

LES ACTEURS DE L'HYDROGENE EN FRANCE

Sommaire

- 1- Le secteur public
- 2- Le secteur privé
- 3- La plate-forme HyPaC
- 4- L'Association Française de l'Hydrogène
- 5- Initiatives régionales

1 – Le secteur public

1.1 Organismes publics d'incitation et de financement

ADEME

www.ademe.fr

L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) est un établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle conjointe du *Ministère chargé de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer* et du *Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche*. Structurée en trois services centraux, à Angers, Paris et Valbonne, et 26 délégations régionales, l'ADEME a pour missions d'informer, de conseiller et d'aider à la réalisation de projets sur tous les thèmes liés à l'énergie et à l'environnement. Elle participe également au financement de la recherche et de l'innovation et, à ce titre, est intervenue et intervient, en partenariat avec des organismes publics et des acteurs privés, dans de nombreuses initiatives nationales ou régionales traitant de l'hydrogène et des piles à combustible. Récemment l'ADEME s'est associée à l'AFH₂ pour créer la plate-forme nationale pour le développement de l'hydrogène et des piles à combustible baptisée HyPaC.

ANR

www.agence-nationale-recherche.fr

L'Agence nationale de la recherche (ANR), créée en 2007, est un établissement public à caractère administratif. L'ANR est une agence de financement ayant pour objectif d'accroître le nombre de projets de recherche qui, venant de toute la communauté scientifique tant publique que privée, seront financés après mise en concurrence et évaluation par les pairs. L'ANR est de ce fait une structure transversale aux grands organismes publics de recherche que sont le CNRS, l'INSERM, le CEA, les Universités et les laboratoires de recherche des entreprises. La sélection des projets retenus dans le cadre d'appels à projets (AAP) est effectuée sur des critères de qualité scientifique auxquels s'ajoute la pertinence économique pour les entreprises. C'est ainsi que pour l'appel à projets 2009, est prévu dans le département « Energie durable et environnement » la part de financement du programme hydrogène et piles à combustible H-PAC.

La France est restée longtemps sans programme ni initiative officielle portant le mot « hydrogène » dans leur formulation. Ce n'est plus le cas depuis 2005, date de la mise en place du *Plan national d'action hydrogène et piles à combustible* dit « PAN'H » qui depuis octobre 2008 est prolongé par le programme Hydrogène et pile à combustible « H'PAC ». Deux initiatives soutenues financièrement par l'ANR.

PAN'H était un plan de recherche et d'innovations qui faisait suite au réseau PACo¹ initié en 1999 par le Comité interministériel de la recherche et co-géré par l'Ademe et le CEA. L'essentiel du contenu et des objectifs de ce réseau PACo a été repris. Les thèmes prioritaires sur l'hydrogène retenus par PAN'H concernaient :

¹ Piles à combustible.

- à court terme : la production par reformage de gaz naturel pour station-service, les matériaux qui constituent la pile PEMFC (membrane, catalyseur, assemblage membrane électrode), les démonstrations de véhicules de flotte captive (logistique d'approvisionnement et stockage d'hydrogène en station-service, sécurité, réglementation, acceptation par le public) ;
- à moyen terme : les réacteurs de gazéification et de reformage de la biomasse, les électrolyseurs couplés aux énergies renouvelables, le transport de l'hydrogène par adaptation du réseau de gaz naturel existant, les piles SOFC (matériaux pour électrolyte solide et les électrodes), les piles céramiques à membrane protonique PCFC (matériaux céramiques conducteurs protoniques, interface électrodes/électrolyte), la sécurité, l'analyse de risques, la réglementation et l'acceptation par le public ;
- à long terme : la production par cycles thermochimiques de dissociation de l'eau à haute température, la production par voie photochimique et photo-biologique, les piles SOFC (tenue en température des composants, diminution du temps de démarrage), les piles PCFC (développement de matériaux céramiques conducteurs protoniques).

Pour ce plan PAN'H, 73 projets ont été financés entre 2005 et 2008 pour un montant total de 84 M€. Sur le plan général, d'après le texte officiel: « Le programme PAN'H a permis de structurer fortement la communauté française de l'hydrogène et des piles à combustible avec une interaction forte entre les laboratoires publics et les entreprises. La dynamique mise en place doit se poursuivre par l'émergence d'une filière industrielle de production propre de l'hydrogène, de fabrication et de déploiement des PAC's pour différentes applications ».

Pour ce qui est plus précisément des thèmes abordés, certains ont connu des avancées significatives comme ce fut le cas par exemple pour les projets :

- H₂ PAC: Développement d'un générateur hydrogène à hautes performances à base d'hydrure chimique,
- HYBOU: Matériaux innovants pour liners polymères et coques composites de réservoirs de type IV,
- TECTONIC: Technologie pile à combustible à base de matériaux conducteurs protoniques céramiques dans la gamme des températures 400-600 °C,
- SEMI EHT: Stacks expérimentaux et modules innovants pour EHT,
- FISIPAC: Fiabilisation système pile à combustible (dont la phase 2 a donné lieu à la réalisation d'un véhicule hybride PAC-batterie Li-ion de démonstration adapté sur une Peugeot 307 coupé),
- CERAMET: Composite céramique-métal pour EHT et SOFC,
- SPACT 80, phases 1 et 2: Système à base de pile à combustible de 80 kW pour le transport (projet fédérateur de générateur modulaire hybride à pile à combustible pour applications embarquées ferroviaires et routières de transport collectif et de transport de fret en ville et en tout chemin),
- MATHYSSE : Matériaux hybrides pour le stockage solide de l'hydrogène.

Le nouveau programme H'PAC doit, dans ses objectifs et finalités, pour la période 2009-2011, « déployer les technologies de développement de la PAC en visant prioritairement les applications stationnaires (cogénération, groupes de secours, production électrique décentralisée, groupes auxiliaires de puissance, gestion des énergies renouvelables, ...) sans toutefois renoncer à continuer les travaux entrepris dans le domaine des applications embarquées et du transport. Ce programme se veut complémentaire et articulé avec les actions menées par la communauté européenne dans le cadre de la *Joint Technology Initiative* (JTI), dénommée « Hydrogen & Fuel Cells ». Le résultat attendu est le développement d'une filière industrielle de PAC avec l'idée de contribuer à introduire l'hydrogène dans le bouquet énergétique.

La justification de H'PAC au titre d'enjeux économiques, environnementaux et sociaux concerne la diminution des consommations d'énergies fossiles, la réduction des émissions de gaz à effet de serre, l'amélioration de l'efficacité énergétique des énergies renouvelables et l'espoir de création de dizaines de milliers de nouveaux emplois.

Si le partenariat de recherche de ce programme est essentiellement public-privé, la recherche fondamentale est dévolue aux laboratoires publics.

L'ANR n'exige plus systématiquement de partenaire industriel et dans ce cas assure seul le financement.

1.2 Organismes publics de recherche

CNRS

www.cnrs.fr

Le *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS), dans le cadre de son programme interdisciplinaire de recherche « Energie », procède annuellement à un appel à projets afin de retenir, pour les financer, les propositions qui paraissent les plus pertinentes dans les domaines appartenant aux axes proposés. L'un de ceux-ci est consacré à la promotion et à la complémentarité des vecteurs hydrogène électricité et chaleur.

En terme de production d'hydrogène économe en émission de dioxyde de carbone sont ainsi menées des recherches sur: (i), des procédés à basse température par voie biologique ; (ii), des réactions hydrothermales sur minéraux ou roches ; (iii), du bio-hydrogène ; (iv) des matériaux pour l'électrolyse de l'eau ; (v), la purification de l'hydrogène par membrane ; (vi), des cycles thermochimiques à haute température.

- En ce qui concerne la voie biologique de production de l'hydrogène, il a été créé en 2006 un groupe de recherche (GDR) « *Voies biologiques et biométriques de synthèse et d'utilisation de l'hydrogène* ». L'objectif de ce GDR est d'organiser la communauté bio-hydrogène en France dans le but d'optimiser et de dynamiser le développement de nouveaux outils issus ou inspirés du monde vivant, destinés à valoriser l'hydrogène énergie. Les moyens mis en œuvre concernent l'organisation de rencontres, séminaires et congrès et le financement d'actions de recherche transdisciplinaires.

- Pour ce qui est du stockage de l'hydrogène, des travaux ont démarré concernant le stockage dans des matériaux pour les applications mobiles, stationnaires et portables. Il s'agit d'hydrures complexes réversibles comme les alanates ou les hydrures métalliques, de matrices nano poreuses, et de composés organométalliques.

- Quant à la pile à combustible, son domaine est essentiellement recouvert par le GDR « *Piles A Combustible Tout Electrolyte (PACTE)* », structure dépendant du département chimie du CNRS à travers les commissions 10, 11, 14 et 15 du Comité National. Il a pour objectif d'améliorer les performances des piles à membrane polymère PEMFC en élevant de 80 à 200 °C leur température de fonctionnement et à l'inverse de rendre plus utilisables les piles à oxydes solides SOFC en abaissant la leur de 800 à 400 °C. Cette thématique liée au cœur de pile s'étend en fait de l'électrolyte (membrane polymère ou oxyde céramique), aux catalyseurs d'électrodes (métaux nobles ou cermets et oxydes), aux matériaux d'interconnexion et aux plaques bipolaires.

Il semble également possible d'envisager un nouveau concept de membrane conductrice protonique alliant les avantages des membranes polymères, souplesse et conductivité élevée, à ceux des membranes céramiques, fonctionnement à température élevée permettant à la fois une meilleure catalyse des réactions aux électrodes et une meilleure évacuation de la chaleur parce que celle-ci, disponible à haute température, est facilement utilisable.

La liste des équipes participant à ce GDR pour ce qui concerne les piles à combustible basse température, section PACTE-PACEM, peut être consultée sur le site www.gdr-pacte.cnrs.fr/equipes-pacem.html

La liste des équipes participant à de ce GDR pour ce qui concerne les piles à combustible haute température, section PACTE – ITSOFC, peut être consultée sur le site www.gdr-pacte.cnrs.fr/equipes-itsofc.html

Dans le cadre de ce GDR, d'autres organismes et entreprises comme le CEA, EDF et GDF-Suez sont associées au CNRS.

Enfin a été mis en place un GDR « *Fédération des ACTeurs de la communauté HYdrogène en France* » (ACTHYF).

Universités et Ecoles d'ingénieurs

Ne dépendant pas directement d'une programmation nationale de leurs recherches, les universités de science et de technologie – elles sont en passe de devenir autonomes – et les écoles d'ingénieurs, ne sont pas globalement liées à un plan hydrogène pile à combustible qui leur soit propre. En revanche, nombre de leurs laboratoires sont impliqués dans les plans nationaux et les initiatives régionales hydrogène pile à combustible comme c'est le cas entre autres pour l'Université technologique de Belfort Montbéliard, l'Université de Franche Comté, l'Institut national polytechnique de Grenoble, l'Ecole nationale supérieure de chimie de Montpellier, l'Université de Montpellier 2 Sciences et techniques du Languedoc, l'Ecole des mines d'Albi, l'Ecole nationale supérieure de mécanique et d'aéronautique de Poitiers, la Faculté des sciences et techniques de l'Université de Nantes.

CEA

www.cea.fr

Acteur majeur en matière d'énergie nucléaire, le *Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives* (CEA) intervient dans trois grands domaines : l'énergie, les technologies pour l'information et la santé, la défense et la sécurité. Il a notamment en charge la réalisation du prototype d'un réacteur de 4^{ème} génération mais est également responsable de l'assainissement et du démantèlement de ses installations nucléaires. Il conduit enfin des programmes sur l'impact sanitaire et environnemental de l'énergie nucléaire. Son action s'appuie sur d'importantes activités de recherche tant fondamentale, de développement que d'innovation (15 000 chercheurs répartis sur 9 centres en France).

En matière de nouvelles technologies de l'énergie, le CEA est très présent dans la filière hydrogène-pile à combustible: production, stockage gazeux, cœurs de pile basse température (PEMFC), piles à combustible haute température (SOFC). Il a notamment collaboré avec PSA Peugeot Citroën pour la pile GENEPAC appliquée au domaine des transports. Dans le cadre du Plan National Hydrogène PAN'H, maintenant H'PAC, le programme CIEL (Chaudière Individuelle Electrogène) auquel il participe et coordonné par GDF SUEZ a pour objectif d'étudier la faisabilité d'une chaudière à pile à combustible à hydrogène SOFC qui, fonctionnant à haute température (800°C), fournirait à la fois chaleur et électricité.

IFP

www.ifp.fr

L'*Institut Français du Pétrole* (IFP) est un organisme public de recherche et de formation dont la mission est de développer les technologies et matériaux du futur dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. Il travaille en particulier sur le problème du stockage géologique du dioxyde de carbone, une technique qui pourrait contribuer à ce que la production d'hydrogène à partir de combustibles fossiles se fasse sans relâchement de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

L'IFP assure le transfert entre recherche fondamentale, recherche appliquée et innovation industrielle. Son financement est assuré à la fois par le budget de l'État et par des ressources propres, provenant de partenaires privés français et étrangers.

INERIS

www.ineris.fr

L'*Institut National de l'Environnement industriel et des RISques*, INERIS, est un Établissement Public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle du *Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer* (MEEDDM). Il a pour mission de réaliser ou faire réaliser des études et des recherches permettant de prévenir les risques que les activités économiques font peser sur la santé, la sécurité des personnes et des biens ainsi que sur l'environnement, et de fournir toute prestation destinée à faciliter l'adaptation des entreprises à cet objectif. L'INERIS intervient en particulier à propos de la sécurité des systèmes utilisant de l'hydrogène tant sur le plan technique que sur celui de la réglementation.

INRETS

www.inrets.fr

L'*Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité* (INRETS) est un établissement public à caractère scientifique et technologique (EPST), placé sous la double tutelle des ministères chargés de la recherche et des transports. L'INRETS participe à des analyses de sécurité et d'homologation sur les véhicules à hydrogène.

2 – Le secteur privé

2.1 Les groupes industriels

L'Air Liquide

www.airliquide.com

L'Air Liquide, le leader mondial de la production et de la distribution des gaz industriels se trouve naturellement présent dans un certain nombre d'initiatives concernant l'hydrogène énergie en particulier le programme **H2E** et la création d'une filiale, Axane, spécialisée dans la pile à combustible (cf. ci-dessous). A l'automne 2008 la Commission européenne a autorisé le financement du programme **Horizon hydrogène énergie** (H2E) par OSEO, l'agence française pour le soutien à l'innovation industrielle (www.oseo.fr).

Le programme H2E qui se déroule sur sept ans, « a pour ambition de rendre l'offre hydrogène énergie compétitive à court terme à la fois par la mise en œuvre d'une nouvelle infrastructure dédiée à de nouveaux usages, par la réduction du coût des piles à combustible et par l'industrialisation des produits ». Autour le L'Air Liquide, coordonnateur du projet, se regroupent des partenaires industriels : Axane, Hélium, Alfa Laval Vicarb, Imphy Alloys, des PME : Raigi et Alphaplast, mais également l'Institut de la Soudure, le CEA, l'INERIS et neufs laboratoires publics de recherche. L'investissement global est de 200 millions d'euros dont une participation de 125 M€ de l'Air Liquide et de 67,6 M€ d'OSEO. Le premier directeur d'H2E, Marianne Julien d'Air Liquide, a été nommé en décembre 2008.

AREVA

www.aveva.com

Expert mondial dans les activités de l'énergie, Areva offre des solutions technologiques pour produire de l'énergie non émettrice de CO₂ et acheminer l'électricité. Leader mondial de l'énergie nucléaire, le groupe est le seul acteur présent dans l'ensemble des activités industrielles du secteur. Implantation en zone Europe, Amériques et Asie. Les activités Hydrogène sont confiées à sa filiale Hélium Hydrogen Power (voir §2.2).

GDF SUEZ

www.gdfsuez.com

Le Groupe produit, transporte, distribue et commercialise du gaz, de l'électricité et des services. Concernant l'hydrogène, GDF SUEZ participe au projet ALT-HY-TUDE qui consiste en la démonstration de bus fonctionnant avec de l'Hythane®, (mélange de gaz naturel et d'hydrogène), dans la ville de Dunkerque. La chaîne complète est expérimentée et évaluée, depuis la production d'hydrogène sur site par électrolyse – jusqu'à l'utilisation du mélange dans les véhicules. Le projet a débuté en juin 2005 et se termine fin 2010. Coordonné par GDF SUEZ, il réunit 13 partenaires et est subventionné par l'ADEME.

Le projet européen de recherche **NaturalHy** auquel participait également GDF SUEZ a étudié l'opportunité d'utiliser les infrastructures gaz naturel existantes pour le transport-distribution d'hydrogène mélangé à du gaz naturel, mélange baptisé Hythane®. Il constitue une approche transitoire permettant de relier les moyens de production centralisés ou décentralisés d'hydrogène avec les consommateurs finaux. Quarante partenaires ont été associés au projet subventionné par la Commission européenne, sur la période 2004-2009.

Les chercheurs de GDF SUEZ mènent une veille active dans le domaine des piles à combustible. Ils travaillent au développement et à l'expérimentation de cette technologie, que ce soit en centre de recherche ou sur des sites opérationnels.

- GDF SUEZ expérimente des prototypes pour identifier les barrières à l'intégration, sur les marchés, des piles à combustible. Entre 2002 à 2006, cinq unités prototypes de piles à membrane échangeuse de protons (PEMFC) ont été expérimentées en conditions réelles d'utilisation dans 4 villes françaises (Dunkerque, Nancy, Limoges et Sophia-Antipolis).
- GDF SUEZ participe au développement de la technologie de la pile à combustible en identifiant les verrous et en orientant la recherche française. Grâce à un laboratoire d'essais dédié, le groupe mène de nombreuses actions de recherche autour des piles à combustible à oxydes solides (SOFC) en participant à plusieurs projets nationaux et européens.

Enfin dans le cadre de PAN'H, le programme CIEL (*Chaudière Individuelle Electrogène*), coordonné par GDF SUEZ avait pour objectif d'étudier la faisabilité de développer une chaudière individuelle à pile à combustible de type SOFC (cf. ci-dessus CEA).

Total

www.total.com

Total, groupe énergétique international, est le quatrième groupe pétrolier intégré coté dans le monde et est un acteur majeur de la chimie. Pour ce qui est de l'hydrogène:

- en matière de transports, Total contribue à la mise en place des premiers éléments d'une infrastructure de distribution de l'hydrogène carburant, avec deux stations publiques en Allemagne, et une troisième en Belgique, vers le début 2008. La première, installée à Berlin, ravitaille les prototypes de voiture hydrogène des constructeurs partenaires du [Clean Energy Partnership](#) ; ainsi que la flotte des bus à hydrogène MAN utilisés en service régulier par la régie de transport de Berlin (BVG) dans le cadre du projet [HyFLEET CUTE](#). La deuxième station-service, qui a ouvert ses portes à Munich en novembre 2006, alimente en hydrogène liquide des BMW série 7 Hydrogène dans le cadre d'un accord de partenariat entre [BMW](#) et TOTAL. Une troisième station-service délivrant de l'hydrogène a été ouverte début 2008 dans la banlieue de Bruxelles.

- pour l'utilisation stationnaire, le groupe expérimente deux piles à combustible stationnaires dans une station-service à Berlin, à la suite d'un projet similaire précédemment conduit dans la station-service de Le Roeulx en Belgique : l'électricité produite est injectée sur le réseau, et l'eau chaude est utilisée dans la station.

PSA Peugeot Citroën

www.psa.fr

Depuis 2001, ce constructeur a participé à plusieurs programmes et a réalisé une succession de prototypes : Hydro-Gen, Taxi Pac, véhicule de pompiers H₂O, Quark, EPURE, H2Origin, des véhicules qui ont été construits à un seul exemplaire. En fait, le groupe PSA Peugeot Citroën ne laisse pas apparaître une nette volonté de devenir un acteur de premier plan dans le domaine de la voiture à hydrogène. Néanmoins de sa collaboration avec le CEA est née la pile H2Origin d'architecture modulaire et d'une puissance de 80 kW parfaitement adaptée à l'usage automobile et qui, à ce jour, se situe au meilleur niveau mondial.

Renault

www.renault.com

Bien qu'ayant été en 1997 un des premiers en France à présenter un prototype, sur le modèle d'une Laguna break, à pile à combustible à hydrogène dans le cadre d'un programme européen avec Air Liquide, la FEVER (*Fuel cell powered Electric Vehicle for Efficiency and Range*), Renault ne présente plus, depuis, de nouveaux prototypes. Après des velléités de choix en faveur du reformeur embarqué qui, à partir de carburants classiques (essence, gazole ou éthanol) produirait à bord l'hydrogène pour la pile à combustible, la firme semble s'orienter vers le véhicule électrique alimenté par une batterie rechargeable. En revanche, avec son associé japonais Nissan (qui a présenté dès 1999, plusieurs prototypes), Renault étudie, dans une perspective de long terme, le développement de véhicules électriques avec pile à combustible. Aujourd'hui tous deux présentent le prototype Scenic ZEV H2 basé sur le modèle Renault Grand Scenic. Le prototype est largement inspiré du modèle X-Trail de chez Nissan, Nissan ayant fourni la pile à combustible, le réservoir hydrogène haute pression et la batterie lithium-ion.

Saint-Gobain

www.saint-gobain.com

Saint-Gobain est spécialisé dans la conception, la production et la distribution de matériaux fonctionnels : verre pour le bâtiment et l'automobile, céramiques réfractaires, cristaux, mortiers, plâtres, canalisations, bouteilles etc. De par ses compétences dans le domaine des céramiques Saint-Gobain s'intéresse tout particulièrement aux piles à combustible à oxyde solide dites SOFC.

SNECMA

www.snecma.com

Société du groupe SAFRAN, Snecma conçoit, développe et produit, seul ou en coopération, des moteurs pour avions civils et militaires et une large gamme de systèmes propulsifs spatiaux : moteurs et équipements pour la propulsion cryotechnique des lanceurs, propulsion électrique pour vaisseaux spatiaux et satellites.

Snecma travaille notamment sur les moteurs fusées à hydrogène pour la propulsion d'Ariane 5. Les moteurs actuellement en production sont le Vulcain® 2 (étage principal) et le HM7B (étage supérieur), amené à céder la place dans quelques années au Vinci®, actuellement en développement. Ces moteurs, dits cryotechniques, utilisent de l'hydrogène et de l'oxygène liquides. Snecma maîtrise cette technique depuis plus de 40 ans. Les bancs d'essais des moteurs sont implantés sur le site de Vernon, sur une vaste zone de 116 ha.

Ces moyens et compétences trouvent aussi leur application dans la conception et la production de systèmes de haute performance pour l'industrie du gaz naturel liquéfié ainsi que pour l'utilisation des piles à combustible.

ST Microelectronics

www.st.com

En France ST Microelectronics est implanté en sept lieux: Crolles (Isère), Grenoble, Paris, Rennes, Rousset (Bouches du Rhône), Sophia-Antipolis (Alpes Maritimes) et Tours.

ST Microelectronics est un des leaders mondiaux du développement et de la réalisation de composants sur silicium destinés à de nombreuses applications et il est en particulier à l'avant-garde des technologies de systèmes sur puce. En 2007, le groupe a établi une collaboration avec le CEA pour la mise au point de micro piles à combustible spécialement adaptées aux téléphones cellulaires.

Pour ce faire, a été créé un laboratoire commun à Tours (ST Microelectronics) et à Grenoble (CEA Liten) qui implique une cinquantaine de chercheurs répartis de façon équivalente entre les deux sites.

3M

<http://solutions.3m.com>

Cette entreprise internationale diversifiée investit, depuis 1995, dans la recherche concernant le domaine de la pile à combustible comme source nouvelle d'énergie fiable et moins polluante. 3M est l'un des leaders dans la fabrication automatisée des "Assemblages de Membranes Electrodes" constituant du coeur de la pile.

Veolia Environnement

Siège : 36-38, avenue Kléber, 75116 Paris

Tél : 01 71 75 00 00

www.veoliaenvironnement.com

Veolia Environnement rassemble sous une marque unique l'ensemble des services à l'environnement des secteurs de l'eau, de la gestion des déchets, des services énergétiques et du transport.

La branche Veolia Energie mène avec l'OPAC de Paris un test grandeur nature : fournir chaleur et eau chaude sanitaire pour 283 logements sociaux grâce à la pile à combustible allemande Cellia de type MCFC.

2.2 Les petites entreprises

Alca Torda Applications

www.alcatorda.free.fr

Le nom de cette société, Alca Torda, est celui, en latin, des pingouins Torda qui depuis le naufrage du Torrey Canyon en mars 1967, font régulièrement partie des victimes des marées noires et autres dégazages. Alca Torda Applications est pionnière en matière d'étude et d'intégration de piles à combustible à bord de tous types de navires ainsi qu'en site isolé. Elle fournit également de la prestation de conseil d'ingénierie et de supervision pour les projets liés aux nouvelles technologies de l'énergie. Les collaborateurs de la société ont une longue expérience en matière de propulsion et de production d'énergie marine ainsi que de solides compétences liées à l'hydrogène comme source d'énergie.

Parmi les produits d'Alca Torda Applications on peut citer :

- les alimentations électriques autonomes pour sites isolés fonctionnant avec des piles à combustibles,
- les APU (Auxiliary Power Unit) « TRANSAT PAC » également à piles à combustible, capables, à bord d'un bateau, de fournir du courant électrique indépendamment de la propulsion,
- la propulsion électrique à pile à combustible, projet CASAPAC, à la fois écologique, silencieuse et sans vibrations.

Axane

www.axane.net

Créée en 2001 et filiale à 100% du groupe l'Air Liquide, elle a pour mission de développer des systèmes complets d'équipements de production d'énergie à partir de piles à combustible PEMFC alimentées par de l'hydrogène. Les générateurs modulables réalisés par Axane, d'une puissance de 0,5 à 10 kW, sont destinés à l'alimentation de sources portables, à des unités de secours (équivalents des groupes électrogènes), à l'alimentation de sites isolés ou encore de petits véhicules. Non seulement ils ne polluent pas, ne rejettent aucun gaz à effet de serre mais aussi sont autonomes et silencieux.

Quelques réalisations: générateur électrique mobile (monté sur roulettes) « Mobixane » d'une puissance de 2 à 5 kW délivrant directement du courant alternatif en 220 V ; équipement de sites de téléphonie mobile Bouygues Télécom ; équipement de deux expéditions de Jean-Louis Etienne : Mission Banquise et Expédition Clipperton ; équipement de 158 petits véhicules dans le cadre du programme européen Hychain.

CETH₂

www.ceth2.fr

La Compagnie Européenne des Technologies de l'Hydrogène (CETH₂) développe et fabrique des systèmes et des composants innovants de production et de purification de l'hydrogène. CETH₂ propose des générateurs d'hydrogène à haute efficacité énergétique n'émettant pas ou peu de CO₂.

La production d'hydrogène utilise des sources primaires d'énergie d'origine renouvelable (éolien, panneaux photovoltaïque, bioéthanol, etc.).

CETH₂ propose notamment des électrolyseurs à Membrane polymère solide (PEM) à haute disponibilité pouvant se substituer à des parcs de bouteilles (multistacks à régulation de charge), des reformeurs à base de bioéthanol pour la production d'hydrogène et des produits pédagogiques.

CETH₂ conduit des recherches appliquées pour la valorisation du CO₂ et les couplages électrolyseur-PAC pour l'alimentation autonome de sites isolés.

Héliion

www.helion-fuelcells.com

Créée en mars 2001, cette filiale du groupe Areva conçoit, fabrique et commercialise des générateurs électriques stationnaires (sites isolés, équipements résidentiels) ou embarqués (sous-marins, véhicules transport collectif urbain) composés d'une pile à combustible PEMFC à hydrogène d'une à plusieurs dizaines de kWe. Héliion est en particulier spécialisé dans la pile à combustible H₂ – O₂ contrairement aux autres constructeurs qui se sont orientés sur les piles H₂-air.

Intéressé par le couplage énergies renouvelables – pile à combustible, particulièrement pertinent sur les installations insulaires, Héliion équipe d'une pile à combustible le récent projet Myrte localisé en Corse, à Vignola près d'Ajaccio. Il s'agit de stocker l'électricité photovoltaïque via la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau pour restituer cette électricité selon les besoins grâce à une pile à combustible. Héliion propose également des applications des piles à combustible pour la cogénération électricité-chaleur² à usage domestique.

Héliion a équipé d'une pile de 5kW le banc d'essai du CNRT (*Centre National de la Recherche Technologique*) de Belfort et a fourni un groupe à pile à combustible de 30 kWe pour assurer le secours des éléments essentiels du siège du CEA à Saclay. Héliion a également mis au point et fournit des bancs didactiques de pile à combustible dont un a été récemment installé au Palais de la Découverte à Paris.

MaHytec

www.mahytec.com

Il s'agit d'une récente petite structure pré industrielle proposant des réservoirs très maniables pour stocker de l'hydrogène comprimé à 700 bars. Ces réservoirs de forme cylindrique sont réalisés en alliages légers et enrobés d'un bobinage en fibres à haute résistance. MaHytec, localisée à Dôle, est issue de l'Université de Franche Comté et, pour la réalisation de ses réservoirs, collabore avec Solvay et Peugeot.

N-GHY

www.n-ghy.com

Cette société est spécialisée dans le développement industriel de générateurs d'hydrogène et systèmes à piles à combustible pour APU (Auxiliary Power Unit) embarqués, organes de propulsion de véhicules hybrides d'une puissance de 25 kWe à 500 kWe fonctionnant avec des carburants commerciaux fossiles (gazole, kérosène légèrement soufré) ou renouvelables (huile végétale, ester, éthanol) en couplage avec des piles PEMFC ou SOFC. La société N-GHY travaille également sur la micro-cogénération.

PaxiTech

www.paxitech.com

Depuis octobre 2003, PaxiTech® commercialise des coeurs de piles à combustible "standard" pour piles PEMFC ou sur spécifications, ainsi que d'autres composants.

PaxiTech® développe aussi des sources d'énergie à pile à combustible pour des équipements électriques portables. Ces piles légères et peu volumineuses peuvent répondre au besoin d'alimentation électrique d'applications nécessitant des puissances de quelques watts à quelques centaines de watts.

² Car une pile à combustible produit non seulement de l'électricité mais aussi de la chaleur.

Sertronic

www.sertronic.com

Cette entreprise d'ingénierie de niveau international est experte dans le traitement et la purification des gaz industriels et notamment de l'hydrogène. Elle est agent en France de la société Hydrogen Technologies (Norsk Hydro).

ULLIT

www.ullit.com

ULLIT a réalisé, en 1992, le premier réservoir composite de stockage de l'hydrogène sous 700 bars, dans le cadre du projet européen Hydro-Gen. Il fabrique par de nouvelles techniques des réservoirs haute pression légers pour tout gaz non corrosifs. Son réservoir « Tout composite », breveté mondialement, adapté au stockage du gaz naturel à 200 bars à bord de véhicules routiers ou ferroviaires, est composé d'une enveloppe interne thermoplastique avec enroulement de fibres de carbone et une matrice en époxy. Du fait de sa compétence, ULLIT a participé au projet HYPE (réservoir HYdrogène haute PrEssion) du programme Pan-H de l'ANR en partenariat avec le CEA, l'INERIS, PSA Peugeot Citroën, L'Air Liquide et Mahytec.

3 – Plate-forme HyPAC

L'AFH2 et l'ADEME ont pris l'initiative de créer une plate-forme nationale baptisée HyPaC, destinée à rassembler l'ensemble des acteurs français du domaine de l'hydrogène et des piles à combustible, à l'image de ce qui existe dans d'autres pays européens, en particulier en Allemagne et en Espagne. Elle est née officiellement en février 2009, et rassemble tous ses membres deux fois par an. L'un de ses premiers travaux a consisté à proposer les éléments de réflexion pour élaborer une feuille de route nationale pour le développement des technologies de l'hydrogène et des piles à combustible, et donner ses chances à l'industrie française de faire face à une compétition internationale de plus en plus active. L'objectif à court terme est de faire des propositions de projets de démonstration à caractère industriel, menés en partenariat public-privé, éventuellement financés dans le cadre des investissements d'avenir gérés par l'ADEME. La plate-forme abrite également les travaux en cours sur l'évolution de la réglementation et de la normalisation relatives aux technologies de l'hydrogène. Elle mettra à disposition de tous ses membres, mais aussi du grand public, des élus, des non spécialistes, un Observatoire de l'hydrogène et des piles à combustible, Observ'H2, réalisé par l'AFH2 et ALPHEA Hydrogène, sur financement de l'ADEME.

4 – L'Association Française de l'Hydrogène

AFH₂

www.afh2.org

L'Association française de l'hydrogène (AFH₂) est une association loi de 1901 créée en 1998 en vue de promouvoir le développement et l'utilisation de l'hydrogène en tant que carburant non polluant et n'émettant pas de gaz à effet de serre. Cette association s'est fixée: (i), une mission d'information (collectage et diffusion de l'information scientifique, technique et réglementaire via le site internet, information du public à travers les médias ou lors de conférences ou d'expositions); (ii), une mission de représentation (intervention auprès des pouvoirs publics pour promouvoir l'hydrogène, présence auprès des organisations internationales, relation avec les associations similaires d'Europe et du reste du Monde); (iii), un rôle d'expert (analyses et réflexions en vue de faire état des connaissances, d'identifier des actions en R&D, de proposer des actions de démonstration); (iv), une mission de formation en aidant l'enseignement des techniques associées à l'hydrogène et en y participant.

5 - Initiatives régionales

Le plus souvent les initiatives régionales concernant l'hydrogène relèvent d'un Pôle de Compétitivité, une des structures lancées en 2004 par le **Ministère de l'économie des finances et de l'industrie** (maintenant *Ministère de l'économie de l'industrie et de l'emploi*) dans le cadre d'une nouvelle politique industrielle. « Un Pôle de Compétitivité est sur un territoire donné, l'association d'entreprises, de centres de recherche et d'organismes de formation engagés dans une démarche partenariale destinée à dégager des synergies autour de projets innovants conduits en commun autour d'un/ou de marché (s) donné (s) ». A ce jour, 71 de ces pôles recouvrant un large éventail de domaines et

répartis dans les 27 régions sont labellisés. Ils sont validés par la Commission interministérielle de l'aménagement et de la compétitivité des territoires (CIACT) et financés par un fonds interministériel (réunissant agences ANR, OSEO et CDC) à hauteur de 1,5 milliard d'euros sur trois ans (périodes 2006-2008, puis 2009-2011).

Nord - Pas de Calais

« *Hydrogène, Energie, Environnement et Transport* », HEET, est le nom qui a été donné à la plateforme régionale qui coordonne les efforts de centres de recherche, d'entreprises et de collectivités engagés dans la filière de l'utilisation de l'hydrogène dans les moteurs à combustion interne. Elle a pour objectif de promouvoir leurs actions et de participer aux programmes européens et nationaux.

Dans le cadre de cette plateforme, s'est déroulé à Dunkerque un projet pilote de démonstration d'autobus à Hythane, un mélange d'hydrogène et de gaz naturel, dont l'hydrogène était produit par électrolyse de l'eau avec l'électricité obtenue à partir d'énergie éolienne. Cette démonstration entraine dans le cadre du projet Althytude qui visait à évaluer en Europe le potentiel de l'Hythane® comme solution renforçant les avantages du gaz naturel pour véhicule (GNV) tout en proposant une transition souple et pragmatique à l'hydrogène avec les technologies et infrastructures disponibles. L'Hythane est un carburant qui permet d'obtenir de meilleures performances techniques (rendement moteur) et environnementales (moins de CO₂ et de polluants locaux). Le PREDIT (*Programme national de recherche d'expérimentation et d'innovation dans les transports terrestres*) a soutenu financièrement ce projet d'autobus innovants.

Une autre démonstration a été celle **d'Ultim Car**, une voiture à moteur à combustion interne alimenté en mélange gaz naturel-hydrogène mise au point par le bureau d'études **H2 Développement** de Lille spécialisé dans l'éolien.

Grand Est

« INEVA – CNRT Systèmes pile à combustible Interfaces pour les transports publics de Belfort-Montbéliard Nancy » (www.ineva-cnrt.com) est une association loi 1901 qui a pour but de générer une collaboration entre laboratoires de recherche publique et de recherche industrielle autour des systèmes piles à combustible. Elle regroupe des industriels, Air Liquide, Alstom, Général Electric, Delphi, PSA Peugeot Citroën, deux instituts de recherche, trois collectivités territoriales et six universités et établissements publics d'enseignement et de recherche. Elle est animée par une structure permanente située à l'Université Technologique de Belfort-Montbéliard.

Ineva a entre autres initié et pris en charge le projet APURROUTE soutenu par l'ANR en 2003 et qui associe constructeur automobile, équipementier, pétrolier et organismes publics comme le CEA et l'université technologique de Belfort pour tester une pile SOFC utilisée comme APU³ à bord de véhicules automobiles. Ainsi une pile développée par l'équipementier automobile Delphi est soumise aux conditions environnementales rencontrées sur le réseau routier européen.

Le Pôle de Compétitivité « **Véhicules du futur** » de Franche Comté Alsace a fait émerger un programme « Pile à combustible » dans un but d'intégration dans le transport (durabilité, fiabilité) qui s'était inscrit dans le cadre du plan PAN'H.

Le Pôle de Compétitivité **Industrie et Agro-Ressources de Champagne-Ardenne Picardie** rassemble des acteurs de la recherche, de l'enseignement et de l'industrie autour de la valorisation non alimentaire du végétal. Concernant la filière hydrogène piles à combustible ce pôle a inscrit dans le domaine des bioénergies la production d'hydrogène issue de ressources végétales.

ALPHEA Hydrogène, réseau européen et pôle de compétences sur l'hydrogène et ses applications, www.alphea.com

Créée en 1986 l'Association lorraine pour la promotion de l'hydrogène et de ses applications (ALPHEA) montrait l'intérêt de la région Lorraine pour l'hydrogène ainsi que sa détermination à agir pour développer cette nouvelle filière énergétique. ALPHEA devenu un Pôle de compétences sur l'hydrogène, propose aujourd'hui à ses adhérents des prestations orientées autour de plusieurs axes: la veille technique, scientifique, économique et réglementaire, la réalisation d'études et d'expertises techniques et économiques, l'initiation, le montage et la coordination de projets, le développement économique, les actions d'animation et de promotion, la gestion d'une bourse aux emplois et stages.

Rhône Alpes

³ Auxiliary Power Unit.

Le Pôle de compétitivité **Tenerrdis** (www.tenerrdis.fr) qui a pour ambition de développer en Rhône-Alpes la filière économique des nouvelles énergies comporte, sur la thématique hydrogène, un programme H2 & PAC. L'objectif est de développer la production d'énergies renouvelables (solaire, biomasse, hydraulique) et d'assurer leur transformation en vecteur d'énergie et en particulier en hydrogène pour lequel il est également prévu de développer une filière stockage et une filière conversion avec des piles à combustible. Ainsi, concernant la production, sont envisagés des prototypes industriels produisant de l'hydrogène soit par électrolyse haute température, par transformation de la biomasse ou par voie chimique. Pour le stockage est prévue la mise au point d'un procédé par hydrure métallique réversible et pour le transport la mise en œuvre de canalisations en acier. Enfin sera pris en compte ce qui concerne la sécurité et l'acceptabilité de cette filière hydrogène.

Pour ce qui est de la pile à combustible, les efforts porteront sur la pile PEMFC depuis sa production en série industrielle jusqu'à sa mise en œuvre dans de petits véhicules ou des groupes de secours. En cela le Pôle de compétitivité **Véhicules du Futur** (www.vehiculedufutur.com) et le développement de la Plateforme **PaCLab** de Grenoble seront déterminants puisqu'ils doivent mettre en commun les moyens et les compétences hydrogène et pile à combustible développés par le CEA et l'INPG (Institut National Polytechnique de Grenoble).

PACA et Corse

Le Pôle de Compétitivité **Capenergies** (www.capenergies.fr) vise à développer l'expertise régionale dans le secteur des énergies non génératrices de gaz à effet de serre et à favoriser les stratégies industrielles des PMI-PME concernées. Les initiatives de ce pôle sont coordonnées par le CEA et EDF. L'hydrogène figure parmi les sept domaines que le pôle aborde. Le projet envisage la production d'hydrogène, par électrolyse de l'eau ou à partir de la biomasse, et sa conversion en électricité par des piles à combustible.

Languedoc-Roussillon

Le Pôle de compétitivité **Derbi** (www.pole-derbi.com) a pour but de développer les énergies renouvelables dans l'industrie et le bâtiment. Les technologies de la pile à combustible sont prises en compte dans le cadre d'une production décentralisée d'énergie par le laboratoire IEM de Montpellier en collaboration avec l'ENSCM (Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier) et l'Université de Montpellier 2 Sciences et Techniques du Languedoc.

Midi-Pyrénées

La filière régionale hydrogène et pile à combustible s'est structurée en 2007 par la création de l'association **Phyrénées** (*Production d'hydrogène renouvelable écologique éolien et solaire*) à l'initiative de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux et de la société **N-Ghy** et en partenariat avec l'association **Aragon Midi-Pyrénées** et le syndicat départemental **Trifyl**. Les conseils généraux du Tarn et du Lot, les compagnies GDF-Suez et Airbus ainsi que l'Ademe, la Drire et l'Impt font également partie des membres fondateurs. L'association est également soutenue par les pôles de compétitivité régionaux **Agrimip Innovation** et **Aerospace Valley**. Le projet « **Vabhyogaz** » est l'un des premiers portés par **Phyrénées**, il s'agit de créer une unité de production d'hydrogène à partir du biogaz.

Pour sa part, la PME **N-Ghy** est spécialisée dans les générateurs d'hydrogène pour une production décentralisée, donc proche du lieu d'utilisation, à partir de biocombustibles (bioéthanol, biogaz, huiles végétales et leurs esters, glycérol) ou de combustibles fossiles avec captation du CO₂ rejeté. Les premiers générateurs **N-Ghy** ont été commercialisés en 2009.

Poitou-Charentes

Dans le cadre de la création d'un Pôle de compétences concernant la production d'électricité écologique pour l'industrie nautique, il est prévu la mise au point d'une pile à combustible fiabilisée résistante à l'air salin en partenariat avec la société PaxiTech.

Par ailleurs, dans le but de mettre au point des matériaux performants pour les réservoirs des futures automobiles à hydrogène, une « Plateforme d'essai mécanique sous hydrogène » installée à Poitiers testera la résistance et la durabilité de ces matériaux dans des conditions extrêmes de température et de pression. Ce projet est pris en charge par le Laboratoire de Mécanique Physique des Matériaux (LMPM) de l'Ecole d'aéronautique (ENSMA) et est soutenu financièrement par la région, l'Etat et le fonds européen de développement régional.

Pays de la Loire

La **Mission Hydrogène des Pays de Loire** (www.missionh2.org) parrainée par le **Pôle de recherche et d'innovation** (PRINA), le **CCI** de Nantes Saint-Nazaire et **Synervia** (association nantaise interface université - écoles-entreprises) s'intéresse particulièrement aux applications de l'hydrogène dans les secteurs maritime et fluvial. Plusieurs projets ont ainsi été entrepris dans l'estuaire de la Loire autour de Nantes, Saint Nazaire et Le Croisic. Ils concernent des bateaux électriques à pile à combustible à hydrogène: (i), un prototype de chalutier à l'initiative du Comité régional des pêches et le pôle PRINA; (ii), un petit bateau fluvial de loisir, le Most H ; (iii), et le troisième, Navibus, est un passeur fluvial.

Bretagne

L'Institut régional des matériaux avancés (IRMA – www.irmatech.com), centre technique du Pays de Lorient, développe sous contrat en collaboration avec des industriels des technologies innovantes dans les domaines de l'environnement et de l'énergie. En particulier pour ce qui est de l'énergie, l'IRMA met au point la production d'hydrogène à partir de sources hydrocarbonées en association avec le développement des piles à combustible.

A Saint Malo, un projet de bloc autonome générateur d'hydrogène, BAGH (www.lebagh.monsite-orange.fr), récemment breveté, est en passe d'être développé. Il s'agit d'un dispositif produisant de l'hydrogène par électrolyse de l'eau à partir de l'électricité produite par les petites chutes hydrauliques.

Haute et Basse Normandie

Le pôle de compétitivité **Mov'éo** (www.pole-moveo.org) dont l'objectif est axé sur l'automobile et le transport collectif, envisage à moyen terme des travaux sur la pile à combustible.

Les 7 vents du Cotentin (www.7vents.fr), société coopérative d'intérêt collectif, créée avec l'objectif de promouvoir la maîtrise de l'énergie assure une veille technologique dans le domaine de la pile à combustible depuis les années 90 dans le cadre d'une filière « hydrogène durable ». Parallèlement aux actions de sensibilisation, de formation et d'étude de marché, l'organisme a acquis différentes piles à combustible à titre de démonstration.

Centre

Le pôle de compétitivité de cette région **Science et systèmes de l'énergie électrique** (S2E2 – www.S2E2.fr) est orienté sur les principaux axes de ce secteur : production, stockage, distribution et utilisation. Sont ainsi envisagés : la production d'hydrogène par électrolyse haute température, le stockage de l'hydrogène sous pression, les matériaux haute température et les matériaux spécifiques (membranes, électrolyte) pour les piles et micro piles à combustible.