



Rédigé le 30 janvier 2025



5 minutes de lecture



Regards économiques

Enjeux et prospective

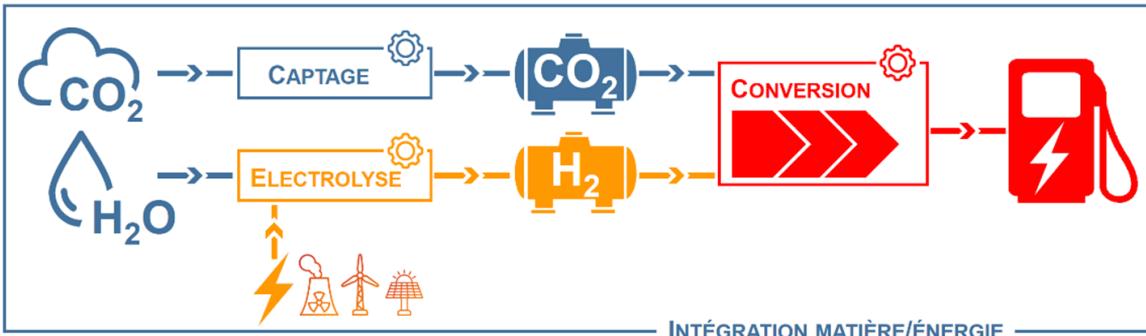
Biocarburants et e-fuels



# E-CARBURANTS : ENJEUX ET OPPORTUNITÉS

Focus n°3

Vers une première filière de production de e-carburants



Plusieurs voies de production de e-carburants sont aujourd’hui à l’étude, à des niveaux de maturité divers. La filière basée sur la conversion du CO<sub>2</sub> avec de l’hydrogène, dite Power-to-X, est la plus mature à ce jour et constitue une première chaîne de valeur pour la production industrielle de carburants de synthèse. Elle doit être déployée dès 2030 pour répondre à la réglementation sur le transport longue distance (voir focus e-fuels n°1). Elle repose sur 3 briques essentielles : i) le captage du CO<sub>2</sub>, ii) la production d’hydrogène à partir d’électricité bas carbone et iii) la conversion du CO<sub>2</sub> en carburant(s). Ces briques doivent être intégrées de manière efficace pour minimiser l’investissement, les coûts de production et optimiser les rendements en énergie et en matières, en s’appuyant sur des approches d’Analyses de Cycle de Vie (ACV).

Concernant le captage du CO<sub>2</sub>, les technologies les plus matures visent à capter le CO<sub>2</sub> concentré dans les fumées industrielles d’origine fossile ou biogénique (concentration de l’ordre de 6 à 30%). A terme, ces technologies devront être améliorées pour permettre le captage de CO<sub>2</sub> atmosphérique (concentration de l’ordre de 400 ppm soit 0,04%) via des procédés de DAC (Direct Air Capture). Au-delà de 2040, en Europe, la réglementation impose en effet l’utilisation de CO<sub>2</sub> biogénique ou atmosphérique exclusivement pour produire des carburants de synthèse.

La production d’hydrogène est défossilisée en utilisant la voie électrolytique avec de l’électricité renouvelable ou nucléaire. L’électrolyse alcaline est aujourd’hui une technologie déjà très utilisée, avec un rendement de l’ordre de 60 à 70%, mais peu adaptée à l’intermittence des énergies renouvelables. Les technologies de type électrolyse PEM (Proton Exchange Membrane) et Electrolyse Haute Température (EHT), plus adaptées à l’intermittence électrique, font l’objet d’une R&I intensive afin d’améliorer les rendements (>80% pour l’EHT).

La conversion du CO<sub>2</sub> et de l’hydrogène en carburant(s) est constituée de plusieurs étapes dont :

- Une première étape de conversion du CO<sub>2</sub> en CO, par exemple par une réaction de type RWGS (Reverse Water-Gas Shift), aujourd’hui à valider à l’échelle industrielle, ou par une réaction de co-électrolyse (à maturer),
- Une étape de conversion du CO en présence d’H<sub>2</sub> en carburant(s), soit par le procédé Fischer-Tropsch, soit par la voie méthanol, les deux technologies étant industriellement matures.

Les briques les moins matures doivent faire l’objet d’une R&I soutenue pour passer à l’échelle industrielle. Mais l’enjeu porte également sur l’intégration de toutes les briques, y compris matures, afin de constituer une chaîne de valeur complète, fonctionnelle et efficace. Chacune doit donc être développée et optimisée dans une approche systémique, intégrant l’ACV, pour maximiser les rendements en énergie et matière et en minimiser les coûts. Par exemple, la chaleur émise par la synthèse Fischer-Tropsch peut être récupérée pour alimenter un électrolyseur de type EHT ou un

système de DAC. Le rendement énergétique visé de la chaîne complète est de l'ordre de 50 à 55%, à mettre en parallèle de celui de l'H<sub>2</sub> électrolytique, compris entre 60 et >80% suivant les technologies.

L'ensemble de la chaîne, incluant les briques et leur intégration, est couverte par les compétences des équipes de R&I d'IFPEN et du CEA, incluant les études technico-économiques et l'analyse de cycle de vie multicritères. D'autres voies de synthèse font également l'objet de R&D, plus amont, comme l'électrocatalyse et la photoélectrocatalyse, les voies biologiques ou les technologies hybrides.

[Télécharger la fiche pdf \(153 ko\)](#)

# LES BRÈVES

ACV: Analyse du Cycle de Vie

ADEME : Agence de la transition écologique ([www.ademe.fr](http://www.ademe.fr))

AIE : Agence Internationale de l'Energie ([www.iea.org](http://www.iea.org))

ANCRE : Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Energie

CCS : Carbon Capture and Storage (Captage et Stockage du Carbone ou CSC)

CDR : Carbon Dioxide Removal (Absorption du CO<sub>2</sub> atmosphérique)

CCU : Carbon Capture and Utilization (Captage et Valorisation du Carbone ou CVC)

COP : Conference of the Parties (Conférence des Parties ou CP)

DAC : Direct Air Capture

DME : DiMethyl Ether

EHT : Electrolyse Haute Température

FuelEU : Loi européenne visant à décarboner le secteur maritime (Fit for 55)

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (Intergovernmental Panel on Climate Change or IPCC) ([www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch))

ICAO : International Civil Aviation Organization ([www.icao.int](http://www.icao.int))

ICM : Industrial Carbon Management

ICR : Industrial Carbon Removal

MACF : Mécanisme d'Ajustement Carbone aux Frontières (Carbon Border Adjustment Mechanism ou CBAM)

Mtep : Mégatonne d'équivalent pétrole

NZE : Net Zero Emission by 2050 (scénario AIE)

PEM : Proton Exchange Membrane

PEPR : Programmes et Equipements Prioritaires de Recherche

Power-to-X : Approche consistant à transformer de l'électricité en un vecteur chimique de type e-carburant ou e-molécule

RED : Renewable Energy Directive (Directive Energie Renouvelable)

ReFuelEU : Loi européenne visant à décarboner le secteur aérien (Fit for 55)

R&D : Recherche & Développement

R&I : Recherche & Innovation

RWGS : Reverse Water Gas Shift reaction (Réaction du gaz à l'eau inverse)

SAF : Sustainable Aviation Fuels (Carburants d'Aviation Durables ou CAD)

SEQE-UE : Système d'Echange de Quotas d'Emissions de l'UE (EU Emissions Trading System ou EU-ETS)

SGPE : Secrétariat Général à la Planification Ecologique

SMF : Sustainable Maritime Fuels (Carburants Maritimes Durables ou CMD)

TIRUERT : Taxe Incitative Relative à l'Utilisation d'Energie Renouvelable dans le Transport

TRL : Technology Readiness Level (Niveau de maturité technologique)

UE : Union Européenne

# VOUS SEREZ AUSSI INTÉRESSÉ PAR



Enjeux et prospective



Regards économiques

janvier 2025

**Focus n°1 : E-carburants, e-molécules : pourquoi accélérer et déployer les filières dès maintenant ?**

Focus CEA/IFPEN



Enjeux et prospective



Regards économiques

janvier 2025

## Focus n°2 : La place des e-carburants dans les scénarios de transition énergétique

Focus CEA/IFPEN



Enjeux et prospective



Regards économiques

janvier 2025

## Focus n°3 : vers une première filière de production de e-carburants

Focus CEA/IFPEN

Biocarburants et e-fuels

E-carburants : enjeux et opportunités - Glossaire

# VOUS SEREZ AUSSI INTÉRESSÉ PAR

Focus n°5 : Production carburants de synthèse : les technologies de rupture

Focus n°4 : Les besoins en ressources pour la production de e-kerosène en 2035 et 2050

Focus n°2 : La place des e-carburants dans les scénarios de transition énergétique

Focus n°1 : E-carburants, e-molécules : pourquoi accélérer et déployer les filières dès maintenant ?

Focus n°3 : vers une première filière de production de e-carburants

Focus n°3 : vers une première filière de production de e-carburants

30 janvier 2025

Lien vers la page web :