



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

HyNOVATION[S]

la Gazette de l'Hydrogène
N°44 - janvier 2015

SOMMAIRE

ÉDITO	P.1
FAIT MARQUANT	P.2
ACTUALITÉS FRANCE	P.2
ACTUALITÉS INTERNATIONALES	P.3
ZOOM SUR	P.5
À LIRE	P.6
À VOS AGENDAS	P.6

ÉDITO



■ Pascal Mauberger
Président
de l'AFHYPAC

Nous commençons cette nouvelle année en innovant et refondant notre Gazette de l'Hydrogène, qui devient mensuelle et prend un nouveau nom : HyNOVATION[S]. Nous espérons que ce nouveau format vous plaira et qu'il traduit l'impulsion que nous souhaitons donner à la filière.

Ces deux dernières années, et plus encore en 2014, les signes favorables au développement de la filière Hydrogène et Piles à combustible se sont multipliés en France. Je me permets de croire que les actions concertées de l'AFHYPAC et de ses membres y ont contribué. Nous voulons poursuivre et amplifier nos actions de promotion, communication et concertation au moment où la loi de transition énergétique pour une croissance verte se met en place et où les grands enjeux climatiques mondiaux vont se discuter en France en 2015.

L'année 2014 a été une année charnière pour la filière Hydrogène et Piles à Combustible qui est parvenue à un moment important de son développement. En particulier, l'étude Mobilité Hydrogène France menée par 25 partenaires fédérés par l'AFHYPAC, dans le cadre du projet HIT (Hydrogen Infrastructure for Transport), cofinancé par l'Union Européenne, propose un ambitieux

déploiement en France de véhicules électriques à hydrogène et de stations de distribution à horizon 2030. La première étape de ce plan, qui consiste en une mise en circulation progressive de véhicules de flottes captives, commence dès 2015. Au plan international, l'automne 2014 a été très riche d'annonces de constructeurs pour des véhicules hydrogène. La dernière annonce de Toyota qui, après la commercialisation de la Mirai, décide de mettre gratuitement à disposition de l'industrie ses 5680 brevets portant sur la mobilité hydrogène devrait donner un essor décisif au marché.

Une des priorités de l'année 2015 sera de sensibiliser plus fortement les pouvoirs publics en faveur de l'hydrogène, afin de créer les conditions propices au développement de nouveaux marchés de l'hydrogène énergie, en donnant notamment leur place aux initiatives locales dans les territoires.

Dans ce cadre, les actions phares de 2014 vont se poursuivre en 2015 :

Contribuer à lever les verrous et influencer sur le cadre réglementaire en animant les groupes de travail sur la Réglementation (Production, Distribution, Garanties d'origine Hydrogène renouvelable).

Communiquer sur les enjeux de la filière, sur les bénéfices et les caractéristiques des technologies en diffusant l'information auprès du grand public, des décideurs comme les élus, les collectivités, les pouvoirs publics ainsi qu'auprès des partenaires de la filière.

Faciliter la concertation sociétale autour des objectifs nationaux et des initiatives locales en animant le groupe de travail Hydrogène dans les territoires. De nombreux territoires ont perçu en France l'importance de ce vecteur énergétique pour

leur développement économique et la maîtrise du schéma énergétique local. Les Journées Hydrogène dans les territoires tenues les 22 et 23 septembre 2014 à Belfort l'ont montré avec une dizaine de régions qui ont présenté leurs projets devant plus de 200 participants réunis pendant ces deux jours. 2015 verra une nouvelle édition de ces journées se tenir à Cherbourg en juin.

La filière française est à un moment décisif de son développement et a aujourd'hui besoin que le Gouvernement affiche une volonté politique forte en faveur de l'hydrogène, vecteur de la transition énergétique.

L'Hydrogène doit trouver sa place dans la future Loi sur la transition énergétique pour la croissance verte et soyez assurés de la mobilisation de l'AFHYPAC, de son Conseil d'Administration et de son Bureau renforcé pour mener à bien ses missions et agir pour la valorisation de notre filière.

Fort de votre soutien et avec l'apport de nouvelles compétences, l'AFHYPAC va continuer à travailler pour que 2015, plus encore que 2014, voit le rôle de l'hydrogène s'inscrire dans les enjeux énergie-climat qui seront discutés en France, à la fin de cette année, dans le cadre du COP 21. Nous espérons que la conférence que l'AFHYPAC souhaite organiser dans ce cadre sera le point d'orgue d'une année riche en événements.

Bonne lecture et rendez-vous en février pour le prochain numéro d'HyNOVATION[S] !

Pascal Mauberger
Président de l'AFHYPAC

FAIT MARQUANT

TOYOTA MET LES BOUCHÉES DOUBLES SUR L'HYDROGÈNE

En novembre dernier, Toyota a présenté officiellement les dates deancements, les objectifs de ventes et les marchés visés pour la Mirai, son modèle à pile à combustible. Le Japon d'abord, où les commandes sont effectives depuis le 12 décembre 2014, l'Europe et les USA ensuite, où le véhicule sera disponible à partir de l'automne 2015. Cependant pour ces 2 régions, seuls les concessionnaires d'Allemagne, du Danemark, du Royaume-Uni et de la Californie proposeront la Mirai, ce qui permettra à Toyota de limiter les risques financiers en proposant le véhicule dans des zones proches de stations-service existantes. A partir de 2017, de nouveaux marchés européens pourraient apparaître, notamment la Norvège, la Suède et la Finlande, pays avec lesquels Toyota avait signé une lettre d'intention en 2012.

La Mirai sera vendue pour un montant de 7,236 millions de Yen TTC (environ 49 600 €) au Japon et 66 000 € hors-taxe en Europe. Au Japon, le gouvernement aurait choisi d'aider à hauteur de 2 millions de Yens (environ 14 000 €) tout particulier qui achèterait un véhicule à pile à combustible. Quant aux Etats-Unis, la Toyota Mirai sera commercialisée sous forme de vente ou de location, pour un prix de 57 500 \$

ou 499 \$ / mois (pendant 36 mois avec un apport de 3649 \$ à la signature), c'est-à-dire 46 300 € ou 400 € / mois. Le véhicule sera par ailleurs éligible à un crédit d'impôt fédéral de 13 000 \$ (~ 11 000 €).

Pour l'année 2015, officiellement, Toyota espérait vendre 700 modèles dans le monde, ce qui correspond actuellement à la capacité annuelle de production. 400 véhicules étaient ainsi anticipés pour le Japon et 50 à 100 pour les 3 pays d'Europe, bien que la société ait dès décembre dernier investi 165 millions de dollars pour tripler ses capacités de production et ainsi atteindre les 3000 unités vendues pour fin 2017.

Les objectifs de vente de la Mirai ont été atteints et dépassés 3 jours seulement après le début des ventes : le 15 décembre 2015, rien qu'au Japon, 1000 commandes avaient déjà été enregistrées. Le 15 janvier, Toyota a annoncé avoir reçu 1500 commandes. La conséquence pour les clients, à 60 % des entreprises et des administrations et 40 % des particuliers, est l'allongement des délais de livraison.

Toyota a fini 2014 sur une bonne note, et commencé 2015 avec une bonne nouvelle : en effet, le constructeur a décidé d'autoriser l'usage sans licence de l'ensemble de ses 5680 brevets sur les piles à combustible. Cet accord, valable à l'échelle mondiale, couvre des brevets concernant

les piles à combustible, les réservoirs de ces nouveaux types de véhicules, leurs logiciels de contrôle ou encore les stations-service distribuant de l'hydrogène. Si cette annonce est très positive pour les concurrents de Toyota, elle lui permet aussi d'imposer ses technologies et les normes japonaises au niveau mondial. A l'heure actuelle, à moins d'une modification des chaînes de production des différents constructeurs, seul Toyota a les capacités de production. D'autant plus que depuis quelques mois la société a l'autorisation d'homologuer ses réservoirs d'hydrogène directement sur son site de fabrication.

À noter qu'un second constructeur nippon, Honda, vient de présenter au salon automobile de Detroit sa FCV, qui sera commercialisée en 2016 au Japon.

Toyota, novembre, décembre 2014 et janvier 2015, Honda, janvier 2015.



La Toyota Mirai

© Toyota

ACTUALITÉS FRANCE

APPLICATIONS TRANSPORT

Les Sapeurs-Pompiers du Tarn visitent la station d'Albi



A l'occasion de la journée CODIS du 18 novembre dernier (rencontre organisée environ tous les 2 mois entre le personnel du Centre de Traitement de l'Alerte et la chaîne de commandement), les chefs de site, chefs de colonne de l'état-major et officiers CODIS se sont rendus sur le site du circuit d'Albi pour découvrir la station-service à hydrogène.

Ce type de visite est primordial pour l'acceptation sociétale de l'hydrogène et pour le déploiement de son infrastructure. Elle permet aux services de secours de se rendre compte des avancées technologiques de la filière, et leur permet également de démystifier l'hydrogène, qui est surtout vu comme un gaz facilement inflammable et dont les risques ne seraient pas toujours maîtrisés.

SDIS 81, 18 novembre 2014

APPLICATIONS PORTABLES

Pragma Industries inaugure un nouveau site industriel

La société Pragma Industries a inauguré le 11 décembre 2014 un site à Biarritz en présence de plusieurs autorités (politiques, administratives et économiques) de la région Aquitaine. Les nouveaux locaux de Pragma de 1200m² sont conçus en deux principaux pôles : un espace dédié à la recherche appliquée et un autre pour la



production, regroupant toutes les activités critiques (production expérimentale, production conventionnelle, contrôle qualité, SAV et fournitures).

Il s'agit comme le souligne le Président de Pragma Industries, Pierre FORTE « d'un nouvel outil industriel conçu pour maximiser les synergies sur toute la chaîne de valeur » et sur lequel Pragma Industries va pouvoir s'appuyer pour « accélérer son développement et répondre à une demande en forte croissance ».

(suite page 3)

© Pragma Industries

Les piles de Pragma Industries vont équiper des vélos à assistance électrique qui seront testés au cours de l'année 2015 dans les villes d'Anglet, de Bayonne et Biarritz.

Pragma Industries, 11 décembre 2014

BIC va réduire ses investissements dans les piles à combustible portables

Le groupe français BIC a annoncé sa décision de réduire ses investissements dans la recherche et le développement sur les piles à combustible portables et de chercher des alternatives pour valoriser sa technologie dans cette activité.

BIC avait lancé en 2003 un programme de R&D dans les cartouches de piles à combustible portables, mettant à profit son expertise dans la technologie de la valve pour les briquets. Depuis 2004, la société travaille en partenariat avec le CEA-LITEN. BIC avait fait l'acquisition en 2011 de la société canadienne Angstrom Power pour 13,5 millions d'euros, une société spécialisée dans le développement des piles à combustible portables. BIC pouvait ainsi compléter sa propre recherche dans les cartouches et proposer un produit complet de stockage et production d'électricité pour les applications portables.

Bic, 19 novembre 2014

RECHERCHE

Un rendement de 90 % atteint sur un système d'électrolyse du CEA

Le CEA LITEN a validé un système de production d'hydrogène par électrolyse de la vapeur d'eau à haute température (700°C) avec des performances intéressantes. Conçu par le CEA pour limiter les coûts d'investissement et d'opération, ce système présente à ce stade un rendement supérieur à 90 %. Il pourrait ouvrir de nouvelles voies aux marchés de l'hydrogène industriel et de l'hydrogène énergie.

Le prototype testé en laboratoire présente une consommation électrique de 3,9 kWh/Nm³ d'hydrogène produit.

Le système intègre un «stack» performant ainsi que les composants auxiliaires nécessaires à la gestion fluide, thermique et électrique du système. Le système complet est compact, approximativement de la taille d'un réfrigérateur. Il permet de produire entre 1 et 2,5 Nm³/h d'hydrogène. La chaleur des gaz de sortie est récupérée pour préchauffer les gaz d'entrée grâce à des échangeurs thermiques haute température performants lorsque le système fonctionne en mode légèrement exother-

mique. Le rendement de ce système a été mesuré et excède les 90 %, confirmant ainsi le potentiel de cette technologie.

CEA, 4 décembre 2014



© D. Guillaudin/CEA

ACTUALITÉS INTERNATIONALES

APPLICATIONS TRANSPORT

Accord entre des constructeurs de bus

Le 12 novembre, lors des journées organisées par l'entreprise conjointe hydrogène et piles à combustible (FCH JU) qui ont eu lieu à Bruxelles, les représentants des cinq principaux fabricants européens de bus (Daimler Buses (EvoBus), MAN, Solaris, Van Hool et VDL Bus & Coach) ont signé une lettre d'entente.

Elle confirme l'engagement des fabricants de bus dans la commercialisation et l'introduction sur le marché de bus électriques à pile à combustible pour les transports publics urbains.

La lettre souligne également que les bus à pile à combustible fonctionnant à l'hydrogène constituent une alternative pour la mise en œuvre de transports à zéro émission.

FCH JU, 12 novembre 2014

Première station hydrogène dans un supermarché

Sainsbury's, la deuxième plus grande chaîne de supermarchés au Royaume-Uni, vient d'annoncer l'installation de la première station-service hydrogène dans un supermarché. Elle se situe à Hendon, et a été installée au cours du mois de décembre 2014.

La station, propriété d'Air Products, qui en est également l'exploitant, fournit de l'hydrogène à 700 bars. Elle a été financée dans le cadre des 7,5 millions de livres sterling débloqués par le gouvernement britannique pour la réalisation d'un réseau minimum de 15 stations-service publiques fin 2015 et le déploiement d'environ 40 véhicules à pile à combustible.

Air Products, 28 octobre 2014, Gouvernement Britannique, 9 octobre 2014

JX Holdings veut installer 2000 stations au Japon

JX Holdings, le plus important fournisseur d'essence japonais, prévoit d'installer 2000 stations à hydrogène pour véhicules à pile à combustible dans l'archipel d'ici à 2020. L'hydrogène serait produit de manière centralisée dans 10 installations dédiées, et livré par camions.

La première station devait être installée courant décembre 2014 dans la préfecture de Kanagawa (banlieue de Tokyo), et 40 autres dans la région de la capitale courant 2015. A partir de 2016, le plan de JX Holdings prévoit d'équiper jusqu'à 2000 points de vente d'hydrogène dans des stations existantes.

Pour faciliter ce déploiement, le gouvernement japonais a prévu d'assouplir la réglementation et d'apporter des aides financières.

(suite page 4)

L'objectif est d'atteindre 100 bornes de ravitaillement d'ici à mars 2016, contre une quarantaine actuellement, et de diviser leur coût par deux avant 2020. Au Japon, une station hydrogène est évaluée entre 400 et 500 millions de yens (2,7 et 3,4 millions d'euros).

Nikkei, 22 décembre 2014

STOCKAGE D'ÉNERGIE

Les avancées du Power-to-Gas en Allemagne et au Royaume-Uni

Après un an de fonctionnement, Thüga a déclaré que le pilote Power-to-Gas, déployé à Francfort-sur-le-Main en Allemagne, est « *techniquement capable de participer au marché de réserve secondaire* ». Ce marché correspond aux besoins de stockage de l'ordre de la minute afin de permettre l'équilibre du réseau électrique entre la demande et la consommation et ainsi offrir une fréquence stable. Thüga a donc ainsi validé le fonctionnement de l'électrolyseur PEM de 360 kW d'ITM Power pour des variations de puissance en entrée rapides et répétées permettant la stabilisation du réseau électrique.

À l'issue de ce succès, ITM Power a annoncé son implication dans 2 nouveaux projets : la fourniture d'un système PEM pour RWE Deutschland AG en Allemagne pour le mois d'avril 2015 et l'obtention d'un second contrat avec AMEC, Foster Wheeler plc et National Grid plc dans l'objectif de créer le modèle d'affaire pour un déploiement général du Power-to-Gas au Royaume-Uni. Le premier contrat a permis d'évaluer, pour des sites spécifiques du réseau de gaz, les avantages économiques et énergétiques que peut apporter le déploiement du Power-to-Gas dans la réduction des pertes d'énergie et l'amélioration de l'efficacité du système.



Site de démonstration PtG. de Thüga

Enertrag, de son côté, a débuté le 12 décembre l'injection d'hydrogène dans le réseau régional de gaz d'Ontras sur le site de sa centrale hybride de Prenzlau en Allemagne.

Grâce à l'accord qui le lie depuis 2013 à Greenpeace Energy, les 10 000 clients qui ont souscrit à l'offre proWindgas bénéficieront du gaz verti par l'hydrogène renouvelable. Greenpeace Energy a en effet provisionné 400 MWh par an de gaz, correspondant à la consommation nécessaire au chauffage de 20 maisons autonomes.

ITM Power, novembre et décembre 2014, Greenpeace Energy, 4 décembre 2014

Le pilote Power-to-Liquid de Sunfire inauguré

Sunfire a inauguré mi-novembre son pilote Power-to-Liquid localisé à Dresde en Allemagne, en présence de la ministre fédérale de l'enseignement et de la recherche (BMBF) Johanna Wanka. Ce projet permet, à partir d'eau, d'air et d'électricité renouvelable, la synthèse de carburants tels que le diesel, le kérosène ou de matières premières pour l'industrie chimique.

Le projet a été financé à hauteur de 6,4 millions d'euros par le BMBF et 4 millions par l'industrie. Les partenaires de Sunfire sont Staxera GmbH, HGM (pétrolier), Lufthansa Group, GEWI AG, KERAFOIL Ceramic tapes GmbH, ElfER, le centre de recherche de Julich, Fraunhofer ICT, l'université de Bayreuth et l'université de Stuttgart.

L'hydrogène est produit grâce à un électrolyseur SOEC de 25 kW. Une réaction de Reverse Water Gas Shift permet ensuite la production de gaz de synthèse (mélange H₂+CO). Suite à une réaction de Fischer Tropsch, un mélange est obtenu et distillé. L'installation a une capacité de production de 160 L/j de « Blue Crude », mélange de composés hydrocarbonés, ce qui correspond à une capacité de traitement de 3,6 tonnes de CO₂ par jour.

A noter que Sunfire a signé des accords de coopération avec Boeing et Audi.

Sunfire, Audi et BMBF, 14 novembre 2014



L'électrolyseur SOEC développé dans le cadre du projet

APPLICATIONS STATIONNAIRES

Chiffres actualisés sur les piles à combustible résidentielles

Au cours d'un séminaire organisé par le réseau d'expertise sur les piles à combustible à Bruxelles en novembre, des chiffres actualisés sur le déploiement des piles résidentielles dans les 3 principaux programmes ont été communiqués.

On note ainsi que :

- o Plus de 500 piles ont été installées en Allemagne dans le cadre du projet Callux ;
- o 100 systèmes sur les 1000 prévus à l'horizon 2016 ont été installés dans le cadre du projet européen Ene.field ;

o En France, GDF SUEZ a installé dans le cadre de ce programme 2 piles en Alsace ;

o Au Japon, le projet Ene.farm se poursuit et la barre des 100 000 systèmes installés a été franchie. Chaque pile PEM Ene.farm coûte 11 000 euros. La subvention du gouvernement en 2014 est d'environ 2 600 euros par système. Cette subvention chutera à 1700 euros par système au cours de cette année 2015. Cette année marquera également la fin des subventions des systèmes Ene.farm.

EHA, 20 novembre 2014

QUEL POTENTIEL POUR LE POWER-TO-GAS EN FRANCE ?

C'est la question à laquelle l'étude conjointe ADEME-GrDF-GRTgaz, intitulée « *Le Power to gas, une solution d'avenir pour stocker l'électricité d'origine renouvelable* », a tenté de répondre. Les travaux, réalisés par E&EConsultant, HESPUL et SOLAGRO, dressent un état de l'art des technologies et des scénarios européens de déploiement, avant de proposer une estimation des besoins français aux horizons 2030 et 2050 et les recommandations permettant de favoriser le développement de la filière.

Quels enseignements tirés des études européennes ?

L'étude des scénarios européens a permis de dégager les grandes tendances. Bien qu'inclus seulement à partir de 2009 (soit après la publication de la thèse de Michael Sterner), le Power-to-Gas (PtG) est de plus en plus mis en valeur comme solution de stockage d'énergie dans les études de scénarios :

- dont les objectifs sont ambitieux en matière de réduction d'émissions de gaz à effet de serre
- dont la réalisation repose une intégration massive de sources d'énergie renouvelable variable (éolien, photovoltaïque principalement) dans les systèmes électriques
- dont le périmètre d'étude est suffisamment large et porte sur des scénarios globaux incluant le secteur transport.

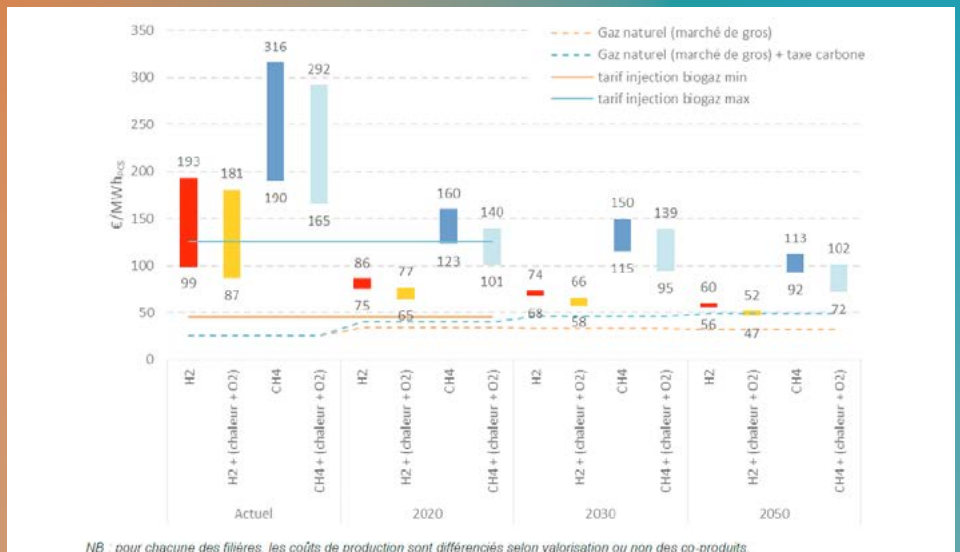
Le PtG compétitif avec les prix de gros du gaz à l'horizon 2050.

Concernant les technologies (électrolyse et méthanation), l'étude présente des rendements de conversion (selon la valorisation ou non de la chaleur produite) de 70 à 85% PCS pour la production actuelle d'hydrogène (79 à 92% en 2030) et 55 à 85% pour la production actuelle de méthane de synthèse (60 à 90% en 2030).

Les résultats montrent que le coût actuel de production de l'hydrogène, en fonction de la nature des installations de production, varie de 99 à 193 €/MWh (soit 35 à 68 ct/Nm³) sans valorisation des coproduits. On remarque que l'échelle basse correspond à la valeur haute du tarif d'injection du biogaz. Le méthane de synthèse est compétitif avec ce tarif à partir de 2020. En 2050, l'hydrogène devient compétitif avec le prix de gros du gaz naturel avec l'intégration d'une taxe carbone de 90 €/t (soit ~50 €/MWh, ~18 ct/Nm³), alors que le méthane de synthèse est 2 fois plus cher.

En France, une technologie pleinement opérationnelle à partir de 2030.

Basée sur les scénarios de prospective énergétique de l'ADEME et de négaWatt à l'horizon 2030 et 2050, l'étude projette les



Résumé des coûts de production des filières H₂ et CH₄ et des prix de valorisation

perspectives et les conditions de développement de la technologie.

En prenant en compte les excédents d'énergie résiduelle et les contraintes technico-économiques, le PtG peut valoriser 2,5 à 3 TWh d'électricité excédentaire en 2030, avec la production de 1,8 à 2 TWh de méthane de synthèse grâce à 1200 à 1400 MW de capacité installée.

En 2050, la capacité installée pourrait atteindre de 7700 à 24 000 MW, avec une valorisation de 21 à 72 TWh d'électricité (6 à 24% de la consommation) et une production de 14 à 46 TWh de gaz de synthèse. L'hydrogène représente seulement 5 à 10% de la capacité installée.

Les recommandations aux pouvoirs publics et aux différents acteurs pour l'émergence de cette filière en France

Quel que soit le modèle économique dominant (marché ouvert à la concurrence ou régulé), l'étude suggère que soit établi rapidement un cadre législatif, réglementaire et fiscal adapté, mais également un modèle économique stable pour les marchés de l'électricité et du carbone.

Étant donné que le PtG valorise la complémentarité des réseaux électriques et gaziers, il est indispensable d'amplifier la collaboration entre ces secteurs.

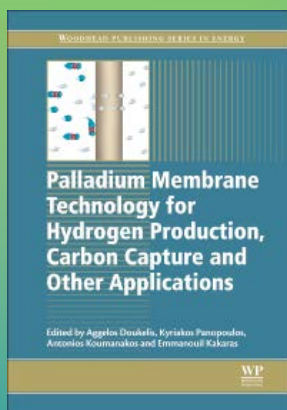
Les auteurs présentent une vision de développement en 3 phases :

- utilisation du vecteur hydrogène à moyen terme pour l'injection dans le réseau gazier et les marchés de niche (industrie, transport)
- transition vers le méthane de synthèse, permettant de lever les limites liées à l'hydrogène, tout en réalisant un lien vers la décarbonation de la mobilité et de la chaleur (si le CO₂ est issu de méthanisation),
- un développement parallèle de la substitution des marchés industriels actuels.

Cette vision amène les recommandations suivantes :

- développer la R&D à court terme notamment à travers des pilotes et des collaborations internationales,
- fédérer les acteurs de la filière pour le développement d'un cadre réglementaire et technique ainsi qu'une feuille de route,
- une sensibilisation des décideurs et la création de filières de formation,
- la reconnaissance du caractère renouvelable du PtG ainsi que l'harmonisation et l'adaptation de la réglementation,
- le développement de mécanismes de soutien (par exemple par le recours à une fiscalité environnementale, une exonération de taxe (source zéro CO₂), des bonus écologiques, la priorité à l'injection sur les réseaux de gaz ...).

PALLADIUM MEMBRANE TECHNOLOGY FOR HYDROGEN PRODUCTION, CARBON CAPTURE AND OTHER APPLICATIONS: PRINCIPLES, ENERGY PRODUCTION AND OTHER APPLICATIONS



Grâce à leur exceptionnelle sélectivité à l'hydrogène, les membranes au palladium ont focalisé l'intérêt de la R&D. Elles constituent une avancée technologique pour la production d'hydrogène et ont également des applications prometteuses dans les domaines du bioraffinage. Ce livre résume les recherches clés réalisées sur les membranes palladium, avec un accent particulier sur les défis que représente le changement

d'échelle. Après un chapitre d'introduction, la première partie examine la fabrication des membranes au palladium. La deuxième partie se concentre sur le module des membranes au palladium et sur la conception du réacteur. La dernière partie du livre examine le fonctionnement des membranes palladium pour la production de gaz de synthèse et d'hydrogène, le captage du carbone et d'autres applications.

A. Doukelis, K. Panopoulos, A. Koumanakos et E. Kakaras
Woodhead Publishing, octobre 2014, 402 p., anglais

À VOS AGENDAS

3-5 FÉVRIER 2015

FDFC 2015 : FUNDAMENTALS & DEVELOPMENT OF FUEL CELLS

TOULOUSE
inact.inp-toulouse.fr

10-12 FÉVRIER 2015

E-WORLD

ESSEN, ALLEMAGNE
www.e-world-essen.com

25-27 FÉVRIER 2015

EMR2015 - THE ENERGY & MATERIALS RESEARCH CONFERENCE

MADRID, ESPAGNE
www.emr2015.org

4-5 FÉVRIER 2015

ENERGY STORAGE 2015

HAMBOURG, ALLEMAGNE
www.wplgroup.com

26-28 FÉVRIER 2015

FC EXPO2015: 11TH INTERNATIONAL HYDROGEN AND FUEL CELL EXPO

TOKYO, JAPON
www.fcexpo.jp

4 AU 6 MARS 2015

SALON DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

LYON
www.bepositive-events.com

LETTRE D'INFORMATION MENSUELLE DE L'AFHYAC,
ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'HYDROGÈNE ET LES PILES À COMBUSTIBLE.
RÉALISÉE PAR ALPHEA HYDROGÈNE ET PLANÈTE-VERTE AVEC LE SOUTIEN DE L'ADEME



ABONNEMENT