

Ma ville  
bouge !



# DOSSIER DE PRESSE

## L'HYDROGENE :

## VECTEUR DE TRANSITION ENERGETIQUE SUR NOS TERRITOIRES ?

**2 JUILLET 2019**

à 18h00

Salle Jonsco

Site des Longines

rue De Villedieu

25700 VALENTIGNEY

Contact presse :

Nathalie FERNANDEZ  
Chargée de communication

03 81 31 86 17

[n.fernandez@adu-montbeliard.fr](mailto:n.fernandez@adu-montbeliard.fr)

**UNIVERSITÉ** DE  
**FRANCHE-COMTÉ**

VILLE DE

Forbach



# Sommaire

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Avant-propos.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>Les intervenants de la conférence.....</b>   | <b>4</b>  |
| Daniel HISSEL.....  | 4         |
| Laurent KALINOWSKI.....   | 5         |
| Philippe GAUTIER .....  | 5         |
| <b>Revue de presse .....</b>  | <b>6</b>  |
| Bilan énergétique mondial chiffres clés .....   | 6         |
| Le Plan HULOT .....   | 9         |
| Les atouts et les obstacles de l'hydrogène .....  | 10        |
| L'hydrogène dans la transition énergétique.....   | 12        |
| On peut produire de l'hydrogène partout et de manière totalement propre .....             | 13        |
| La Franche-Comté : terre d'hydrogène .....  | 15        |
| La Fédération de Recherche CNRS FC-LAB .....  | 17        |
| L'expérience de Forbach.....  | 20        |
| Le rapport parlementaire du député Laurent Kalinowski et du sénateur Jean - Marc Pastor.. | 22        |
| Les politiques volontaristes du Japon et de l'Allemagne.....                              | 23        |
| <b>Orientations bibliographiques.....</b>   | <b>25</b> |





## AVANT-PROPOS

Cause principale du dérèglement climatique en cours, l'exploitation des ressources d'énergie fossile (pétrole, charbon et gaz) est à terme condamnée.

En effet, comme le démontre le bilan énergétique 2018 publié par le cabinet Enerdata, l'intensité carbone des pays du G20 diminue beaucoup trop lentement pour respecter l'accord de Paris.

En cause, une économie mondiale encore très énergivore et un mix énergétique fossile à 80%.

### « L'économie mondiale encore trop accro aux énergies fossiles »

Quelles sont les solutions alternatives concrètes et durables à mettre en œuvre pour répondre aux enjeux que pose déjà une consommation énergétique française et mondiale grandissante ?

### « En quoi l'hydrogène peut être un vecteur de transition énergétique sur nos territoires ? »

L'hydrogène permet la mobilité de trains, voitures sans émettre de gaz à effet de serre. Potentiellement inépuisable et non polluant pour l'atmosphère, il n'est pas une source d'énergie mais **un réel vecteur énergétique** qui peut être stocké durablement et de plus il n'émet que de l'eau.

L'hydrogène constitue une vraie piste d'avenir, avec notamment la cogénération et l'utilisation dans une pile à combustible afin d'alimenter en chaleur et électricité un quartier, un immeuble...

Aujourd'hui, ce gaz vert offre donc **de réels atouts** qui vont devenir indispensables à la transition énergétique.

Comment l'hydrogène peut s'inscrire dans l'autonomie énergétique des territoires et comment le rendre accessible ?





## LES INTERVENANTS DE LA CONFÉRENCE

### Daniel HISSEL



*Professeur à l'Université de Franche-Comté, il dirige la **Fédération de recherche FC-LAB** du CNRS, spécialisée dans le **domaine des systèmes de pile à combustible**, formée d'équipes de recherche issues de **cinq laboratoires**.*

Il est également Directeur de la **Fédération de Recherche FC-LAB** (FR CNRS 3539), qui compte environ 180 membres, et a publié plus de 400 articles dans des journaux et conférences internationales.

Il est Senior Member IEEE et Président du chapitre français de la société IEEE/VTS. Il a été également Editeur Associé des revues internationales IEEE Transactions on Industrial Electronics et ASME Fuel Cell Science and Technology.

Membre du comité de pilotage du réseau national français MEGEVH, consacré aux véhicules électriques et hybrides et Administrateur du Pôle de Compétitivité Véhicules du Futur.

Il est récipiendaire de la **Médaille Blondel 2017**.

[Site FC-LAB](#)

[Site FEMTO-ST](#)



## Laurent KALINOWSKI



*Président de la Communauté d'Agglomération de Forbach Porte de France.*

*Maire de la ville de Forbach depuis 2008.*

*Député de la 6ème circonscription de la Moselle de 2012 à 2017, il a été membre de l'Office Parlementaire d'évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques.*

*Retraité de l'enseignement depuis 2011.*

*Conseiller général de 2004 à 2012.*

Il est à l'initiative du rapport parlementaire sur l'hydrogène co-écrit avec le Sénateur Jean-Marc Pastor en 2013. Ce dernier s'inscrit plus largement dans le contexte lié aux réflexions en cours sur la transition énergétique, ainsi qu'à la question des conditions du développement d'une filière hydrogène nationale.

## Philippe GAUTIER



Source : Francis REINOSO

*Maire de la commune de Valentigney depuis 2014.*

*Troisième commune de l'Agglomération du Pays de Montbéliard par l'importance de sa population : 10 381 habitants.*

*Vice-Président de Pays de Montbéliard Agglomération en charge de la rénovation urbaine.*

*Président de l'Agence de Développement et d'Urbanisme du Pays de Montbéliard.*





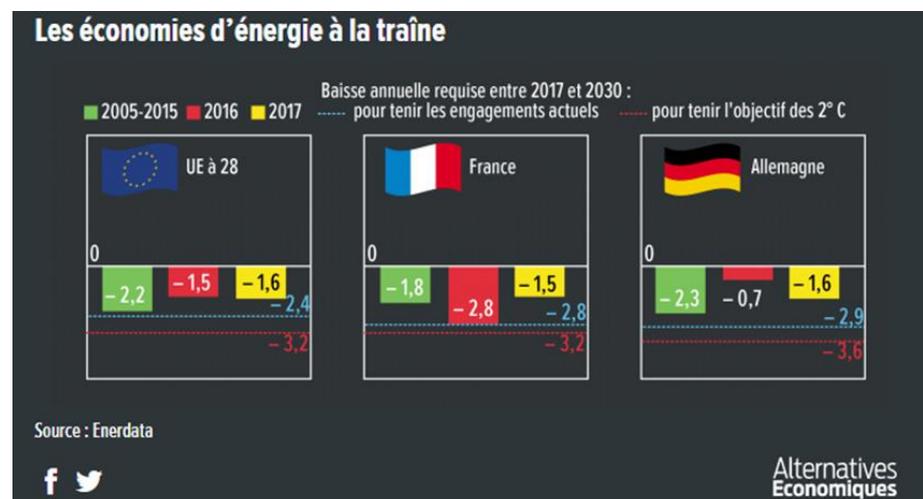
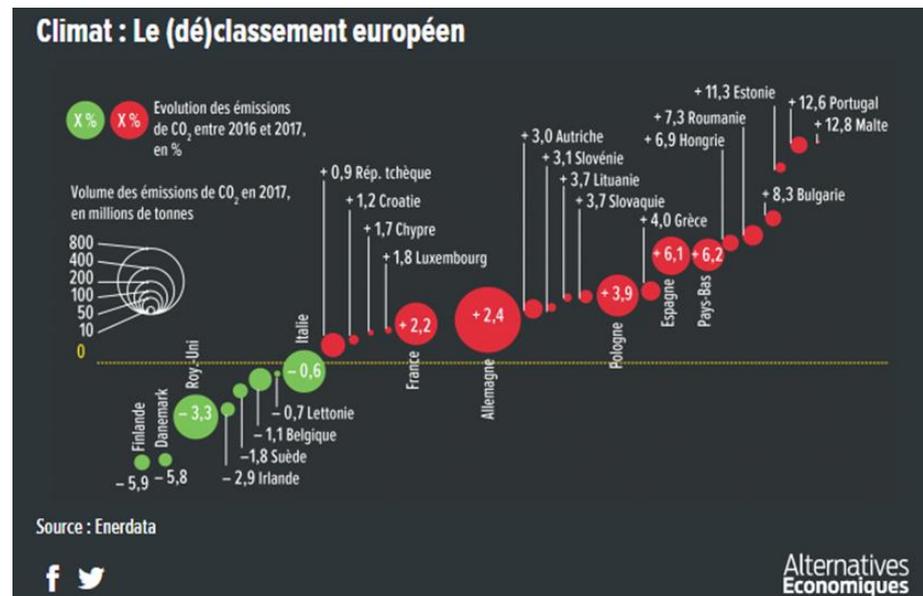
# REVUE DE PRESSE

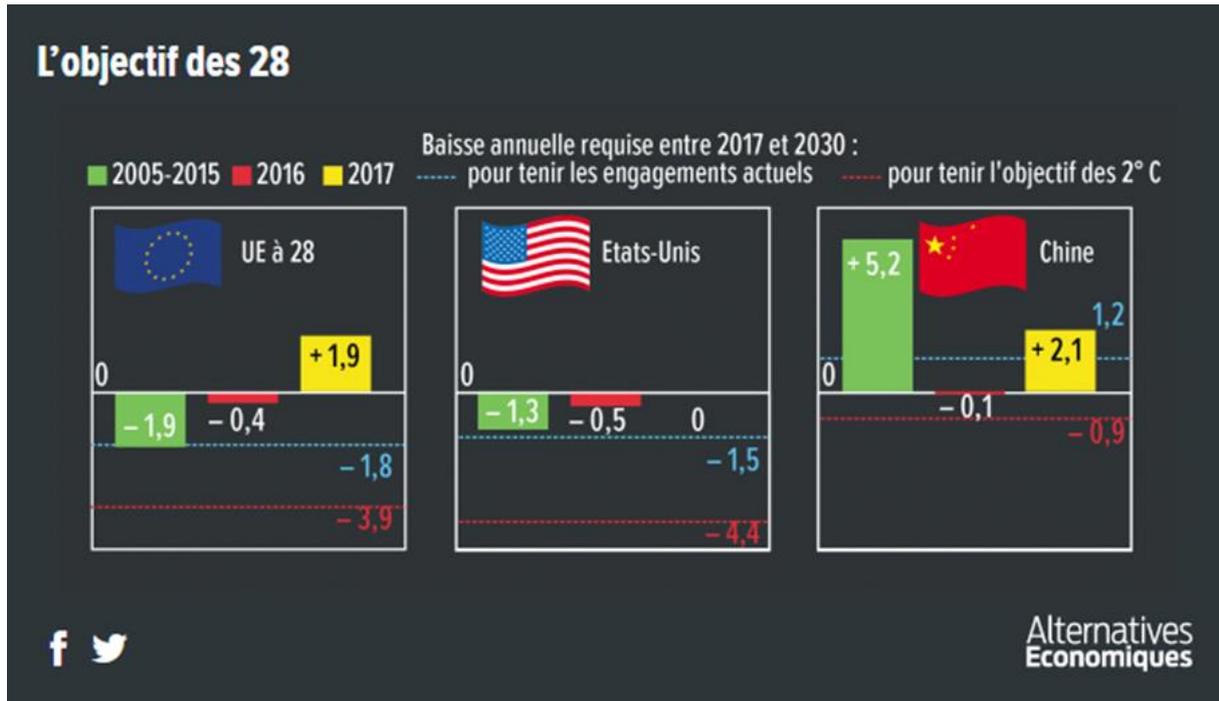
## Bilan énergétique mondial chiffres clés

Source : Enerdata | Alternative Economique | novembre 2018

### Scénarios énergétiques mondiaux EnerFuture à l'horizon 2040

La Commission européenne dévoile son objectif zéro carbone pour 2050. « Zéro émission nette » : le défi des ressources.





## Consommation énergétique mondiale et émissions de CO<sub>2</sub>



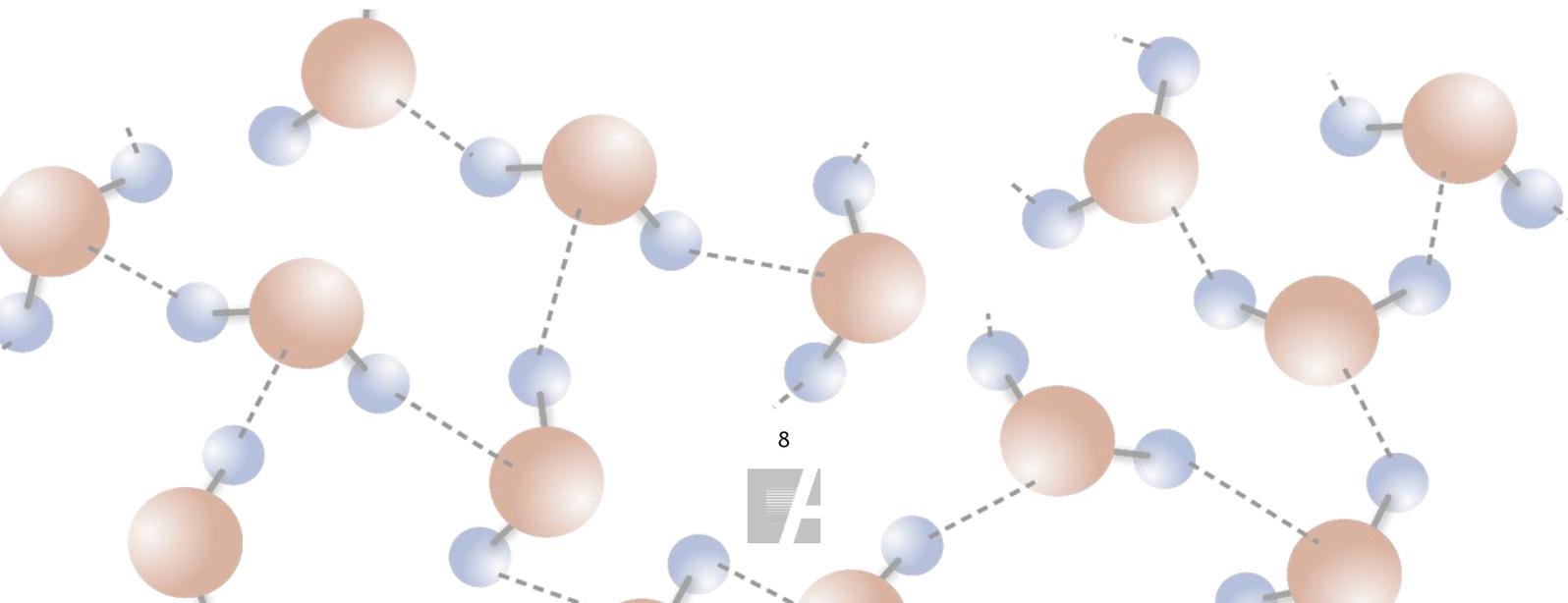
## La Commission européenne dévoile son objectif zéro carbone pour 2050

La Commission européenne a publié un document de stratégie à long terme dans lequel elle explique pourquoi l'Union européenne devrait atteindre la neutralité climatique à l'horizon 2050 et confirme son engagement à mener l'action mondiale contre le climat. La stratégie proposée ne vise pas à modifier les objectifs actuels à l'horizon 2030, mais à orienter la future politique énergétique. La mise en œuvre intégrale des politiques énergétiques et climatiques de l'UE est en ligne avec les objectifs de réduction des émissions de 45 % d'ici 2030 et de 60 % d'ici 2050, mais la Commission estime que cela est insuffisant pour atteindre les objectifs de température de long terme de l'Accord de Paris.

Le document explique comment atteindre l'objectif d'émissions nettes pourrait stimuler l'économie de l'UE de 2 %/an et contribuer à réduire les importations d'énergie de 70 %, ce qui se traduirait par une nette réduction des dépenses d'importation de combustibles fossiles (réduction de 2 000 à 3 000 milliards d'euros sur la période 2031-2050).

La Commission européenne pense que cela réduirait considérablement la dépendance énergétique de l'UE (actuellement de 266 milliards d'euros par an) en ce qui concerne les importations de pétrole et de gaz, de 55 % actuellement à environ 20 % d'ici 2050.

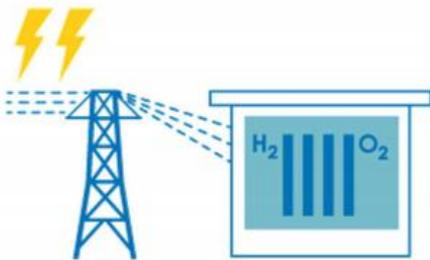
La Commission européenne plaide également pour un fort développement des énergies renouvelables, ce qui conduirait à l'électrification de l'économie de l'UE et à des degrés de décentralisation plus élevés. Elle prédit que la part de l'électricité dans la demande d'énergie finale sera au moins multipliée par deux d'ici 2050 et atteindra 53%. En ce qui concerne la production d'électricité, la Commission Européenne prévoit que d'ici 2050, plus de 80 % de l'électricité proviendra de sources d'énergie renouvelables, qui se situeront de plus en plus au large des côtes. La production d'énergie nucléaire devrait représenter 15 % de la production d'électricité de l'UE : globalement, les énergies zéro CO<sub>2</sub> couvriront plus de 95 % du mix énergétique, contribuant ainsi à rendre l'Europe neutre en carbone.



## Le Plan HULOT

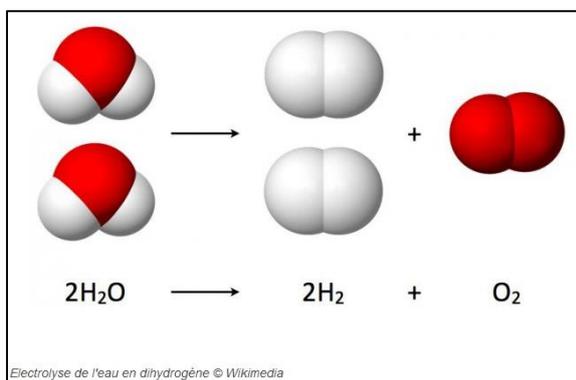
Source : Ministère de la Transition écologique et solidaire | Le Monde | 2018

Le ministre de la transition écologique et solidaire avait lancé, le 1er juin 2018, [un plan hydrogène](#) qui visait à faire de la France un leader mondial de ces technologies de mobilité et de stockage d'énergie intermittente.



Source : ministère de la transition écologique et solidaire

[Nicolas Hulot rêve d'une France moins carbonée](#). Pour y parvenir, il déclare être "intimement convaincu que l'[hydrogène](#) jouera un rôle important dans la [transition énergétique](#)".



Ce gaz, qui peut être produit à partir de sources électriques renouvelables, constituerait ainsi une solution de stockage à grande échelle et "rendre crédible un monde où l'hydrogène vient se substituer, petit à petit, au fossile et au nucléaire pour combler les intermittences du solaire et de l'éolien".

L'ancien ministre de la transition écologique et solidaire avait donc proposé de fixer à **10 % la part d'hydrogène** produite de cette façon à l'horizon de 2023 et de mobiliser **100 M€** à partir de 2019 (sous l'égide de l'Ademe) pour accompagner les premiers déploiements technologiques pour produire ou favoriser la mobilité hydrogène dans les territoires français.

Un plan hydrogène qui se voulait ambitieux : 100 millions d'euros par an pendant cinq ans pour « [faire de la France un leader mondial de cette technologie](#) ».

Cependant, le programme n'est pas remis en question, mais l'ambition initiales semble être revue à la baisse. Ainsi, en 2019, les crédits alloués le seront en fonction des projets les plus avancés, et certains pans entiers du plan pourraient être laissés en jachère.



Source : Internet



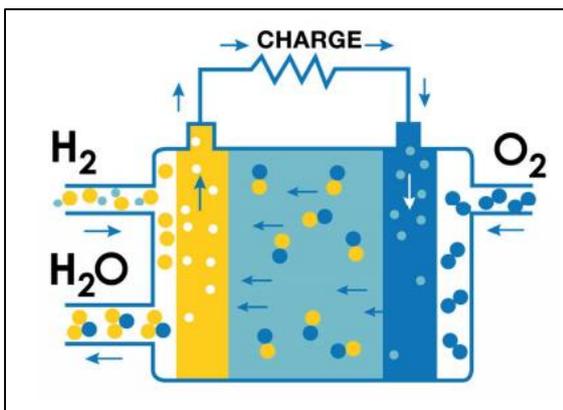
## Les atouts et les obstacles de l'hydrogène

Source : Figaro | février et décembre 2017

L'hydrogène n'est pas une source d'énergie mais « un vecteur énergétique ». Il doit être produit puis stocké avant d'être utilisé

Le dihydrogène ( $H_2$ ) se présente comme un gaz invisible et indolore. Rarement présent à l'état pur sur Terre, il est cependant constitué des éléments les plus abondants de l'univers. La molécule constituée de deux atomes, stocke de l'énergie qui peut être restituée de plusieurs manières : en la brûlant ou comme source d'électricité dans une pile à combustible (en couplant le  $H_2$  avec l' $O_2$  atmosphérique).

La France produit annuellement 900 000 tonnes d'hydrogène par an (sur 61 Mtonnes dans le monde) à partir d'un procédé polluant nommé « vaporeformage », basé sur le cassage d'une molécule de gaz naturel. Cette méthode émet 13 tonnes de  $CO_2$  par tonne de  $H_2$  obtenue. D'où l'intérêt de verdir la production d'hydrogène en passant à l'électrolyse de la molécule d'eau.



Source : Figaro

### Quel est le potentiel économique et écologique de cette technologie ?

Pour le moment, la consommation mondiale d'hydrogène reste encore faible : environ 56 millions de tonnes, soit moins de 2% de la consommation mondiale d'énergie. Mais d'après [une étude](#) réalisée par le Hydrogen Council avec McKinsey, l'hydrogène pourrait représenter près d'un cinquième de l'énergie totale consommée à l'horizon 2050. « Cela permettrait de contribuer à hauteur de 20 % à la diminution requise pour limiter le réchauffement climatique à 2°C », explique l'Hydrogen Council, qui considère que l'hydrogène pourrait alimenter 10 à 15 millions de voitures et 500.000 camions d'ici à 2030. Selon cette étude, la demande annuelle d'hydrogène pourrait globalement être multipliée par dix d'ici à 2050 et représenter 18% de la demande énergétique finale totale dans le scénario des 2°C. À cet horizon, l'hydrogène pourrait générer un chiffre d'affaires de 2500 milliards de dollars et créer plus de 30 millions d'emplois.

C'est surtout dans **les transports** que son usage évolue. « L'hydrogène, stocké dans des réservoirs, est transformé en électricité grâce à une pile à combustible ».

Toyota et Hyundai commercialisent ainsi des véhicules utilisant ce procédé, la Mirai pour le premier, et les modèles ix35 et Nexo pour le second. Honda ou encore Daimler sont aussi sur le coup. [À Paris, les taxis Hype, développés par la start-up STEP, roulent déjà à l'hydrogène.](#)

Le département pionnier en la matière reste celui de **la Manche** qui, en janvier 2015, a inauguré **la première station publique d'hydrogène** pour voitures de France. La collectivité possède aujourd'hui une flotte de **17 véhicules à hydrogène**.

Une station a également ouvert à **Rouen**. Elle alimente **une dizaine de véhicules** appartenant aux collectivités ou entreprises locales. **La région Normandie** projette d'investir **15 millions d'euros dans le développement de moteurs à hydrogène propres**.

**La ville de Pau**, en partenariat avec Engie et le fabricant de bus Van Hool, [va quant à elle faire rouler huit bus à hydrogène d'ici septembre 2019](#).

**Saint-Lô** fait rouler depuis 2017 **les premiers vélos électriques à hydrogène de France**, conçus par Pragma Industries, une PME de Biarritz. Des scooters à hydrogène sont également proposés par [la société suisse Aaqius](#), spécialisée dans les technologies vertes pour le transport. Ces scooters sont équipés d'une cartouche remplie d'hydrogène.

**Un bateau à hydrogène, [100% autonome en énergie et baptisé Energy Observer](#)**, a aussi été mis à l'eau en avril 2017. Fabriqué à **Saint-Malo** et imaginé par les navigateurs Victorien Erussard et Jérôme Delafosse, il est présenté comme **«le premier navire au monde, capable de produire son propre hydrogène à bord»**. Il a entamé son tour du monde pour six ans à l'été 2017.

**Le secteur aérien** n'est pas en reste. Dès 2008, [Boeing annonçait avoir fait voler un avion propulsé par une pile à hydrogène](#), assurant qu'il s'agissait d'une «première dans l'histoire de l'aviation». Depuis, plusieurs projets ont vu le jour. L'un des plus récents est porté par l'Onera, le centre français de recherche aérospatial. En 2016, au Bourget, ce dernier avait présenté Ampere, [un avion futuriste qui sera alimenté en électricité par dix piles à hydrogène](#)

## Quels sont les obstacles au développement de l'hydrogène ?

*Le processus de production de l'hydrogène pose pour l'instant problème puisqu'il est à la fois polluant et coûteux.*

À ce jour, **96 % de l'hydrogène est produit à partir d'énergie fossile** (pétrole, gaz naturel et charbon) car cette méthode est la plus rentable.

**« Les technologies sont prêtes pour être mises sur le marché mais il faut passer à des échelles de production importantes pour réduire les coûts »**, explique Erwin Penfornis.

**« On ne voit aucun frein pour arriver à un niveau de coût acceptable.**

Mais pour l'instant, il n'y a pas **d'incitation financière pour développer des méthodes de production décarbonées** », regrette le spécialiste. **« Le déploiement d'une filière hydrogène nécessite des investissements relativement lourds, tant pour la production, la distribution que le stockage de l'hydrogène : ceux-ci supposent un engagement d'acteurs industriels et une maîtrise du risque économique par le soutien des pouvoirs publics »**, confirme l'Ademe.

Le Hydrogen Council chiffre ces besoins d'investissements entre **20 et 25 milliards de dollars** par an, soit environ 280 milliards de dollars d'ici à 2030.



# L'hydrogène dans la transition énergétique

Source : ADEME | mars 2018

## Ce qu'il faut retenir

Les développements technologiques et les expérimentations menées ces dernières années dans le domaine de l'hydrogène permettent d'affirmer que ce vecteur apportera quatre contributions majeures à la transition énergétique et écologique :

- Dans le cadre d'un mix électrique futur associant fortement les sources renouvelables (solaire, éolien, hydraulique), **l'hydrogène apporte des solutions de flexibilité et d'optimisation aux réseaux énergétiques.** Tout d'abord, en tant que gaz, **l'hydrogène est stockable** et contribue à pallier la variabilité temporelle des renouvelables et des usages énergétiques. De plus, via le procédé de « power-to-gas », **il permet de décarboner progressivement le contenu des réseaux de gaz** et des usages associés.
- **Le stockage permis par les technologies hydrogène offre de nouvelles perspectives pour l'autoconsommation à l'échelle d'un bâtiment, d'un îlot ou d'un village.** Ce stockage repose sur la complémentarité entre un stockage court terme (batteries), et une chaîne hydrogène qui assure un stockage sur plusieurs jours, semaines ou mois.
- La pertinence économique de cette solution commence à être réelle pour certains sites non interconnectés au réseau électrique continental, dans les collectivités d'outre-mer par exemple.
- **L'hydrogène embarqué apporte des solutions nouvelles pour l'électromobilité,** notamment pour des véhicules lourds, ou pour garantir autonomie et disponibilité pour des véhicules utilitaires légers. Cela concerne ainsi en priorité **les véhicules à usage professionnel,** qu'ils soient terrestres, maritimes, fluviaux, ferroviaires. Les technologies associées à l'hydrogène mobilité sont encore chères et les expérimentations et pré-déploiements à venir nécessitent, comme toute technologie émergente, un soutien pour amorcer la demande de véhicules et accélérer l'industrialisation. A terme, des modèles économiques viables semblent atteignables pour une mobilité électrique hydrogène professionnelle.
- L'industrie emploie actuellement plus de 900 000 tonnes d'hydrogène par an, produit à partir de combustibles fossiles, ce qui représente 7,5 % des émissions de gaz à effet de serre de l'industrie française. **L'enjeu est d'améliorer les procédés et de substituer, lorsque cela est possible, des ressources renouvelables aux ressources d'hydrogène fossiles.**



# On peut produire de l'hydrogène partout et de manière totalement propre

Source : Libération | Augustine Passilly | juin 2019

Selon l'Agence internationale de l'énergie, qui vient de publier un rapport, l'hydrogène doit jouer un rôle clé dans la transition énergétique. Le spécialiste Daniel Hissel insiste sur la nécessité de développer l'utilisation et de moderniser la production de ce gaz.

Une pompe à hydrogène au salon international de l'auto canadien à Toronto, le 13 février 2019



Source : Mark Blinch. REUTERS

L'Agence internationale de l'énergie a présenté vendredi, dans le cadre du G20, un [rapport sur l'hydrogène](#), réalisé à la demande du Japon. Ces 203 pages insistent sur la place majeure de ce gaz « propre » dans la lutte contre le réchauffement climatique et prévoient une baisse de ses coûts de production de 30 % d'ici à 2030. Son avantage concerne l'absence de rejet de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), notamment dans le domaine des transports. Mais [les écologistes demeurent sceptiques](#) sur sa fabrication, à l'origine de l'émission de quelque 830 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an, soit l'équivalent des rejets cumulés du Royaume-Uni et de l'Indonésie. D'après [Daniel Hissel](#), spécialiste de l'hydrogène au CNRS et lauréat de la

médaille Blondel en 2017, l'hydrogène peut pourtant être issu d'énergies renouvelables et même les stocker à son tour.

**Les transports fonctionnant à l'hydrogène rejettent-ils vraiment aucune émission nocive ?**

Tout à fait. Seule de l'eau sort des pots d'échappement. On parle de véhicules électriques à hydrogène : ils fonctionnent sur le même principe qu'un véhicule électrique, mais la batterie est complétée par [une pile à combustible](#) avec le double intérêt d'une recharge très rapide, identique à un véhicule classique, et d'une autonomie très élevée. Cette pile utilise un réservoir à hydrogène qui se combine avec l'oxygène présent dans l'air pour produire, par une réaction chimique très simple, de l'électricité et de la chaleur. Le seul produit de réaction c'est de l'eau. Cela ne génère effectivement pas d'émissions de polluants *in situ*.

**Le principal problème semble donc être la production énergivore de la production d'hydrogène. Comment aller vers un gaz plus « propre » ?**

Aujourd'hui, 95 % de l'hydrogène produit dans le monde s'avère issu de ressources fossiles. Or, il peut être conçu très facilement par la réaction inverse de la pile à combustible.



L'électrolyse [processus de conversion de l'énergie électrique en énergie chimique, ndlr] permet en effet de séparer, au contact de l'électricité, la molécule d'eau en hydrogène d'un côté et en oxygène de l'autre. Si l'électricité utilisée est d'origine renouvelable et que l'on se situe près d'une source d'eau, nous pouvons alors produire de l'hydrogène en tout point de la planète, à la demande, et de manière totalement propre. C'est plutôt vers cela que nous allons évidemment essayer de nous orienter dans le contexte de la transition énergétique et écologique.

Mais pour l'heure, la production d'hydrogène se révèle essentiellement industrielle. Pourtant, d'un point de vue technologique, l'électrolyse est au point. Comme cela est mentionné dans le rapport, il s'agit désormais de définir une vraie feuille de route stratégique pour la déployer, dans laquelle les Etats ont bien évidemment un rôle majeur à jouer. Il faut aussi donner des assurances aux entreprises qui souhaitent investir dans ces systèmes. Cette maturité technologique s'avère désormais en phase avec la prise de conscience environnementale des populations et des gouvernements, bien conscients de la nécessité de trouver des solutions pérennes. Depuis 3-4 ans, les industriels réclament eux-mêmes des substitutions aux énergies carbonées.

**Le rapport pointe par ailleurs le fait que l'hydrogène peut améliorer l'exploitation des énergies renouvelables en les stockant. Par quel mécanisme ?**

Grâce à l'électrolyse. L'électricité, dans le modèle préconisé, provient de l'énergie renouvelable. Associée à l'eau, elle peut donc fournir de l'hydrogène.

Cela permet de produire ce gaz au pied des éoliennes ou des panneaux photovoltaïques, sources d'électricité, et de la stocker. Car la problématique des énergies renouvelables concerne leur intermittence puisqu'il devient impossible de générer de l'électricité en absence de vent ou de soleil. L'hydrogène y remédie en offrant une solution de stockage à long terme de l'électricité, sous forme de gaz, lissant ainsi la production électrique issue de sources naturelles. C'est vraiment un élément contributif à l'évolution du [mix énergétique](#) et surtout à l'introduction des énergies d'origine renouvelable.

**Quels facteurs ralentissent son déploiement ?**

Un des freins demeure les contraintes normatives, encore très lourdes. Elles doivent être simplifiées au niveau des Etats mais aussi à l'échelle mondiale pour permettre le déploiement de ces technologies. L'hydrogène était en effet considéré jusqu'à présent comme un gaz combustible destiné à l'industrie. Il n'était pas forcément envisagé dans de nouvelles applications comme [les véhicules](#) ou [l'approvisionnement électrique et thermique des habitats](#). À partir du moment où nous entrons dans une utilisation ouverte au grand public, il faut évidemment s'assurer de la sécurité, sans empêcher son développement. Il est important de répondre à cette dynamique enclenchée. Tout en gardant à l'esprit que tout stockeur d'énergie doit être manipulé avec précaution [*rappel nécessaire alors qu'une explosion a eu lieu le 10 juin en Norvège, ndlr*]. Il s'agit de mesures sécuritaires de bon sens, de la même façon que vous n'allez pas faire le plein d'essence avec une cigarette à la bouche ! Il faut enfin que nous développions des formations professionnelles dans ce domaine.



## La Franche-Comté : terre d'hydrogène

Source : H2SYS - Traces écrites | juillet 2015

### Quelques applications développées sur le territoire nord franc-comtois

**L'un des projets phares développés à Belfort est MobyPost, les véhicules à hydrogène développés en partenariat avec la Poste.**

MobyPost, les véhicules testés à Audincourt et Lons-le-Saunier.



Source : Pierre-Yves Ratti

Les exemplaires livrés en 2014 ont permis de mener des essais sur sites à Audincourt (Doubs) et près de Lons-le-Saunier (Jura).

La plateforme belfortaine a conduit parallèlement un autre test avec La Poste : celui du Renault Kangoo électrique auxquelles ont été adjoints des dispositifs à hydrogène afin d'en accroître l'autonomie. Il a été baptisé Mobytest.

La différence entre les deux : MobyPost répond à des exigences de véhicules urbains, Mobytest à des déplacements sur des distances plus importantes. Les postiers de Dole (Jura) et de Luxeuil-les-Bains (Haute-Saône) ont pu tester ce véhicule urbain dans le cadre de leur trajet quotidien.

**H2SYS est née d'un projet de maturation technologique, issu du [savoir-faire](#) et de l'expérience de scientifiques et d'ingénieurs issus d'une fédération de recherche CNRS autour de la pile à combustible, le [FCLAB](#).**

Porté par FEMTO-ST et financé par l'Université de Franche-Comté (UFC), la région Bourgogne Franche-Comté (BFC) et la Société d'Accélération de Transfert Technologique (SATT) Grand Est, ce projet a permis de concevoir et réaliser un générateur électrique intégrant un système à pile à hydrogène hybridé à un élément de stockage électrique, embarquant des cartes électroniques intégrant un contrôle intelligent des flux d'énergie.

H2SYS démontre la faisabilité technique de solutions compétitives basées sur l'hybridation de [piles à hydrogène](#) avec des [systèmes de stockage électrique](#).

Pour promouvoir sa technologie, l'équipe projet a décidé de créer la marque H2SYS pour accompagner les industriels dans l'élaboration de [solutions hybrides](#).

H2SYS accompagne les industriels dans leur projet de mobilité et les aide à concevoir leur offre de demain intégrant un système hydrogène complet.





Source : H2SYS

H2SYS propose d'intégrer ses systèmes piles pour applications nécessitant des faibles besoins en puissance :

- Quadricycles et véhicules urbains
- Karts / Quads
- Scooter ...



Source : H2SYS

### Un groupe électrogène à émission

En 2015, les chercheurs de l'équipe d'H2SYS ont commencé à travailler sur le concept d'un générateur électrique mobile équipé d'une PAC (pile à combustible). Les connaissances spécifiques acquises autour des SPAC (systèmes pile à combustible) ont notamment permis de concevoir plusieurs prototypes fonctionnels de 1 kW et 5 kW qui ont été présentés lors de différents salons internationaux.

Avec ces premiers générateurs les difficultés du marché ont été appréhendées et l'équipe à tenter de comprendre les attentes pour ce type de produit.

Approvisionnement en gaz, sécurité, mobilité, ... l'ensemble des retours des utilisateurs et des prospects ont été consignés pour travailler sur une nouvelle version du générateur électrique à hydrogène, une solution de production électrique silencieuse et non polluante.

**Cette pile à combustible produit l'électricité à partir d'hydrogène en produisant de la chaleur et de l'eau.**

### Un système pile à combustible 100 % H2SYS

2018 a marqué l'industrialisation de cette gamme de système pile avec un taux de vente à l'export très important : plus de 40 % des systèmes piles à combustible produit ont été destinés à des ventes à l'export (EU principalement). Le premier exercice a d'ailleurs été conclu par la signature de plusieurs contrats de distribution sur les marchés allemands principalement.

L'équipe s'est agrandie avec 6 nouveaux collaborateurs qui ont rejoint progressivement H2SYS pour travailler à la fois sur les thématiques d'intégration (bureau d'étude), de développement de nouveaux produits (ingénierie) et de standardisation.

Le développement du marché de l'hydrogène au niveau national et international va permettre à H2SYS d'accélérer sa croissance et de proposer de nombreuses solutions intégrant la technologie pile à combustible.



Source : H2SYS



## La Fédération de Recherche CNRS FC-LAB

Source : FC-Lab

### Un pôle d'excellence qui fait rayonner la Bourgogne Franche-Comté



Elle est formée d'équipes de recherche issues de **5 laboratoires** :

- l'Institut FEMTO-ST (Franche-Comté Electronique, Mécanique, Thermique, Optique), UMR CNRS 6174 associée à l'UFC, au CNRS, à l'ENSMM et à l'UTBM,
- l'Institut IRTES (Institut de Recherche sur les Transports, l'Energie et la Société), EA UTBM,
- le laboratoire LTE (Laboratoire Transport et Environnement) de l'IFSTTAR (Bron, 69),
- le laboratoire SATIE (Systèmes et Applications des Technologies de l'Information et de l'Energie), UMR CNRS 8029, en particulier au travers de sa tutelle IFSTTAR (Satory, 78),
- le laboratoire AMPERE, UMR CNRS 5005, associée à l'Ecole Centrale de Lyon, à l'INSA de Lyon et à l'Université de Lyon 1.

Cette Fédération de Recherche regroupe notamment **la totalité des équipes de recherche de Franche-Comté dans le domaine des systèmes pile à combustible.**

Au-delà du strict caractère régional, cette Fédération de Recherche présente également un caractère national, de par la présence de deux laboratoires associés à l'IFSTTAR au sein de celle-ci (ces deux laboratoires ayant également des personnels physiquement présents à Belfort), ainsi que par la présence du laboratoire AMPERE basé en région lyonnaise. L'effectif total de cette Fédération de Recherche est d'environ 120 personnes.

#### Objectifs de la Fédération FCLAB

**La pile à combustible** constitue aujourd'hui un pilier important et indispensable du futur « mix » énergétique mondial : elle est intégrée dans des systèmes de génération ou de stockage de l'énergie mondial : elle est intégrée dans des systèmes de génération ou de stockage de l'énergie, qu'ils soient embarqués (véhicules électrique et hybrides, véhicules spéciaux ou grand public) ou stationnaires (alimentaires hybrides décentralisées, stockage tampon d'énergie électrique.).

## La plateforme pile à combustible de la fédération de recherche FC-Lab à Belfort

**La plate-forme pile à combustible située à Belfort constitue un outil unique en Europe pour la caractérisation, les essais en condition d'usages et l'intégration de systèmes pile à combustible dans des applications transport et stationnaires.**

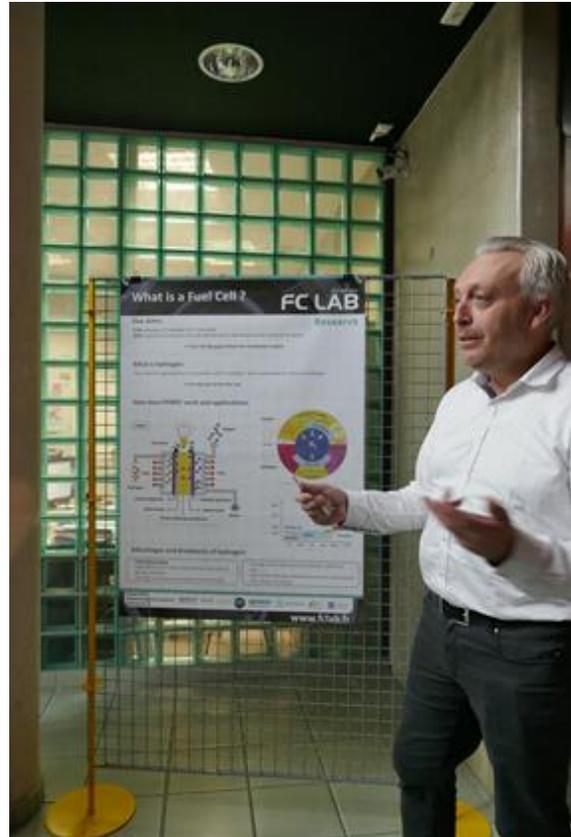
**FC-LAB hybride les technologies pour promouvoir l'hydrogène-énergie.**

Cette plate-forme regroupe aujourd'hui 8 cellules d'essais (600m<sup>2</sup>) spécifiquement conçues pour permettre des essais dans un environnement hydrogène et 8 autres cellules d'essais (620m<sup>2</sup>) pour les auxiliaires des piles à combustible (accumulateurs électrochimiques, supercondensateurs, électronique de puissance, motorisations électriques, ...)

Forte de plus de 15 ans d'activités scientifiques et d'innovation dans les domaines de l'énergie hydrogène et des systèmes à piles à combustible, une équipe d'ingénieurs, de docteurs, d'enseignants-chercheurs de la fédération FCLABCNRS de Belfort, en association avec FC'Innov et FEMTO-ST, s'est donnée le challenge d'optimiser le fonctionnement simultané des technologies de stockage électrique et des systèmes à piles à hydrogène.



Design de groupe électrogène hydrogène  
Image d'artiste  
Crédits : DIMITRI BEZ (Designer)



Source : ADU | Photo de Daniel HISSEL

Les travaux de recherche et de développement conduits dans le cadre du projet de maturation FCTECH ont permis d'aboutir à la réalisation d'un prototype de groupe électrogène hybride, à fort niveau d'intégration, entièrement conçu et développé au sein du laboratoire. Il permet de délivrer une puissance de 1000W, pèse une quinzaine de kilogrammes, est silencieux et totalement respectueux de l'environnement, car il ne rejette que de l'eau.

Le projet de maturation FCTECH, soutenu par la région Bourgogne Franche-Comté, la direction de la valorisation de l'Université de Franche-Comté et par la SATT Grand Est, démontre aujourd'hui la capacité de l'équipe-projet à valoriser des travaux de recherches au travers de cette preuve de concept de haute technicité.

**Les perspectives d'applications sont riches et nombreuses : l'alimentation électrique de sites isolés, les alimentations des systèmes embarqués pour la logistique et le transport, les groupes électrogènes du futur, les systèmes d'alimentations de secours en remplacement des groupes diesels traditionnels...**



Source : ADU | Photo de Daniel HISSEL



## L'expérience de Forbach

Sources : les Echos - octobre 2014 | GRDF - 2014

### La ville de Forbach a testé des chaudières à hydrogène et à piles à combustible, une expérimentation unique en France

En octobre 2014, Laurent Kalinowski, le député-maire de Forbach, a inauguré un nouveau projet qu'il a initié dans le cadre de sa politique de développement local des énergies renouvelables.

Située au cœur de l'ancien bassin houiller, la ville mosellane a expérimenté **trois piles à combustible au gaz naturel, installées dans deux logements de 120 mètres carrés, une crèche et le pavillon du gardien du gymnase.**

Cette technologie doit générer des **économies d'énergie de l'ordre de 40 %**. Cette expérimentation s'inscrit dans le cadre du projet **Epilog** mené par GrDF, associé au groupe Viessmann, fabricant des chaudières à piles à combustible installées, au Crigen, centre de R&D de GDF Suez à Saint-Denis et au Costic, le comité scientifique et technique des industries climatiques.

#### Procédé « éprouvé »

Soutenu par l'ADEME à hauteur de 40 % sur un coût global estimé à 400.000 euros, ce programme vise à tester pendant deux ans, en conditions réelles, la pertinence d'introduire la pile à combustible au gaz naturel dans l'habitat en France, dans la perspective des futurs labels de performance énergétique. Le module pile de type PEM («proton exchange membrane») a une puissance électrique (750 W) suffisante pour couvrir les besoins domestiques. La production de chauffage et d'eau chaude sanitaire est assurée par la chaleur dégagée (1 kW), complétée par un brûleur de type chaudière à condensation de 19 kW.

« Le procédé est éprouvé, puisque 40 000 modules sont déjà installés au Japon, et l'Allemagne l'a introduit cette année. Il nous faut juste l'adapter à nos conditions d'installation et d'utilisation », estime Ludovic Thiébaux, responsable produits chez GrDF.

Il souligne que cette solution ne suppose aucun stockage de l'hydrogène, immédiatement transformé. A moyen terme, Forbach envisage de créer des stations de recharge pour les véhicules électriques équipées de piles à combustible.



#### Epilog : un consortium d'experts au service de l'efficacité énergétique

Soutenu par l'Ademe, le projet d'expérimentation Epilog est porté par GrDF en collaboration avec Viessmann, un des leaders européens du génie climatique, le Crigen (centre de R&D de notre groupe) et le Costic (comité scientifique et technique des industries climatiques).

Initiateur : Laurent Kalinowski, député-maire de Forbach  
Coût global : 400 000 euros  
Secteur : énergie



La ville est déjà à la pointe dans ce domaine. Elle abrite en effet un **Pôle de compétences Alpea hydrogène**. Des ingénieurs travaillent depuis plusieurs années sur ce gaz et ses applications. Cela dit, cette technologie innovante n'est pas autorisée à l'heure actuelle en France. L'idée de ce test est donc aussi de faire évoluer la législation.

**L'expérimentation, représente un investissement de près de 200 000 euros pour les collectivités territoriales.**

## La chaudière du futur débarque en France

### 3 sites pilotes

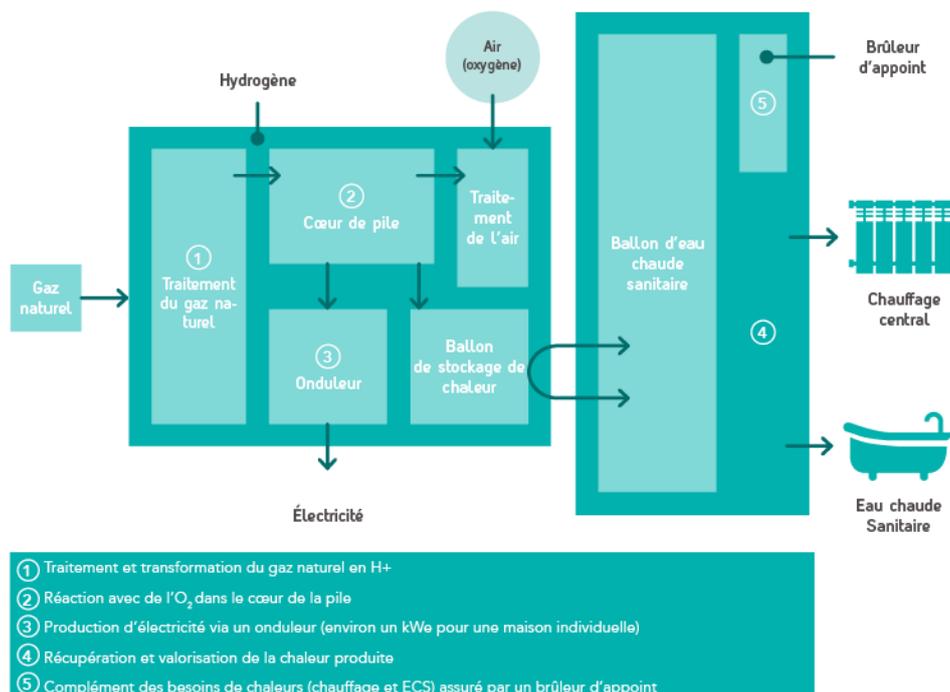
Trois chaudières à pile à combustible Viessmann ont été expérimentées à Forbach (57). D'une puissance de 750 W électrique et 20 kW thermique, elles couvrent une partie importante des besoins en électricité tout en garantissant la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS)

La **crèche Arc-en-ciel** (170 m<sup>2</sup>) et ses 25 enfants profitent, depuis plusieurs semaines déjà, non seulement du chauffage et de l'eau chaude, toujours à bonne température, mais aussi de l'électricité nécessaire à l'éclairage ainsi qu'au fonctionnement du lave-linge, du réfrigérateur, etc.

**Un seul système** à pile à combustible suffit à fournir chauffage, ESC et électricité nécessaires aux **deux logements collectifs d'habitation** du groupe scolaire Wiesberg.

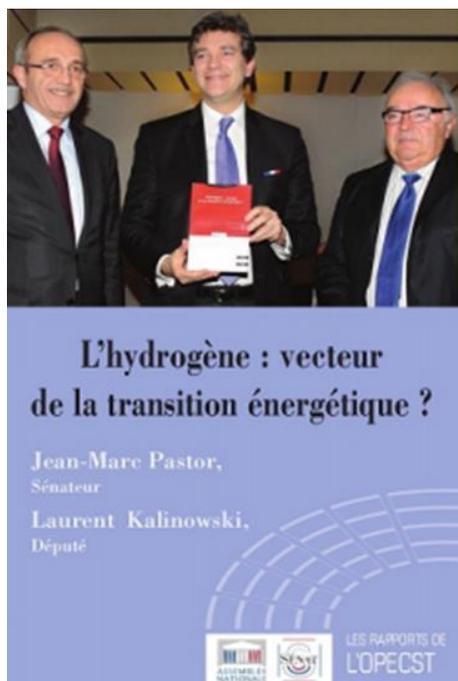
Enfin, la **maison individuelle** du gardien du gymnase et du Conservatoire de musique et de danse, rénovée en 2013, accueille, elle aussi, la chaudière du futur ! Installée à la place de l'ancienne chaudière, elle a permis de gagner de la place dans la cuisine et se révèle ultra silencieuse.

### Mode de fonctionnement d'une chaudière à pile à combustible



## Le rapport parlementaire du député Laurent Kalinowski et du sénateur Jean - Marc Pastor

Source : La lettre de l'Itésé | Numéro 25 | Eté 2015



Lire l'article [ici](#)

Ce rapport sur « L'hydrogène : vecteur de la transition énergétique » a proposé **5 orientations majeures** destinées à créer les conditions du développement d'une filière hydrogène nationale concurrentielle et créatrice d'emploi.

Les recommandations portent sur un engagement clair du Gouvernement pour fédérer et coordonner les efforts de l'ensemble des acteurs de cette nouvelle filière, sur la suppression des obstacles d'ordre réglementaire à l'innovation, en complément d'autres mesures requises pour assurer l'émergence de nouveaux marchés de l'hydrogène, comme celui des véhicules utilitaires décarbonés, ainsi que sur le rôle essentiel des territoires dans l'essor de ce vecteur énergétique et la prise en compte la dimension européenne de celui-ci.

### L'hydrogène, un vecteur prometteur de la transition énergétique

**L'hydrogène et les piles à combustible sont des vecteurs d'énergie "durable" et participent à la transition énergétique, estiment les parlementaires de l'Opecst. Ils appellent l'Etat à soutenir la filière française et adapter la réglementation.**

L'Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques (Opecst) a lancé en octobre 2012 une étude visant à analyser le potentiel des technologies à hydrogène comme "vecteur énergétique" et dessiner les contours d'une [filière structurée en France](#). Dans quelles mesures l'hydrogène (H<sub>2</sub>) peut-il contribuer au [mix énergétique](#) français "de demain" en plein débat national sur la question ? Le député de Moselle Laurent KALINOWSKI et le sénateur du Tarn Jean-Marc PASTOR ont présenté le 4 juin leur rapport d'étape qui fait le point sur les applications possibles de cette technologie, évaluant ses atouts et faiblesses, et ont formulé leurs premières recommandations pour soutenir une filière industrielle nationale.

*"La Lorraine doit développer au maximum cette filière industrielle : 32 M€ ont été débloqués, autant pour l'hydrogène comme stockage de l'énergie que pour les applications dans le transport".*

*L'élu mosellan voit dans la participation de la commune au projet Epilog, "une reconnaissance des compétences françaises dans le cadre d'une expérience citoyenne".*

# Les politiques volontaristes du Japon et de l'Allemagne

Source : Breezar.com | janvier 2018

## Deux pays pionniers de l'utilisation de l'hydrogène

**Au Japon, gouvernements et industriels mobilisés pour la filière hydrogène. Une douzaine d'entreprises, dont Nissan, Honda, Toyota et Air Liquide, ont annoncé la création d'une société commune pour accélérer le développement de la filière hydrogène au Japon.**

Le Japon mobilise ses forces pour accélérer le développement du marché des [véhicules électriques dopés à l'hydrogène](#).

Dix groupes nippons, dont les **constructeurs** automobiles Toyota, Honda, et Nissan, parmi lesquels on compte aussi d'importantes firmes financières et énergétiques, viennent ainsi d'annoncer la création d'une coentreprise avec le spécialiste français de l'hydrogène **Air Liquide**.

Objectif de la coopération : mettre sur pied 80 nouvelles stations d'approvisionnement en hydrogène d'ici quatre ans sur l'Archipel.

**Un plan lancé en 2016** par le gouvernement japonais et soutenu par ces mêmes groupes prévoyait de créer 160 stations de recharge pour 40 000 voitures à pile à combustible (PAC) à l'horizon 2020.



Source : Breezar.com

*D'ici 10 ans, l'objectif de la coentreprise est de déployer 160 stations de distribution et de mettre sur le marché 40 000 véhicules à hydrogène*

**Trains à hydrogène : après l'Allemagne, le Japon démarre les tests**

Alors que l'Allemagne a signé l'an passé un protocole d'accord avec le groupe Alstom pour la fourniture de [14 trains à pile à combustible](#), la Railway Technical Research Institute (RTRI), division R&D du groupe ferroviaire nippon Japan Railways, vient à son tour de démarrer le test des trains électriques propulsés par de l'hydrogène.

RTRI, la division R&D du groupe ferroviaire nippon Japan Railways a récemment commencé à tester des trains électriques propulsés par de l'hydrogène. Au Japon, les recherches sur cette technologie ont été promues dès le **début des années 2000**, mais ce n'est que maintenant qu'elle semble proche d'un usage commercial. La baisse des coûts de fabrication des [piles à combustible](#), qui permettent de produire de l'électricité à partir de l'hydrogène, a beaucoup contribué à cette situation.

**Les zones rurales, premières à être desservies**

Selon la Japan Railways, les nouveaux [trains dotés de piles à combustible](#) permettront d'avoir un transport plus fluide. Ces derniers fourniraient en effet à chaque convoi sa propre source d'énergie, éliminant ainsi la nécessité d'utiliser des lignes de tension aériennes.

**En quête d'indépendance énergétique et de crédibilité « écologique », le Japon, sixième émetteur de gaz à effet de serre de la planète, veut bâtir une « société de l'hydrogène ».**

Un objectif ambitieux dans lequel les trains à pile à combustible devraient jouer un rôle non négligeable.

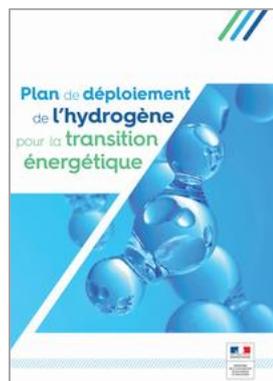


*Destinés prioritairement aux zones rurales dont les lignes ne sont pas électrifiées, les trains à hydrogène démarrent une campagne de tests au Japon*

Source : Breezar.com



# ORIENTATIONS BIBLIOGRAPHIQUES



## Plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique

Ministère de la Transition écologique et solidaire

Juin 2018 | 26 pages

Lire le document [ici](#)



## Rapport parlementaire « L'hydrogène : vecteur de la transition énergétique ? »

Laurent KALINOWSKI | Jean-Marc PASTOR  
Sénat-Assemblée nationale

Décembre 2013.-162 pages

Lire le document [ici](#)



## Repenser les villes dans la société post-carbone

ADEME, Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, Commissariat général au développement durable

2014 | 310 pages

Télécharger le document [ici](#)



## Fiche technique sur l'hydrogène dans la transition énergétique

Mars 2018

Lire la fiche [ici](#)





### Rapport AFHYM

L'hydrogène en France 2018, un jalon majeur  
Faits marquants 2018 | Perspectives 2019  
Lire le rapport [ici](#)



### Signature du contrat « Territoire d'industrie » pour dynamiser l'industrie du territoire Nord Franche-Comté

Communiqué de presse, 20 mars 2019 : [ici](#)

