



Pôlenergie

La Newsletter



@POLENERGIE

POLENERGIE.ORG

HORS-SERIE

TOUT COMPRENDRE SUR L'HYDROGÈNE !

SPECIAL

JOURNÉES HYDROGÈNE
DANS LES TERRITOIRES

A l'occasion de la 8^{ème} édition des Journées Hydrogène dans les Territoires, du 8 au 10 septembre 2021 à Dunkerque, Pôlenergie consacre une édition spéciale aux acteurs de l'hydrogène: les sponsors de l'événement, d'autres industriels, des exemples d'usages de l'hydrogène dans l'industrie et les transports. Un focus sur la R&D et les coûts de l'hydrogène décarboné complète l'ensemble. Une manière de guider chacun des participants dans le cadre de ces journées.

Bonnes journées hydrogène à tous !

L'ÉDITO	P.2
L'OUVERTURE	P.3
ILS ONT LA PAROLE ...	P.4
TERRITOIRE	P.16
USAGES	P.17
R&D	P.19
ECONOMIE	P.20



source: <https://www.eco-environnement.fr/actualites/ncpv-hydrogene-electrolyse-35923164>

VISIONS STRATÉGIQUES DES ACTEURS DE L'HYDROGÈNE





L'EDITO

Les Hauts-de-France, une région leader dans la recherche et la diffusion de l'hydrogène !

Stand
Organisateurs



La Région Hauts-de-France est fière d'accueillir à Dunkerque des journées Hydrogène dans les Territoires. Notre Région présente des particularités qui lui permettront de jouer un rôle significatif dans le déploiement massif de l'hydrogène décarboné. Les mutations en cours, induites par la lutte contre le changement climatique de certains de ses secteurs économiques clés (tels l'industrie, la logistique, l'automobile et le ferroviaire) vont générer des besoins en hydrogène décarboné significatifs, et des opportunités de projets pour les acteurs de la filière. Du fait de sa situation transfrontalière, notre territoire bénéficie d'un réseau de transport très dense, en capacité d'absorber des flux importants en matière de transport de marchandises, de passagers,

de gaz et d'électricité, et demain d'hydrogène décarboné. C'est pourquoi, dès 2015, la Région et ses partenaires ont lancé un vaste programme régional, que l'on appelle Rev3, élaboré avec un grand nombre de partenaires visant à inscrire pleinement notre économie dans le monde de demain.

Ces rencontres sont une occasion unique de valoriser les atouts de notre territoire régional, les projets des acteurs économiques et des collectivités locales, mais aussi de nouer de nouveaux partenariats pour jouer pleinement notre rôle dans le déploiement de cette filière et relever plusieurs défis inscrits au cœur de la dynamique rev3 :

Un défi industriel

Le déploiement de l'hydrogène dans les Hauts-de-France est tout d'abord un enjeu industriel. L'industrie, particulièrement présente dans notre région, va devoir concilier des investissements considérables pour réduire massivement des émissions carbonées avec la préservation de sa compétitivité au plan mondial. L'enjeu est d'apporter un hydrogène décarboné, en quantités suffisantes pour répondre aux futurs besoins de l'industrie, et à des coûts supportables.

Un défi territorial et économique

En parallèle, l'hydrogène est l'une des voies de décarbonation du secteur des transports, en particulier pour les véhicules lourds et les transports massifiés. Cette mutation suppose des efforts de long terme et des investissements importants, à la fois sur les véhicules, les infrastructures de distribution de carburants et les réseaux de transport d'énergie. Elle doit donc s'initier sur des écosystèmes spécifiques autour de flottes captives, où l'hydrogène apporte une plus-value et où les constructeurs proposent d'ores et déjà des véhicules à hydrogène, tels que les bennes à ordures ménagères, les bus urbains, les véhicules utilitaires légers, et demain les trains et les autocars. Le secteur de la logistique particulièrement en pointe dans notre région pourra mettre en œuvre des solutions mixtes permettant de verdir nos grands hubs logistiques sur le transport terrestre, ferroviaire, fluvial, voire maritime avec un effet d'échelle bénéfique sur les coûts. Le développement de la filière hydrogène au sein du mix énergétique est créatrice de richesses et d'emplois et contribuera à renforcer l'attractivité de notre territoire.

L'atout de notre région est de pouvoir allier les deux secteurs de l'industrie et des transports, pour proposer des coûts compétitifs aux acteurs économiques. C'est bien tout l'enjeu de la stratégie nationale du Conseil National de l'Hydrogène de constituer des bassins autonomes où production et consommation s'articulent en un marché local compétitif.

La délégation régionale de France Hydrogène, dont le Pôlénergie a la charge et à laquelle participe notre Direction rev3 favorisera l'émergence de ces bassins, et je présiderai un Collectif Opérationnel Régional de l'hydrogène qui suivra l'avancement de la dynamique régionale.

Ces deux collectifs ont aussi pour tâche de favoriser les liens entre les écosystèmes en cours de constitution et renforcer les interactions avec les territoires voisins : les Hauts-de-France seront en effet directement concernés en cas de construction de la dorsale hydrogène qui semble se dessiner au niveau européen.

Nous souhaitons également mettre en avant le savoir-faire de nos entreprises régionales, en particulier le réseau de sous-traitants régionaux notamment dans les filières automobiles, ferroviaires, ou encore dans la maintenance industrielle, qui accompagne parfaitement les grands donneurs d'ordre dans leurs virages induits par la transition énergétique.

Nous avons la chance d'avoir sur notre territoire des champions de l'industrie et de l'énergie qui contribuent activement à l'émergence de l'hydrogène décarboné dans notre économie. Je suis conscient de l'implication des collectivités, des industriels, des chambres consulaires et de bien d'autres acteurs. La mission rev3 que je préside, avec le concours du Polénergie et de nos partenaires tels que l'Ademe, GRT gaz, Nord France Invest, Norlink, ... que je remercie pour leur contribution, continueront d'œuvrer au mieux pour le déploiement de cette filière et pour la transition énergétique. Bonnes Journées Hydrogène dans les Territoires à tous.

Frédéric MOTTE

Président de la mission Rev3 - Conseiller Régional Région Hauts-de-France



Ouverture

L'hydrogène fait partie de la panoplie de décarbonation du territoire de Dunkerque

Stand
Organisateurs

L'industrie représente au niveau mondial 23% des émissions de CO₂ (IEA 2020) ; le territoire Dunkerquois, de par son implantation industrielle forte, représente 20% des émissions industrielles françaises. C'est donc tout naturellement que ce territoire s'est engagé dans un projet de transformation énergétique de grande ampleur. Depuis 2019, un collectif s'est créé avec des industriels du territoire, la CCI, la Communauté Urbaine de Dunkerque et le Grand Port de Dunkerque, avec pour objectif d'obtenir des conditions de concurrence équitable en Europe pour éviter les fuites de carbone aux frontières, maintenir l'industrie en Europe, tout en s'engageant dans un objectif de neutralité carbone à horizon 2050.

Feuille de route de Décarbonation

La décarbonation du Territoire est en cours, avec une première étape permettant d'atteindre une réduction de 46% en 2030 (référence 1990). Pour atteindre ce premier palier, l'ensemble des outils de décarbonation seront utilisés, puisqu'une seule technologie ne permettra pas de répondre à l'urgence de la situation :

- Efficacité Énergétique : cet axe de travail a déjà été mis en œuvre par les industriels depuis les années 1990 pour des raisons économiques liées aux chocs pétroliers ; aussi l'impact sur la réduction y est assez faible.
- Economie circulaire : il s'agit là indéniablement d'une force du territoire où depuis les années 90, transformer les rejets des uns en ressources pour les autres est devenu un réflexe. Les projets sont concrets : doublement du recyclage de l'acier et de l'aluminium usagés, utilisation des laitiers des hauts-fourneaux pour la fabrication d'un ciment bas carbone, mise en place d'une autoroute de la chaleur d'une trentaine de kilomètres qui récupérera la chaleur fatale des uns pour la redistribuer aux autres et atteindre l'équivalent de 420 GWh par an d'énergies économisées.
- Mise au point de process innovants comme la récupération des gaz sidérurgiques riches en H₂ et CO pour les réutiliser dans les process en lieu et place du carbone fossile (démonstrateur industriel IGAR), ou les transformer en électricité et chaleur, amélioration de l'efficacité énergétique des fours à ciment ; suivi des recherches sur les technologies en rupture comme « les anodes inertes » pour l'aluminium...
- Réalisation de solutions de captage du CO₂ (démonstrateur industriel 3D), s'appuyant sur un Hub CO₂ mutualisant les flux CO₂ de la Région Hauts-de-France pour les transformer en e-carburant et e-polymère ou exporter les excédents vers les zones de stockage prévues à cet effet en mer du Nord.
- Utilisation de l'hydrogène à la place du carbone en changeant totalement de process

C'est l'ensemble de ces transformations qui permettra d'atteindre la neutralité carbone en 2050 ; toutes ces étapes sont nécessaires pour s'adapter aux différents process industriels, et pour gérer la transition vers l'hydrogène qui évoluera au rythme de la mise en place des infrastructures.

L'hydrogène entre dans l'équation de la décarbonation

L'engouement pour l'hydrogène, depuis la crise de la COVID-19 est très fort. C'est effectivement une solution d'avenir qui transformera la majorité des process industriels. Cette transformation ne sera pas aisée ; la production de ce vecteur énergétique nécessitera de faire appel à des quantités considérables d'électricité et pour cela de développer des infrastructures (électriques et hydrogène) importantes qui prendront entre 10 et 30 ans. De plus, son prix actuel, 5 à 10 fois plus cher que le carbone, et son rendement énergétique oscillant entre 25% et 70% en fonction des usages (vecteur intermédiaire ou usage direct), nécessiteront des

technologies de rupture pour trouver un équilibre économique.

Aussi cette transformation ne pourra se faire qu'au fur et à mesure du développement des infrastructures électriques ; il faudra prioriser l'usage de l'hydrogène en fonction de son rendement énergétique.

La mobilité hydrogène, là où son rendement le rendra pertinent, connaîtra pour le territoire de Dunkerque, un développement important, grâce à l'effet d'échelle généré par les consommateurs industriels.

Les 30 prochaines années verront donc des évolutions intermédiaires comme autant d'étapes nécessaires :

- Emploi du gaz naturel, comme combustible de transition le temps du développement de l'hydrogène,
- Utilisation des procédés de CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage),
- Développement de solutions de stockage de l'hydrogène par le biais d'un réseau maillé entre producteurs et consommateurs, à l'instar des réseaux électriques. Ce réseau assurera son équilibrage à travers un panel de différentes solutions : injection de l'hydrogène en surplus sur le réseau de gaz naturel, effacement ponctuel contre rétribution pour certains consommateurs, production d'appoint d'hydrogène via vaporéformage de gaz naturel...
- Le déploiement de nouvelles technologies présentant de meilleurs rendements (électrolyses haute température par ex) permettra de réduire les coûts de production.

Fort de son positionnement de Grand Port maritime du Nord de l'Europe, de la disponibilité d'électricité décarbonée dont il bénéficie, grâce à son écosystème industrialo-portuaire et à son expertise reconnue en économie circulaire, le territoire dunkerquois est appelé à être un acteur majeur de la transformation énergétique européenne. Les acteurs de la région dunkerquoise ; CUD, GPMD, Euraénergie, CCI, industriels et énergéticiens, sont prêts à relever ensemble ce défi majeur pour l'avenir de notre planète et des générations futures.

Dominique PAIR

Membre du collectif « CO2, Industries et Territoire »

Chargé de mission Transition énergétique et Relations Industrielles à Euraénergie

ILS ONT LA PAROLE ...

Hynamics, filiale hydrogène du groupe EDF

Stand B



Créée en 2019, Hynamics est une filiale issue d'une réflexion stratégique menée depuis plusieurs années au sein du groupe EDF en faveur de la transition énergétique. Son lancement est le résultat de plusieurs années d'expertise acquises à travers nos centres de R&D situés à Karlsruhe en Allemagne (EIFER, European institute for Energy Research) et en France (Lab les Renardières, R&D d'EDF).

La création d'Hynamics confirme l'identification de l'hydrogène renouvelable et bas carbone comme un nouveau levier de croissance pour le groupe EDF. Hynamics est aujourd'hui un outil industriel et commercial capable de bâtir une offre hydrogène répondant aux besoins de clients aussi bien publics que privés.

Hynamics, producteur et distributeur d'hydrogène bas carbone et renouvelable

Hynamics propose à ses clients une solution hydrogène clé en main dans une démarche partenariale en se positionnant sur l'ensemble des maillons de la chaîne de valeur : de la conception des installations à l'exploitation et la maintenance en passant par la construction.

Pour produire son hydrogène, Hynamics utilise l'électrolyse de l'eau, une technologie qui n'émet pas de CO₂, à condition que l'électricité utilisée soit elle-même issue de moyens de production bas carbone. Le mix énergétique français et l'expertise issue du groupe EDF en matière d'approvisionnement en électricité permet à Hynamics de garantir une production d'hydrogène renouvelable et bas carbone.

Hynamics cible deux marchés fortement émetteurs de CO₂, l'industrie et la mobilité, qui, traités ensemble, peuvent constituer de véritables projets d'écosystèmes territoriaux d'hydrogène :

- Pour les clients industriels, lorsque l'hydrogène est une matière nécessaire à leur processus (raffinerie, verrerie, agro-alimentaire, chimie...), Hynamics installe, exploite et assure la maintenance de centrales de production d'hydrogène décarboné qui vient remplacer l'hydrogène carboné. Par ailleurs, l'hydrogène peut également être utilisé pour réduire l'intensité carbone de process industriels très émetteurs en CO₂, comme celui de la cimenterie, grâce notamment à la combinaison de CO₂ capté avec de l'hydrogène afin de produire des gaz de synthèses.
- Pour les acteurs de la mobilité publique et professionnelle, Hynamics contribue à mailler les territoires de stations-service pour recharger en hydrogène les flottes de véhicules lourds tels que les trains, bus, bennes à ordures ménagères, les véhicules utilitaires ou encore les moyens de transport fluviaux.





Nos projets, des réalisations concrètes pour améliorer l’empreinte carbone des transports et de l’industrie :

AUXR_H2, Communauté d’agglomération de l’Auxerrois :

Premier projet d’Hynamics qui sera mis en service dès la fin de l’année 2021, la station à hydrogène renouvelable de la Communauté d’agglomération de l’Auxerrois d’une puissance de 1 MW permettra d’alimenter 5 bus du réseau Leo (Transdev), des véhicules utilitaires légers et des camions. Le projet devra permettre d’éviter l’émission de 2 200 tonnes de CO2 chaque année. Pour répondre au développement de nouveaux usages, l’objectif à horizon 2024 est d’étendre à la fois les capacités de production (de 1 à 3 MW) et d’accueil de la station, tout en renforçant leur caractère multimodal, afin d’accompagner l’émergence de tous les usages de l’hydrogène (bus, véhicules utilitaires, camions, ferroviaire, fluvial, industriel et stationnaire). Cette station participe ainsi plus largement à la création d’un écosystème de grande envergure propice à l’émergence de nouveaux projets hydrogène de décarbonation.

H2 NORD FRANCHE-COMTÉ, Belfort

D’une puissance de 1 MW en première phase du projet, cette station pourra produire jusqu’à 400 kg d’hydrogène par jour. Une seconde phase à 2 MW est à l’étude, pour une production quotidienne de 800 kg. 7 bus à hydrogène exploités par la RTTB pour le compte du SMTC (Syndicat Mixte des Transports en Commun) sur le réseau Optymo (transports en commun du territoire de Belfort) pourront être ravitaillés à partir de 2023, avec la possibilité d’un renforcement massif de la flotte par la suite (20 bus supplémentaires d’ici 2025). Chaque bus parcourra de 60 000 à 75 000 km par an. S’inscrivant dans le cadre d’un écosystème territorial plus large, cette station pourra également alimenter les industries et les instituts de recherche de la région.

SHYMED, Dunkerque

En cours de développement, le projet SHYMED prévoit la mise en service en janvier 2024 d’une station de production et de distribution d’hydrogène vert d’une puissance de 1 MW sur le site du Centre de Valorisation Énergétique de Dunkerque. La station permettra l’alimentation en hydrogène d’une flotte de bus et de bennes à ordures ménagères.

WESTKÜSTE 100, Allemagne

Construction à Hemmingstedt, près de Heide, dans l’état du Schleswig-Holstein, d’un électrolyseur de 30 MW, l’un des plus importants d’Europe à ce jour. Alimenté par des parcs éoliens en mer du Nord, il sera installé puis exploité par la joint-venture constituée de la raffinerie de Heide, d’Ørsted et de Hynamics. Un projet d’extension de 700 MW est à l’étude dont le but sera de décarboner un site cimentier à proximité.



Jean-Bernard Lévy, Président Directeur-Général du Groupe EDF :

« La production d’hydrogène sans émission de CO2 est un facteur clé de la transition écologique. En se dotant d’un nouveau métier, le Groupe valorise les compétences, l’expertise et la capacité d’innovation de ses salariés au service de nos clients. Avec l’ensemble des acteurs, EDF souhaite contribuer à

la filière hydrogène française et européenne dans un marché mondial qui constitue une formidable opportunité en terme de croissance et d’emplois. »



Christelle Rouillé, Directrice Générale d’Hynamics :

« Accompagner les industriels et les territoires en soutenant leurs projets de décarbonation est un défi que Hynamics entend relever avec une offre de production d’hydrogène sans émission de CO2, multi-usages et performante économiquement. Nous nous concentrerons en particulier sur

les marchés de l’industrie et de la mobilité lourde, deux pans de l’économie très émetteurs de CO2, dans une logique partenariale. »

L'hydrogène, accélérateur de la transition vers la neutralité carbone

Stand D



L'hydrogène vert, produit principalement par électrolyse de l'eau à partir d'électricité renouvelable, représente un des leviers d'avenir pour accélérer la transition vers la neutralité carbone : développement de la mobilité verte, décarbonation des usages massifs industriels d'hydrogène (engrais, raffinerie, chimie...), meilleure intégration des énergies renouvelables intermittentes dans le système énergétique, stockage massif des surplus d'électricité produits.

Utilisable en complément de toutes les énergies vertes pour satisfaire et décarboner de nombreux usages, l'hydrogène peut devenir le pilier des territoires 100% renouvelables.

Des solutions hydrogène renouvelable sur l'ensemble de la chaîne de valeur

ENGIE se positionne comme un acteur majeur de l'hydrogène renouvelable, en étant présent sur l'ensemble de la chaîne de valeur de l'hydrogène, de la production d'énergies renouvelables aux utilisations finales.

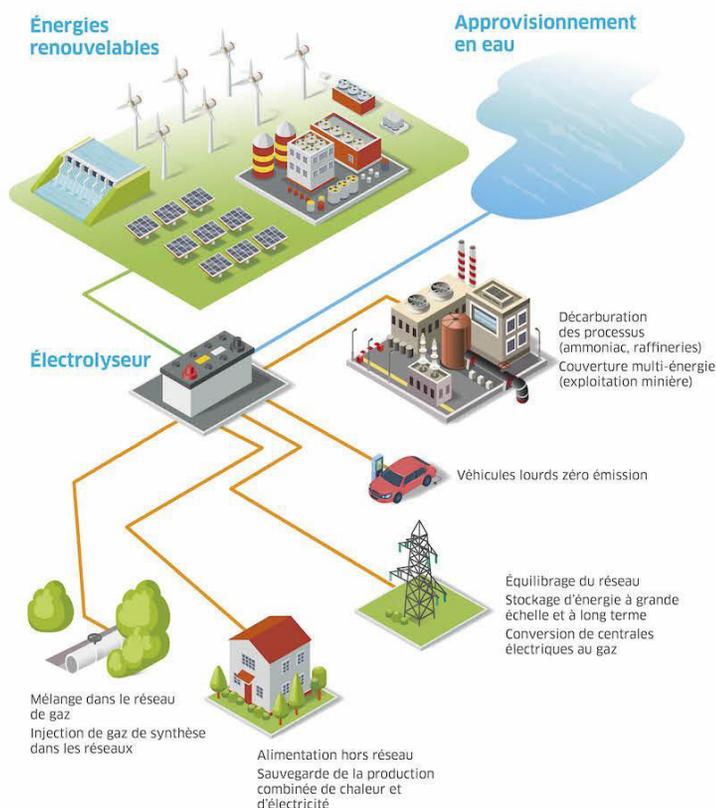
L'hydrogène vert, élément incontournable du mix énergétique :

- stocker l'énergie et la restituer quand les renouvelables ne produisent pas
- développer une mobilité plus durable
- décarboner les usages industriels

De la recherche à la commercialisation, nous intervenons de la production aux utilisations finales : stratégie, conception, ingénierie, construction d'actifs sobre en énergie, plateformes numériques, exploitation, financement et engagement de résultat.

Offrir des solutions hydrogène renouvelable sur l'ensemble de la chaîne de valeur

Conception, ingénierie, construction d'actifs économes en énergie, plateformes numériques, opérations et financement



L'hydrogène renouvelable produit à grande échelle :

L'ambition d'ENGIE est d'être un leader de l'hydrogène renouvelable produit à grande échelle. Nous travaillons sur trois axes de développement : les usages industriels, la mobilité et l'hydrogène comme vecteur énergétique sur lesquels nous développons des solutions, nouons des partenariats et explorons différentes technologies innovantes.

Nous combinons les expertises de toutes nos équipes à l'international et en France, notamment ENGIE Lab CRIGEN, ENGIE Impact, Tractebel, Storengy, ENGIE Solutions, ENGIE Green, GNVERT et ENGIE H2 pour développer à l'échelle industrielle un large éventail de solutions. Notre ancrage local est un véritable atout pour fédérer les différents acteurs économiques et institutionnels pour le développement de projets dans les territoires.

Agir avec les territoires

En France, ENGIE est actif dans les appels à projets territoriaux de l'ADEME : nous mettons en œuvre des solutions avec nos clients, dans les territoires. Nous fédérons les acteurs des écosystèmes Hydrogène pour accélérer le développement des usages de l'hydrogène.

ENGIE agit en construisant des réseaux de production et de distribution, et en développant les usages chez ses partenaires, collectivités et entreprises : mobilité lourde : flottes de bus, ... et de la mobilité intensive : utilitaires, berlines.

GRTgaz s'engage concrètement dans différentes voies de développement de l'hydrogène

Stand A



GRTgaz est convaincu que l'hydrogène jouera, comme les autres filières de gaz renouvelables et bas-carbone (méthanisation, pyrogazéification, gazéification hydrothermale), un rôle majeur pour contribuer à l'atteinte de l'objectif de zéro émission carbone de manière abordable. L'hydrogène renouvelable et bas-carbone peut remplacer les combustibles fossiles utilisés dans certains procédés industriels carbo-intensifs notamment dans les secteurs de la chimie et de l'acier, mais également dans le raffinage. L'hydrogène peut aussi être utilisé comme un vecteur d'énergie pour de nombreux usages de mobilité, en particulier la mobili-

té lourde, le transport collectif de personnes, ou encore la mobilité ferroviaire. ... En outre, avec le développement de la production d'électricité renouvelable variable en Europe, l'hydrogène fournira avec la technologie de Power to gas une solution d'intégration massive de ces énergies renouvelables en couplant les différents réseaux électriques, hydrogène et gaz.

GRTgaz est certain que l'avenir de l'hydrogène dépend dans une large mesure de la disponibilité d'une infrastructure capable de transporter et de stocker de grandes quantités d'hydrogène, reliant les zones de production à la consommation, tant à l'échelle locale et nationale qu'au niveau européen. GRTgaz est également convaincu que l'évolution du réseau gazier existant permettra de développer un réseau hydrogène de manière rentable. L'entreprise travaille ainsi à développer un réseau dédié de transport d'hydrogène en France principalement en s'appuyant sur la conversion de canalisations existantes, tout en continuant à permettre le transport du gaz naturel qui sera progressivement remplacé par le biométhane en parallèle. Focus sur quelques-uns de nos projets :



Laboratoire RICE - Crédit photo : GRTgaz / AZMOUN HAMID

Centre de R&D RICE : préparer les réseaux à l'arrivée de l'hydrogène

Centre de R&D de GRTgaz, RICE (Research & Innovation Center for Energy) collabore avec ses pairs et participe à l'animation de la R&D internationale au sein entre autres du GERG (Groupe Européen de Recherches Gazières) en tant que chef de file du sujet stratégique hydrogène, avec l'objectif d'identifier les bras de leviers pour la R&D de GRTgaz. RICE déploie de nouveaux bancs d'essais de pointe spécifiquement dédiés à l'hydrogène sous le nom de FenHYx, ayant vocation à faire référence en Europe. Les premiers essais sont lancés en 2021.

Dans le cadre de ses travaux, RICE se mobilise notamment pour assurer la sécurité et l'intégrité des actifs en présence d'hydrogène. Concrètement, cela implique de comprendre les spécificités du transport de la molécule de dihydrogène (H₂), notamment son interaction avec les réseaux (équipements ou canalisations), les effets sur les études de sécurité et d'adapter les modalités d'exploitation en conséquence pour maintenir le niveau de sécurité existant.

Autre axe de travail pour RICE : maintenir la qualité de la mission de transport (fonctionnelle et réglementaire). La molécule de dihydrogène présente des caractéristiques physiques et énergétiques différentes de celle du méthane (constituant majoritaire du gaz naturel), ces différences pouvant nécessiter l'adaptation de certaines règles de pilotage ou des équipements de mesurage et comptage.

Focus sur des projets emblématiques portés par GRTgaz

Démonstrateur Power to gas Jupiter 1000 : le gaz au service de l'optimisation globale du système énergétique

Le Power to gas est la seule technologie disponible pour absorber des excédents massifs et saisonniers de production d'électricité. Elle peut aussi permettre de résoudre les congestions locales des réseaux de distribution ou de transport d'électricité. On parle ainsi de sector coupling, c'est-à-dire le rapprochement des secteurs électriques et gaziers, qui permettra de maximiser le développement des énergies renouvelables tout en réduisant les coûts d'investissements nécessaires dans les infrastructures d'électricité.

Avec le projet Jupiter 1000, GRTgaz et ses 8 partenaires déploient le premier pilote de Power to gas de taille industrielle avec 1 MWe de capacité d'électrolyse PEM (membrane) et alcaline. Le démonstrateur comprend également une unité de captage de CO₂ sur les cheminées d'un industriel voisin et une unité de méthanation catalytique pour convertir l'hydrogène produit

et le CO₂ ainsi recyclé en méthane de synthèse. L'injection du mélange hydrogène - méthane de synthèse avec le gaz naturel, démarrée en 2020, permet de tester en situation réelle les effets de ce mélange sur la canalisation de transport existante et sur les 2 clients industriels desservis sur le port de Fos-sur-Mer.



Jupiter 1000 - Crédit photo : GRTgaz

Projet MosaHYC : développement de la première capacité transfrontalière de transport d'hydrogène par conversion de canalisations gaz

Pour arriver à son objectif de convertir en hydrogène les canalisations gaz qui ne seraient plus utilisées à terme, GRTgaz a lancé le projet transfrontalier MosaHYC (Moselle Sarre HYdrogène Conversion) en partenariat avec Encevo et Creos Deutschland. MosaHYC a été identifié par la Région Grand Est comme l'un des 40 projets structurants de son plan de relance Business Act. La décision finale d'investissement sera prise fin 2022 pour une mise en service en 2026.

Le projet MosaHYC a pour ambition de convertir deux canalisations existantes au transport d'hydrogène pur. Le réseau reliera Völklingen, Perl (Sarre), Bouzonville et Carling (Moselle), d'une longueur de 100 km. Il devrait sécuriser l'approvisionnement en hydrogène d'industries comme l'usine sidérurgique de Dillinger Hütte, en Allemagne, les usages de mobilité (train, bus, voitures et camions), et favoriser l'émergence d'un hub hydrogène local « la Grande Region Hydrogen », en reliant les sites de production aux zones de consommation actuelles et futures, de manière compétitive. En effet, des projets de production d'hydrogène sont actuellement développés dans la Région, comme l'électrolyseur de STEAG à Völklingen-Fenne en Allemagne ou le projet H2V Warndt Naborien en collaboration avec GazelEnergie de Power to gas à Saint-Avold en France. MosaHYC leur offrira la possibilité de se connecter à de nouvelles zones de consommation potentielles à proximité.

Les deux canalisations gazières existantes ne sont plus nécessaires pour approvisionner les consommateurs de gaz naturel, et une réaffectation au transport d'hydrogène est donc envisageable. Le projet permettra de développer une première base technique de conversion des infrastructures de transport du gaz naturel à l'hydrogène.

Lancement en juin 2021 d'une consultation de marché hydrogène en France

GRTgaz, en partenariat avec Teréga, a lancé une large consultation en juin de cette année auprès de tous les acteurs du futur marché de l'hydrogène décarboné français afin d'affiner la compréhension des futurs besoins d'infrastructures de transport. En engageant un dialogue dès maintenant avec les acteurs industriels producteurs et consommateurs, mais également les institutionnels nationaux et territoriaux, l'enjeu est d'initier une démarche pérenne de planification des réseaux de transport d'hydrogène de demain, calibrés pour répondre aux besoins du marché au meilleur coût.



Unité de méthanisation MD Biogaz (Bar-sur-Seine, Aube) - Crédit photo : GRTgaz / BC IMAGE / COCHARD BENJAMIN

Hydrogène et gaz renouvelables : un enjeu clé dans la raison d'être et le projet d'entreprise de GRTgaz

Après une longue phase de consultation de ses parties prenantes, GRTgaz a fait adopter dans ses statuts fin 2020 une raison d'être, qui désigne l'ambition d'intérêt général que l'entreprise entend poursuivre : « Ensemble, rendre possible un avenir énergétique sûr, abordable et neutre pour le climat. »

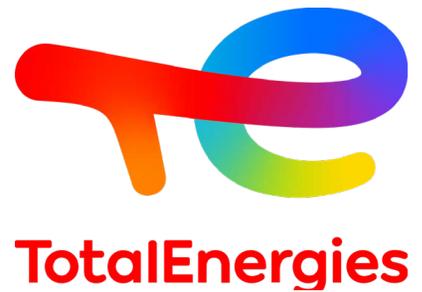
GRTgaz a décliné sa raison d'être de façon opérationnelle dans CAP 24, son projet stratégique de transformation pour la période 2021-2024, et une nouvelle politique de Responsabilité Sociale et Environnementale avec pour ambition de faciliter l'émergence de nouvelles filières de gaz renouvelables et de l'hydrogène, développer de nouvelles activités relais de croissance, réduire toujours plus son empreinte carbone et l'impact de ses activités sur la biodiversité.

TotalEnergies et l'Hydrogène

Attention, cet article risque de vous surprendre : TotalEnergies souhaite devenir un leader de la production massive d'hydrogène propre. Si cela vous étonne, c'est peut-être que vous n'avez pas suivi l'évolution de la stratégie de l'entreprise qui a annoncé en mai 2020 son ambition d'atteindre la neutralité carbone en 2050, et qui a récemment changé son nom, de « Total » à « TotalEnergies ».

Ce nouveau nom incarne une nouvelle dynamique : celle d'une compagnie multi-énergies qui met en œuvre sa mission de produire et fournir des énergies toujours plus abordables, disponibles et propres. TotalEnergies veut réinventer la production et la consommation d'énergie pour résoudre le défi climatique et pour cela, il considère que l'hydrogène fait partie des solutions. Ainsi, la Compagnie a vocation à devenir un producteur d'hydrogène décarboné à grande échelle, que ce soit par électrolyse de l'eau à partir d'énergies renouvelables (H2 vert) ou via du gaz naturel à coût bas couplé à de la Capture, Séquestration ou Utilisation du CO2 (H2 bleu). L'hydrogène propre a un potentiel incroyable, puisqu'il peut aussi bien contribuer à verdifier le gaz naturel via une incorporation dans le réseau, que décarboner les transports ou les procédés industriels. C'est pour cela que, depuis plusieurs années, TotalEnergies agit concrètement en faveur de l'hydrogène :

- Depuis 2014, via son fonds de capital-risque TotalEnergies Ventures, TotalEnergies est actionnaire de la start-up allemande Sunfire qui commercialise des électrolyseurs et des piles à combustible à haute température, ainsi que des électrolyseurs à forte puissance de technologie alcaline.
- Dès 2017, TotalEnergies a fait partie des 13 compagnies qui ont lancé l'Hydrogen Council à Davos. Plus de 100 l'ont rejoint aujourd'hui !
- En Juillet 2020, TotalEnergies a inauguré aux côtés de L'Automobile Club de l'Ouest une station Hydrogène, située à proximité de l'aéroport du Mans, en face du mythique circuit
- En Octobre 2020, toujours via son fonds de capital-risque, TotalEnergies a réalisé un investissement stratégique dans Hyzon Motors, la start-up américaine de camions à pile à combustible, au cours d'une levée de fonds à laquelle ont participé d'autres investisseurs comme Ascent Hydrogen Fund, Hydrogen Capital Partners et Audacy Ventures Ltd,
- En 2020, TotalEnergies et Engie ont signé un accord de coopération pour concevoir, développer, construire et exploiter le projet Masshyla, le plus grand site de production d'hydrogène renouvelable de France à Châteauneuf-les-Martigues en Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur,
- En mai 2021, TotalEnergies est entrée au capital de Hysetco, société française qui développe la mobilité urbaine à hydrogène. Hysetco détient la première flotte de taxis hydrogène au monde, lancée en 2015 et exploitée dans la région Île-de-France sous la marque Hype, ainsi que des stations de recharge d'hydrogène. TotalEnergies rejoint les actionnaires historiques de Hysetco : STEP (Société du Taxi Electrique Parisien), Air Liquide, Toyota et Kouros,
- TotalEnergies développe des projets pour la mobilité, notamment en Allemagne où 24 stations-service proposent de l'hydrogène dans le cadre de la joint-venture H2 Mobility,



L'hydrogène vert : un atout pour les investissements dans les renouvelables

Présentation du projet à La Mède



Focus sur le projet Masshyla

Situé au cœur de la bioraffinerie de TotalEnergies à La Mède, l'électrolyseur de 40 MW produira 15 tonnes d'hydrogène vert par jour répondant aux besoins du processus de production de biocarburants de la bioraffinerie TotalEnergies de La Mède, évitant 33 000 tonnes d'émissions de CO2 par an. L'électrolyseur sera alimenté à travers des installations renouvelables avec entre autres des fermes solaires d'une capacité globale de plus de 100 MW.

Le projet intègre ainsi la mise en œuvre de 5 innovations qui préfigurent les solutions de décarbonation de l'Industrie, sans aucun précédent en Europe :

- Un système de pilotage digital de la fourniture d'hydrogène en continu avec une gestion en temps réel de la production d'électricité solaire,
- L'optimisation de l'intégration de plusieurs installations renouvelables alimentant l'électrolyseur pour minimiser les pertes d'énergie et limiter les congestions du réseau,
- Un stockage d'hydrogène de grande ampleur pour équilibrer production d'électricité intermittente et consommation d'hydrogène continue,
- Une connexion directe en courant continu entre une ferme photovoltaïque et l'électrolyseur pour améliorer le bilan énergétique,
- Une sécurité industrielle renforcée grâce à l'utilisation de modèles numériques 3D pour chaque composant de l'installation

Le projet Masshyla a été labellisé comme innovant et d'un grand intérêt pour la région par plusieurs institutions régionales (Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, Métropole Aix-Marseille-Provence, Capenergies pôle de compétitivité). Il bénéficie du soutien d'acteurs locaux pour sa capacité à réduire les émissions de CO2 et démontrer les avantages économiques de l'hydrogène renouvelable ainsi que pour son intégration dans l'écosystème local et au niveau européen.

Les deux partenaires visent un début de construction des installations en 2023, à l'issue de l'étude d'ingénierie avancée, en vue d'une production en 2024, sous réserve de la mise en place des soutiens financiers et autorisations publiques nécessaires. A cette fin, le projet a déjà déposé des demandes de subventions auprès des autorités françaises (AMI) et européennes (IPCEI, Fonds de l'innovation).

L'Hydrogène au service du transport

Stand I



Opérateur global de mobilités, Transdev, The mobility company, permet à tous de se déplacer librement en transportant quotidiennement 11 millions de passagers grâce à ses différents modes de transport efficaces et respectueux de l'environnement, qui connectent les individus et les communautés.

Transdev conseille et accompagne, dans une collaboration durable, les collectivités territoriales et les entreprises dans la recherche de solutions de mobilité plus sûres,

innovantes, et zéro émission. Transdev est codétenu par la Caisse des Dépôts à 66% et par le Groupe RETHMANN à 34%.

« La transition énergétique pour Transdev n'est pas une option, c'est un engagement. Il s'agit d'un engagement à convertir rapidement le parc de véhicules de notre Groupe à une part croissante de véhicules à faibles émissions et à zéro émission », a déclaré Thierry Mallet, Président-directeur général du Groupe Transdev.

Transdev accompagne et soutient les collectivités dans le développement de projets en faveur de la mobilité hydrogène avec des expérimentations et exploitations commerciales (en-cours et à venir) de bus à hydrogène en France (Lens, Toulouse, Auxerre), aux Pays-Bas, en Suède et en Nouvelle-Zélande mais également de modes alternatifs comme les vélos hydrogène à Vichy. Aux côtés de la Région Normandie, Transdev a également accompagné le 1er rétrofit de cars hydrogène en 2021.

Enfin une expérimentation de Train hydrogène sera lancée en 2023 dans le cadre d'un protocole d'accord entre L'Etat de Bavière, Siemens Mobility et Transdev.

McPhy
CONCEPTEUR et FABRICANT
D'ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION & DISTRIBUTION
D'HYDROGÈNE ZÉRO-CARBONE

Partenaire des
Journées Hydrogène
DANS LES TERRITOIRES
8ème édition
Dunkerque 2021

Retrouvez-nous
du **8 au 10 septembre 2021**
au Kursaal à Dunkerque :
Stand G

Toutes les infos sur
mcphy.com

Une approche holistique et engagée de l'hydrogène décarboné

Stand E



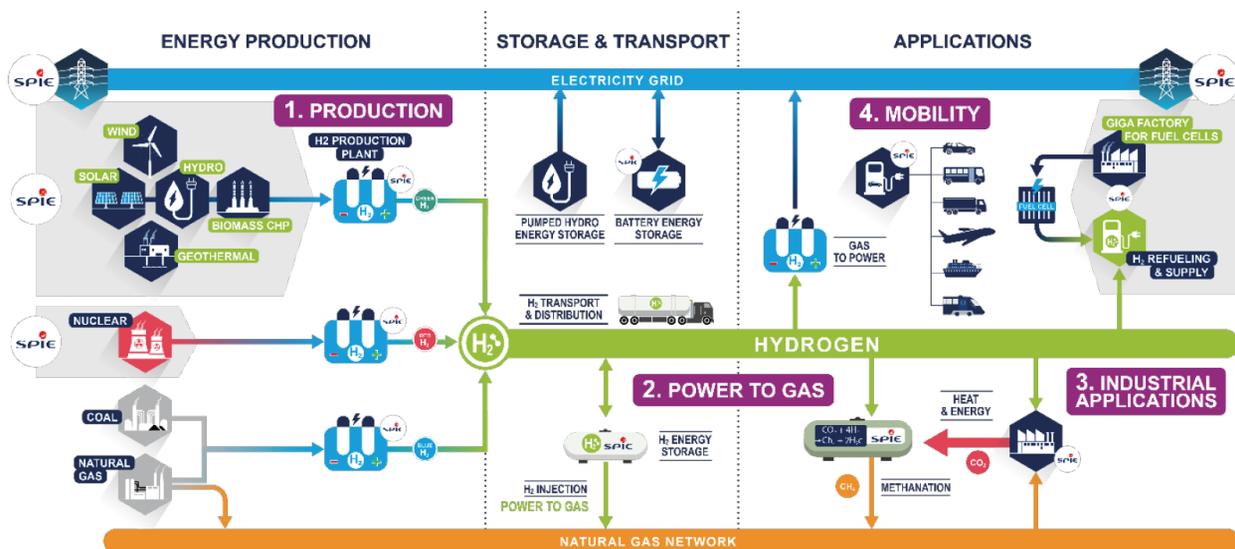
La division Industrie de SPIE Industrie & Tertiaire est impliquée dans le développement de l'hydrogène depuis plusieurs années. Partenaire privilégié de la transformation énergétique et numérique des industriels, la division Industrie a fait le choix d'accélérer et de jouer un rôle actif dans le développement de l'hydrogène vert.

Avec près d'un million de tonnes consommées annuellement en France, l'hydrogène est aujourd'hui une énergie indispensable à de nombreux secteurs de l'Industrie. Actuellement, l'hydrogène produit en France, est une énergie dite « grise » car produite essentiellement par vapocraquage du méthane à partir de vapeur issue de la combustion de matières fossiles. Ce mode de production implique d'importants rejets de CO₂, sans compter les émissions associées à son transport. Pour devenir réellement une énergie d'avenir, propre et illimitée, l'hydrogène doit être produit par électrolyse de l'eau, à partir d'électricité décarbonée et renouvelable.

Intégrateur de solutions, nous intervenons aujourd'hui à tous les niveaux de l'écosystème hydrogène. Nous sommes pleinement impliqués, aux côtés de nos partenaires EPC ou constructeurs d'électrolyseurs, dans la conception et le déploiement de centrales d'hydrogène décarboné pour nos clients industriels, développeurs ou énergéticiens. Un domaine dans lequel notre expérience de la gestion multi-énergies et des systèmes d'automatismes, nous permet d'envisager une optimisation à grande échelle de la production grâce à la mise en oeuvre de nos systèmes de power management system.

En amont de la chaîne de valeur, comptant parmi les acteurs majeurs nationaux dans la construction et la maintenance des installations photovoltaïques, éoliennes et hydrauliques, nous sommes partie prenante dans le développement des énergies renouvelables qui alimenteront demain les futures usines de production d'hydrogène vert. En aval de cet écosystème, nous oeuvrons activement au développement vertueux des usages. Nous sommes ainsi en première ligne pour accompagner, chez nos clients, la transition de l'hydrogène gris à l'hydrogène vert au travers de process que nous maîtrisons historiquement de A à Z, avec demain, une production en local d'hydrogène par électrolyse. Citons enfin l'ouverture vers la réinjection de l'hydrogène vert vers les réseaux de distribution ou de stockage de gaz naturel, que nous pourrions proposer à nos clients.

Une maîtrise inédite de l'écosystème de la production des usages



SPIE, l'ambition partagée

GRDF : les réseaux et l'expertise du distributeur gazier au service des projets hydrogène dans les territoires

Stand H



A court comme à long terme, le réseau de gaz et l'expertise des opérateurs gaziers sont de vrais atouts pour le développement de l'hydrogène (H2) renouvelable ou bas-carbone

La volonté de massifier la production d'H2 pour bénéficier d'effets d'échelle sur les coûts se marie parfaitement avec la perspective de convoyer cet H2 vers des consommateurs disséminés sur le territoire à des distances plus ou moins importantes. A l'instar des transporteurs européens¹, les distributeurs, dont GRDF, explorent également le potentiel de conversion des ouvrages².

La molécule d'H2 peut également être intégrée à l'infrastructure de gaz actuelle, sans conversion des usages aval. A court terme, cette solution représente un véritable allié du déploiement des projets de production d'H2 renouvelable dans les territoires : les projets territoriaux qui se développent en ciblant des usages mobilité ou petite industrie peuvent rencontrer des difficultés à atteindre les tailles critiques³ ciblées pour l'électrolyse⁴. Dans ces conditions – et sous réserve de soutien comme pour tous les autres débouchés de l'H2 renouvelable – l'injection dans les réseaux représente un exutoire complémentaire, sécurisé. Le bénéfice environnemental de ce type de solution est avéré (cf. résultats de l'expérimentation GRHYD pour l'injection en mélange). A plus long terme, lorsque les usages de l'H2 seront davantage développés, l'exutoire réseau reste pertinent comme solution de flexibilité / arbitrage pour les projets ou bien comme valeur assurantielle (en cas de défaillance d'un client H2).

Les opérateurs d'infrastructures de gaz français explorent de manière coordonnée des solutions complémentaires d'intégration de l'H2 dans les réseaux, répondant à la diversité des territoires

Les infrastructures et les opérateurs de gaz sont capables de développer des solutions adaptées aux territoires et aux différentes modalités d'approvisionnement en H2, tout en garantissant une qualité de service et une sécurité d'approvisionnement aux clients raccordés.

Ainsi, la méthanation, se révèle être une solution technique très pertinente à court terme et vient renforcer le potentiel de gaz vert des territoires : le méthane de synthèse possède des caractéristiques très proches du biométhane et sa faisabilité technique devrait être validée à très court terme dans tout l'écosystème gaz (réseau / clients). Par ailleurs, cette solution permet de maximiser le bénéfice environnemental de la filière biométhane lorsque le CO2 provient des unités de méthanisation (on produit 2 fois plus de gaz vert avec une même quantité de biomasse). GRDF accompagne les premiers projets qui bénéficient d'un cadre expérimental décliné par la CRE (« bac-à-sable »). L'objectif de GRDF est de développer une offre raccordement et d'injection industrialisable pour ces nouveaux gaz. En complément, via son appel à projets R&D, GRDF s'implique, avec la filière, sur l'optimisation et l'essaiage des configurations technico-économiques les plus pertinentes.



- Projets Power-to-methane retenus dans le « bac-à-sable réglementaire » CRE**
- Autres projets Power-to-methane
- Lauréats appels à projets GRDF

* Et pyrolyse
** Dispositif de dérogation réglementaire introduit par la loi Énergie-Climat et encadré par la Commission de Régulation de l'Énergie pour permettre l'injection de « nouveaux gaz verts » dans les réseaux.

A plus long terme, l'intégration en mélange ou la conversion de portions de réseaux à l'H2 pur font partie des axes de recherche des opérateurs pour valoriser l'infrastructure et le savoir-faire en matière de sécurité industrielle et de service clients. GRDF structure actuellement un programme de recherche sur la distribution d'H2 et cible une expérimentation terrain à horizon 2025. Enfin, qu'elles soient dédiées ou qu'elles passent par le réseau de gaz actuel, les infrastructures de gaz et leurs stockages offrent à

- 1 European Hydrogen Backbone, publication de la vision de 23 transporteurs, actualisée en avril 2021
- 2 Leeds, conversion d'une éco-quartier à l'H2 à Rotterdam par Stedin, recherche de zone propice d'expérimentation par GRDF
- 3 Disponibilité de l'offre et coût des véhicules sont des freins régulièrement évoqués
- 4 Seuil de l'AAP ADEME sur les hubs territoriaux de grande envergure (10 MWe)

terme la seule réponse pertinente pour gérer les excédents saisonniers significatifs d'énergie renouvelable dans le système électrique. EDF estime ce volant de flexibilité inter-saisonnière à ~50 TWh en 2050⁵.

Le développement de l'H2 renouvelable et bas-carbone est une opportunité pour repenser le lien entre vecteurs électrique et gazier avec un enjeu fort de planification à l'échelle territoriale

La France et ses territoires disposent d'atouts : un maillage national robuste des réseaux électrique et gazier, des opérateurs d'envergure nationale facilitant des travaux de coordination et planification. Quelles que soient les options, l'enjeu est celui de la planification qui doit permettre à la fois d'identifier les localisations optimales d'implantation des électrolyseurs pour le système électrique, mais également les solutions de couplage avec une infrastructure gazière, au bénéfice des clients. Les territoires sont très bien placés pour penser ces synergies et construire des systèmes interconnectés au plus proches de leurs ressources et de leurs besoins.

5 Propos recueillis dans le cadre de travaux prospectifs de la CRE sur l'hydrogène

Un hydrogène renouvelable compétitif pour les usages industriels et mobilité

Stand F



H2V investit, développe et construit des usines de production d'hydrogène renouvelable d'envergure pour les usages des territoires : industries et mobilité. Chaque projet se compose de une ou plusieurs unités de 100 MW de production d'hydrogène par électrolyse de l'eau, à partir d'électricité renouvelable, à un prix compétitif.

H2V fait partie du groupe Samfi-Invest présent sur l'ensemble de la chaîne de valeur de l'hydrogène avec des entreprises telles que SAMSOLAR (solaire) et SAMWIND (éolien terrestre), Distry (stations Hydrogène de 1 tonne/jour ou multi-énergies destinées à la mobilité lourde), et les Transports MALHERBE (1400 camions).

Un positionnement stratégique des projets au plus près des usages à potentiel

Les projets d'H2V sont positionnés au plus près des usages à potentiel. Parmi ceux-ci figurent les bassins industriels intégrant les raffineries, la production d'ammoniac, la chimie qui sont déjà des consommateurs intensifs d'hydrogène, ou la sidérurgie qui présente un fort potentiel de consommation hydrogène à venir.

La mobilité lourde à l'hydrogène (camions, camions-bennes à ordures ménagères, bus, cars, trains, etc.), les écosystèmes portuaires et aéroportuaires sont également un usage prometteur dans les 5 à 10 ans à venir avec la fin programmée de l'essence et du diesel. Les 1400 camions Malherbe vont être progressivement convertis à l'hydrogène : leur consommation dépassera les capacités d'une usine de production de 100 MW d'hydrogène. Sachant que la France compte environ 600 000 camions immatriculés (sans compter les transits), la production d'hydrogène nécessaire lorsque seulement 10% d'entre eux seront convertis à l'hydrogène sera alors de plus de 50 usines de production de 100 MW. Nous anticipons par ailleurs ce développement avec 20 stations Distry qui seront alimentées par chacun de nos projets de production.



Être prêt à temps à un prix compétitif

Les contraintes réglementaires visant à décarboner l'industrie et la mobilité accélèrent avec le paquet européen Fit for 55 à l'étude qui introduit de nouvelles obligations. Toutefois pour que l'industrie et la mobilité bascule à l'hydrogène renouvelable, il faut que l'hydrogène soit disponible et que les prix soient proches de l'hydrogène gris pour l'industrie ou du diesel pour la mobilité. C'est pourquoi H2V fait le choix d'une part de projets à l'échelle, avec des usines de 100 MW qui permettent d'atteindre un prix compétitif : complété par les aides du plan national hydrogène, la bascule des industries et de la mobilité vers l'hydrogène renouvelable devient alors possible. D'autre part, quelle que soit la maturité des aides et des débouchés, H2V avance sur le développement de ses projets en menant notamment les démarches d'études d'ingénierie et environnementales et de demandes d'autorisation. Ceci permet d'être prêt lorsque les usagers souhaitent basculer à l'hydrogène renouvelable.

H2V Normandie mené avec notre partenaire Air Liquide, H2V 59 (projets de 200 MW chacun mis en service en 2023-2024), ou notre projet de 400 MW mené avec GazelEnergie dans le Grand Est (mise en service : 2026) sont de bons exemples de projets à l'échelle développés pour des usages industries et mobilité.

HydrogenPro (France/ Norway) & H2V (France)

– Le Projet H2V 59

Stand 28

Hydrogen pro

H2V et HydrogenPro (France/Norvège) coopèrent depuis octobre 2018 pour réaliser l'ingénierie et la conception d'une usine de production d'hydrogène à grande échelle. Elle sera basée sur l'utilisation d'énergies renouvelables et d'eau industrielle et utilisera le procédé d'électrolyse de l'eau. Le projet H2V 59 est en cours d'instruction administrative et l'approbation des autorités françaises est attendue pour janvier 2022. La livraison de la première unité de production et sa mise en service est prévue pour mi-2023.

L'alimentation en électricité se fera à partir du réseau (énergie renouvelable) via une sous-station ; les besoins en eau seront couverts par l'utilisation locale d'eau industrielle. Le procédé d'électrolyse de l'eau séparant l'hydrogène de l'oxygène se fera à partir de la technologie d'électrolyseur alcalin d'HydrogenPro. L'oxygène est rejeté dans l'air tandis que l'hydrogène sera traité et comprimé avant d'être injecté dans le réseau de canalisations de gaz naturel (cas de base).

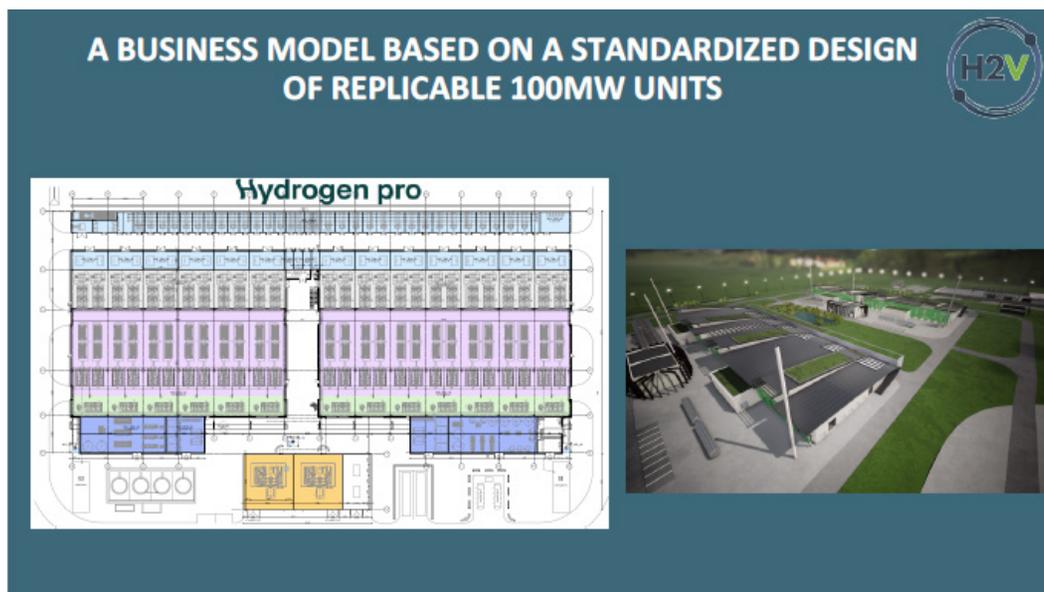
Deux sites ont été envisagés en parallèle par H2V, Dunkerque et la Normandie ; chaque site dispose d'une centrale hydrogène comprenant jusqu'à 4 à 5 « unités de production ». Une unité de production est définie avec une capacité de 100 MW de puissance électrique issue du réseau et produira nominale 20.000 Nm³/h d'hydrogène. Chaque unité sera composée de plusieurs transformateurs moyenne tension, de redresseurs, d'électrolyseurs avec l'ensemble des systèmes d'assistance au process et sera, dans la mesure du possible, un « système standard » afin de réduire les CAPEX et les OPEX.

H2V investit et développe toutes les unités de production. H2V est responsable des projets, de la construction des bâtiments et de tous les travaux de génie civil. H2V est aussi responsable du raccordement au réseau électrique (sous-station et transformateurs HT), de l'alimentation en azote et air, du système de contrôle et d'acquisition de données (SCADA), de la connexion aux canalisations de gaz naturel, de la protection contre les incendies, et de tous les permis et approbations des autorités. H2V est aussi le responsable de l'exploitation de l'usine.

HydrogenPro est le fournisseur désigné par H2V pour ces unités de production « clés en main » comprenant la technologie d'électrolyseur incluant les stacks de cellules, les systèmes de purification d'eau, les systèmes de refroidissement, les skids de process, les systèmes de purification du gaz, l'instrumentation, le contrôle de process, les compresseurs de gaz, sans oublier le montage, la tuyauterie, le câblage, les connexions, ainsi que la mise en service, la supervision et l'assistance sur site jusqu'au démarrage de l'usine (voir le schéma ci-dessous).

Tous les équipements et composants seront entièrement conformes aux normes internationales (ISO, IEC, API, PD, ATEX, etc.), ainsi qu'aux différentes directives, règles et règlements, le tout avec un procédé de fabrication de pointe. L'équipement est livré avec le label CE. Un engagement clé d'Hydrogenpro, partie intégrante du modèle d'affaires et de la stratégie, est l'installation d'usine d'assemblage d'électrolyseurs à proximité de chaque usine de production. HydrogenPro vise ainsi à terme un pôle de fabrication en France.

Depuis le début du projet, HydrogenPro invite et évalue tous ses fournisseurs potentiels afin de maximiser la part des composants et équipements locale dans un premier temps, française dans un second, et européenne dans un dernier temps. HydrogenPro recherche des entreprises répondant à ces critères que ce soit pour la fourniture d'équipements, pour l'assemblage et le montage, pour fournir des équipements et installations de tests et plus généralement pour tous les travaux d'installation. Au-delà de la réalisation du projet H2V59, HydrogenPro est également intéressé par d'autres types de services dans le cadre de son implantation en France, et notamment des conseils pour son futur pôle de fabrication.



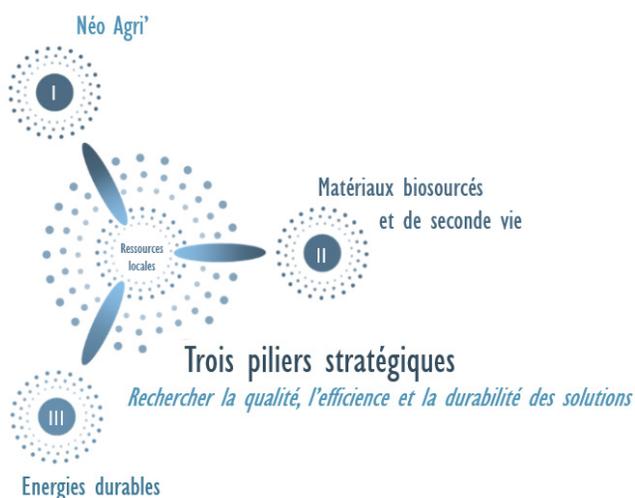
TERRITOIRE

Le Cluster V.E.R.T et le Projet Somme Hydrogène Vert

La Communauté de Communes Somme Sud-Ouest (CC2SO) est un vaste territoire rural composé de 119 communes et peuplé d'environ 40 000 habitants situé à proximité immédiate de l'Oise et de la Seine Maritime.

Dans le cadre de l'élaboration du PADD les élus de la CC2SO ont mené des réflexions sur les priorités du territoire en terme de développement économique.

Celles-ci ont abouti à l'émergence du Cluster V.E.R.T (Valorisation Energétiques des Ressources Territoriales).



Le Cluster V.E.R.T repose sur 3 piliers stratégiques en lien avec les ressources du territoire.

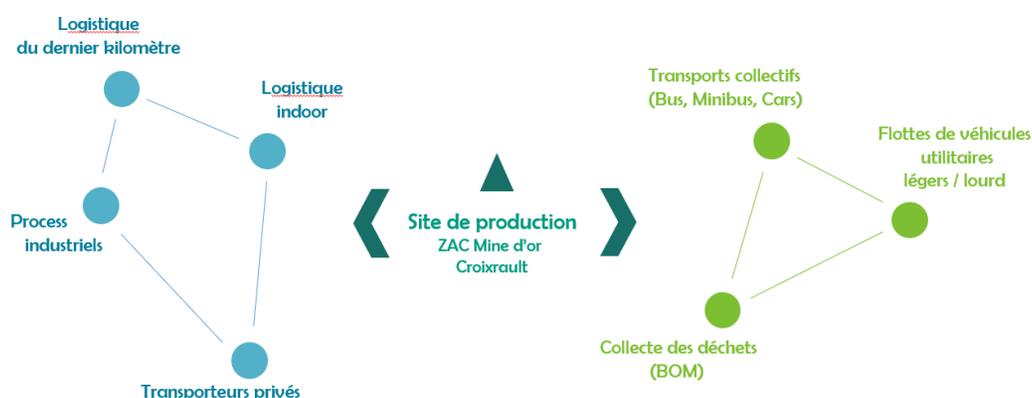
- Le pilier 1 : Néo Agri est directement lié au Projet Alimentaire Territorial mis en place à l'échelle du territoire et qui a pour principaux objectifs le mieux-manger et le manger-local.
- Le pilier 2 : Matériaux Biosourcés et de seconde vie a pour objectif principal le développement de la filière matériaux biosourcés, depuis la production à partir de la biomasse locale au développement des usages en passant par la création d'unités de transformation.
- Le pilier 3 : Energies durables a pour principaux objectifs, à partir des énergies renouvelables locales (éolien, photovoltaïque et biomasse), de permettre l'indépendance énergétique du territoire, de structurer des filières d'excellence circulaires (intégrant une gestion intelligente des ressources), de participer au développement d'une filière de production et de distribution d'hydrogène vert en France, d'encourager et accompagner la décarbonation de l'industrie, de la logistique de la *supply chain* et de la mobilité lourde.

Le projet Somme Hydrogène Vert

A partir de l'électricité produite par les éoliennes présentes sur le territoire, le projet Somme Hydrogène Vert consistera à produire localement (à Croixrault sur la ZAC de la Mine d'or) de façon industrielle, renouvelable et propre de l'hydrogène vert (100% décarboné) par électrolyse de l'eau pour des usages locaux dans la mobilité et l'industrie.



La particularité du projet réside dans la mise en place d'un écosystème territorial diversifié pour les usages de l'hydrogène avec de multiples utilisateurs dans la mobilité et l'industrie tant dans le privé que dans le secteur public.





USAGES

1^{ère} ligne de bus 100% hydrogène en France



Comment le syndicat mixte des transports Artois-Gohelle en est venu à choisir l'hydrogène pour alimenter une ligne de réseau ?

Dès 2015, parallèlement au projet de nouveau réseau prévu pour 2019, une réflexion est menée sur les choix des motorisations de bus du réseau ! Toute notre flotte roulait en effet au Diesel et nous voulions réduire notre empreinte carbone de manière significative.

Trois choix s'offraient à nous : le gaz, les bus hybrides et le tout électrique. Ce sont les caractéristiques «physiques» de notre réseau qui nous ont poussé à choisir les moteurs hybrides (diesel + électrique). Avec le gaz et le tout électrique, nous étions confrontés à des problèmes d'autonomie insurmontables avec les 1 000 km² du périmètre TADAO.

Décision est prise de choisir des véhicules hybrides pour tout achat ou renouvellement à venir. Cette solution répondait aussi bien à notre souci de développement environnemental, qu'à celui de pouvoir compter sur une fiabilité éprouvée.

La perspective de l'hydrogène est venue un an plus tard, en 2016. Désireux d'aller encore plus loin dans la démarche de verdissement du réseau TADAO, les élus du SMT AG ont décidé de tenter ce qui ressemblait fort à l'époque à un pari sur l'avenir :

- Produire sur site, une énergie propre, à partir du principe d'électrolyse de l'eau,
- Utiliser de l'électricité garantie verte d'origine France,
- Faire circuler des véhicules qui ne rejettent que de l'eau,
- Positionner le territoire comme un démonstrateur, d'une solution H₂ 100% française (unité de production, exploitant, fournisseurs de bus, de piles à combustible et d'électrolyseur)

Quels sont les premiers retours d'expérience en matière d'hydrogène sur le réseau TADAO ?

Avec bientôt 2 ans de recul, l'exploitation d'une station de production d'hydrogène et six bus H₂ s'avère être un challenge plutôt réussi. La Bulle 6 se voit d'ailleurs prolongée vers Lillers depuis cette rentrée 2020.

L'autonomie des bus est une des très bonnes surprises de ce projet. La consommation est inférieure aux données constructeurs et nous permet de répondre, encore plus facilement que prévu, aux besoins journaliers de nos véhicules.

Ensuite, la station de production, qui présente des technologies éprouvées, n'a pas posé de souci majeur. Seul un dysfonctionnement a excédé nos 3 jours de réserve et a nécessité un avitaillement de secours.

En ce qui concerne les véhicules, le choix de SAFRA comme constructeur induisait d'accepter de recevoir leur six premiers bus H₂ jusqu'alors jamais encore sortis d'une chaîne de fabrication. Il s'agissait donc de «pré-séries, pour reprendre le terme de l'industrie automobile; ceux-ci sont donc arrivés sur site avec leurs lots d'ajustements et de réglage à réaliser sur place. Le constructeur albigeois a ainsi délocalisé une équipe de maintenance directement au dépôt de Houdain, pour être en mesure de parer à toutes éventualités. Les premiers mois d'exploitation, ont donc été l'occasion d'améliorer la fiabilité des bus, tant au niveau matériel que logiciel. La communication entre la pile à combustible et le véhicule a été l'un des points les plus cruciaux de cette phase.

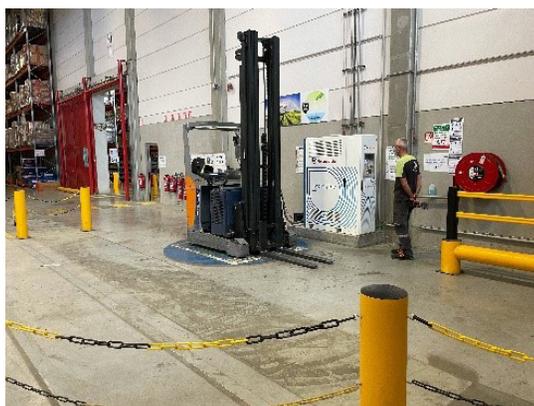
Aujourd'hui, même si de nombreuses difficultés ont dû être surmontées, la technologie H₂ semble se confirmer comme un choix d'avenir pour la mobilité urbaine.



L'hydrogène au service de la logistique

Avec 340 salariés, le nouvel entrepôt Vendin II de Carrefour Supply Chain à Vendin le Vieil (62), couvrent une superficie de 55 000m² depuis 2017 ; cet entrepôt est en charge de la réception, préparation et expédition de près de 30 millions de colis par an. Dès 2016, alors qu'il n'occupe qu'une surface de 24 000 m², Carrefour y déploie une solution innovante de réduction de l'empreinte carbone à travers l'équipement en piles à combustible des chariots élévateurs du site. Une belle histoire qui conduit le site à devenir le plus grand centre de logistique en Europe à fonctionner à l'hydrogène.

La première phase démarre en septembre 2017 avec 57 engins et 2 « dispensers » ou stations de recharge ; la deuxième phase s'implante en avril 2018 avec, cette fois, 80 engins et 1 dispenser supplémentaire. Au total, c'est 77% de la flotte des engins qui est équipé de piles à combustibles.



Opération de recharge en hydrogène

La station distribue l'hydrogène à l'entrepôt après une première phase de compression à 450 bars (2 compresseurs dans la station, dont un en back up), un stockage tampon avant d'être acheminé vers les dispensers par un tuyau souterrain très fin (15 mm de diamètre dont 3 mm d'épaisseur), posé sans soudure. La pression au niveau des 3 dispensers situés dans l'entrepôt est de 400 bars.

Le temps de chargement des engins de manutention est de 3 à 4 mn. Lors de la recharge, l'agent doit simplement déposer ses marchandises en deçà du périmètre de sécurité marqué par des plots à 6 m autour du dispenser et dans le périmètre duquel aucune matière inflammable ne doit être entreposée. Au maximum, seulement 80 Kg d'hydrogène se trouvent à l'instant t dans l'enceinte de l'entrepôt, répartis essentiellement dans les chariots. L'ensemble du site est en télésurveillance 24h sur 24 et 7 jours sur 7. La construction de la station en 2016 n'a pas nécessité de déclaration ICPE mais simplement une procédure déclarative de type « porté à connaissance ».



Dispenser



PAC sur engin

Arnaud Torchy, responsable Actifs Maintenance Sécurité Environnement Sûreté nous explique : les chariots élévateurs ont été conçus dès le départ pour une alimentation par PAC, sans rétrofit de matériel existant mais avec une légère adaptation des châssis. Deux types de piles à combustible de marque Plug Power équipent les engins STILL: 36 piles Gendrive 48 volt pour les engins en charge des opérations de translation et stockage palettes et 101 piles Gendrive 24 volt pour les engins en charge de la préparation de commandes, du chargement, du déchargement des camions et du gerbage des colis.

L'alimentation en hydrogène décarboné est prise en charge par Air Liquide. L'opérateur a installé une station de stockage d'hydrogène sur le site, mais à distance des bâtiments. Air Liquide livre l'hydrogène tous les 3-4 jours à 250 bars dans des tubes à raison de 350 kg par trailer.

Le projet a été financé par l'Union Européenne au travers du programme Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking. Au global, le succès de l'opération repose sur un triptyque entre Air Liquide, Still et Plug Power. Air Liquide fournit l'hydrogène décarboné dans le cadre d'un contrat long terme incluant les équipements de distribution. Les engins de manutention et les piles à combustible ont été achetés directement par Carrefour Supply chain. Still et PlugPower assurent la maintenance et l'entretien des engins avec un atelier et un personnel dédié sur place.

Pour Arnaud Torchy, l'hydrogène est un véritable atout. C'est d'abord une économie d'électricité avec 312 MWh évités pour une consommation de 24 tonnes d'hydrogène par an. C'est aussi une économie d'équipements, puisque le parking de 1200m² des engins ne nécessite plus d'aménagement de recharge traditionnelle de batteries. C'est aussi 20 tonnes de CO₂ évitées par an. C'est également une meilleure performance des machines qui ne baissent pas en

régime en fin de chargement comme avec des batteries. L'amélioration des conditions de travail est également à noter. En 2020, la station a été disponible 97,9 % du temps et les piles à combustible 98,4% du temps.

RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT

Des matériaux de cœur de pile à combustible ou électrolyseur haute température à la transformation de l'hydrogène pour la production de carburants innovants

Unité de Catalyse et Chimie du Solide, Univ. Lille, CNRS, Centrale Lille, Univ. Artois, UMR 8181 – UCCS – Unité de Catalyse et Chimie du Solide, F-59000 Lille, France



Équipement d'excellence Realcat pour la synthèse et la caractérisation haut débit de catalyseurs

Membre de la Fédération de Recherche Hydrogène du CNRS (FR2044, appelée FRH2), l'Unité de Catalyse et Chimie du Solide (UMR CNRS 8181) est fortement impliquée dans l'étude des matériaux de cœur de piles ou d'électrolyseurs haute température et la valorisation du biogaz et du gaz de synthèse (mélange d'hydrogène et de monoxyde de carbone) pour la production de carburants innovants.

L'équipe « Matériaux Inorganiques, Structures, Systèmes et Propriétés, MISSP » a une expérience de plus d'une trentaine d'année dans la recherche et la caractérisation de matériaux conducteurs par ions oxyde. Ces matériaux constituent le cœur des piles à combustible à oxyde solide (Solid Oxide Fuel Cells en anglais, SOFC) et des électrolyseurs à haute température (EHT, Solid Electrolyser Cells, SOEC). Ils présentent de meilleurs rendements que les cellules alcalines actuellement commercialisées, avec l'avantage de permettre la co-électrolyse de l'eau et du dioxyde de carbone et

l'utilisation, en mode pile, de combustibles variés contrairement aux piles à membrane polymère qui nécessitent de l'hydrogène de très haute pureté. Les températures de fonctionnement de ces dispositifs restent cependant élevées, supérieures à 700°C, ce qui pose des problèmes de choix des composants auxiliaires et de durabilité des systèmes. Dans ce contexte, l'équipe MISSP travaille actuellement sur le développement de piles à combustible à oxyde solide basse température (ANR BIBELOT) et la recherche et le développement rapide de matériaux pour des piles à combustible à oxydes conducteurs protoniques (ANR-AUTOMAT-PROCELLS). L'utilisation d'un électrolyte bi-couche, constitué d'une couche à base d'oxyde de bismuth coté air, protégée par une couche de céline dopée ou de zircone stabilisée, ou l'utilisation d'un matériau céramique conducteur protonique devraient permettre d'abaisser les températures de fonctionnement de ces dispositifs en dessous de 600°C. Le développement d'électrodes capables de fonctionner à aussi basse température reste néanmoins un verrou à lever. Les matériaux d'électrodes utilisés dans les dispositifs classiques ne peuvent pas être directement utilisés. C'est ainsi que l'équipe a récemment montré que des manganites de lanthane riches en strontium étaient plus adaptés aux électrolytes bi-couches que les manganites classiquement utilisés¹. L'équipe travaille également sur le développement d'outils de caractérisation des modes de dégradation de ces dispositifs dans le cadre d'un projet EUROSTAR porté par une PME Suisse, Fiaxell qui commercialise un dispositif de test d'éléments de pile flexible, sans nécessité de scellement.

L'étanchéité des dispositifs à haute température est également un enjeu sur lequel travaille l'équipe RM2I (RMN et matériaux Inorganique, RM2I) avec en particulier le développement de verres de scellement autocicatrisants pour dispositifs fonctionnant à haute température².

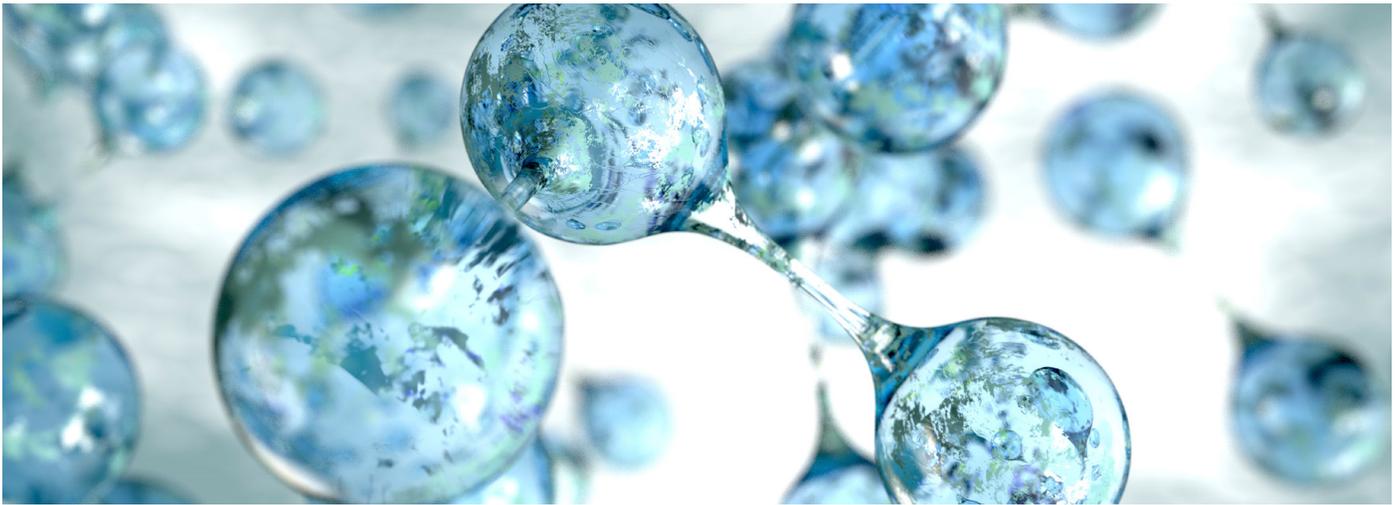
Les équipes VAALBIO (Valorisation des Alcanes et de la Biomasse), et CEMOP (Catalyse pour l'Energie et la synthèse de Molécules Plateforme) sont quant à elles très impliquées dans la valorisation du biogaz, l'étude des réactions d'oxydation du méthane et la transformation de l'hydrogène en molécule à valeur ajoutée pour la production de carburant innovant^{3 4}. L'accès à la plateforme de criblage catalytique haut débit, Realcat (Figure 1), permet la synthèse et la caractérisation rapide de catalyseurs. Dans ce contexte une étude est actuellement menée dans le cadre du projet Interreg E2C (Electron to high value chemical products) sur l'étude de la conversion directe du dioxyde de carbone avec l'hydrogène pour la production de diméthyl éther, un carburant alternatif au diesel du fait de son indice de cétane élevé (>55) et les faibles émissions associées (CO, NOx et particules).

¹ Influence of the strontium content on the performance of La_{1-x}Sr_xMnO₃/Bi_{1.5}Er_{0.5}O₃ composite electrodes for low temperature Solid Oxide Fuel Cells, M. Pajot, V. Duffort, E. Capoen, A.S. Mamede, R.N. Vannier, Journal of Power Sources, vol. 450, pg. 227649 (2020)

² New viscous sealing glasses for electrochemical cells, D. Coillot, F.O. Méar, H. Nonnet, L. Montagne, International Journal of Hydrogen Energy, vol. 37, pg. 9351-9358, 2012 ; Composition de verre pour joints d'appareils fonctionnant à des hautes températures et procédés d'assemblage les utilisant, H. Nonnet, A. Grandjean, C. Vallat, D. Coillot, L. Montagne, brevet, FR2947540, 2011

³ Ni, Co, Fe supported on Ceria and Zr doped Ceria as oxygen carriers for chemical looping dry reforming of methane, J. Guerrero-Caballero, T. Kane, N. Haidar, L. Jalowiecki-Duhamel, A. Löfberg Axel, Catalysis Today, vol. 333, pg. 251-258 (2019)

⁴ Embryonic zeolites for highly efficient synthesis of dimethyl ether from syngas. A. Palčić Ana, S. Navarro-Jaén, D. Wu Dan, M. Mengdie, C. Liu, E. Pidko, A. Khodakov, V. Ordomsky, V. Valtchev, Microporous and Mesoporous Materials, vol. 322, pg. 111138 (2021)



ECONOMIE

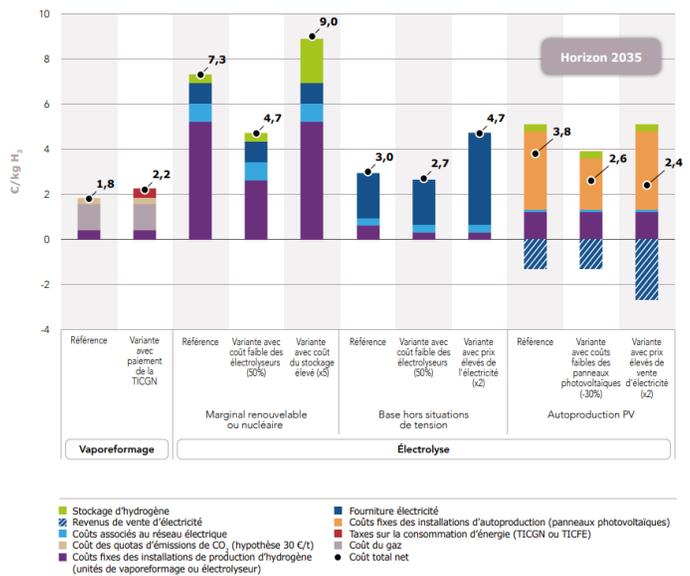
L'hydrogène renouvelable ou décarboné : à quel coût ?

L'hydrogène peut être produit par différentes technologies : parmi celles-ci, on retrouve le vaporeformage de gaz naturel, on parle alors d'« hydrogène gris » car 10 kg de CO₂ sont émis pour chaque kg d'hydrogène produit. L'hydrogène est dit « bleu » lorsque le CO₂ est capturé puis stocké (CCS). Une des alternatives est la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau, dont le coproduit est l'oxygène : on parle d'hydrogène renouvelable ou bas carbone selon que la source d'électricité utilisée est renouvelable ou provient du mix électrique français dont la teneur en carbone est faible.

La Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) évalue, dans son rapport « Le vecteur hydrogène » (juin 2021), les coûts actuels de l'hydrogène produit par vaporeformage de gaz naturel entre 1,5 et 2 €/kg, de l'hydrogène « bleu » entre 2,5 et 4,5 €/kg, et l'hydrogène produit par électrolyse entre 4,5 et 6 €/kg.

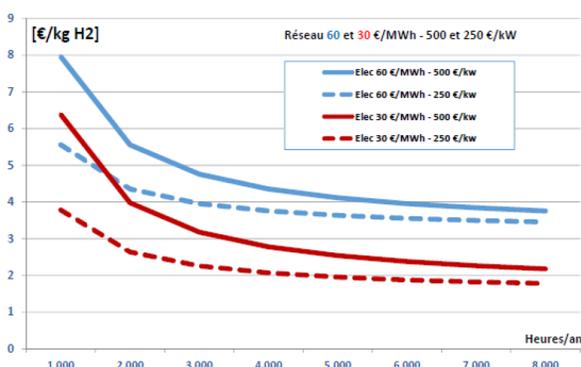
A horizon 2030, l'hydrogène produit par électrolyse offre des perspectives de réduction des coûts, la CRE estimant ce coût entre 2 et 4 €/kg dans les cas d'une connexion directe des électrolyseurs au réseau électrique ou d'une autoproduction c'est à dire d'une installation d'électrolyseurs sur un site de production d'électricité renouvelable dédiée à la production d'hydrogène.

Estimation du coût de revient vu du producteur d'hydrogène en 2030



Source : RTE – « La transition vers un hydrogène bas carbone »

Coût de production de l'hydrogène en fonction du prix de l'électricité, du coût de l'électrolyseur et de sa durée annuelle de fonctionnement



Source : IFPEN

Le prix de l'électricité consommée est déterminant puisqu'il compose 60 à 80% des coûts complets de production de l'hydrogène par électrolyse selon le temps de fonctionnement. Le graphique ci-contre produit par l'IFPEN montre une réduction de plus de 1,5 €/kg sur le coût de l'hydrogène lorsque le coût de l'électricité est divisé par 2 en passant de 60 à 30 €/MWh. A titre de comparaison, cette réduction est davantage contenue, de moins de 0,5 €/kg sur le coût de l'hydrogène produit lorsque les CAPEX sont divisés par 2, passant de 500€/kW à 250€/kW, pour un taux de charge supérieur à 5000 heures par an. Il convient ainsi de réduire et stabiliser le prix de l'électricité consommée par les électrolyseurs pour offrir des perspectives de développement pérenne à l'hydrogène produit par électrolyse.

A VOS AGENDAS...

23
SEPT 2021



3ème édition des rencontres CO2, Industries et Territoires - 9h à 17h - Dunkerque (59)

Le rendez-vous des acteurs économiques et institutionnels européens engagés dans la réduction et la valorisation des émissions de CO2.

Plus d'informations sur rev3.fr

27 AU 28
OCT 2021

Salon Hyvolution - Paris (75)

Pôlenergie propose aux entreprises et collectivités des Hauts-de-France de les accompagner sur cet événement selon des prestations sur mesure : présentation en amont du marché de l'hydrogène et de ses acteurs pour permettre un repérage plus efficace sur place, définition en amont des entreprises à visiter sur le salon en fonction de vos besoins et de votre stratégie, accompagnement sur place, lors des visites, suivi des contacts après le salon, ...
Contactez-nous : contact@polenergie.org

23
NOV 2021

rev3 Energy Day 2021 - Tourcoing (59)

Intéressés par les thématiques énergétiques ? Vous vous demandez où en est la recherche régionale ? Sur quels sujets les chercheurs travaillent-ils ? Quels débouchés pour nos entreprises, notre quotidien ? Une fois par an les chercheurs « pitchent » leurs travaux ! Vous saurez tout, ou presque...
Plus d'informations prochainement sur polenergie.org



Pôlenergie

Entreprises et territoires
des Hauts-de-France

Un projet en lien avec l'hydrogène ?

Nous accompagnons déjà les acteurs majeurs de l'hydrogène.

Pourquoi pas vous ?

> contact@polenergie.org <



2508 route de l'Ecluse
Trystram 59140 Dunkerque
Tél : 03.28.61.57.15

Pour nous contacter : contact@polenergie.org



NOTES

Journées Hydrogène

DANS LES
TERRITOIRES

8ème édition

Dunkerque 2021

NOTES

Journées Hydrogène

DANS LES
TERRITOIRES

8ème édition

Dunkerque 2021

NOTES

Journées Hydrogène

DANS LES
TERRITOIRES

8ème édition

Dunkerque 2021