

Power-to-Fuel : solution de valorisation du CO_2 et de stockage d'énergie

Conférence LIEGE CREATIVE

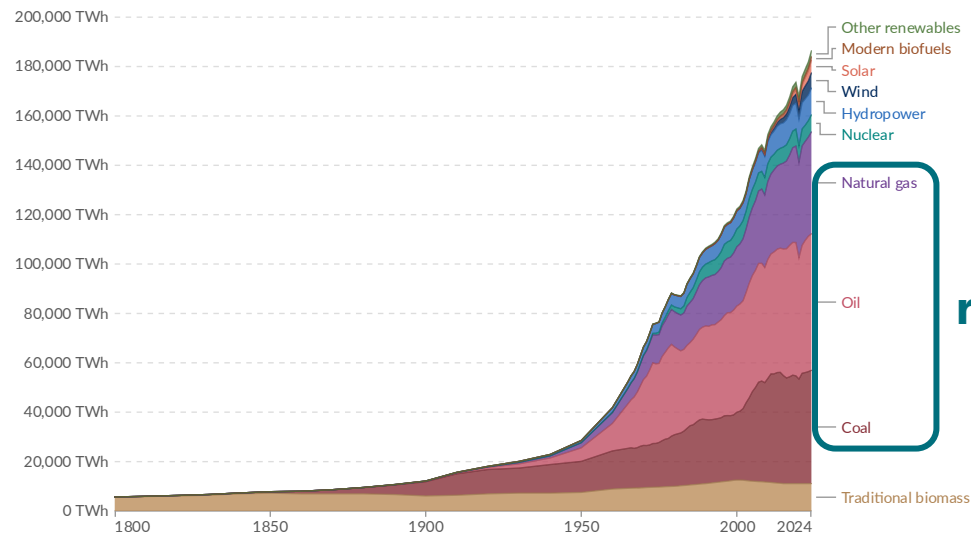
Antoine Rouxhet – Equipe du Prof. Grégoire Léonard
22 mai 2026

Le grand dilemme du XXI^e siècle

Comment **réduire** nos émissions de **gaz à effet de serre** alors que notre **demande croissante** en **énergie** repose encore majoritairement sur des **ressources fossiles** ?

Global primary energy consumption by source

Primary energy¹ is based on the substitution method² and measured in terawatt-hours³.



Data source: Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2025); Smil (2017)

Note: In the absence of more recent data, traditional biomass is assumed constant since 2015.

OurWorldinData.org/energy | CC BY

ressources fossiles

Satisfaire la demande énergétique vs. limiter les émissions de GES



- Sobriété énergétique
- Amélioration performances énergétiques

Limiter la demande
énergétique

1

- Couvrir la demande énergétique
via des ressources non fossiles

Utiliser des énergies
renouvelables

2

Quelles
solutions
?

CCUS

Carbon capture utilization and storage

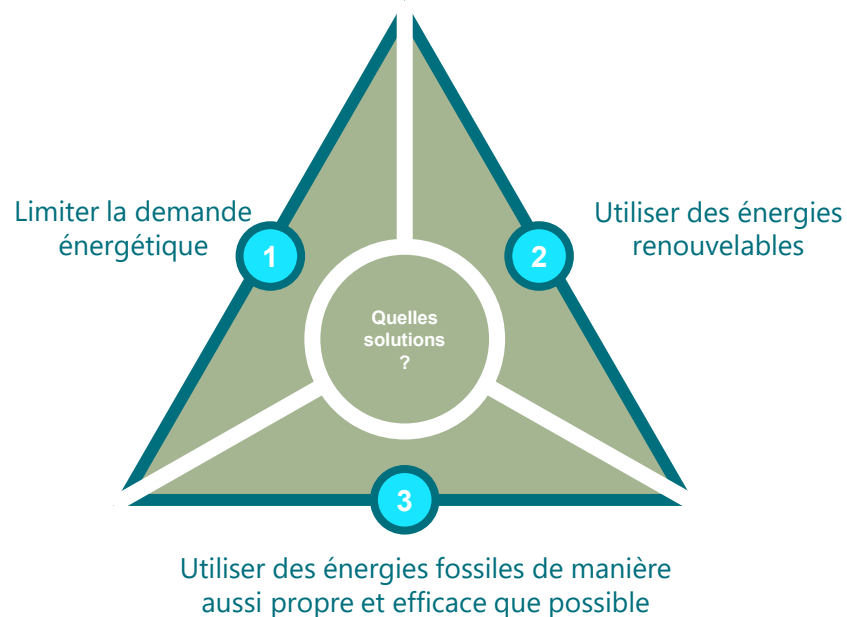
Stockage et valorisation du CO₂

3

Utiliser des énergies fossiles de manière
aussi propre et efficace que possible

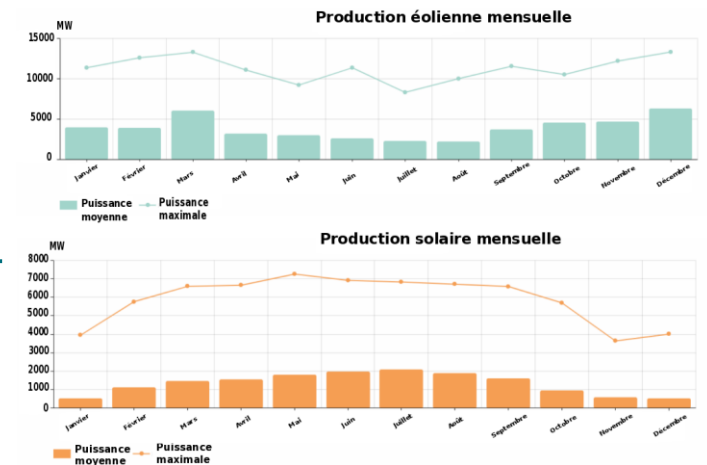
- Limiter les émissions liées
à leur utilisation

Les défis associés aux énergies renouvelables



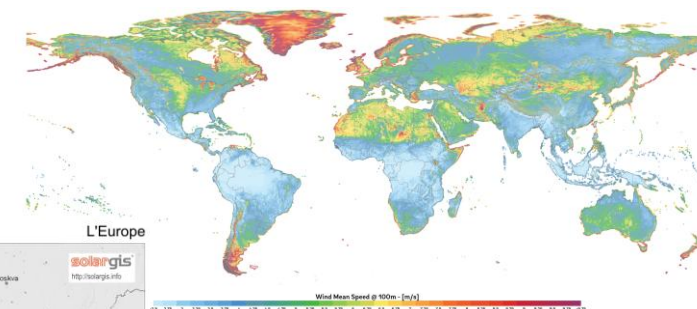
Besoin de stockage et de solutions de transport !

Variabilité temporelle :

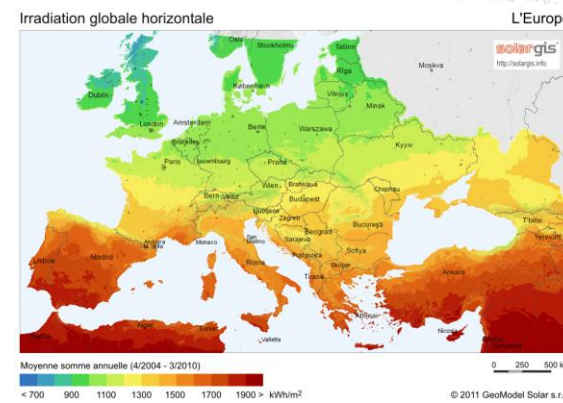


<https://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/chiffres-energie-variabilite-renouvelable.xml>

Variabilité spatiale :



https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_renouvelable#/media/Fichier:Global_Map_of_Wind_Speed.png



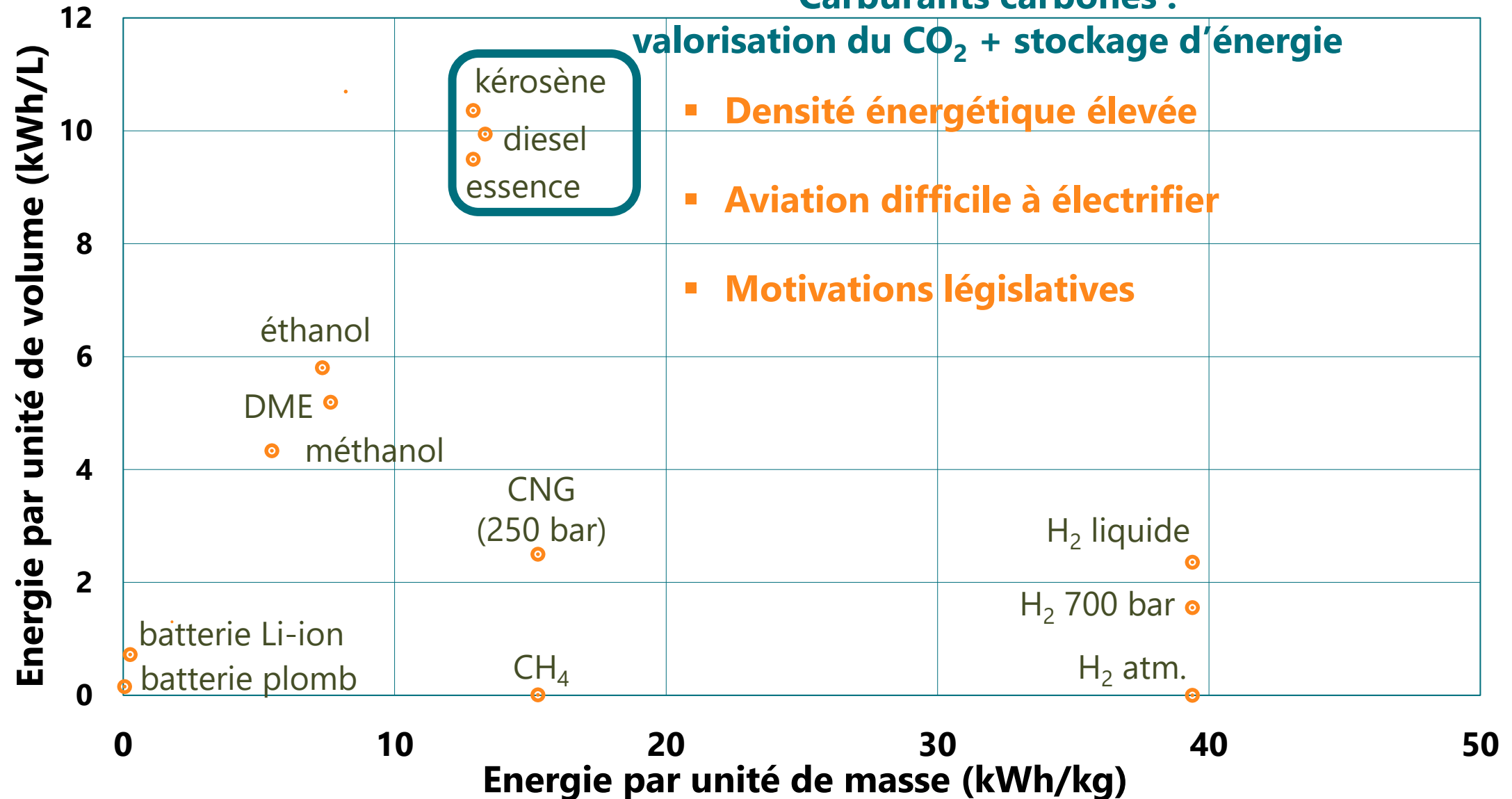
https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_renouvelable#/media/Fichier:SolarGIS-Solar-map-Europe-fr.png

Le stockage d'énergie dans les molécules

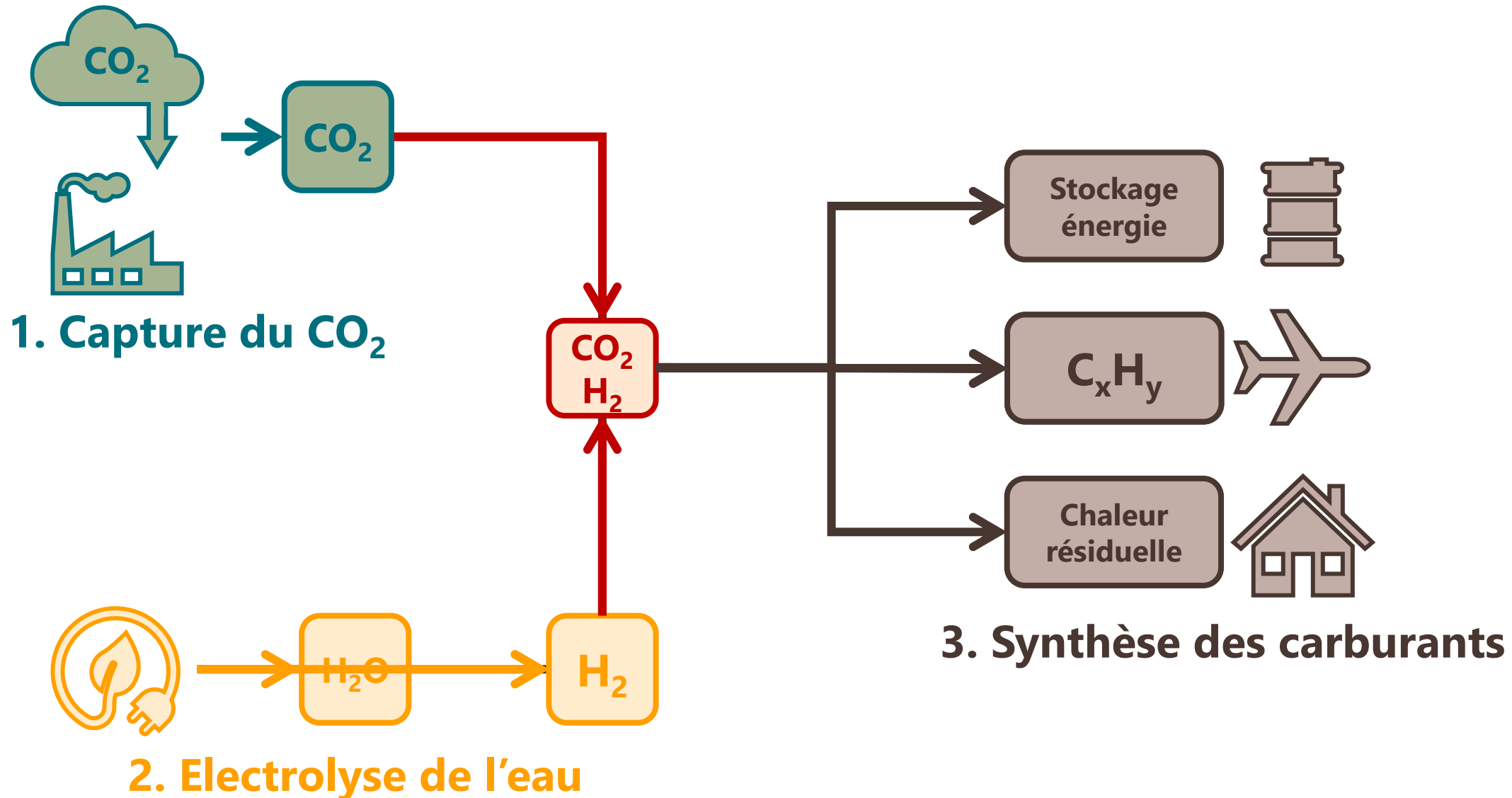
Carburants carbonés :

valorisation du CO₂ + stockage d'énergie

- **Densité énergétique élevée**
- **Aviation difficile à électrifier**
- **Motivations législatives**

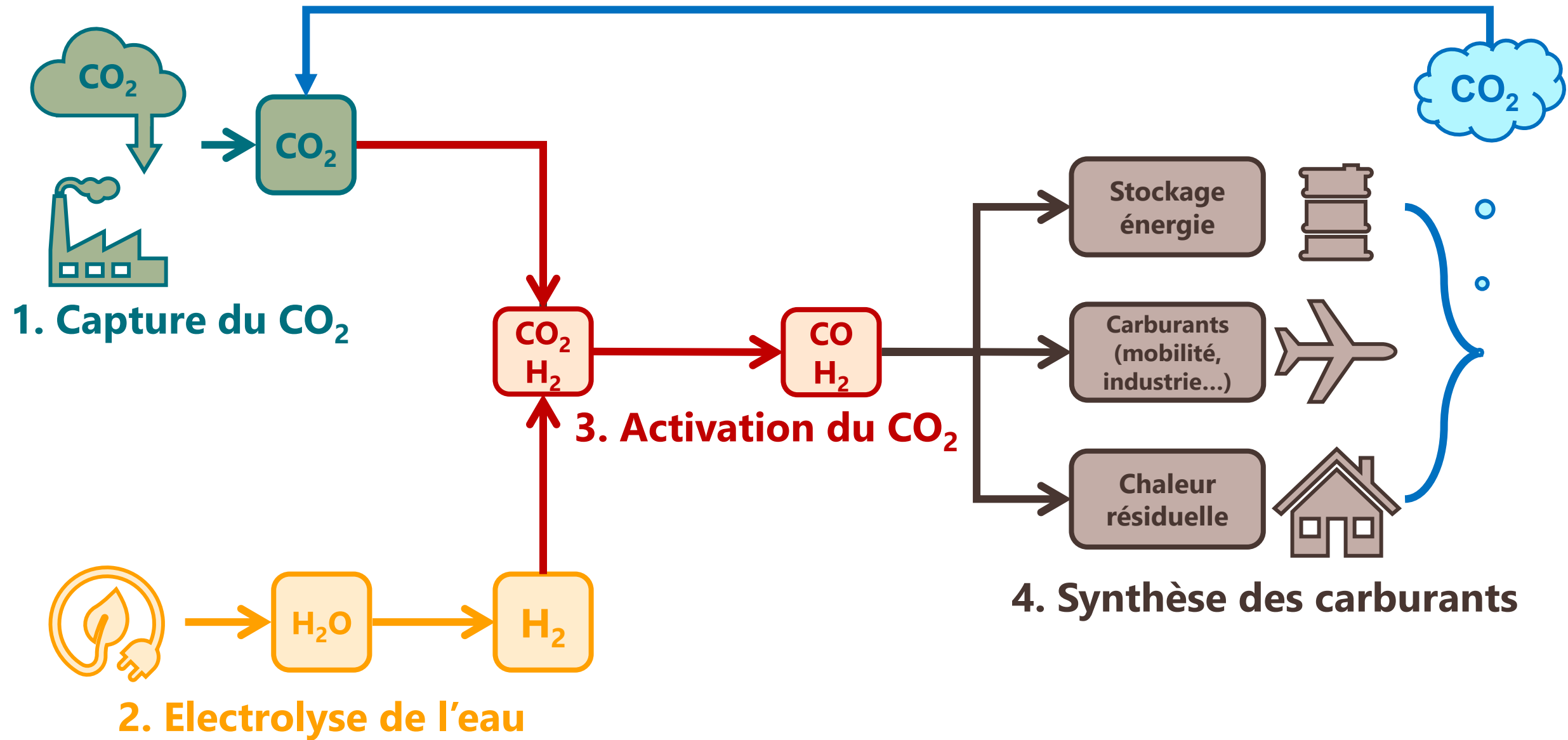


Le concept de Power-to-Fuel



Le concept de Power-to-Fuel

5. Circularité du carbone

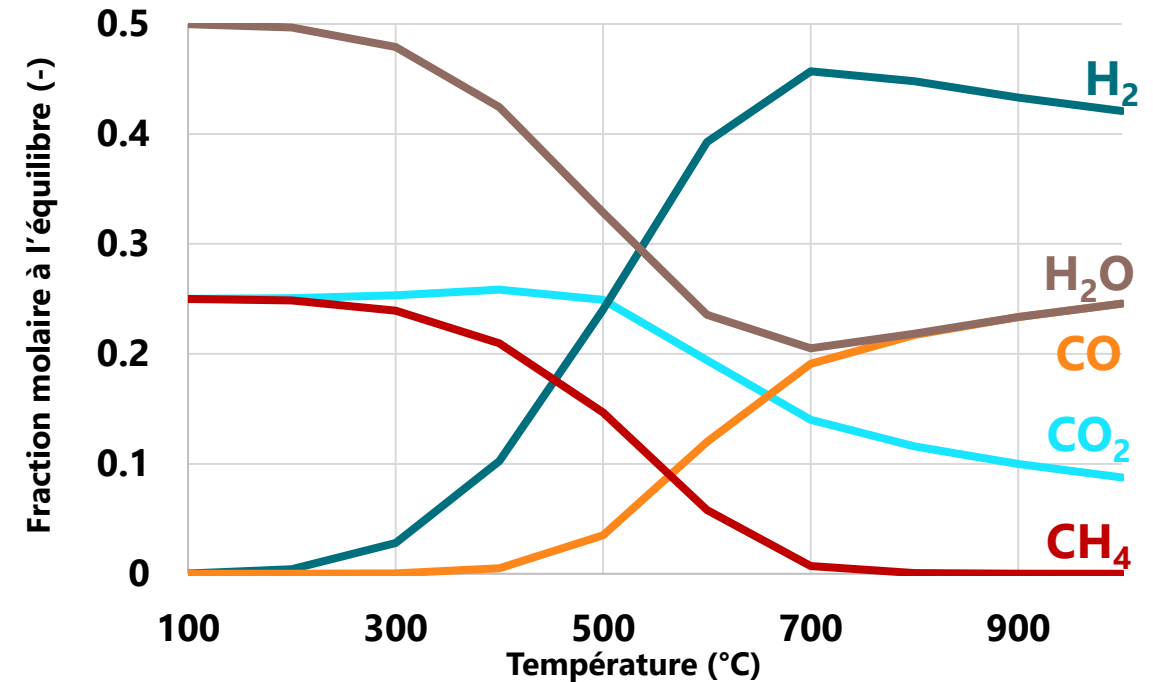
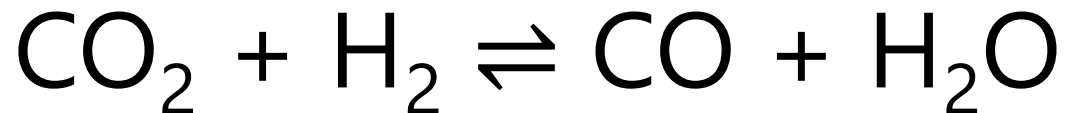


L'activation du CO₂ – la réaction RWGS



3. Activation du CO₂

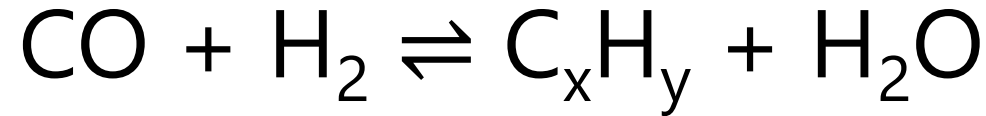
La réaction inverse du gaz à l'eau :



Défis majeurs :

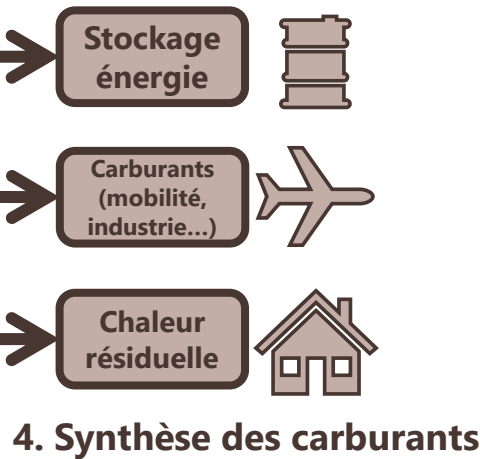
- Empêcher la formation de méthane (> **700 °C**)
- Gérer l'eau produite lors de la réaction

La synthèse des carburants – la réaction de Fischer-Tropsch



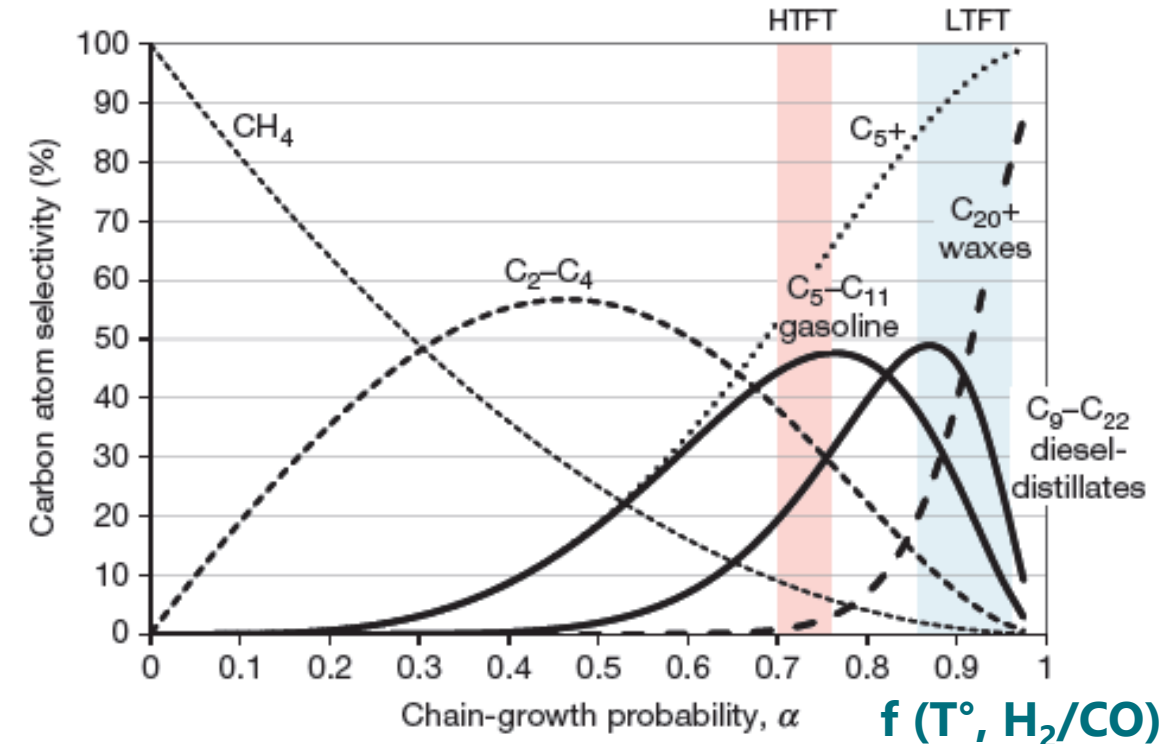
- Production d'hydrocarbures (C_xH_y) de taille très variable

➤ Reproduction d'un pétrole synthétique



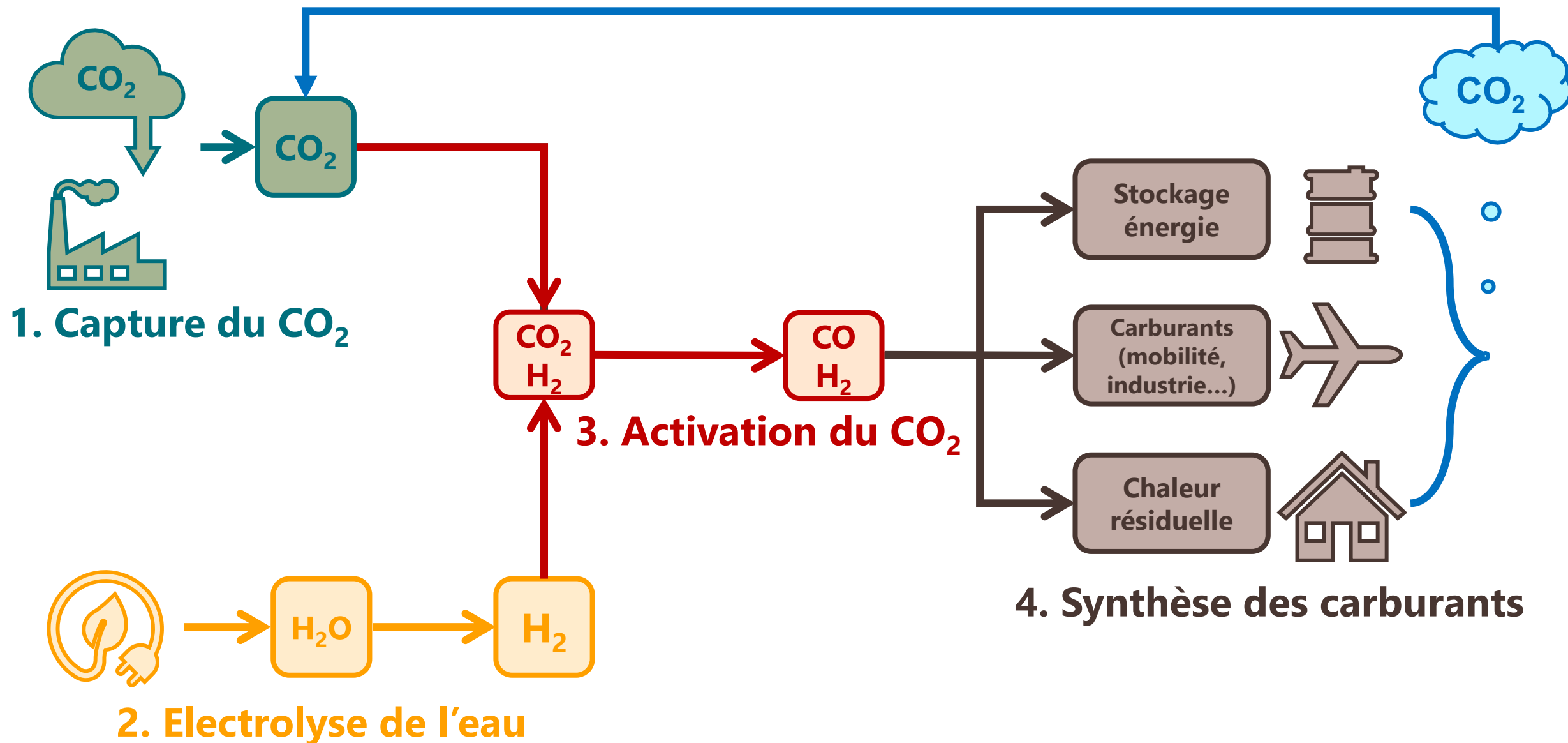
Défis majeurs :

- Orientation de la réaction vers la fraction de produits d'intérêt
 - Kérosène $\approx$ C8 – C16**
- Etapes de séparation et d'enrichissement nécessaires
- Gestion de la chaleur libérée

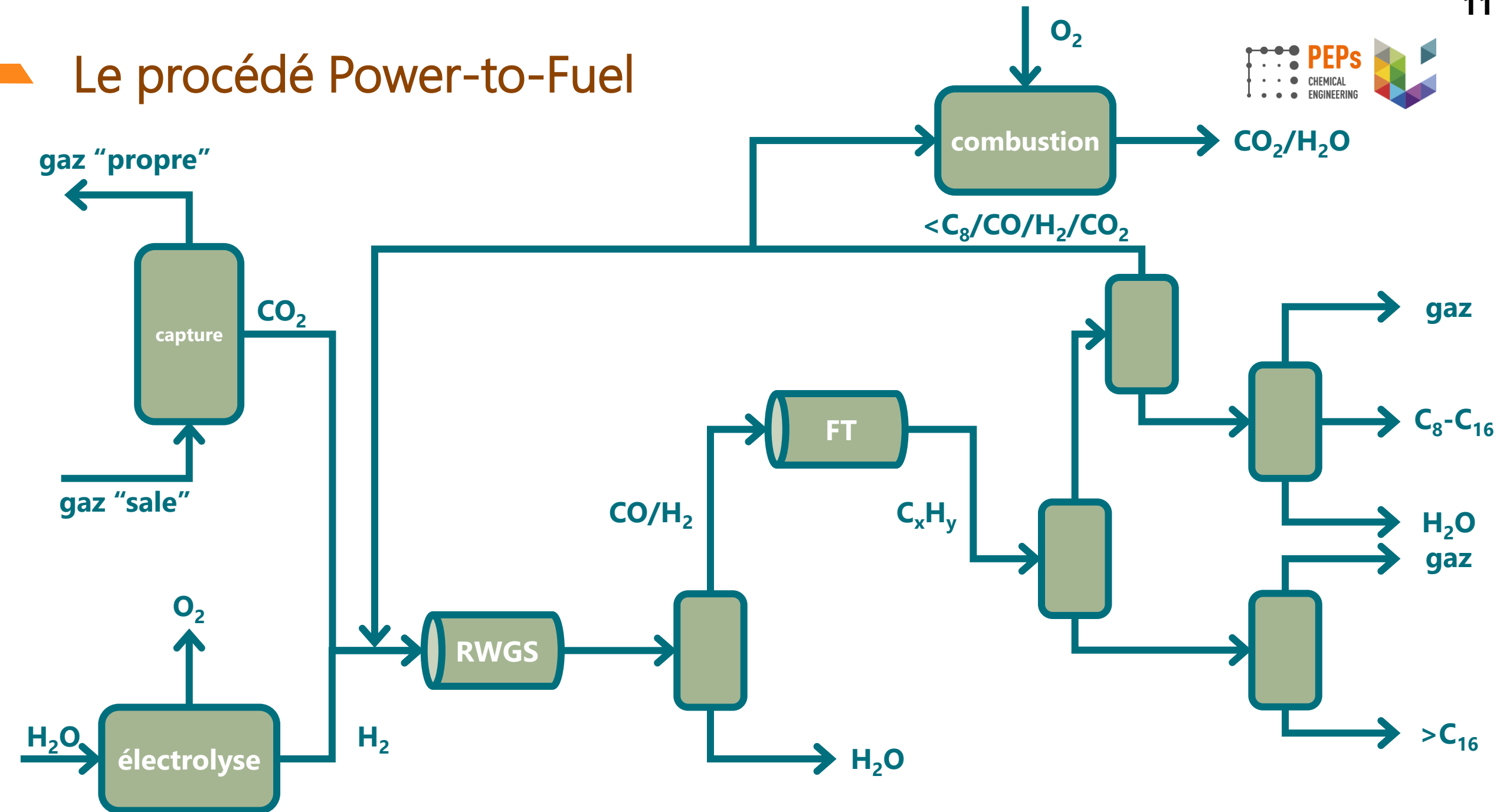


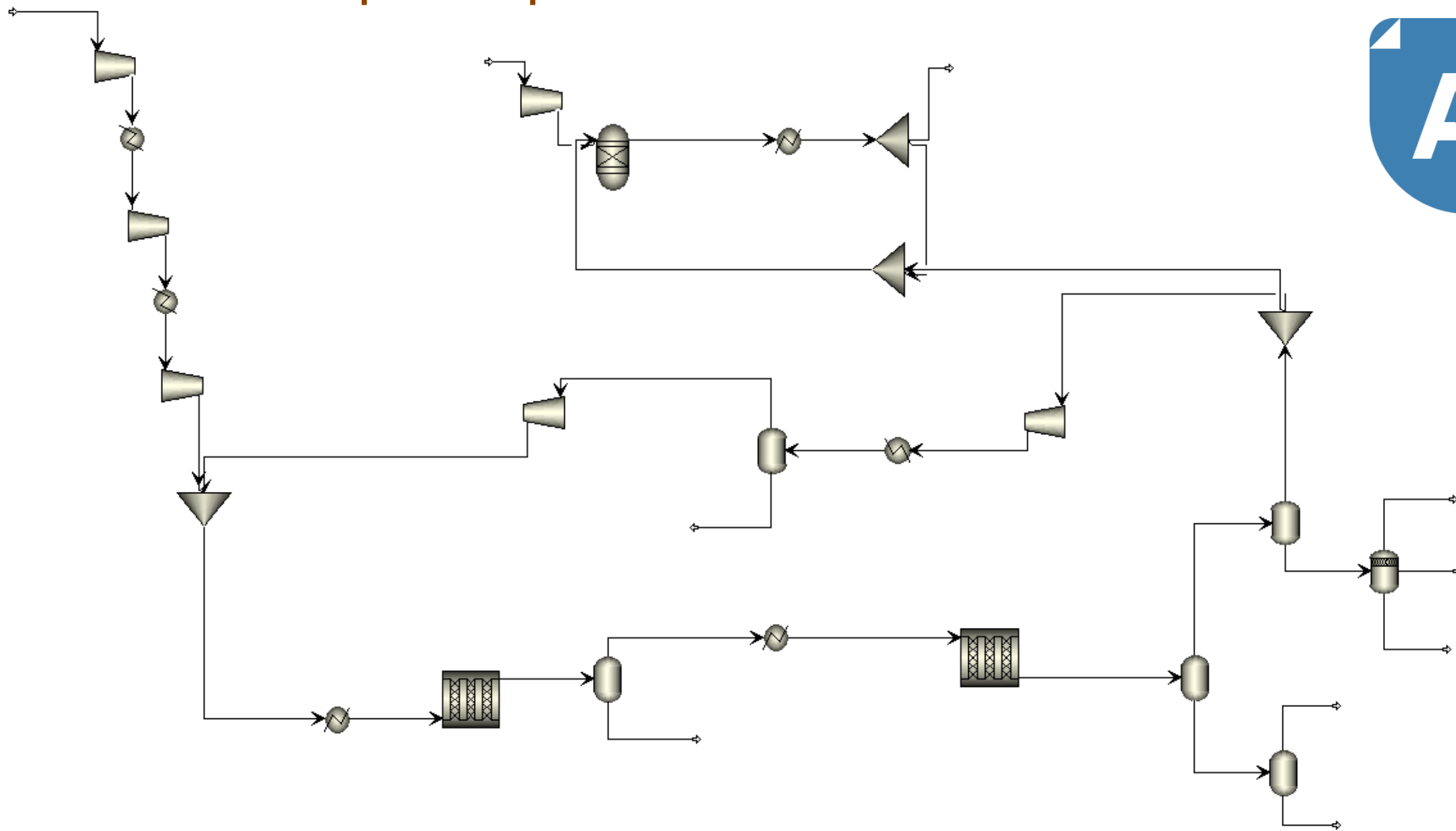
Le procédé Power-to-Fuel

5. Circularité du carbone



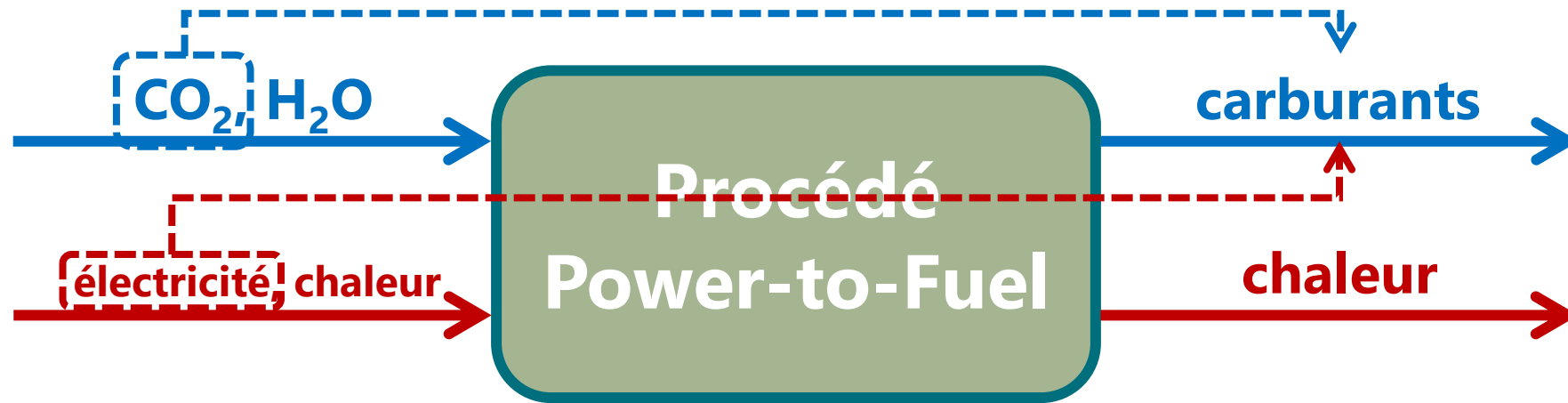
Le procédé Power-to-Fuel





Utilisation du modèle numérique

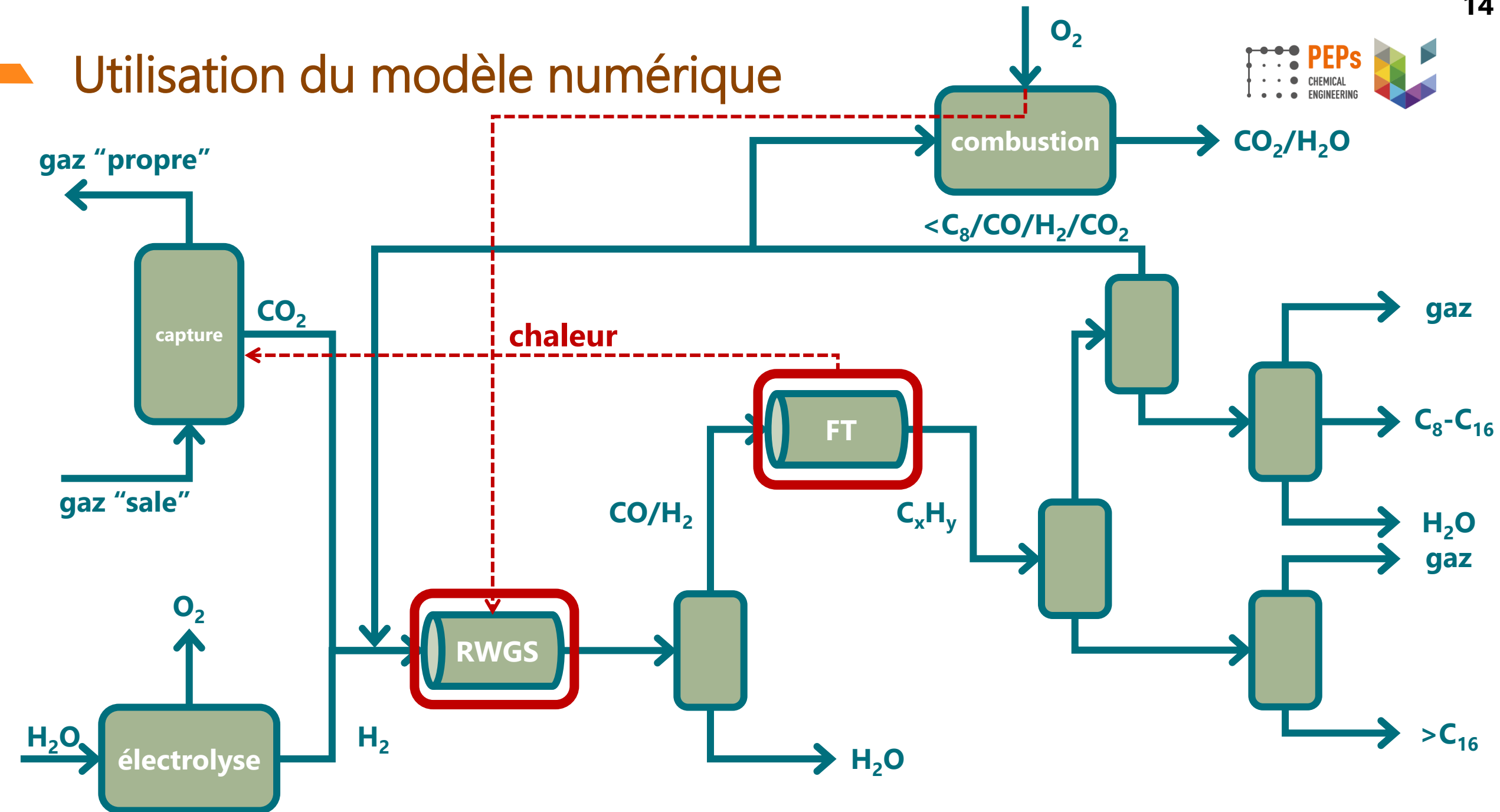
- Calcul des bilans de matière et d'énergie du procédé chimique
- Déterminer les **flux de matière** et **d'énergie** entrant et sortant du procédé



Objectif = optimiser la configuration et les conditions opératoires du procédé

- Maximisation de la **conversion de la matière** (carbone)
- Maximisation de la **conversion énergétique**

Utilisation du modèle numérique



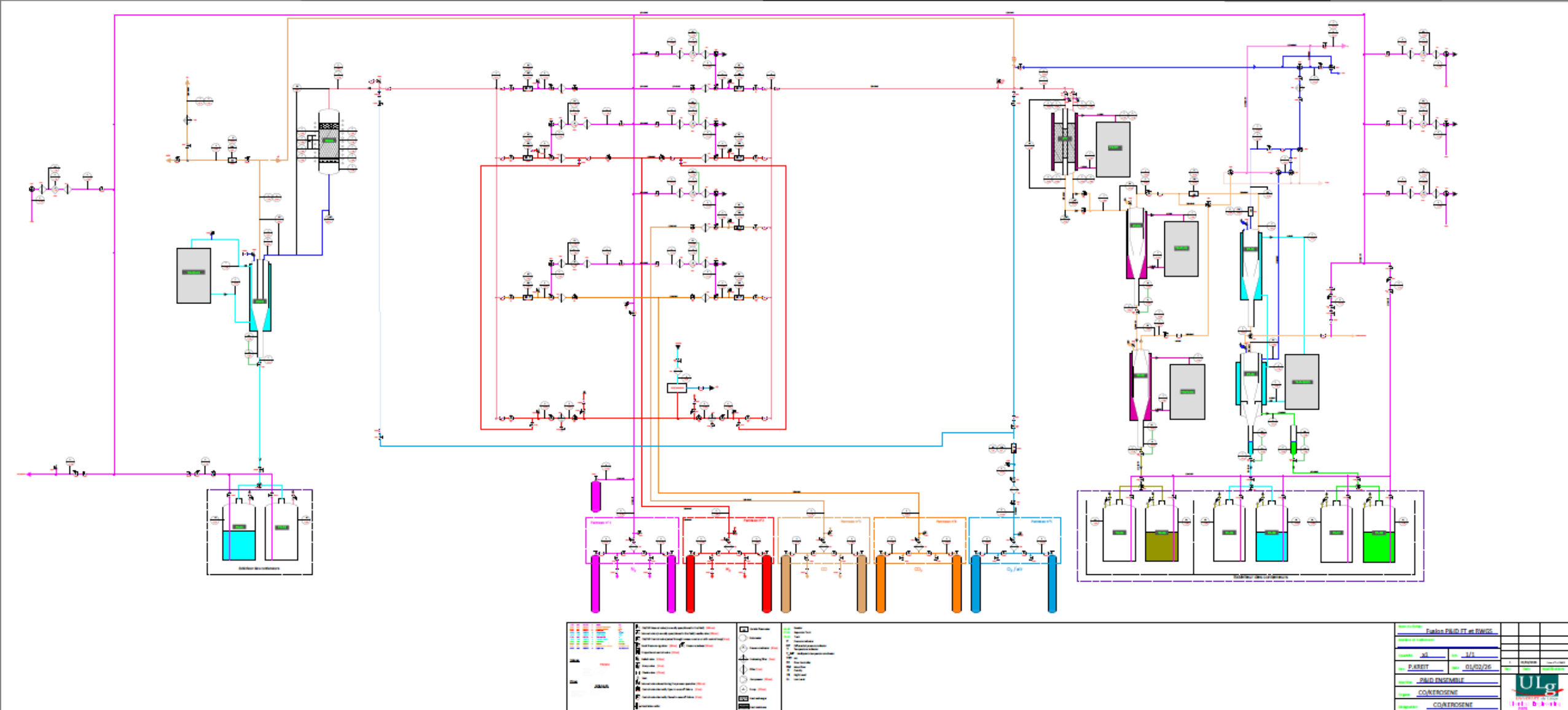
Passage du modèle à la réalité

Les modèles sont **nécessaires** mais ne sont qu'une **représentation** donnée de la **réalité** selon un **ensemble d'hypothèses**

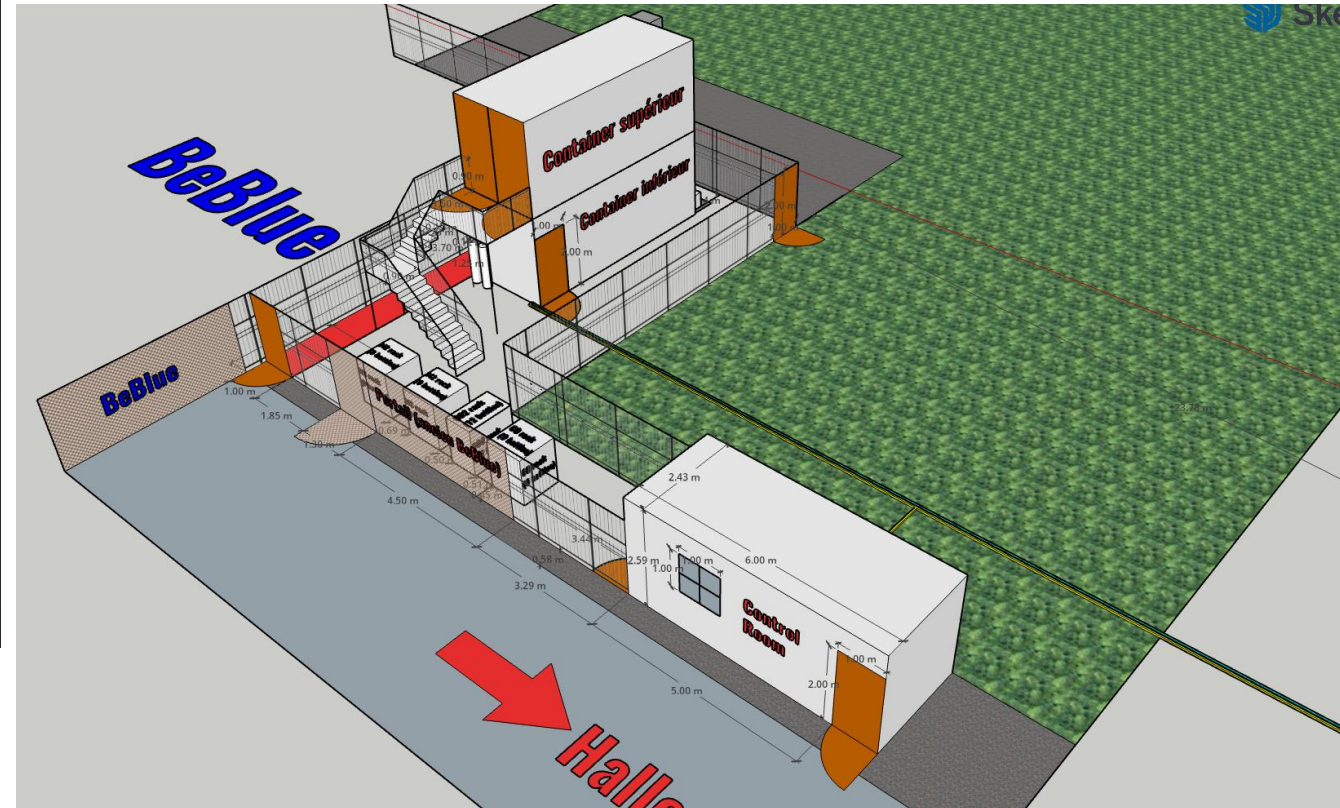
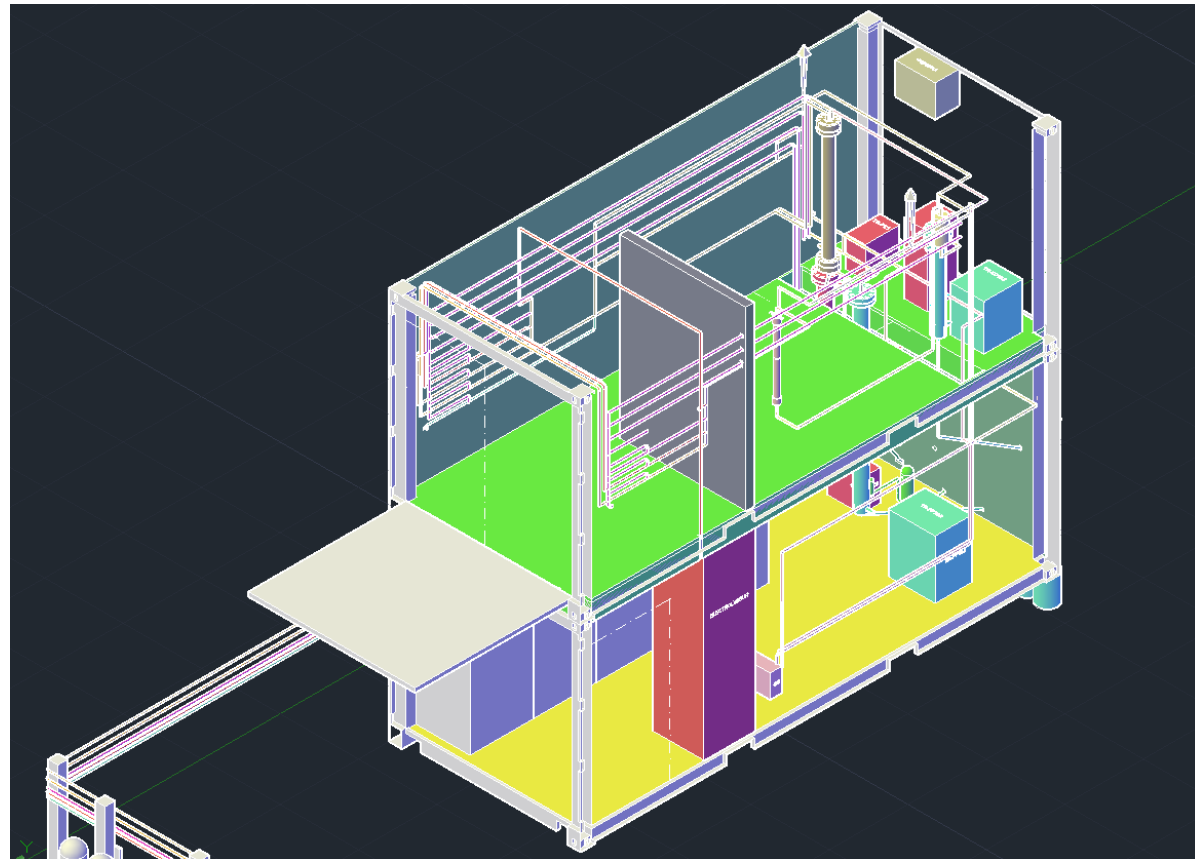
Besoin de données expérimentales :

- Design et construction d'une **unité pilote de production d'e-kérosène** (production $\approx$ **200 mL/h**)
- Design de taille intermédiaire (considérations industrielles)
- Validation des modèles numériques
- Production d' H_2 par électrolyse de l'eau incluse
- Réponse dynamique du procédé

Unité pilote de production d'e-kérosène



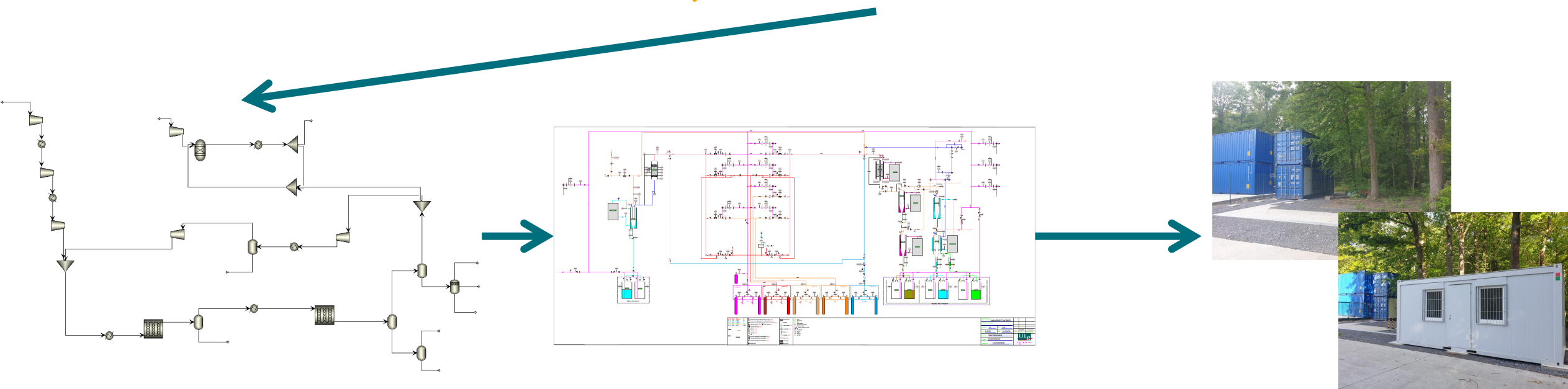
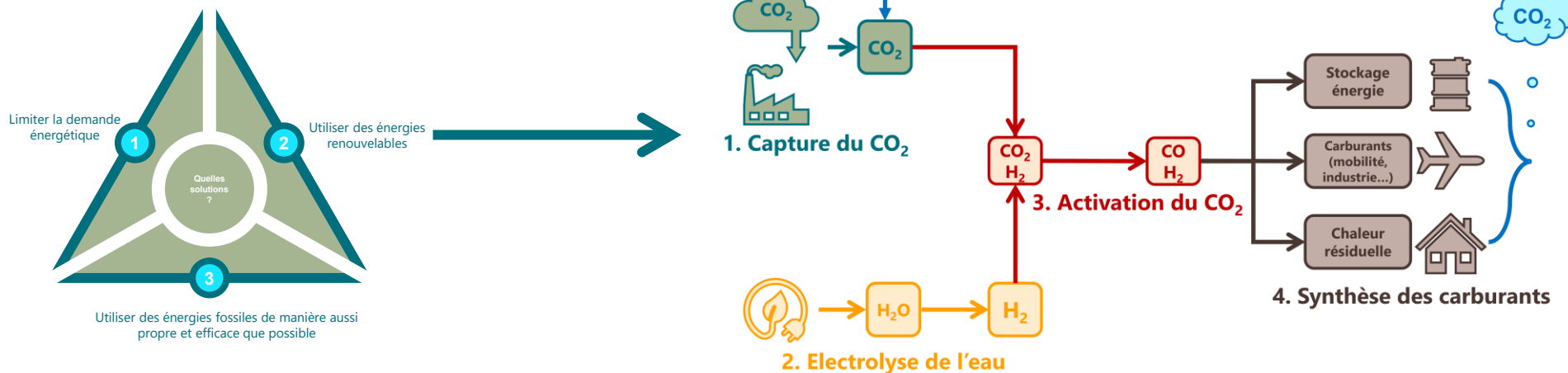
Unité pilote de production d'e-kérosène



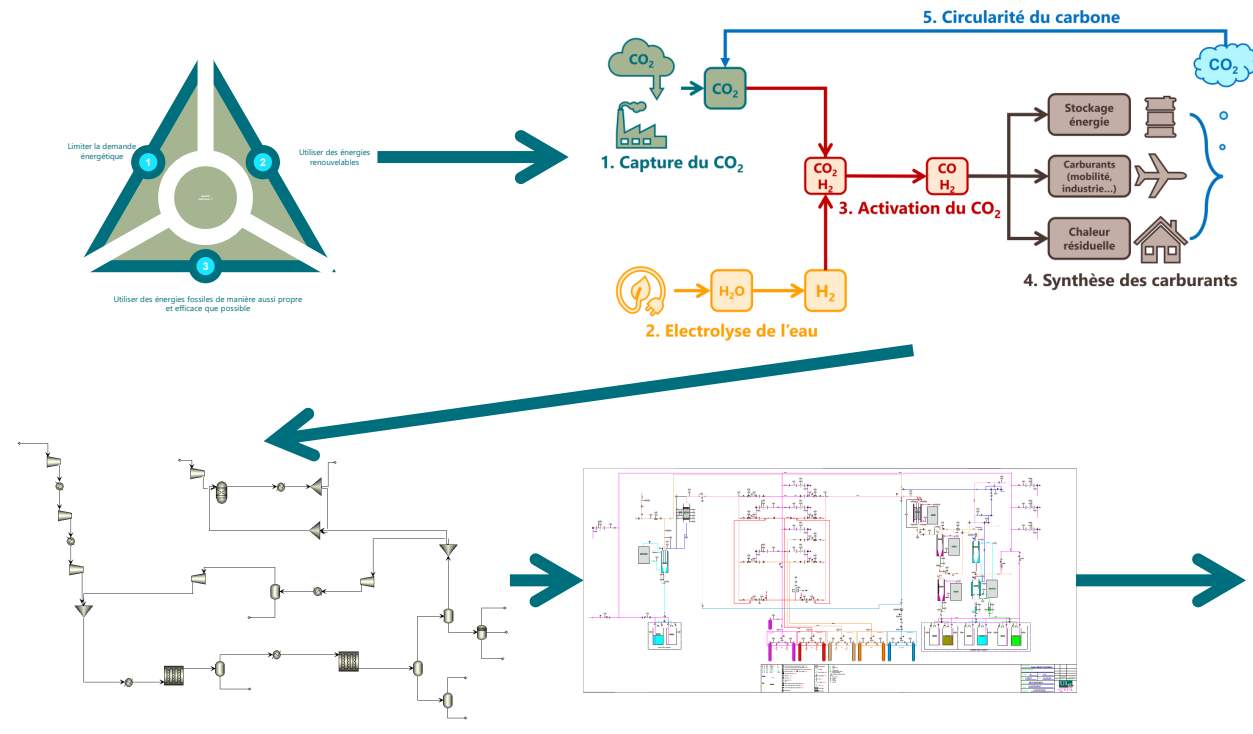
Unité pilote de production d'e-kérosène



Conclusion

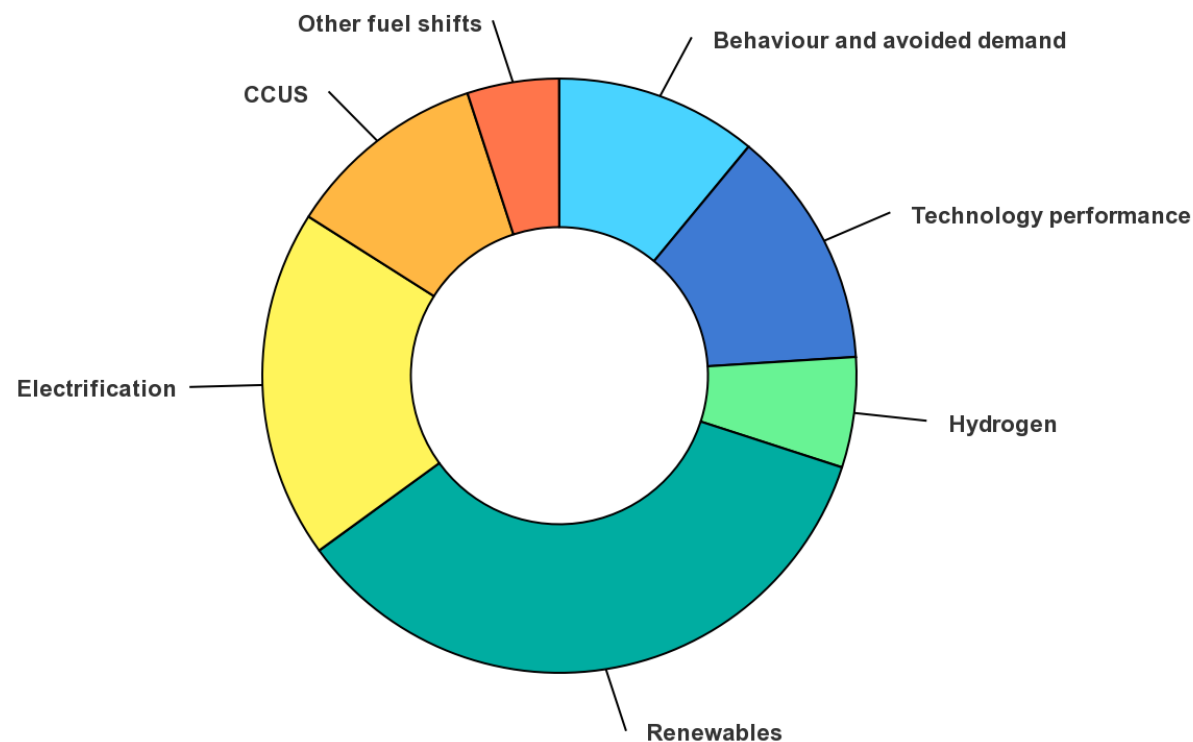
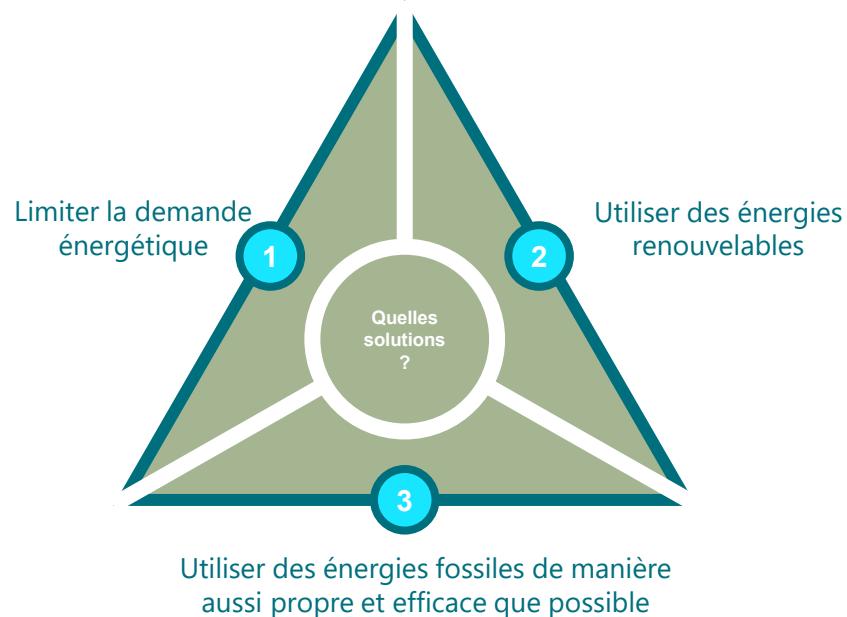


Merci pour votre attention !



La nécessité des énergies renouvelables

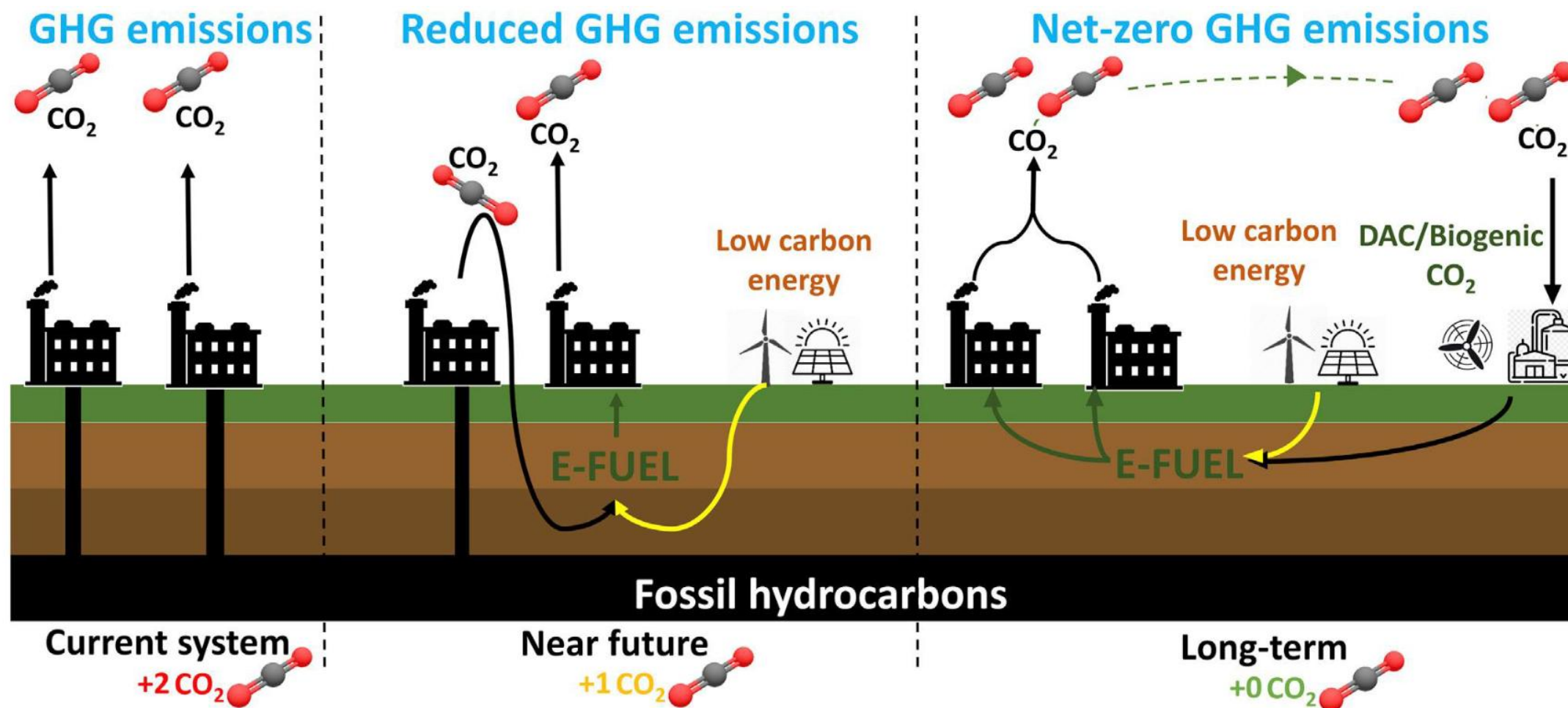
Panel de solutions pour atteindre le Net Zero en 2050



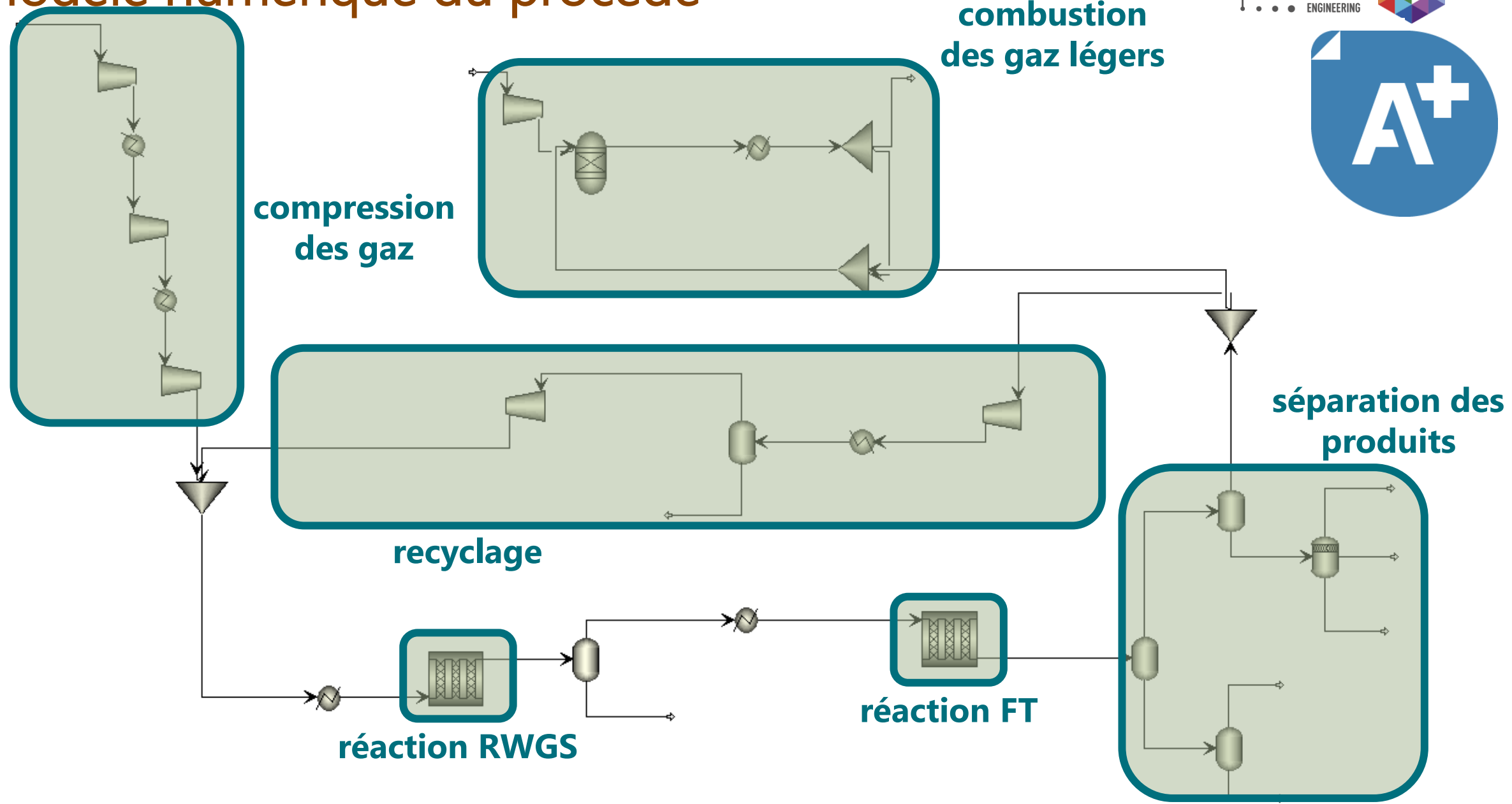
Cumulative emissions reduction by mitigation measure in the Net Zero Scenario, 2021-2050, IEA, 2023

L'impact sur les émissions de CO₂

On ne parle pas de **décarbonation**, mais plutôt de **défossilisation** de la société



Modèle numérique du procédé



Utilisation du modèle numérique

