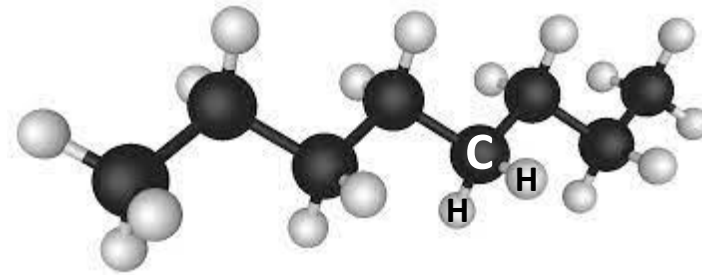
**La chimie de Fischer - Tropsch**

# La chimie de Fischer-Tropsch – Généralités

- La réaction de Fischer-Tropsch est une réaction de type « polymérique » qui ne produit pas qu'une seule molécule, mais une quantité énorme de molécules différentes **à partir de gaz de synthèse (mélange H<sub>2</sub>/CO)**



Production probabilistique d'un mélange de chaînes hydrocarbonées de tailles différentes



Production d'un pétrole synthétique

# La chimie de Fischer-Tropsch – Un procédé historique

- Procédé vieux de 100 ans (1925)
- Utilisé par l'Allemagne pendant la WW2
- Utilisé en Afrique du Sud lors de l'apartheid
- Matière première = gaz naturel ou charbon



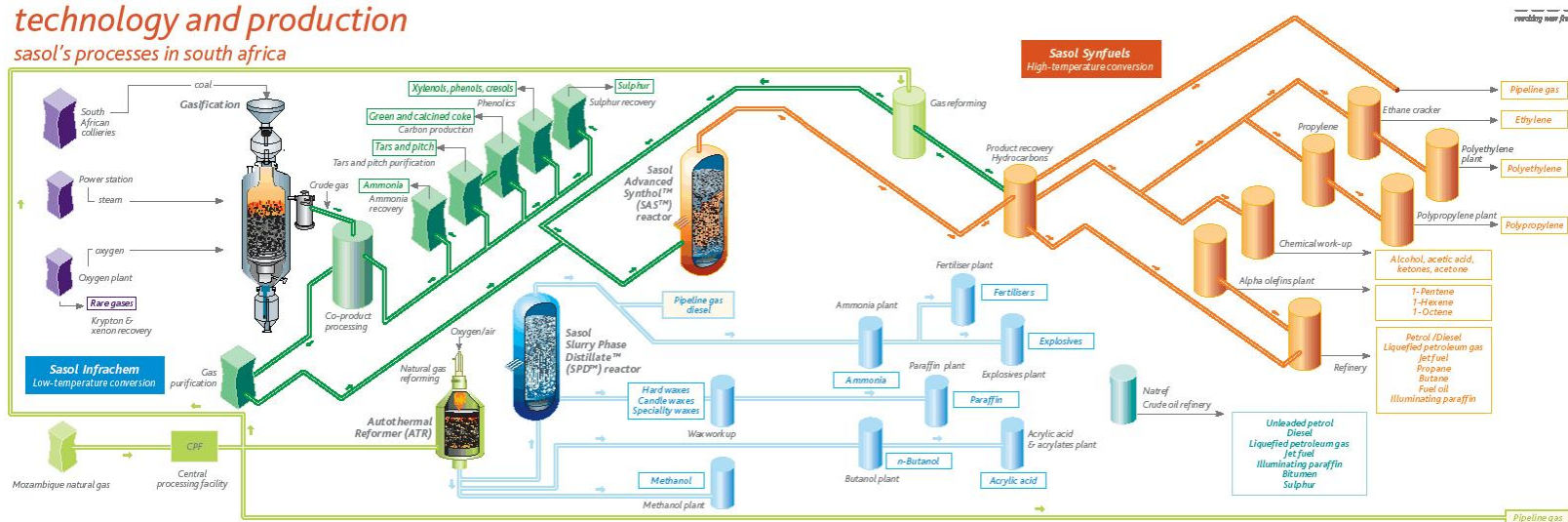
[https://www.researchgate.net/figure/Franz-Fischer-left-and-Hans-Tropsch-middle-inventors-of-Fischer-Tropsch-Synthesis\\_fig1\\_322543096](https://www.researchgate.net/figure/Franz-Fischer-left-and-Hans-Tropsch-middle-inventors-of-Fischer-Tropsch-Synthesis_fig1_322543096)



[https://fr.wikipedia.org/wiki/Hans\\_Tropsch](https://fr.wikipedia.org/wiki/Hans_Tropsch)

## technology and production

### sasol's processes in south africa

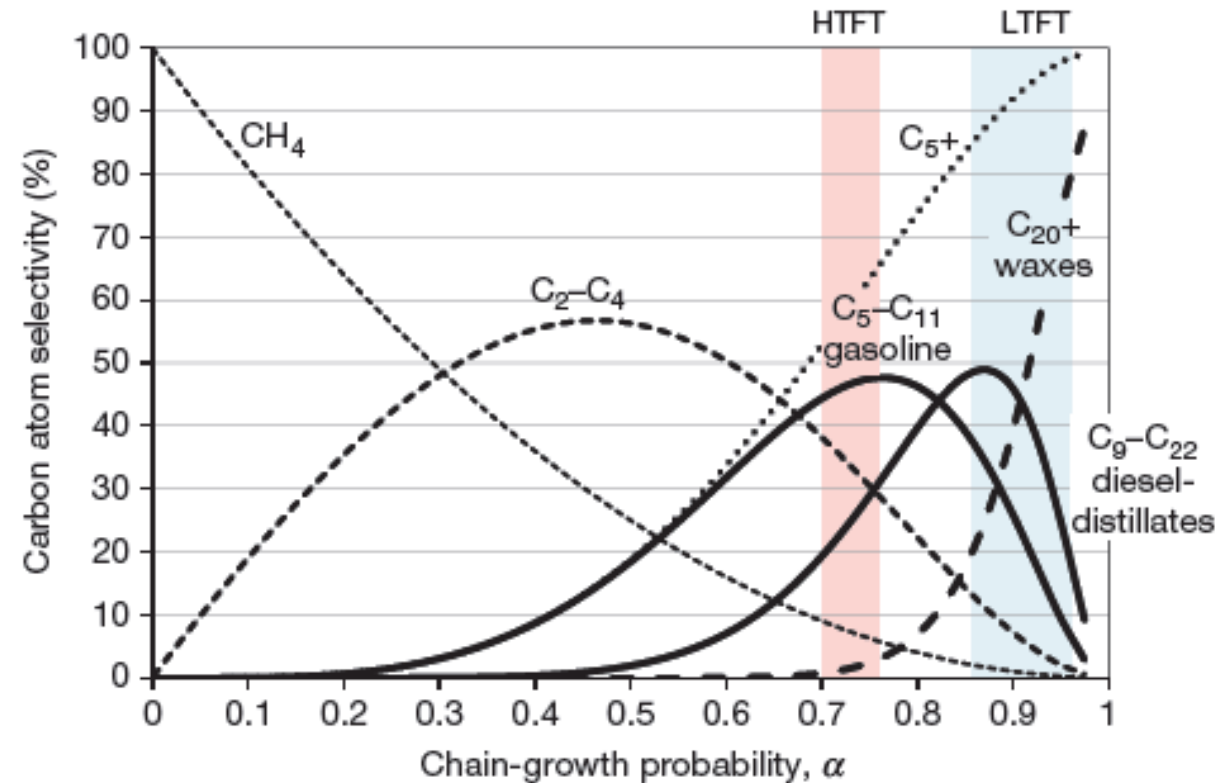


<https://www.netl.doe.gov/research/Coal/energy-systems/gasification/gasifiedia/sasol>

# Du pétrole synthétique au produit fini

- Comme à partir de pétrole fossile, séparation et raffinage
- Possibilité aussi de jouer sur les paramètres de la réaction pour adapter la distribution de produits obtenus
  - Température
  - Ratio entre quantité d'H<sub>2</sub> et de CO
  - Type de catalyseurs

| Produit fini | Composition du mélange |
|--------------|------------------------|
| Essence      | C5 – C11               |
| Diesel       | C9 – C22               |
| Kérosène     | C8 – C16               |



[https://www.researchgate.net/figure/Hydrocarbon-product-spectrum-that-is-produced-during-Fischer-Tropsch-synthesis-for\\_fig6\\_342241602](https://www.researchgate.net/figure/Hydrocarbon-product-spectrum-that-is-produced-during-Fischer-Tropsch-synthesis-for_fig6_342241602)

# La réaction de Fischer-Tropsch à partir de CO<sub>2</sub>

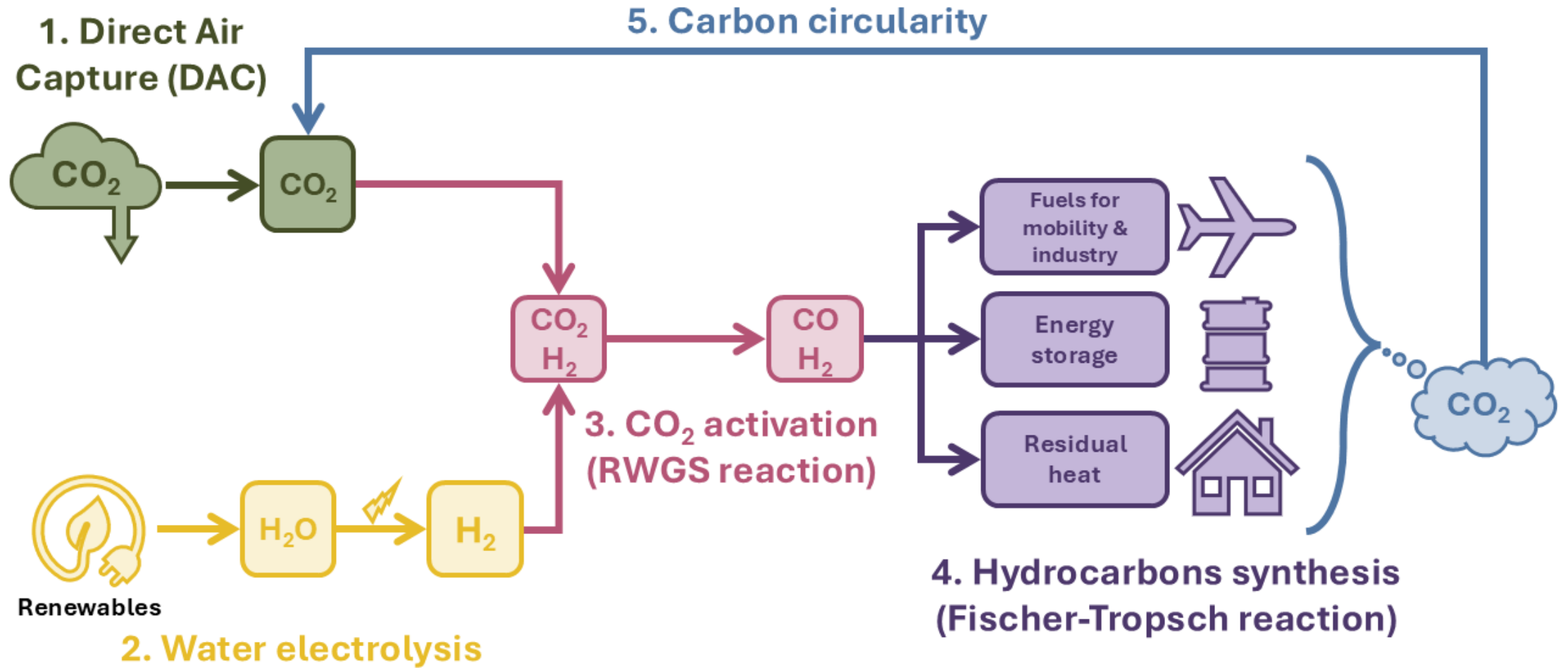
---

A partir de CO :  $n \text{ CO} + (2n+1) \text{ H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + \text{H}_2\text{O}$

A partir de CO<sub>2</sub> :  $n \text{ CO}_2 + (3n+1) \text{ H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + 2n \text{ H}_2\text{O}$

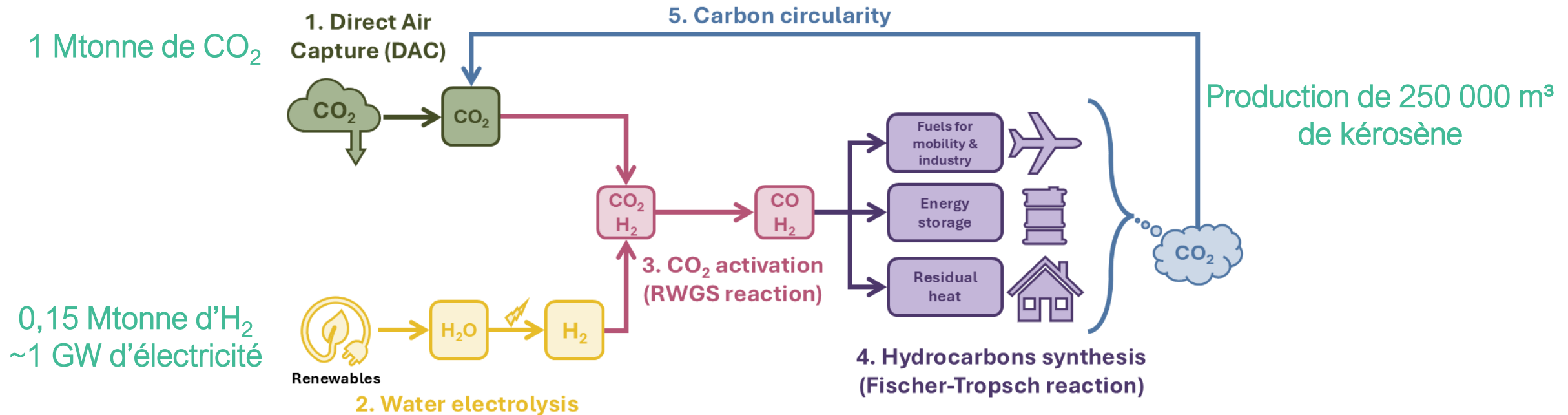
- Pas si simple car :
  - Molécule de CO<sub>2</sub> est très stable
  - Liaisons C-C sont difficiles à réaliser
- Réactions en deux étapes
  1. Activation du CO<sub>2</sub> via la réaction inverse du gaz à l'eau  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
  2. Réaction de Fischer-Tropsch traditionnelle à partir de gaz de synthèse

# La réaction de Fischer-Tropsch à partir de $\text{CO}_2$



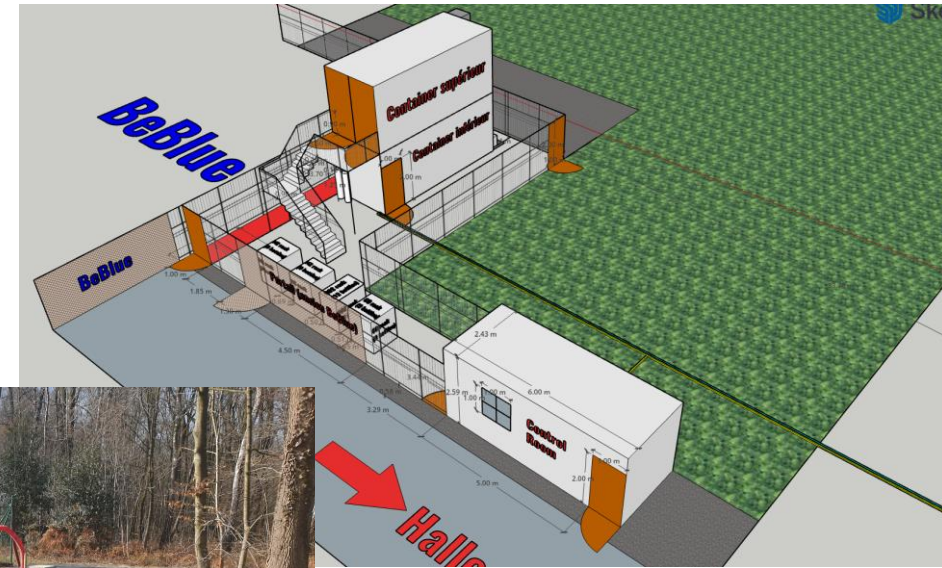
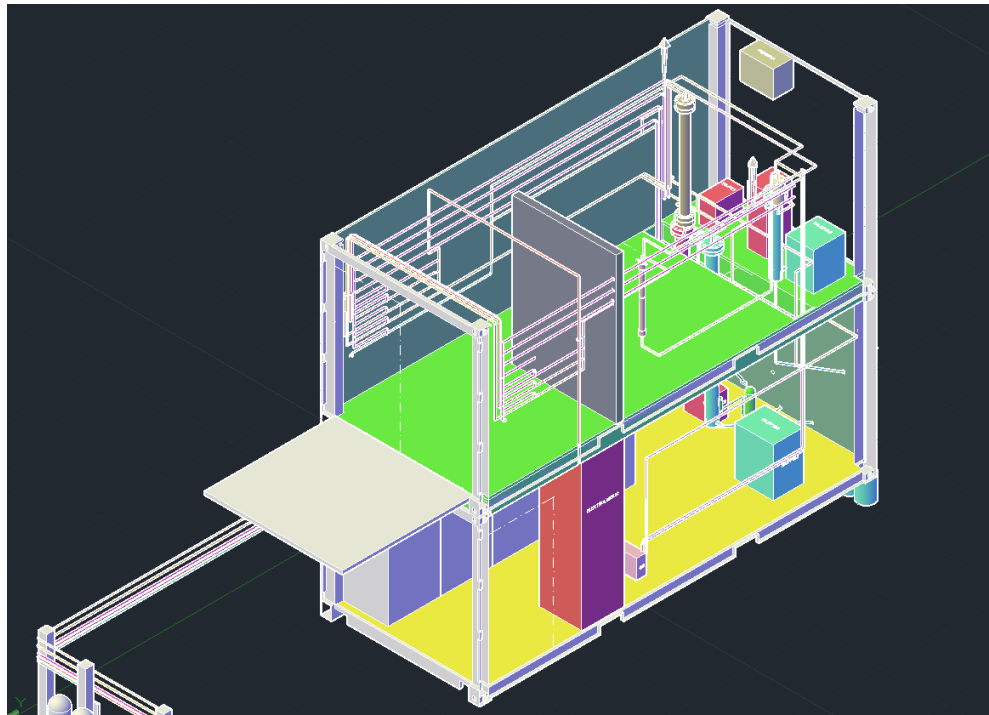
# Power-to-Kérosène – Le projet Neutral-Kero-Lime (NKL)

- Objectif = produire 250 000 m<sup>3</sup> kérosène/an (~40% consommation de Liège Airport)



# Power-to-Kérosène – Le projet Neutral-Kero-Lime (NKL)

- Développement d'un pilote expérimental à l'ULiège
- Production de ~200 mL de kérosène/jour



# Les carburants synthétiques pour la valorisation du CO<sub>2</sub>

---

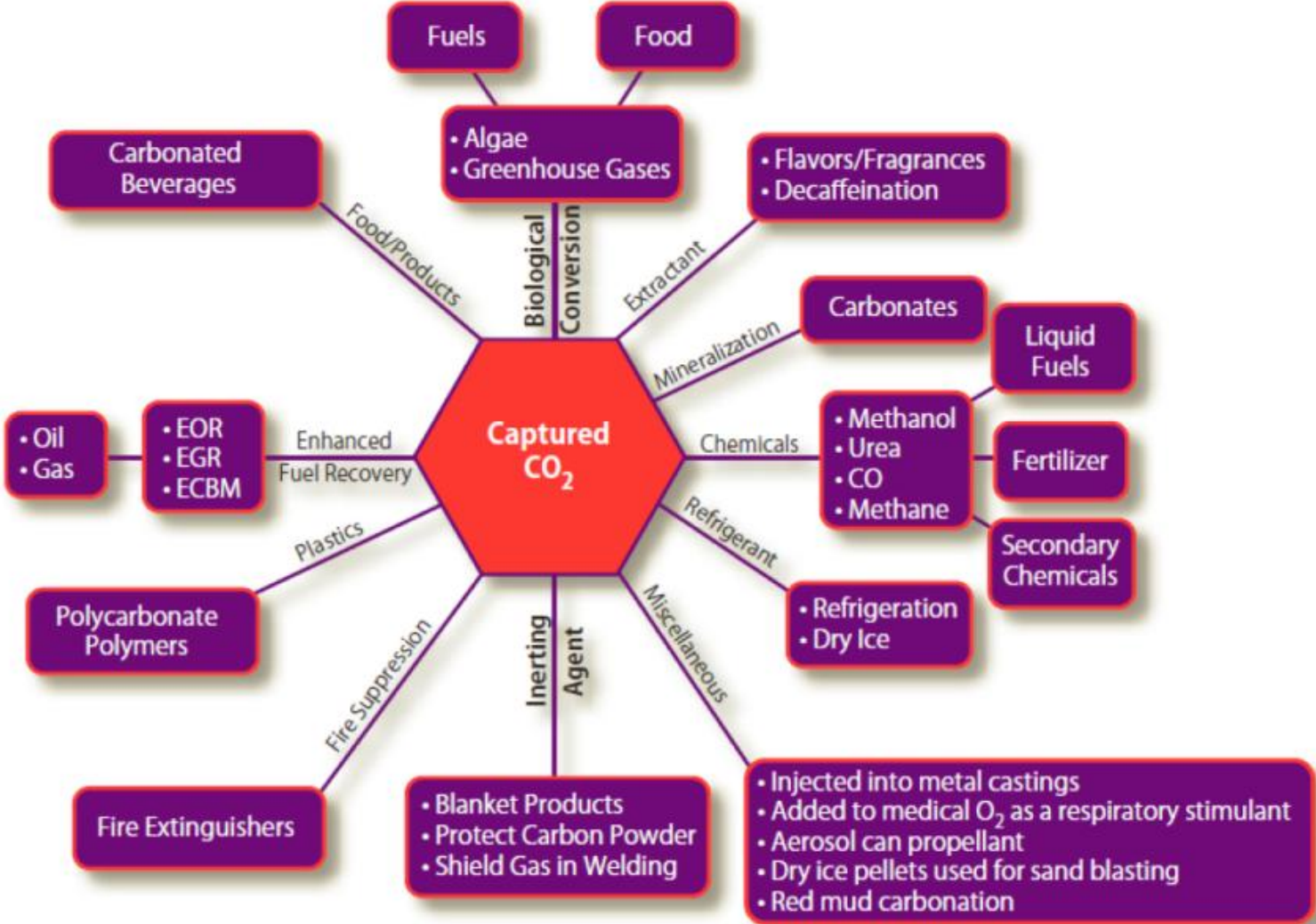
- Marché potentiel énorme (de l'énergie industrielle au transport)
- Possibilité d'utiliser des carburants carbonés de manière durable
- Nécessaire pour les technologies difficiles à électrifier
- Motivé par des régulations européennes (ex : kérosène)
  
- Freins actuel au développement :
  - **Economique** : coût de l'énergie élevé et investissement important nécessaire
  - **Structurel** : besoin d'énergie renouvelable en quantité
  - **Technologique** : efficacité de conversion encore à améliorer

# Valorisation du CO<sub>2</sub>

Autres voies de valorisation

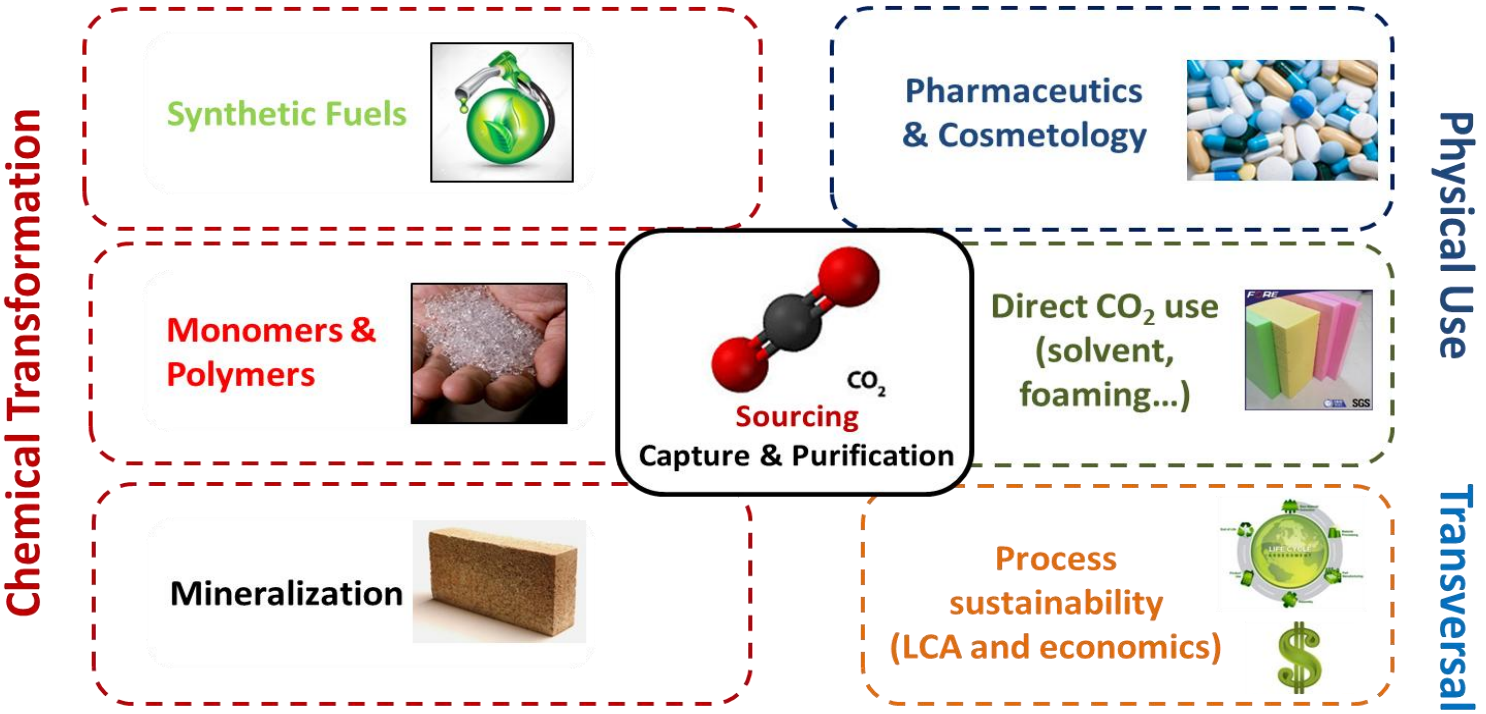
---

# Bien d'autres voies pour valoriser le CO<sub>2</sub>



# Bien d'autres voies pour valoriser le CO<sub>2</sub>

- A l'ULiège, plateforme transversale pour la valorisation du CO<sub>2</sub>

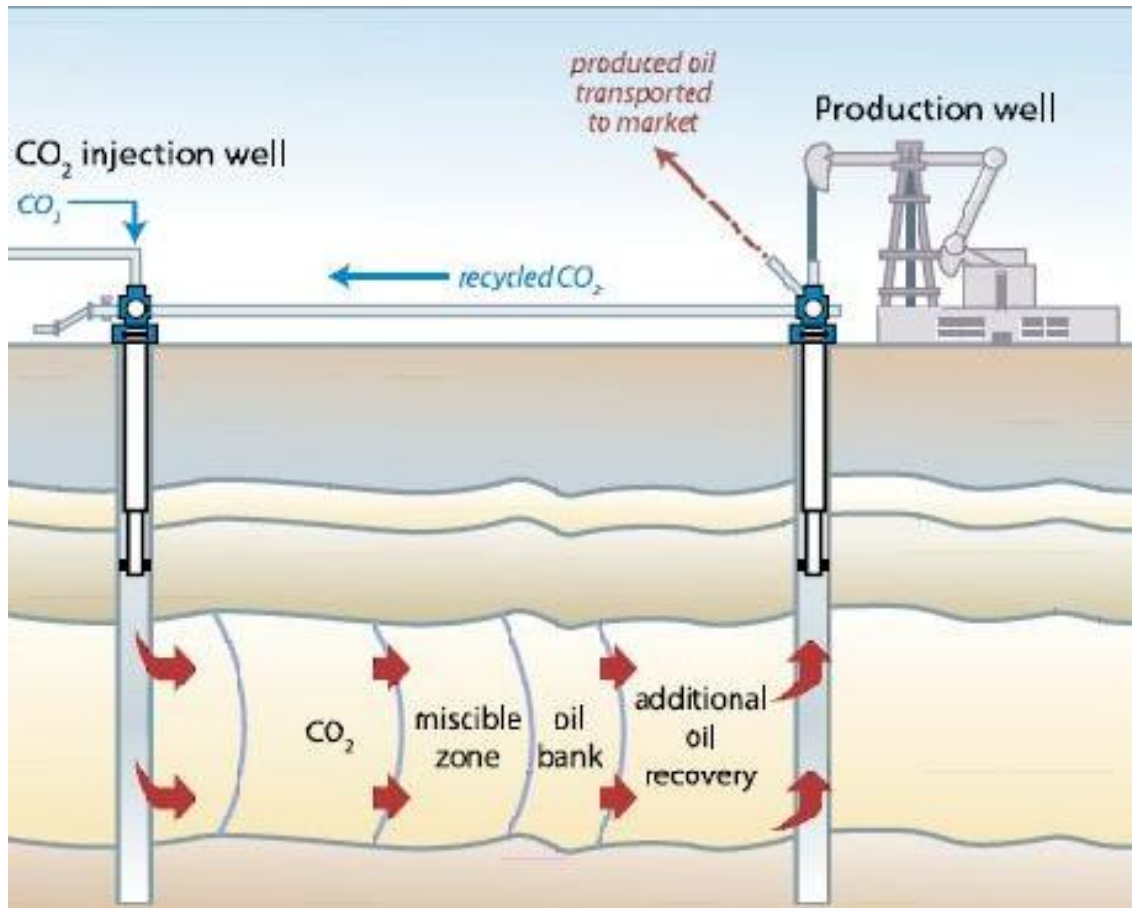


[www.chemeng.uliege.be/fritco2t](http://www.chemeng.uliege.be/fritco2t)

**FRITCO2T**  
*Federation of Researchers in Innovative Technologies for CO<sub>2</sub> Transformation*

# Utilisation directe du CO<sub>2</sub> – La récupération améliorée de pétrole

- Récupération de pétrole piégé ou immobile

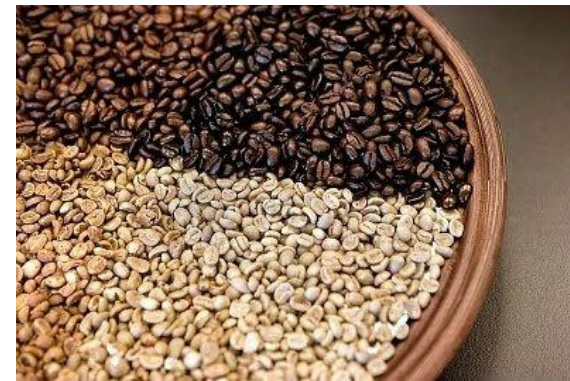


|   | RAH |
|---|-----|
| Potentiel d'émergence                     | 4   |
| Perspectives économiques                  | 4   |
| Consommation énergétique externe          | 3   |
| Volume potentiel de CO <sub>2</sub>       | 2   |
| Durée de séquestration du CO <sub>2</sub> | 4   |
| Autres impacts environnementaux           | 4   |

Panorama des voies de valorisation du CO<sub>2</sub>,  
Rapport ADEME, June 2010

# Utilisation directe du CO<sub>2</sub> – Alimentation

- Besoin de puretés extrêmement élevées ~99,99%
- Faible potentiel de réutilisation
- Seulement du stockage à court-terme



|   | Utilisation industrielle |
|---|--------------------------|
| Potentiel d'émergence                     | 4                        |
| Perspectives économiques                  | 4                        |
| Consommation énergétique externe          | 3                        |
| Volume potentiel de CO <sub>2</sub>       | 2                        |
| Durée de séquestration du CO <sub>2</sub> | 1.5                      |
| Autres impacts environnementaux           | 4                        |

Panorama des voies de valorisation du CO<sub>2</sub>,  
Rapport ADEME, June 2010

# Valorisation du CO<sub>2</sub> par voie biologique

- Consommation du CO<sub>2</sub> par photosynthèse
  - Algues
  - Micro-organismes
- Surface de culture nécessaire importante
- Besoin d'énergie pour les étapes de post-traitement
- Industrialisation plus difficile



|   | Algues-bassins |
|---|----------------|
| Potentiel d'émergence                     | 3              |
| Perspectives économiques                  | 3              |
| Consommation énergétique externe          | 4              |
| Volume potentiel de CO <sub>2</sub>       | 4              |
| Durée de séquestration du CO <sub>2</sub> | 2              |
| Autres impacts environnementaux           | 4              |

# Valorisation du CO<sub>2</sub> par voie biologique

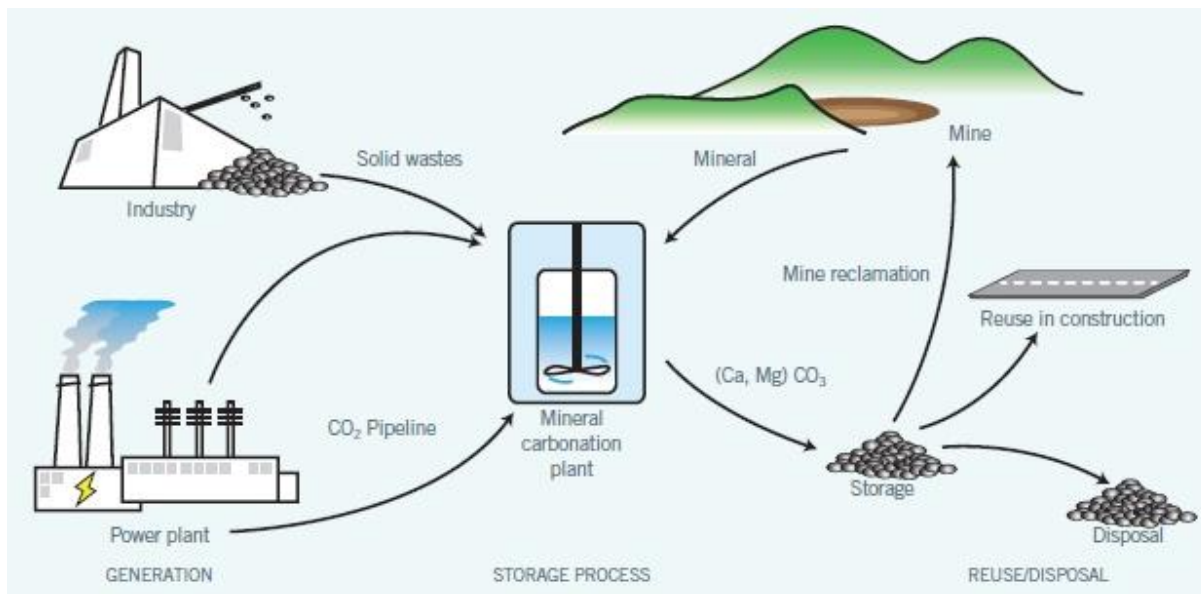
- Différentes variétés de produits peuvent être synthétisés



# Valorisation du CO<sub>2</sub> par voie chimique – La minéralisation

- Minéralisation – Carbonatation
  - $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$
  - $\text{MgO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{MgCO}_3$
  - $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 2 \text{CO}_2 \rightarrow 2 \text{MgCO}_3 + \text{SiO}_2$

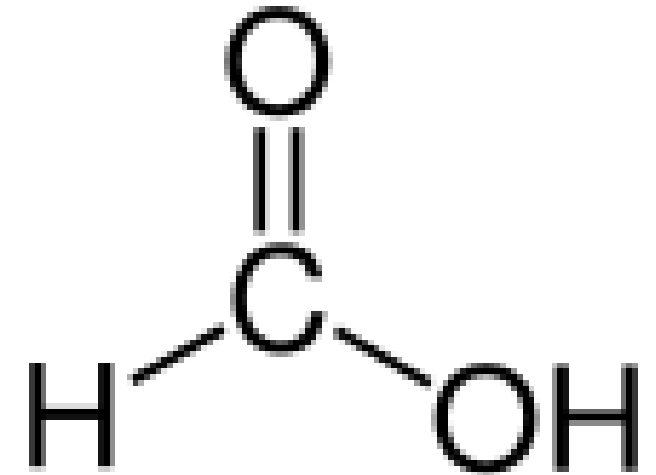
Cas particulier car **réaction spontanée** (théoriquement pas besoin d'apport d'énergie extérieur) mais **réaction lente**



# Valorisation du CO<sub>2</sub> par voie chimique – L'acide formique

---

- Traditionnellement, produit à partir de méthanol et de CO
- Possibilité de production à partir de CO<sub>2</sub> et d'H<sub>2</sub>
  - Niveau de maturité très faible
  - Demande assez faible
  - Pas la voie de valorisation la plus étudiée
- Principalement utilisé comme intermédiaire en chimie



# Valorisation du CO<sub>2</sub> par voie chimique – L'urée

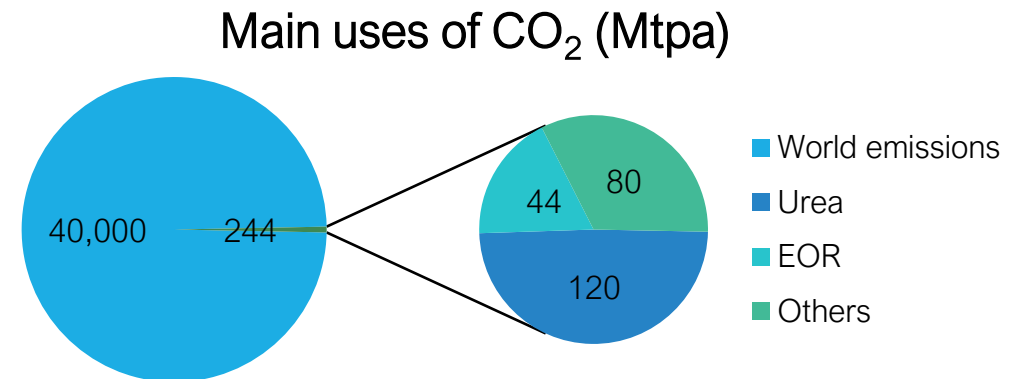
- Production d'urée en 2 étapes :

- Synthèse d'un carbamate à partir d'ammoniac :  $2 \text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{N-COONH}_4$
- Déshydratation du carbamate en urée :  $\text{H}_2\text{N-COONH}_4 \rightleftharpoons \text{NH}_2\text{-CO-NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$

- Utilisation de l'urée :

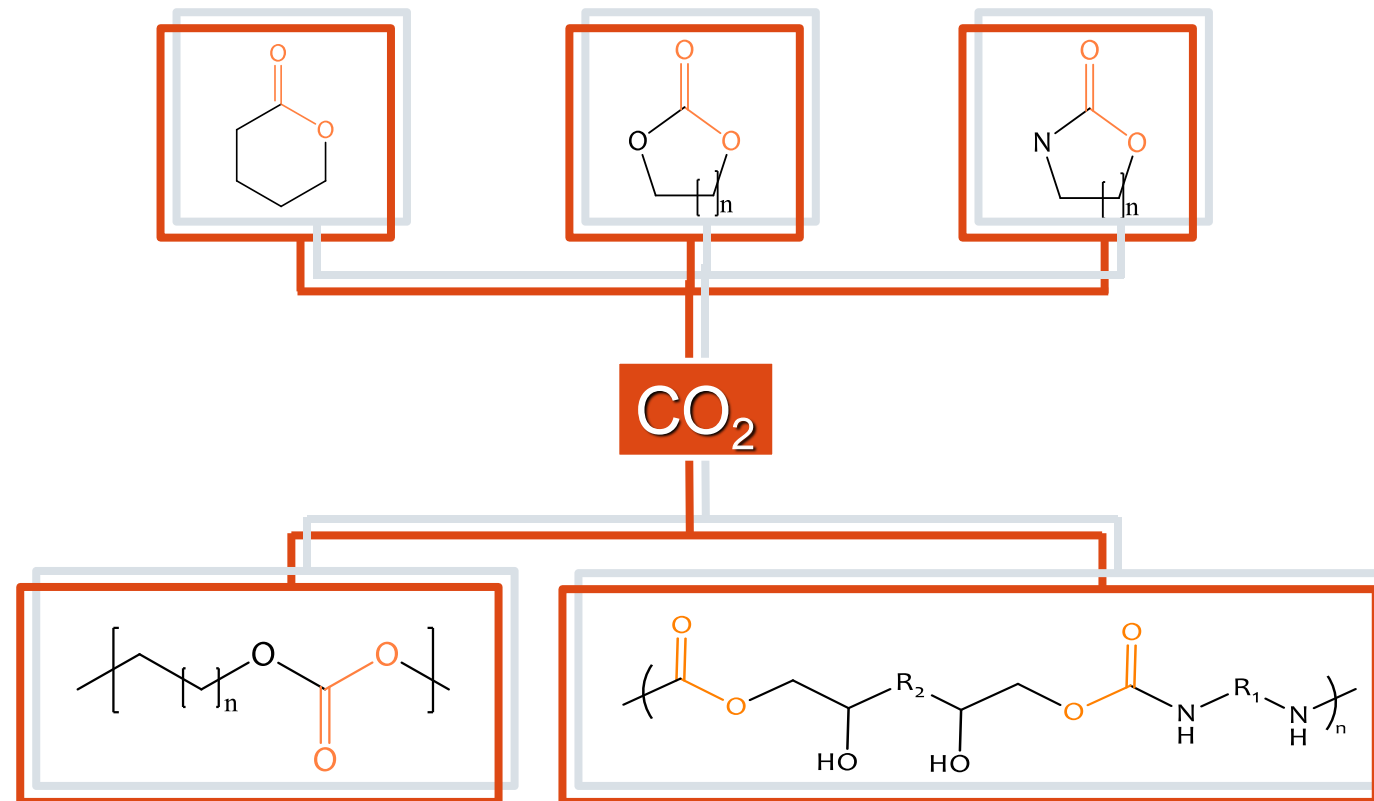
- Rentre dans la composition des engrais azotés
- Système AdBlue (moteur diesel)

- Voie d'utilisation du CO<sub>2</sub> importante (120 MtCO<sub>2</sub>/an)



# Valorisation du CO<sub>2</sub> par voie chimique – La pétrochimie

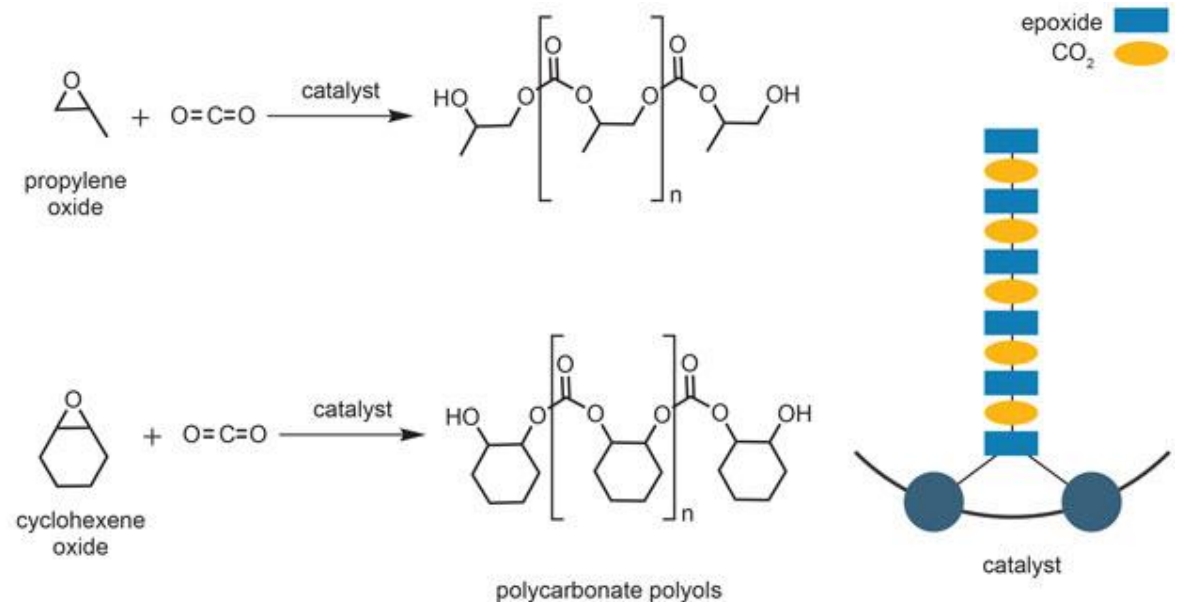
- Utilisation du CO<sub>2</sub> comme monomère dans les chaînes polymères



Gennen & al., *Chemsuschem*, 2015, 11, 1845-1849; Alves & al., *RSC Adv.*, 2015, 5, 53629-53636; Alves & al., *Catal. Sci. Technol.*, 2015, 5, 4636-4643, Poussard & al., *Macromolecules*, 2016, accepted

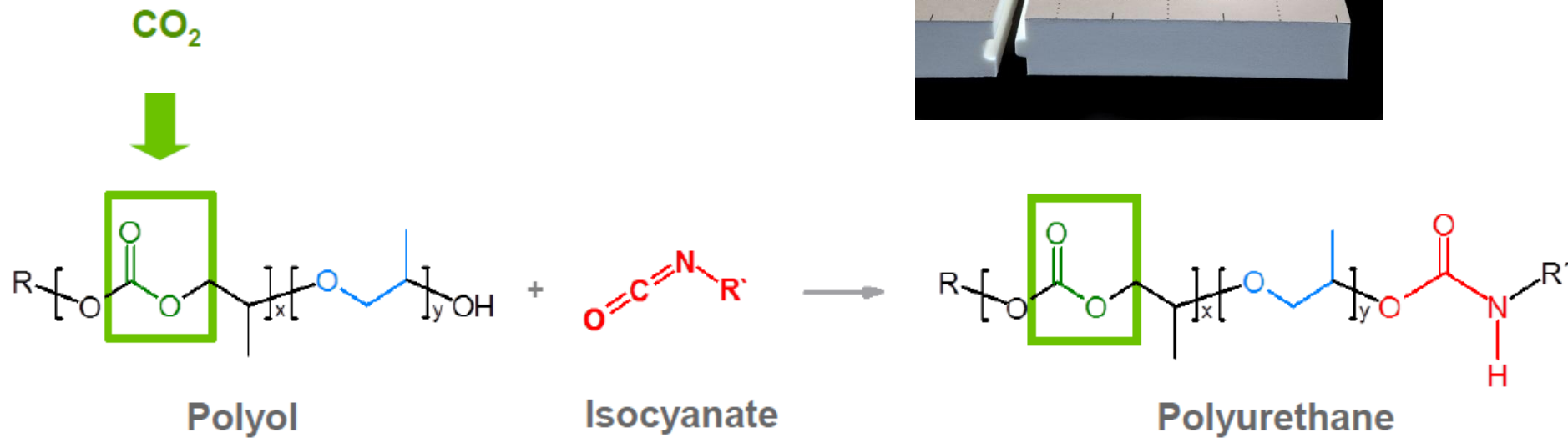
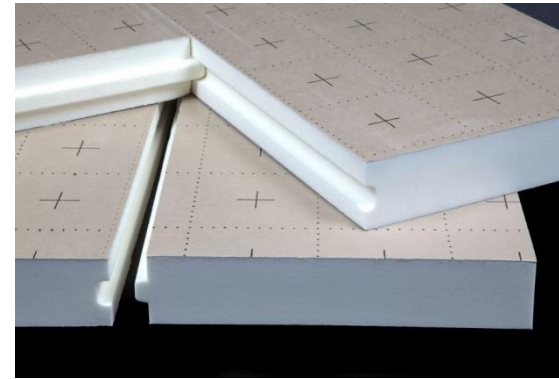
# Valorisation du CO<sub>2</sub> par voie chimique – La pétrochimie

- Synthèse de polycarbonates
  - CO<sub>2</sub> + epoxides
  - Evite l'utilisation de phosgène (COCl<sub>2</sub>) hautement toxique
  - Jusqu'à 40% de CO<sub>2</sub> dans le produit final



# Valorisation du CO<sub>2</sub> par voie chimique – La pétrochimie

- Synthèse de polyuréthanes
- Polyols + isocyanate
- Jusqu'à 20% de CO<sub>2</sub> dans le produit final



# Les autres voies de valorisation du CO<sub>2</sub>

---

- Production de commodités via CCU beaucoup plus chère que les voies fossiles. Actuellement, coûts sont parfois 2x plus élevé
  - Leviers principaux : coût de la capture de CO<sub>2</sub> et de la production d'H<sub>2</sub> vert
- La compétitivité du CCU dépend du coût des émissions
  - Prédiction aux alentours de \$120-225/tCO<sub>2</sub> pour atteindre la compétitivité
- Le marché des commodités reste assez limité pour le CO<sub>2</sub>
  - Il faut s'assurer d'avoir une pénétration suffisante pour avoir un impact

# Conclusion

---

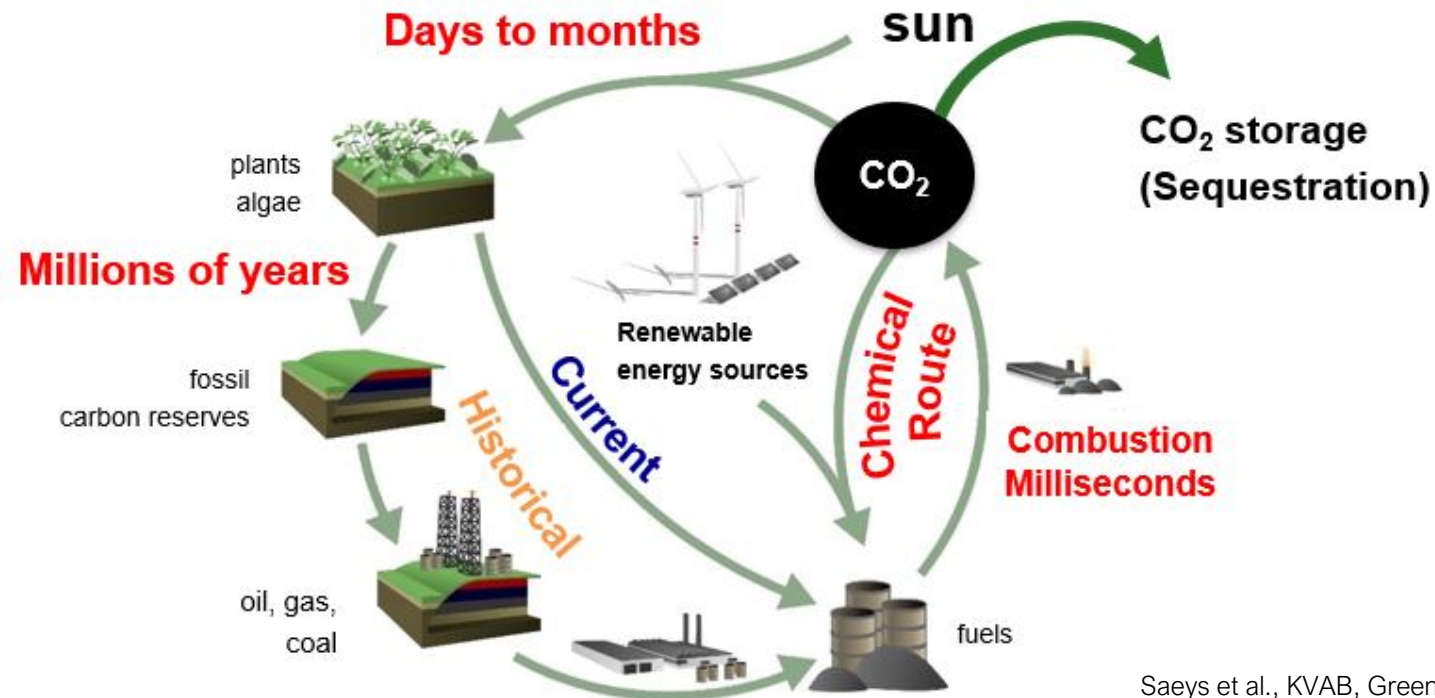
# Où en sommes-nous au niveau des technologies CCUS ?

---

- **Capture du CO<sub>2</sub>** : mature mais pas encore commercial
- **Transport du CO<sub>2</sub>** : commercial
- **Stockage** : commercial, de plus en plus d'intérêt
- **Valorisation** : maturité dépend de la technologie
- Recherche motivée par **des aspects réglementaires plus qu'économiques**

# Perspectives

- Nous vivons dans une société **basée sur le carbone**
- Nous pouvons espérer une société neutre en CO<sub>2</sub>, mais **pas décarbonée**
- On parle plutôt de **« défossilisation »** de la société



Saeyns et al., KVAB, Green Chem

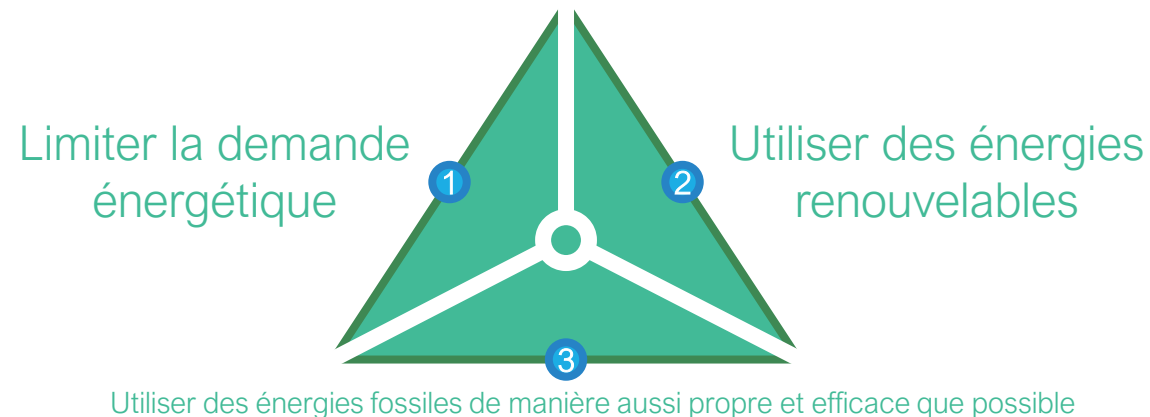
# Perspectives

---

- Beaucoup de challenges passionnants pour les scientifiques
  - Production et stockage d'énergie
  - Infrastructures électriques
  - Capture, stockage et utilisation du CO<sub>2</sub> (CCUS)

**challenge principal pour la société = sobriété énergétique**

*La meilleure énergie est celle qu'on ne consomme pas*



**Merci pour votre attention !**

---