



JOURNÉES INTERDISCIPLINAIRES  
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
12 FÉVRIER 2019 | IAE NANTES

# L'HYDROGÈNE:

## L'avenir de la mobilité ?

# RAPPORT

#COLLOQUEÉNERGIE



UNIVERSITÉ DE NANTES



PROJET TUTORÉ - JIDD  
UNIVERSITÉ DE NANTES | 2018-2019

---

Etudiants :

• **Master 2 Énergies nouvelles et renouvelables :**

Sabrina COLLET, Benjamin MURINDANGABO, Maxime TABO,  
Valentin YOUINOU;

• **Master 2 Économie de l'environnement, de l'énergie et des transports (CODEME):**

Manale JARMOUNE, Mathias OBER, Nikola VUKOVIC;

• **Master 2 Droit de l'environnement :**

Jean-Marc ALLAIS, Quentin SAUVETRE;

• **Master 2 Droit du marché Option Agroalimentaire :**

Linda KONAN, Franck-Levy MOUSSAVOU MOUSSOUNDA.

Encadrants :

- Marine FRIANT-PERROT, Responsable du Master 2 Droit du Marché;
- Patrice GUILLOTREAU, Responsable du Master 2 CODEME;
  - Rodica LOISEL, Maître de conférences à l'IAE Nantes;
  - Gaëlle MOURIER-BOUCHON Directrice de la qualité et du développement durable de l'Université de Nantes;
- Philippe POIZOT, Co-responsable du Master 2 Énergies nouvelles et renouvelables.

# Notre équipe

---



Ce projet tutoré a été l'occasion pour nous de rencontrer nos collègues d'autres formations. Une cohésion spontanée jointe à cette diversité de compétences, de connaissances et d'idées, ont créé les conditions d'un dialogue créatif et productif.

# REMERCIEMENTS

---

Nous souhaitons remercier Olivier JOUBERT, Jean-Pierre PONSSARD, Bernard BLEZ, Henri MORA, Cyprien Bès de Berc et Jean-Pierre BOIVIN pour leur gentillesse et leur éclairage dans leurs domaines respectifs. Nous remercions Philippe POIZOT, Marine FRIANT PERROT, Gaëlle MOURIER-BOUCHON, Rodica LOISEL et Patrice GUILLOTREAU de l'Université de Nantes pour nous avoir donné l'opportunité d'organiser ce colloque.

Nous retenons un beau souvenir de cette expérience intellectuellement stimulante et soulignons les points positifs apportés par l'approche pluridisciplinaire. En effet, le travail avec d'autres étudiants spécialisés dans des domaines différents a été enrichissant. Ainsi, nous avons pu voir en quoi nos domaines sont liés entre eux et se complètent.

De plus, cette expérience nous a permis d'être au plus près des différents acteurs et d'en apprendre davantage sur la thématique de l'hydrogène. La pluridisciplinarité des intervenants a été très appréciable également car chaque contribution apportait une réponse complémentaire à la question de l'avenir de l'hydrogène, ou du moins de nouvelles pistes de réflexion.

# Sommaire

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>01</b>
<b>PARTIE I: Étapes préparatoires</b> .....	<b>05</b>
I.Gestion de projet.....	06
<b>PARTIE II: Restitution des sessions</b> .....	<b>09</b>
II.1.Les freins et potentiels technologiques des piles à combustibles dans la filière hydrogène.....	10
II.2.Enjeux territoriaux et stratégiques des scénarios de déploiement.....	12
II.3 Freins juridiques à l'expansion de l'hydrogène.....	14
II.4 Le point de vue d'un industriel sur la mobilité par l'hydrogène.....	16
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>18</b>
BIBLIOGRAPHIE.....	19
ANNEXES.....	21



# INTRODUCTION

---

Il est apparu comme primordial aux étudiants de proposer une vision pluridisciplinaire du sujet au public de la conférence, dans un premier but de diversification naturelle de l'analyse du sujet mais aussi pour stimuler le débat d'idées par les différences de points de vue que peut induire les différentes positions des intervenants. La table ronde finale apparaît comme l'aboutissement de cette volonté et a permis aux intervenants de s'exprimer de façon plus libre que sous la contrainte d'un sujet de présentation.

Dans un premier temps, nous présenterons les compte-rendus des différentes réunions afin de montrer l'articulation de la réflexion et de la gestion du projet dans son ensemble. Dans un second temps, nous présenterons les interventions de chaque invité dans le but d'avoir une vision globale du sujet étudié. .

Une conclusion viendra de fait reprendre les éléments principaux du rapport en mettant en évidence les perspectives d'avenir que représente la filière.

# INTRODUCTION

---

Le Colloque Énergie intitulé "L'hydrogène: l'avenir de la mobilité?" a rassemblé différents acteurs de l'hydrogène à Nantes, le 12 février 2019. L'événement, qui a été organisé par des étudiants de l'Université de Nantes, a proposé plusieurs conférences et une table-ronde entre des universitaires, chercheurs, avocats à la cour et industriels.

Le présent projet tutoré a été réalisé dans le cadre des Journées Interdisciplinaires du Développement Durable. En effet, des universitaires, chercheurs, industriels et avocats à la cour spécialisés en économie, sciences et droit ont été rassemblés autour d'un colloque sur le sujet de l'hydrogène. Les étudiants réunis par ce projet ont aussi la particularité de venir de domaines différents puisqu'ils étudient le droit, l'économie et les sciences dans les masters Droit du marché, Économie de l'environnement, de l'énergie et des transports et Energies nouvelles et renouvelables.

Il a été demandé aux étudiants d'organiser la conférence en travaillant sur la question de l'hydrogène et de la mobilité. Ainsi, des recherches pluridisciplinaires ont été réalisées afin de problématiser le sujet et de trouver des intervenants adéquates. Tout au long du processus de préparation, la liste des intervenants s'est vue modifiée à de nombreuses reprises du fait de l'évolution naturelle du projet et des disponibilités des divers intervenants.

## MISE EN CONTEXTE

---

L'hydrogène est appelé à devenir un contributeur important dans la transition énergétique vers une décarbonation de la France. En effet, afin de remplir les objectifs de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> fixés dans le cadre de l'Accord de Paris sur le climat (90Mt en 2050 contre 310Mt en 2015), l'hydrogène pourrait permettre une réduction de 55 millions de tonnes. Il pourrait aussi avoir un rôle important pour remplir les objectifs de production d'électricité renouvelable (40% en 2030) en offrant un moyen stockage de l'énergie et en répondant ainsi au problème de l'intermittence. Au-delà de ces deux enjeux majeurs, celui de la qualité de l'air l'est tout autant. Son utilisation permettrait d'éviter les émissions d'un certain nombre de particules, d'oxyde d'azote, d'oxyde soufre et de bruits.

La Loi de transition énergétique pour la croissance verte qui a instauré une stratégie de mobilité propre et le Plan Climat (prévoyant la fin des voitures diesel et essence en 2040) montrent l'importance future de l'hydrogène dans le secteur des transports. Dans cette perspective, l'hydrogène pourrait alimenter 18% des véhicules de transport de passagers et de fret en 2050. Le nombre de véhicules électriques à pile à combustible pourrait atteindre 200 000 unités en 2028.

Toutefois, ceci dépend de plusieurs facteurs. Les véhicules et les infrastructures doivent se développer en même temps afin de minimiser les coûts. Cela implique aussi la nécessité d'avoir une demande commerciale et publique pour ces technologies et une implication des constructeurs français.

## MISE EN CONTEXTE

---

Actuellement, seuls les acteurs du secteur des matériaux et des composants pour les systèmes à pile à combustible sont impliqués. Les acteurs de la chaîne de valeur de l'hydrogène se disent prêts à investir en cas de mise en place d'un cadre réglementaire de long terme, équitable et incitatif. L'hydrogène ne pourra remplir son rôle qu'en cas d'investissements (de 5 à 10Md€ d'ici 2030) dans la R&D, les infrastructures, l'équipement et les moyens de production.

1111

TOUR  
ET  
D

## ÉTAPES PRÉPARATOIRES

“

Le travail collaboratif a été très enrichissant sur le plan personnel. Chaque membre a su démontrer une réelle volonté d'adhésion et d'implication. Face à un collègue en surcharge de travail, les membres ont été prompts à proposer leur aide.

”

# I. Gestion de projet

Il a été demandé aux étudiants d'organiser un colloque sur le thème de l'hydrogène et de la mobilité. Des recherches ont été faites afin de comprendre le sujet, ses enjeux, et guider l'organisation de l'événement.

## **Rapport de réunion du 19/12/2018:**

Les différentes recherches sur le thème de l'hydrogène et la liste des intervenants potentiels ont été mises en commun. Le but de cette première réunion a été d'avoir une vision globale du sujet et d'identifier les enjeux liés à celui-ci.

Les axes de travail ont été déterminés comme suit :

- Recherches pluridisciplinaires approfondies sur les différents aspects du sujet
- Recherches d'intervenants potentiels
- Envoi de mails aux intervenants potentiels identifiés

## **Rapport de réunion du 09/01/2019:**

Les différentes recherches sur le thème de l'hydrogène, les échanges avec des intervenants potentiels et la liste des intervenants potentiels ont été mises en commun. Ce bilan a permis de problématiser le sujet et de se focaliser sur les intervenants qu'il restait à trouver.

Les axes de travail ont été déterminés comme suit :

- Identification et réponse aux questions pratiques liées au colloque (frais de transport, modalités de prise en charge, format, durée ...)
- Poursuivre les recherches d'intervenants potentiels
- Envoi de mails aux intervenants potentiels identifiés
- Débuter la création d'un flyer et d'une affiche

## Rapport de réunion du 25/01/2019

Les questions ici posées sont tenantes à la problématique, pour l'animation du colloque :

Des informations sont encore à recueillir sur l'hydrogène et les piles à combustibles. Qui s'engage politiquement dans cette filière, qui ne s'engage pas ? Voir les déterminants de l'investissement, la rentabilité. Le gouvernement français semble frileux à ce sujet, au contraire du Japon, très impliqué : Toyota est le précurseur sur les véhicules à hydrogène. 3000 véhicules en 2017, 30 000 en 2023. L'objectif de rentabilité est atteint pour 1 million de voitures produites. Comment cela s'oppose au fonctionnement électrique ? Quels sont les avantages/inconvénients de chacune des mobilités ? .

Il s'agit de faire la distinction claire entre hydrogène "propre" et "non propre". L'hydrogène "propre" est présenté comme celui issu de l'électrolyse de l'eau L'hydrogène "non propre", le plus utilisé, est fait à partir de pétrole et de gaz naturel. Il y a une grande différence de degré de durabilité entre ces deux modes de production. Cependant l'hydrogène reste toujours intéressant par rapport au thermique.

Organisation :

Il est décidé pour ce point que l'introduction sera présentée par Manale JARMOUNE et la séance présidée par Mathias OBER. Les autres étudiants sont invités à participer de façon spontanée aux questions et débats qui seront engagés.

Tâches restantes :

- Organisation : Préparer l'accueil de Mr Boivin à la Gare de Nantes.
- Préparer le slide introductif
- Trouver un intervenant sur le point industriel: Engie ou Airliquide.
- Contacter un autre intervenant scientifique, physicien, enseignant chercheur (piste des étudiants en science -> Mr JOUBERT).
- Tenter un dernier appel pour Mr Ticos.
- Service vidéo de l'université de Nantes -> préparer l'enregistrement de la conférence.
- Imprimer le fascicule de Mr Boivin pour le distribuer aux intervenants et participants.
- Diffuser les informations de l'événement aux associations et autres intéressés pour avoir une meilleure audience.
- Le poster fini est à imprimer et diffuser. + Flyer définitif

- Tenter une interview filmée pour Alca Torda - Semitan
- Boucler définitivement la partie organisationnelle jeudi 31 Janvier.

Entretiens déjà perçus :

- Bernard Frois: 30 min d'entretien téléphonique sur la méthodologie du projet. Il nous a aidé à bien cerner les compréhensions et les objectifs, les questions auxquelles il faut répondre.

### **Rapport du réunion du 31/01/2019**

- Billets de train : Attendre le retour des intervenants.
- Envoyer l'ensemble des coordonnées à Mme Bouchon
- Impression affiche et flyer : Milieu de semaine prochaine (Mardi soir).
- Communiquer (Mission Hydrogène...)
- Bien sauvegarder l'ensemble des interventions, vérifier l'ouverture et les formats.
- Demander l'autorisation d'ajouter au rapport les powerpoint.. Diffusion par les canaux universitaires (valorisé).
- Prendre des clichés (table ronde, interventions) pour nourrir le rapport.
- La pause: pause café - 50 personnes à mi parcours. Bon de commande fournisseur biocoop, standard.
- Comment retirer ce bon de commande, aller chez biocoop
- Voir les services de communication de l'université (Julie Degrenne) pour les panneaux.
- Réaliser un plan de diffusion (liste )
- Penser aux leviers psychologiques.
- Les conflits d'usage dans les infrastructures. par quoi commencer ?
- Voir les débouchés d'AIR LIQUIDE
- Conforter l'intervenant sur la pertinence de sa présentation
- Pour le papier à faire lire -> Voir la longueur et les possibilités de diffusion, notamment par MADOC
- Régler la question du déjeuner.
- Notes organisationnelles : Faire respecter le format des présentations.

2014-2015

## RESTITUTION DES INTERVENTIONS

“

Les interventions ont été très riches et ont débouché sur une table-ronde ainsi que sur des échanges intéressants entre les intervenants et le public.

”

# II.1. Les freins et potentiels technologiques des piles à combustibles dans la filière hydrogène

Le premier intervenant, Olivier Joubert, professeur à l'école polytechnique de Nantes et chercheur à l'institut des matériaux Jean Rouxel (IMN), nous propose une revue des freins et potentiels technologiques des piles à combustible dans la filière. Il convient dans un premier temps de définir ce qu'est l'hydrogène et le rôle des piles à combustible.

L'hydrogène, en tant qu'énergie, est converti selon l'usage que l'on en fait en électricité, en force motrice ou en chaleur. À l'état de composant chimique, l'hydrogène est utilisé dans l'industrie pour le raffinage ou la production d'ammoniac mais la recherche avançant, ses débouchés industriels sont croissants. Les piles à combustibles ont le rôle de convertisseurs électrochimiques et vont permettre la production d'électricité et de chaleur par l'oxydation d'un carburant et la réduction de l'oxygène. Le carburant en question peut être tout type de combustible, liquide ou gazeux. On retrouve bien évidemment l'hydrogène, mais aussi le gaz naturel, l'essence, le gazole, le bio éthanol, le méthanol en fonction de l'usage. La taille de la pile est fonction de son application, en watt ou mégawatt, et son usage va des installations stationnaires industrielles aux applications électroniques embarquées.

L'hydrogène énergie et les piles à combustibles se développent de façon conjointe mais les deux filières restent relativement indépendantes l'une de l'autre: l'une n'a pas nécessairement besoin des évolutions technologiques de l'autre, et inversement. Utilisées ensemble, ces technologies trouvent de nombreux débouchés en applications mobiles ou stationnaires dans l'industrie, les réseaux, les bâtiments et les véhicules. C'est sur le volet mobilité que la technologie porte son intérêt quant au sujet de cette conférence : Les piles à combustible sont susceptibles d'équiper n'importe quel véhicule utilisant l'énergie électrique pour la traction, et ce quelque soit le domaine (maritime, terrestre, ferroviaire ou aéronautique). L'hydrogène quant à lui peut alimenter tous les moteurs à combustion interne qui fonctionnent au gaz (bus, camions de ramassage) en sachant qu'un modèle hybride 20% hydrogène - 80% gaz naturel ne nécessite que des adaptations mineures par rapport aux installations actuelles. En combinant réservoir d'hydrogène, pile à combustible et batterie électrique, on trouve une solution très pertinente pour les véhicules particuliers notamment en ce qui concerne l'autonomie et le temps de charge, toujours en adaptant le degré d'hybridation aux besoins et capacités de chaque véhicule.

Cependant, les piles à combustible portent dans leurs caractéristiques les freins potentiels à cette technologie :

Le coût tout d'abord, le prix actuel d'une pile devrait être divisé par plus de 10 pour rentrer dans les critères de rentabilité de l'industrie automobile. A cela il faut ajouter le moteur et la voiture elle même qui rentrent en compte dans le calcul du prix. Les raisons de ce surcoût viennent principalement du catalyseur en platine, matériau extrêmement cher. Mais la recherche permet de réduire progressivement les quantités nécessaires et on peut espérer que les économies d'échelles permettront la résolution de ce problème de surcoût sur le long terme.

La durée de vie des piles à combustible est également un frein majeur: d'approximativement quelques milliers d'heures à l'heure actuelle, il faudrait une durabilité multipliée par 10 pour atteindre les seuils d'efficacité attendus, soit près de 5 ans d'autonomie.

D'autres problèmes demeurent avec la disponibilité des combustibles et l'adaptation du réseau de distribution. Les piles à combustible nécessitent notamment une pureté quasi parfaite du combustible qui devra lui même nécessiter un purificateur si l'on veut pouvoir atteindre le niveau de pureté nécessaire.

Autant de contraintes auxquelles répondre pour la recherche qui reste cependant très active sur le sujet et pour laquelle l'espoir d'un aboutissement grandit d'années en années.

## II.2. Enjeux territoriaux et stratégiques des scénarios de déploiement

Jean Pierre Ponsard, Economiste à l'école polytechnique et chercheur au CNRS, nous offre une vision actualisée des possibilités de déploiement des scénarios incluant l'hydrogène comme énergie dédiée aux transports.

Il rappelle dans un premier temps la contribution du secteur du transport aux émissions totales de CO<sub>2</sub> mondiales : 25% de ces rejets seraient issus du transport, parmi lesquels 75% seraient alloués aux voitures individuelles et aux camions. En prenant en compte l'augmentation de la population attendue à l'horizon 2050, la décarbonisation des transports à échelle mondiale représente un enjeu majeur au contrôle du changement climatique présent et futur.

Il insiste tout particulièrement sur le danger que représentent les mégalopoles les plus émettrices de gaz à effet de serre et les pays qu'elles occupent, l'Inde et la Chine étant les plus grands contributeurs, avec des niveaux d'exposition potentiellement multipliés par deux à l'horizon 2060. Cela induit une hausse du nombre de maladies respiratoires telles que les bronchites chez l'enfant et les bronchites chroniques multipliés par 2, tout comme le nombre de jours de travail perdus et d'admission à l'hôpital, et ce à échelle mondiale. En détaillant les niveaux d'émissions de CO<sub>2</sub> du fret mondial, le professeur met en avant la représentation largement majoritaire du transport maritime dans le total des émissions à la tonne transportée.

La deuxième partie de la présentation vise à comparer les problèmes d'efficacité des différentes technologies par la prise en compte du coût de l'électricité. Là où les batteries au lithium affichent une efficacité de 86% à l'usage, l'hydrogène n'affiche que 25% à cause des trois étapes nécessaires du grid-to-motor que sont l'électrolyse, le compresseur et la pile à combustion. Viennent ensuite les simulations de résultats de consommation en énergie 2010 et 2020+ entre les véhicules électriques à batterie (BEVs) et les véhicules à pile à combustible (FCEVs). Il en ressort que la consommation énergétique est plus importante pour le cas des véhicules à pile à combustible que pour les véhicules à batterie, avec cependant le même constat de baisse de la consommation entre les deux périodes, en raison du progrès technologique. Le même comparatif est réalisé pour les émissions de CO<sub>2</sub>, avec cette fois-ci l'avantage d'émissions plus faibles pour les FCEVs si l'intégralité du cycle de vie est prise en compte.

Différents scénarios sont ensuite envisagés selon les pays :

Le premier cas étudié est celui de l'Allemagne à l'horizon 2050, avec un déploiement progressif atteignant 69% de BEVs parmi l'ensemble des véhicules et 25% de FCEVs. L'étude porte ensuite sur l'avantage compétitif que représente les piles à combustible en fonction du type de transport en 2050 :

Il en ressort que les grands transporteurs cargos et les avions seraient les plus rentables dans le cas d'un déploiement général tandis que les camions et voitures de "gabarit important" sont susceptibles de représenter la plus grande part de véhicules intégrant cette technologie.

Enfin, un panel représentatif des politiques et projets mis en place dans cette branche est réalisé pour la France et L'Allemagne.

En France, quelques projets novateurs ressortent comme EasyMob (2014), Hype (2015), le Navibus Nantais (2017), la "Zero emission valley" (2017) et le train HyGreen (2018). En Allemagne, ILint représente le premier train au monde fonctionnant à l'hydrogène et la China South Rail Corporation a développé le premier tram incluant cette technologie. D'autres projets existent notamment aux Etats Unis avec Toyota pour les camions de transport lourd à Los Angeles.

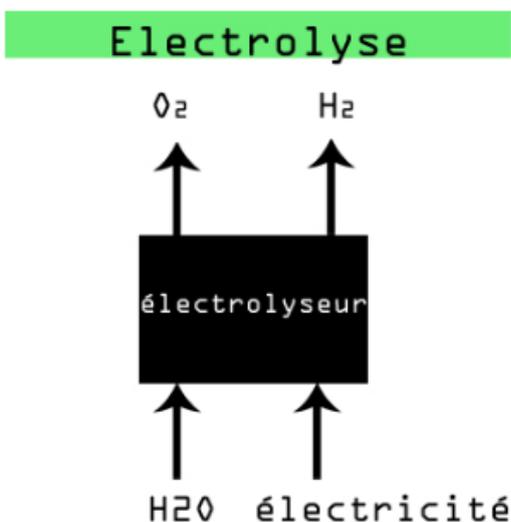
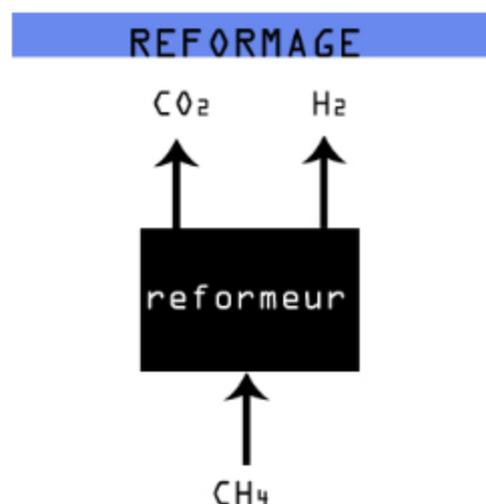
Pour conclure, l'auteur soutient que la technologie hydrogène est en phase de "décollage". Sur le plan régional, des analyses coût-bénéfice sont réalisées afin d'identifier les projets les plus prometteurs et de viser des marchés soutenables à long terme. A échelle mondiale, la décroissance des coûts induite des effets d'apprentissage devrait permettre le déploiement plus large de cette technologie aux secteurs où elle paraît la plus pertinente.

## II.3. Freins juridiques à l'expansion de l'hydrogène

Jean-Pierre Boivin, avocat à la cour spécialiste (entre autres) du Droit de l'Environnement et conseiller dans le domaine de l'énergie a fourni son éclairage sur les enjeux juridiques liés à l'hydrogène avec Cyprien Bès de Berc (également avocat à la cour).

Afin de pouvoir s'intéresser plus en détail à la question des freins juridiques, il est nécessaire de faire un rappel sur l'hydrogène et ses types de production. L'hydrogène est un vecteur d'énergie, il faut d'abord le séparer des autres molécules auxquelles il est associé afin qu'il soit en mesure de produire de l'électricité. Ces autres molécules peuvent être de l'eau ( $H_2O$ ) ou bien des molécules organiques telles que le gaz naturel par exemple.

Le reformage à la vapeur est le processus le plus utilisé dans la production d'hydrogène aujourd'hui. L'hydrogène est obtenu grâce à une réaction à haute température entre le méthane et la vapeur d'eau. Ce mode est privilégié en raison des faibles coûts de production (~2€/kg) mais il présente plusieurs inconvénients. En effet, des risques sont présents et l'hydrogène est produit à l'échelle industrielle en entraînant des émissions de  $CO_2$  (10kg de  $CO_2$ /kg d' $H_2$ ). Avec le processus de gazéification se basant sur la combustion du charbon, les émissions de  $CO_2$  sont encore plus importantes (22kg).



L'électrolyse de l'eau est une autre manière de produire l'hydrogène qui présente des avantages. C'est un processus qui utilise le courant électrique pour séparer le dihydrogène et le dioxygène. Cette méthode ne rejette pas directement du  $CO_2$  et permet d'avoir des installations industrielles ou plus petites. Le prix varie entre 3€ et 12€ par kg.

Il existe donc plusieurs méthodes de production. Le reformage bénéficie d'un socle juridique bien établi, mais ce n'est pas le cas pour les nouvelles méthodes de production comme l'électrolyse par l'eau.

Le cadre réglementaire relatif à l'environnement, à la lutte contre la pollution, est issu de la IED (2010/75/UE). La rubrique Installations Classées pour la Protection de l'Environnement 3420 ne fournit pas de seuil de production, ni d'indication sur la notion de quantité industrielle, à partir desquels un régime d'autorisation est nécessaire pour les installations de fabrication d'hydrogène.

La directive SEVESO 3 (2012/18/UE) et le droit interne fixent le cadre réglementaire concernant les risques liés à l'hydrogène. La rubrique ICPE 4715 précise qu'il n'y a pas de contrainte administrative pour le stockage d'une quantité inférieure à 100kg. En revanche, entre 100kg et 1000kg une déclaration est nécessaire, tandis que pour plus de 1000kg il est nécessaire d'avoir une autorisation.

Un Arrêté ministériel du 22 octobre 2018 a créé la rubrique 1416 qui concerne les stations-services, installations, ouvertes ou non au public, où l'hydrogène gazeux est transféré dans les réservoirs de véhicule. Afin d'être soumis à déclaration avec contrôle, le seuil fixé est de 2kg/ jour (et plus) distribués.

L'application de la directive UE n° 2012/18 du 4 juillet 2012 dite " Seveso 3 ", du droit interne et de la directive UE n° 2010/75 du 24 novembre 2010, dite directive "IED" ne permet d'avoir un cadre juridique adapté aux nouvelles méthodes de production de l'hydrogène.

En effet, la production sans émission polluante (par électrolyse de l'eau) n'a pas été considérée de manière spécifique dans la directive IED. L'objet et le champ d'application de cette dernière sont spécifiés dans la directive IPPC (96/61/CE) et la directive 84/360 concernant les émissions de polluants des installations industrielles. Puisqu'il y est question de risque de pollution atmosphérique d'un niveau significatif ayant une action nocive, le processus d'électrolyse par l'eau est exclu. De plus, la directive IED spécifie que les conditions d'autorisation doivent comprendre des valeurs limites d'émission pour les substances polluantes, or l'oxygène dégagé dans le cadre de l'électrolyse par l'eau n'est pas concerné.

La production d'hydrogène avec émission polluante peut aussi échapper au champ d'application de la directive IED. En effet, celle-ci vise les installations industrielles et agricoles avec une notion de quantité industrielle. En l'absence de seuil concernant la production d'hydrogène, il est compliqué d'interpréter cette notion.

Certaines actions peuvent être envisagées afin de développer l'hydrogène produit par l'électrolyse de l'eau. Ainsi, des "certificats verts" peuvent être mis en place afin d'assurer de que l'énergie consommée lors du processus industriel ne provienne pas d'une source polluante. De plus, un mécanisme d'exonération de taxe de l'électricité pour l'électrolyse de l'eau peut encourager la filière.

## II.4. Le point de vue d'un industriel sur la mobilité par l'hydrogène

Nous avons eu la chance de recevoir pour ce colloque Bernard Blez, ancien directeur ENGIE au Lab CRIGEN. Il était important pour nous de proposer l'intervention d'un industriel du secteur pour couvrir au mieux le sujet et permettre un angle d'approche différent en plus du retour d'expérience enrichissant de notre intervenant.

L'intervention a débuté sur une présentation de l'entreprise et de son rôle, qu'il convient de rappeler afin de légitimer l'intervention de Mr Blez. Engie est le premier producteur indépendant d'énergie dans le monde avec 103GW installés, 90% d'énergie bas carbone et 23% d'énergies renouvelables. Egalement premier opérateur d'infrastructures gazières en Europe, c'est une présence internationale dans les domaines du transport et de la distribution d'électricité avec 24 millions de contrats et 350 réseaux de chaleur et de froid. 70 pays sont couverts et l'entreprise embauche 150 000 salariés pour 65 milliards d'euros de chiffre d'affaires. La stratégie énergétique du groupe se situe dans les 3D: décarbonée, digitale et décentralisée.

Engie est un groupe qui croit en l'hydrogène, c'est pourquoi leur présence nous est apparue comme une aubaine pour notre conférence: La molécule, intrinsèquement décarbonée, peut facilement être produite à partir d'énergies renouvelables et a l'avantage de ne pas polluer lorsqu'elle est re-combinée à l'oxygène pour produire de l'énergie. Le stockage est facile tout comme la re-transformation en électricité ou méthane de synthèse. Enfin, elle peut être directement utilisée comme énergie dans les transports, les bâtiments, l'industrie ou le stockage d'électricité intermittente. Son défaut principal ? L'absence de business model solide à l'heure actuelle et les forts besoins en R&D associés. Le type d'hydrogène à prendre en compte est également important : Il s'agit de celui issu de l'électrolyse de l'eau, le solaire, naturel ou issus des plasmas froids, et non celui associé à la séquestration du CO<sub>2</sub> (gaz naturel). Ce type d'énergie a tout de même un fort potentiel de développement selon l'industriel, avec une cible première représentée par les flottes professionnelles.

Comme déjà présenté, l'entreprise se positionne comme innovatrice sur ce nouveau marché : des investissements en R&D sont réalisés en synergie avec toute la chaîne de valeur associée, en jouant la carte des partenariats avec les autres acteurs. Pour exemple, un bus à hydrogène circulera à Pau en 2019 et représentera la première ligne complète alimentée par de l'hydrogène, traversant Pau du nord au sud. Engie a été choisie pour fournir et exploiter les stations de remplissage. En interne, Engie utilise l'hydrogène pour ses propres besoins avec une flotte de 50 véhicules utilitaires sur la région parisienne, ravitaillée sur place en GNV par une station qui sera accessible aux transporteurs souhaitant s'engager dans la voie.

Le problème de l'approvisionnement/ravitaillement par l'absence de stations est un des freins actuels de la filière : Pour avoir des utilisateurs il faut des stations, et inversement, pour voir des stations... C'est pourquoi des projets naissent comme la "Zero Emission Valley" citée dans l'intervention de Mr Ponsard. D'autres projets sont en cours sous la bannière d'Engie sur le territoire européen. Le projet HaYrport à Liège avec l'alimentation des véhicules de l'aéroport par l'électricité excédentaire des panneaux photovoltaïques convertie en hydrogène avec usage de la chaleur résiduelle pour chauffer les bâtiments. L'offre EFFI-H2 est quant à elle destinée à l'alimentation des industriels en hydrogène "vert" par la production d'hydrogène par électrolyseur alimenté par les énergies renouvelables. Les coproduits chaleur et oxygène sont valorisés tandis que la compatibilité avec les services systèmes réseaux est assurée.

Mais selon les dires de l'industriel lui même, les besoins en recherche et développement sont encore considérables. Les volets réglementaires, sociaux , économiques et leur intégration générale à l'économie sont encore des sujets en construction avec tous les efforts que cela implique de la part de tous les acteurs. Cependant la positivité est à l'honneur de cette intervention avec la présentation des acteurs impliqués aujourd'hui dans la filière, aussi nombreux qu'importants : Airliquide, Total, EDF, Michelin, Alstom et GRDF en sont de bons exemples... Engie a notamment fondé "l'Hydrogen Council" rassemblant depuis début 2017 tous les acteurs souhaitant prouver leur engagement et montrer que l'hydrogène compte parmi les solutions clés de la transition énergétique. Créer de nouvelles solutions pour accélérer la recherche et trouver des usages semble être le meilleur chemin vers une transformation durable de nos modes d'usage de l'électricité pour une transition énergétique efficace.

# CONCLUSION

---

En dernière partie d'après-midi nous avons laissé la parole à chacun des intervenants, tour à tour, pour qu'ils puissent exprimer leur idée générale sur le sujet de l'avenir de la filière, de façon plus libre et interactive que lors des présentations. Malheureusement, le temps qu'il nous restait était trop faible pour assurer une interactivité parfaite, chacun des intervenants n'ayant eu l'occasion de s'exprimer qu'une fois. Cependant, là encore nous y avons trouvé un contenu riche et plus décomplexé que pendant les interventions.

Ce colloque fut pour nous un succès malgré bien évidemment toutes les difficultés inhérentes à l'organisation et les problèmes qui ont pu survenir de façon spontanée. En plus d'y avoir découvert un sujet intéressant, l'empreinte de positivité dont il fut marqué offre de bonnes perspectives de déploiement pour l'hydrogène à l'avenir. Sans être trop orientées, les interventions de chacun ont pu mettre à jour les besoins, avantages et défauts de cette énergie en offrant un regard multidisciplinaire sur la question. C'était un de nos principaux objectifs en tant qu'organisateur, assurer de par la nature pluridisciplinaire de notre équipe ce même regard complet sur le sujet par des choix variés concernant nos intervenants. Une probable erreur de notre part est peut être d'avoir vu trop grand. En réduisant le format de la conférence, il aurait été plus aisé d'organiser une table ronde efficace sur fond de débat plutôt que d'expression individuelle au tour par tour. Nous n'aurions cependant pas eu un regard aussi large qu'avec nos quatre intervenants présents ce jour là. Nous ne saurions d'ailleurs jamais assez les remercier pour leur disponibilité et leur engagement, tout comme nos professeurs qui nous accompagnés tout au long de cet exercice ô combien enrichissant.





## BIBLIOGRAPHIE

“ Les entretiens, notamment téléphoniques, ont été très importants pour en savoir davantage sur l'hydrogène mais aussi pour organiser la conférence. En effet, de nombreux conseils nous ont été donnés par des personnes ayant l'habitude de participer à des conférences.

”

## **Documents de l'Afhypac**

Développons l'Hydrogène pour l'économie française, étude prospective

Bulletin du Droit de l'Environnement Industriel « L'Hydrogène c'est aujourd'hui »

Mémento de l'Hydrogène FICHE 3.2.1

## **Entretiens**

Entretien avec Bernard Frois

Entretien avec Jean-Pierre Boivin

Entretien avec Jean-Pierre Ponsard

Entretien avec Henri Mora

Interventions lors du colloque

## ANNEXES

“

Ces annexes comportent le flyer et l'affiche de promotion du colloque. La conception de ces derniers a soulevé l'importance d'un support de communication réussi. Cette étape a donc fait l'objet du plus grand soin, nous familiarisant avec les outils de design graphique.

”



Colloque

# L'HYDROGÈNE: L'avenir de la mobilité urbaine ?

12 février 2019 • 14h à 17h30

ENTRÉE LIBRE

IAE de Nantes | Amphi Graslin



## Tout savoir sur la mobilité hydrogène :

### L'hydrogène est-il toujours un carburant décarboné ?

L'essence et le gazole sont les principaux carburants du transport terrestre et maritime. Ce type de transport \_dit à moteur thermique\_ génère un impact local et global dont le plus alarmant est le changement climatique et la recrudescence des maladies respiratoires, causées par les gaz d'échappement (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) et particules fines. Face à ces carburants issus des énergies fossiles, l'hydrogène a un avantage majeur : un véhicule qui circule à l'hydrogène ne rejette pas de GES mais uniquement de l'eau pure. L'hydrogène serait donc un carburant décarboné. Mais d'abord, comment "produit-on" de l'hydrogène ? D'où provient cet élément chimique ? L'argument de l'impact carbone nul est-il systématique ? Quel procédé de production peut-on envisager pour une commercialisation dans un avenir proche ?

### Quel rôle l'hydrogène joue-t-il dans la question plus globale de l'énergie ?

## Les piles à combustibles (FCH, Fuel Cell Hydrogen) :

### Comment ça marche ? Comment améliorer la technologie ? Quelles infrastructures ?

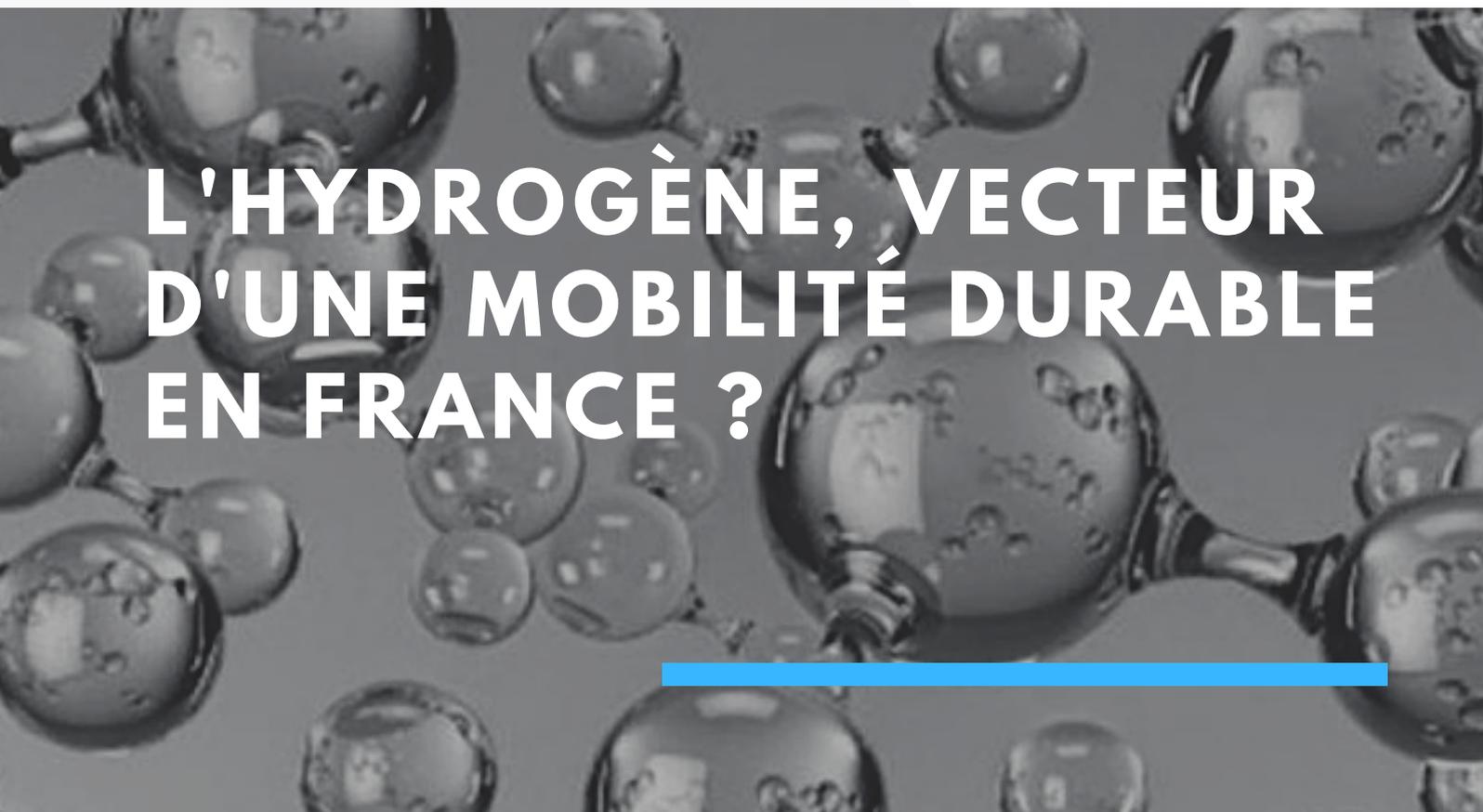
Dans les véhicules, l'hydrogène est contenu sous forme de gaz comprimé dans une pile à combustible, où celui-ci est "transformé" en électricité. Quels sont les problèmes techniques soulevés par cette ressource énergétique en plein essor ? Quels sont les avantages et inconvénient de cette technologie par rapport aux batteries électriques ? Quelles sont les infrastructures dédiées à chacune d'elles ?

## L'hydrogène dans le monde : engagement politique et prototypes industriels.

La Toyota Mirai (2015) est le premier prototype illustratif du succès de cette technologie. Le développement fulgurant de cette filière au Japon s'explique notamment par l'engagement politique du gouvernement japonais qui finance l'industrie automobile. Si le Japon a été pionnier du véhicule pour particuliers à l'hydrogène, l'Allemagne, leader européen dans la filière, a été pionnière du train à l'hydrogène (Alstom, 2018).

**Conditions de déploiement industriel :** La vitesse de déploiement de l'hydrogène-carburant dépend de la baisse des coûts de production et du contexte réglementaire. L'hydrogène étant un gaz hautement inflammable, des normes sont mises en place pour réglementer la sécurité des installations, ce qui peut constituer un frein pour les investisseurs. Ce risque, qu'il soit réel ou perçu, pose, par ailleurs, un problème d'acceptabilité sociale. Le lobby pétrolier peut-il en outre constituer une menace et une entrave au déploiement des véhicules à l'hydrogène ?

## Quelle est donc la stratégie des grands acteurs pour le déploiement de la filière en France ?



# L'HYDROGÈNE, VECTEUR D'UNE MOBILITÉ DURABLE EN FRANCE ?

# PROGRAMME

---

- 13h45 Accueil des participants
- 14h00 Introduction du sujet et des intervenants par les étudiants
- 14h15 *Hydrogène et piles à combustible : Quels sont les freins et potentiels technologiques de la filière ?* - Olivier JOUBERT (Professeur à l'Institut des matériaux Jean Rouxel - Université de Nantes/CNRS)
- 14h45 *Les scénarios de déploiement de l'hydrogène : Enjeux territoriaux et enjeux stratégiques* - Jean Pierre PONSSARD (co-directeur de la Chaire Énergie & Prospérité, CNRS, l'X)
- 15h15 *Les freins réglementaires au développement de la filière hydrogène en France* : Maître Jean Pierre BOIVIN (Avocat à la Cour, CSPRT, Cabinet Boivin), Maître Cyprien BES DE BERG (Avocat à la Cour)
- 15h45 *L'approche concrète d'un industriel sur la mobilité hydrogène* : ENGIE - Bernard BLEZ (ex-Directeur du Centre R&D d'ENGIE)
- 16h15 **Pause café**
- 16h45 **Table ronde "Quelles politiques publiques à adopter pour encourager le déploiement des véhicules à hydrogène en France ?"**
- Bernard BLEZ (ex-Directeur du Centre R&D ENGIE)
  - Maître Jean Pierre BOIVIN (CSPRT, Cabinet Boivin), Maître Cyprien BES DE BERG (Avocat à la Cour)
  - Olivier JOUBERT (Institut des matériaux Jean Rouxel, Nantes)
  - Henri MORA (Président Mission Hydrogène MH2)
  - Jean Pierre PONSSARD (co-directeur de la Chaire Énergie & Prospérité, CNRS, l'X)
- 17h30 Mots de clôture



JOURNÉES INTERDISCIPLINAIRES DU  
DÉVELOPPEMENT DURABLE

# L'HYDROGÈNE: L'avenir de la mobilité ?

#COLLOQUEÉNERGIE

Avec la  
participation  
de MH2  
HENRI MORA

Le 12 février 2019 | De 14h à 18h  
A l'IAE de Nantes | Amphi Graslin

Conférences, table ronde et échanges  
(Organisé par les étudiants de l'Université de Nantes)

- 1** Hydrogène et piles à combustible : Quels sont les freins et potentiels technologiques de la filière ?  
Olivier Joubert
- 2** Les scénarios de déploiement de l'hydrogène : Enjeux territoriaux et enjeux stratégiques  
Jean Pierre Ponsard
- 3** Les freins et leviers réglementaires au développement de la filière hydrogène en France  
Me Jean Pierre Boivin
- 4** L'approche concrète d'un industriel sur la mobilité hydrogène : ENGIE  
Bernard Blez

Contact : [jidd.energie.etu@gmail.com](mailto:jidd.energie.etu@gmail.com)



UNIVERSITÉ DE NANTES

JOURNÉES INTERDISCIPLINAIRES DU  
DÉVELOPPEMENT DURABLE

# L'HYDROGÈNE: L'avenir de la mobilité ?

#COLLOQUEÉNERGIE

Avec la  
participation  
de MH2  
HENRI MORA

Le 12 février 2019 | De 14h à 18h  
A l'IAE de Nantes | Amphi Graslin

Conférences, table ronde et échanges  
(Organisé par les étudiants de l'Université de Nantes)

- 1** Hydrogène et piles à combustible : Quels sont les freins et potentiels technologiques de la filière ?  
Olivier Joubert
- 2** Les scénarios de déploiement de l'hydrogène : Enjeux territoriaux et enjeux stratégiques  
Jean Pierre Ponsard
- 3** Les freins et leviers réglementaires au développement de la filière hydrogène en France  
Me Jean Pierre Boivin
- 4** L'approche concrète d'un industriel sur la mobilité hydrogène : ENGIE  
Bernard Blez

Contact : [jidd.energie.etu@gmail.com](mailto:jidd.energie.etu@gmail.com)



UNIVERSITÉ DE NANTES

JOURNÉES INTERDISCIPLINAIRES DU  
DÉVELOPPEMENT DURABLE

# L'HYDROGÈNE: L'avenir de la mobilité ?

#COLLOQUE ÉNERGIE

Avec la  
participation  
de MH2  
HENRI MORA

Le 12 février 2019 | De 14h à 18h  
A l'IAE de Nantes | Amphi Graslin

Conférences, table ronde et échanges  
(Organisé par les étudiants de l'Université de Nantes)

1

Hydrogène et piles à combustible :  
Quels sont les freins et potentiels  
technologiques de la filière ?

Olivier Joubert

2

Les scénarios de déploiement de  
l'hydrogène : Enjeux territoriaux et enjeux  
stratégiques

Jean Pierre Ponsard

3

Les freins et leviers réglementaires au  
développement de la filière hydrogène  
en France

Me Jean Pierre Boivin

4

L'approche concrète d'un industriel sur la  
mobilité hydrogène : ENGIE

Bernard Blez