Rédigé le 30 janvier 2025

5 minutes de lecture

Regards économiques

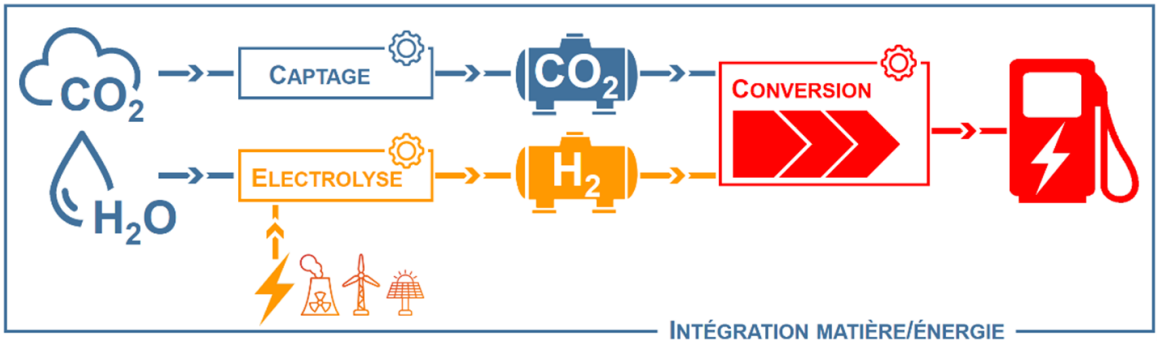
Enjeux et prospective

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_2 avec de l'hydrogène, dite Power-to-X, est la plus mature à ce jour et constitue une première chaine 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_2, ii) la production d'hydrogène à partir d'électricité bas carbone et iii) la conversion du CO_2 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_2, les technologies les plus matures visent à capter le CO_2 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_2 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_2 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_2 et de l'hydrogène en carburant(s) est constituée de plusieurs étapes dont :

- Une première étape de conversion du CO_2 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_2 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 chaine 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 chaine complète est de l'ordre de 50 à 55%, à mettre en parallèle de celui de l'H_2 électrolytique, compris entre 60 et >80% suivant les technologies.

L'ensemble de la chaine, 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)
AIE : Agence Internationale de l'Energie (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_2 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)
ICAO : International Civil Aviation Organization (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°2 : La place des e-carburants dans les scénarios de transition énergétique

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°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
30 janvier 2025

Lien vers la page web :