

LES ACTES DU COLLOQUE

L'HYDROGÈNE, ÇA COULE DE SOURCE !

11 MARS 2021

UN ÉCO. ÉVÉNEMENT

COLLOQUE
L'hydrogène
ça coule de source !

Concrétiser les projets de couplage EnR-H2...

Quelles opportunités pour l'hydroélectricité ?

11 mars 2021 / en visio-conférence
sur inscription - accès gratuit à tous

atesyn

Plateforme
d'ingénierie
environnementale

EREF
European Renewable Energies Federation



**ÉLECTRICITÉ
AUTONOME
FRANÇAISE**

Le syndicat des producteurs autonomes

Contacts ATESyn :

Claire-Emmanuelle Mercier

+33 6 28 27 93 11

Sophie Privat +33 6 85 13 41 96

Contact EAF:

Jean-Philippe Calmus +33 1 81 38 28 58



Robert Pays
Administrateur
d'EAF

Administrateur de EAF : Fédération des producteurs de petite hydraulique

Membre du Board de EREF : EuropeanRenewable Energy Federation

Membre du réseau "The Shifters" : think-tank pour éclairer et influencer le débat sur la transition bas-carbone en France & en Europe

Président de la SAS CLEROMA , société d'investissement et d'exploitation dans le domaine des énergies renouvelables. Principaux investissements pour la production d'électricité à partir de micro centrales hydrauliques en région Auvergne Rhône Alpes.

Présentation EAF et objectifs du colloque

Depuis plus de 70 années, la Fédération Nationale des Producteurs Indépendants d'Electricité – dite Fédération Electricité Autonome Française – représente, défend et conseille les producteurs autonomes d'hydroélectricité.

En France, l'hydroélectricité est présente depuis plus d'un siècle. Filière industrielle d'exception, l'hydroélectricité s'est sans cesse améliorée et modernisée. Héritière des syndicats de producteurs d'électricité hydraulique et créée dès 1935, la Fédération EAF, représentative au niveau national, regroupe les producteurs autonomes d'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables : petite hydroélectricité en majorité, éolien et solaire. Elle accueille également des constructeurs de matériel, des bureaux d'études, des porteurs de projets et des sympathisants.

Elle promeut le développement des énergies renouvelables.

Avec près de 500 MW installés et regroupant environ la moitié des producteurs indépendants d'hydroélectricité, EAF est un interlocuteur privilégié des services de l'Etat, des collectivités locales ainsi que des instances européennes.

À ce titre, la Fédération EAF intervient auprès des parlementaires nationaux et européens à l'occasion du vote des lois concernant le secteur d'activité de ses membres et est consultée sur la mise en place des mesures réglementaires. Elle agit ainsi auprès des acteurs institutionnels du marché de l'énergie pour défendre les intérêts des producteurs autonomes.

Avec ce colloque, qui permet de rassembler près de 200 participants, EAF a pour objectif de regarder comment l'hydroélectricité, qui a beaucoup mis en œuvre d'innovations dans les années passées, pourrait être innovante comme une opportunité dans le futur. En effet, l'hydraulique répond aux exigences par production continue et présence sur les territoires. Il convient de se situer dans le contexte européen et français, pour identifier les freins et contraintes à lever, constater les premières productions d'hydrogène dans l'hydraulique et les opportunités à saisir pour poursuivre.

INTRODUCTION

LA FILIÈRE HYDROGÈNE DANS LE CONTEXTE EUROPÉEN OU QUELLE STRATÉGIE POUR UNE EUROPE CLIMATIQUEMENT NEUTRE ?



Johannes Vollmer
Association EREF

EREF is the federation of national renewable energy associations, representing all renewable energy technologies. For 20 years, EREF has promoted the interests of independent renewable power, fuel and heat production by striving to create and maintain a stable and reliable framework for producers of all renewable energies.

Johannes Vollmer est un expert des affaires publiques, de la gestion de projets et du management depuis 10 ans. Il met en œuvre ses compétences en plaidoyer, communication, sensibilisations, mise en réseau, facilitation des relations avec les parties prenantes et planification.

Sa connaissance détaillée des politiques européennes, en particulier sur l'énergie et le changement climatique, lui permet d'intégrer les énergies renouvelables, la société en transition bas carbone, les systèmes intégrés flexibles, la digitalisation l'e-mobilité, l'efficacité énergétique, les nouveaux services énergétiques.

Impliqué dans un important réseau de contacts en Europe, incluant des décideurs aux niveaux européens et nationaux, des ONG, des industriels, des institutions et des think-tanks.

La stratégie sur l'hydrogène Contexte européen

11 mars 2021

Dirk Hendricks
Secretary General
Dirk.Hendricks@eref-europe.org

www.eref-europe.org

EREF
European Renewable Energies Federation

La stratégie sur l'hydrogène de la Commission européenne

- Objectif global : voir la production d'hydrogène augmenter dans l'UE au cours des 30 prochaines années.
- Cet objectif sera atteint en fixant des jalons pour 2024, 2030 et 2050 avec des objectifs différents et des lignes politiques adaptées
- Afin d'atteindre les objectifs climatiques, l'utilisation de l'hydrogène doit devenir financièrement viable dans les prochaines décennies

LA FILIÈRE HYDROGÈNE DANS LE CONTEXTE EUROPÉEN OU QUELLE STRATÉGIE POUR UNE EUROPE CLIMATIQUEMENT NEUTRE ?

Quelques définitions de l'hydrogène et leur origine

- **L'hydrogène vert** est produit à travers l'électrolyse, en utilisant de l'électricité d'origine renouvelable. Cette forme n'émet que peu de CO₂ (26 g par kWh). Pourtant, les coûts de cette méthodes sont les plus élevées.
- **L'hydrogène rose** est produit de la même manière que l'hydrogène vert, hormis le fait que l'électricité utilisée est d'origine nucléaire.
- **L'hydrogène gris** est produit sur base de gaz naturel à travers le reformage à la vapeur ou à travers la gazéification de charbon. C'est la forme la plus utilisée aujourd'hui, puisque sa production est la moins couteuse. Cependant, c'est également la forme où le plus de CO₂ est émis (398g par kWh d'hydrogène).
- **L'hydrogène bleu** est produit de la même manière que l'hydrogène gris, mais la quantité de CO₂ est réduite à travers la technique CCS (le processus de captage et de stockage du dioxyde de carbone). Ainsi, cette forme émet beaucoup moins de CO₂ (168g par kWh d'hydrogène). En même temps, comme le processus CCS est onéreux, cette forme est plus coûteuse que l'hydrogène gris.

EREF

9

La première phase de la stratégie (2020-2024)

- L'objectif est d'installer davantage d'électrolyseurs dans l'UE afin d'augmenter la capacité à 6 GW. En ce moment, la capacité s'élève à 1 GW.
- Ces électrolyseurs devraient pouvoir produire jusqu'à un million de tonnes d'hydrogène renouvelable.
- Pour atteindre ce premier objectif, l'accent sera mis sur l'établissement d'un cadre réglementaire permettant au marché d'hydrogène à fonctionner bien
- Stimuler l'offre et la demande
- Réduire l'écart de coût entre les solutions conventionnelles d'un côté et l'hydrogène renouvelable et à faible teneur en carbone d'autre côté en établissant un cadre réglementaire approprié pour les aides d'État

EREF

10

LA FILIÈRE HYDROGÈNE DANS LE CONTEXTE EUROPÉEN OU QUELLE STRATÉGIE POUR UNE EUROPE CLIMATIQUEMENT NEUTRE ?

La deuxième phase de la stratégie (2025-2030)

- L'objectif est d'augmenter la capacité des électrolyseurs à 40 GW, soit 10 million de tonnes d'hydrogène renouvelable
- L'hydrogène jouera un rôle d'équilibrage dans un système d'énergie basé sur l'électricité renouvelable : l'électricité éolienne et solaire sera transformée en hydrogène au moment où elle est abondante et bon marché. Cela offre une certaine flexibilité et augmente l'efficacité énergétique, comme l'électricité renouvelable peut ainsi être stockée.
- Une infrastructure logistique adaptée sera construite à l'échelle européenne
- Cela sera atteint
 - en soutenant et en stimulant les investissements afin de construire un véritable écosystème de l'hydrogène
 - en mettant en œuvre un marché européen de l'hydrogène ouvert et compétitif
 - par le commerce transfrontalier et la répartition efficace de l'approvisionnement en hydrogène entre les secteurs

La troisième phase de la stratégie (2030-2050)

- L'hydrogène renouvelable devrait être utilisé à grande échelle pour tous les secteurs difficiles à décarboner
- L'hydrogène et les carburants synthétiques dérivés de l'hydrogène pourraient pénétrer dans un large éventail de secteurs de l'économie: dans l'aviation, dans le transport maritime, ou encore pour les bâtiments industriels et commerciaux difficiles à décarboniser
- Pour atteindre tous les objectifs fixés pour 2050, des investissements massifs seront nécessaires
 - Capacités de production
 - Modernisation
 - Distribution et stockage

LA FILIÈRE HYDROGÈNE DANS LE CONTEXTE EUROPÉEN OU QUELLE STRATÉGIE POUR UNE EUROPE CLIMATIQUEMENT NEUTRE ?

Évaluation de la stratégie sur l'hydrogène

- Nous allons probablement rater l'objectif de limiter la hausse des températures à 1,5°C par rapport à l'ère préindustrielle. Nous ne pouvons donc pas nous permettre d'investir du temps et de l'argent dans de l'hydrogène gris et bleu inefficace
- L'hydrogène vert peut compléter la transition énergétique
 - en alimentant les secteurs qui ne se prêtent pas à l'électrification directe,
 - en aidant à décarboniser les secteurs énergivores,
 - en rendant le système d'énergie plus flexible et moins sensible aux flux variable d'énergie renouvelable à travers les possibilités de stockage,
 - en aidant à rendre superflus les combustibles fossiles,
 - en créant des millions d'emplois verts dans l'UE.
- Toutefois, pour EREF, la priorité est clairement à reconnaître l'hydrogène renouvelable comme le seul "hydrogène propre".

Critique d'EREF de la stratégie sur l'hydrogène

- La Commission veut utiliser l'hydrogène gris et bleu dans la phase de 2020 à 2030 pour atteindre des effets d'échelle, ce qui désavantage ceux voulant investir dans l'hydrogène vert
- L'hydrogène reste très coûteux, même à long terme
- Il y a un écart énorme entre la quantité d'hydrogène produite dans la 1^{ère} et la 2^{ème} phase
- L'implémentation de l'hydrogène dans le secteur des transports est beaucoup plus coûteuse et plus risquée que l'électrification du secteur
- Il y a des risques liés à l'infrastructure de l'hydrogène
- Dans le passé les tentatives pour relancer une "économie de l'hydrogène" ont échoué, principalement parce que la demande d'hydrogène ne s'est jamais concrétisée
- En raison de l'utilisation du gris et du bleu, les émissions de GES ne sont pas coupés radicalement

LA FILIÈRE HYDROGÈNE DANS LE CONTEXTE EUROPÉEN OU QUELLE STRATÉGIE POUR UNE EUROPE CLIMATIQUEMENT NEUTRE ?

Alliés d'EREF

- « La stratégie sur l'hydrogène ne doit pas devenir un exercice d'éco-blanchiment utilisé pour subventionner des gazoducs obsolètes. Le financement de l'hydrogène à partir de combustibles fossiles n'est pas durable et n'est pas conforme à nos engagements en matière de climat. » **Ville Niinistö, MPE**
- « La stratégie sur l'hydrogène doit être fondée sur l'hydrogène renouvelable et vert uniquement. Seul l'hydrogène à 100 % renouvelable devrait faire partie du tableau. L'hydrogène n'est pas un remède magique qui fera disparaître la crise climatique. Dans le secteur du bâtiment, l'utilisation de cette énergie coûteuse n'a aucun sens. » **Bas Eickhout, MPE**
- « Le risque est que la frénésie [autour de l'hydrogène] déclenche un renversement des priorités... L'efficacité énergétique, les énergies renouvelables et l'électrification directe sont les principales solutions [au changement climatique]. L'hydrogène s'établira autour de cela. L'hydrogène est essentiel pour atteindre le zéro dans certains secteurs comme l'industrie, mais nous parlons des derniers 20 % de réduction des émissions. » **Dries Acke, Fondation européenne pour le climat**

Mesures politiques de l'UE

L'alliance européenne pour l'hydrogène propre

- L'objectif est de faciliter et de mettre en œuvre les actions de la stratégie sur l'hydrogène et de soutenir les investissements visant à accroître la production et la demande d'hydrogène renouvelable et à faible teneur en carbone
- Elle réunira l'industrie, les autorités publiques nationales, régionales et locales et la société civile
- Le principal résultat de l'Alliance européenne pour l'hydrogène propre sera d'identifier et de développer une réserve de projets d'investissement viables
- La stratégie considère le captage et le stockage du carbone comme une technologie fiable et pleinement mise en œuvre. Or, rien ne prouve que cette technologie fonctionne à plus grande échelle

Mesures politiques de l'UE

Next Generation EU

- Le programme InvestEU verra ses capacités plus que doublées. Il soutiendra le déploiement de l'hydrogène, notamment en encourageant l'investissement privé.
- La nouvelle stratégie de financement durable et la taxonomie de financement durable de l'UE guideront les investissements dans l'hydrogène dans les principaux secteurs économiques en promouvant des activités et des projets qui contribueront de manière substantielle à la décarbonisation.

Merci beaucoup!

INTRODUCTION

LA FILIÈRE HYDROGÈNE DANS LE CONTEXTE EUROPÉEN OU QUELLE STRATÉGIE POUR UNE EUROPE CLIMATIQUEMENT NEUTRE ?



Stéphane Arnoux
France Hydrogène
Délégué régional
Occitanie de France
Hydrogène (ex-
AFHYPAC)

L'association France Hydrogène fédère les acteurs de la filière française de l'hydrogène structurés sur l'ensemble de la chaîne de valeur : des grands groupes industriels développant des projets d'envergure, des PME-PMI et start-ups innovantes soutenues par des laboratoires et centres de recherche d'excellence, des associations, pôles de compétitivités et des collectivités territoriales mobilisés pour le déploiement de solutions hydrogène.

Son ambition : accélérer le développement de solutions hydrogène pour réussir la transition énergétique, réindustrialiser le territoire et créer de la valeur localement pour améliorer la qualité de vie de tous.

<https://www.afhypac.org/>



Prise de notes :

Beaucoup de nouveaux porteurs de projets s'intéressent maintenant à l'H2.

France Hydrogène délocalise ses actions sur les différents territoires pour accélérer le développement de l'H2 sur ces territoires. Ils communiquent avec l'ensemble des acteurs (petites entreprises, grosses entreprises, collectivités...) pour rendre accessible l'H2 à toutes les parties du territoire.

Occitanie = région très dynamique au niveau de l'H2 (stratégie région à énergie positive).

Objectifs : aider les territoires à « passer à l'échelle » (passer de démonstrateur à acteur)

L'Europe a considéré H2 comme solution pour décarboner toutes les activités (industrielles, transports, stationnaires...).

Multiplication des aides pour accélérer le déploiement de l'H2.

Dès demain il faudrait avoir des usines qui permettent de produire de façon massive de l'H2 et de repenser le maillage d'un territoire. Il faut éviter d'avoir des zones blanches (ex : territoire rural ou difficile d'accès).

Un prix de marché est en train de s'établir et l'objectif est qu'une installation de taille modeste, de soutien, puisse s'inscrire dans ce maillage territorial. Un producteur isolé devra trouver des accords avec des maillages territoriaux plus importants.

Chaque concitoyen européen et français doit pouvoir avoir accès l'H2 (enjeu pour les 20 ou 30 prochaines années). H2 pas réservé qu'aux grands industriels ou qu'aux grandes agglomérations (ex : décarboner transports).

France Hydrogène a un rôle aussi pédagogique, de guide par rapport aux porteurs de projets.

Définition actuelle des différents types d'H2 :

-H2 renouvelable : H2 produit par électrolyse ou par d'autres moyens à partir de sources d'EnR ;

-H2 Bas-carbone : seuils pour pouvoir produire cet H2 à partir du mix énergétique français et en fonction du mix énergétique des industriels ;

-H2 carboné : pas renouvelable ni bas carbone (essai de réduire voire substituer cet H2 par les 2 autres H2)

Electrolyse = technologie retenue pour pouvoir produire de façon massive, répétitive et décarbonée de l'H2 sur un territoire.

INTRODUCTION

LA FILIÈRE HYDROGÈNE DANS LE CONTEXTE EUROPÉEN OU QUELLE STRATÉGIE POUR UNE EUROPE CLIMATIQUEMENT NEUTRE ?



Michel Delpon
Député de la Dordogne

Député de Dordogne, Michel Delpon (LREM) a créé en 2019 le groupe d'études à l'Assemblée nationale pour accompagner et soutenir la filière française de l'hydrogène.

Membre de la commission du développement durable et de l'aménagement du territoire, il considère que le développement du secteur est à un moment charnière, pour déployer à grande échelle des solutions hydrogène.

Il a soutenu l'ordonnance adoptée le 17 février 2021. Prévue par la loi énergie-climat, elle participe au volet réglementaire de la Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné.



LA FILIÈRE HYDROGÈNE DANS LE CONTEXTE EUROPÉEN OU QUELLE STRATÉGIE POUR UNE EUROPE CLIMATIQUEMENT NEUTRE ?

Prise de notes :

- 2016 se sentait seul en tant qu'élus politique sur la question de l' H2
- 2017 a commencé à porter le projet
- 2018 questions au Gouvernement (Nicolas Hulot)
- 2019 création d'un groupe d'étude (70 députés)
- 11 février 2020 : proposition d'un plan H2 à l'Elysée

Crise sanitaire à blocage du projet car financements donnés au plan de relance de la crise
Gouvernement a créé le conseil national de l'H2, ce qui va permettre d'approcher la gouvernance de la filière

Le Plan H2 doit tirer vers le haut tout ce qui est EnR. Les objectifs de ce plan sont :
massification et baisse des coûts (en dessous de 2€/kg).

Usages (4 grands secteurs) : la mobilité, l'industrie, le bâtiment et le stockage, pour lesquels
l'hydrogène est un vecteur de relance

- Mobilité : déjà des voitures à H2 (taxis à Paris). A débuté par le lourd comme par exemple les camions et les trains (2 000 locomotives diesel à changer en France). Travail aussi sur les bateaux, les navires, les avions.
- Industrie : très concernée car pollue beaucoup. Consomme de l' H2 gris fabriqué à partir de carburant ou de gaz et dégage beaucoup de CO2.
Ex : sidérurgie (acier), agricole (engrais), chimie (plastiques)...
- Bâtiment : aussi très polluant (ex : fabrication de ciment, de matériaux, chauffage...)
- Stockage : possibilité de stocker l' H2 et de le transporter via des gazoducs

L'Europe doit tirer les 25 pays concernés vers cette stratégie.

Groupes électrogènes qui polluent beaucoup pour les chantiers dans les ports car fonctionnent au fuel. On peut très facilement les passer à l'H2 dès à présent.

Va sortir un livre prochainement, sur l'hydrogène.

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?



L'ADEME identifie pour le vecteur H2 des enjeux pour les années à venir. En particulier, dans le cadre d'un mix électrique futur associant fortement les sources renouvelables, l'hydrogène apporte des solutions de flexibilité et d'optimisation aux réseaux énergétiques. Le power-to-gas, ou l'injection d'hydrogène et/ou de méthane de synthèse, est ainsi une voie clé pour connecter les réseaux électrique et gazier.

<https://www.occitanie.ademe.fr/>

Samuel Puygrenier
ADEME Occitanie
Chargé de mission
Hydrogène au
Pôle Transition
Energétique



TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?

Prise de notes :

- Un chargé de mission H2 à l'Ademe par région ou groupe de régions

Nombreux dispositifs nationaux pour accompagner dont deux appels à projet (AAP) portés par l'Ademe, pour première phase de déploiement (2020-2025) pour maillage du territoire par les projets H2, :

- Écosystèmes territoriaux : projets de taille suffisante en termes de production et prix de production/livraison, et bonus pour source d'énergie électrique renouvelable
- Innovation/briques technologiques – degré de maturité des maillons de la chaîne H2.

•Étude récente sur ACV (analyse de cycle de vie) pour usage H2 pour la mobilité légère, avec des parallèles entre production source et impacts économiques. Transport comme paramètre important qui influe sur l'impact carbone. Rapport de un à douze sur les impacts carbone de la production d'H2. Étude sur l'application pour les véhicules légers, sur lesquels le plus de données pour consolider les éléments de la chaîne de valeurs autour de la mobilité pour pouvoir quantifier les impacts carbone, avec des propositions d'amélioration pour le futur Voir la synthèse bien faite/illustrée qui fait varier un certain nombre de paramètres, pour avoir des points de repère et des points d'attention sur les paramètres impactant d'un point de vue environnemental, et un parallèle à faire avec l'impact économique.

Lien vers l'ACV : <https://www.ademe.fr/analyse-cycle-vie-relative-a-lhydrogene>

L'Ademe s'inscrit dans la dynamique impulsée autour de la production d'H2 liée au déploiement des énergies renouvelables, avec la complémentarité du vecteur H2 dans la transition énergétique.

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?



Activités de Recherche sur l'optimisation de systèmes énergétiques (Chaîne Logistique « Hydrogène »).

Responsable de l'axe transversal Energie au sein du LGC.

Co-responsable du parcours transversal Toulouse INP Eco-Energie et du Mastère Spécialisé « Nouvelles Technologies de l'Energie ».

<https://lgc.cnrs.fr/>

**Catherine-Azzaro
Pantel, Professeur des
Universités Toulouse INP
ENSIACET (Spécialité
Génie des Procédés)**



LABORATOIRE DE GÉNIE CHIMIQUE
TOULOUSE • UMR 5503



Optimisation multi-objectif de la conception de la chaîne logistique hydrogène

Catherine AZZARO-PANTEL
Professeur Toulouse INP ENSIACET
catherine.azzaropantel@toulouse-inp.fr

<http://lgc.cnrs.fr> 10/03/2021

11 mars 2021







Quelques jalons de mes activités de recherche

2007 2008 2011 2014 2018 2021 2021+

Modélisation de réseaux de gaz
Injection Hydrogène dans Réseaux
Thèse Tabkhi (2007)

Production massive H₂ par cycles Thermochimiques cogénération
Thèse A. Gomez (CEA)

Modélisation de réseaux de transport de gaz de taille industrielle
Thèse D. Gugenheim (GDF Suez)

Modélisation chaîne H₂
Thèse Sofia de Leon (2014)

Optimisation Chaîne H₂, AG, incertitude
Thèse J. Ochoa

PTG H₂/CH₄
Thèse E. Carrera

Stratégies stochastiques
Thèse V. Cantu
Bilevel programming
Thèse M. Flores
Multi-usages Site isolé (Corse)
Thèse T. Moustapha
Thèse Modélisation Bottom-up
Thèse R. Luise (EdF Eifer)

10/03/2021

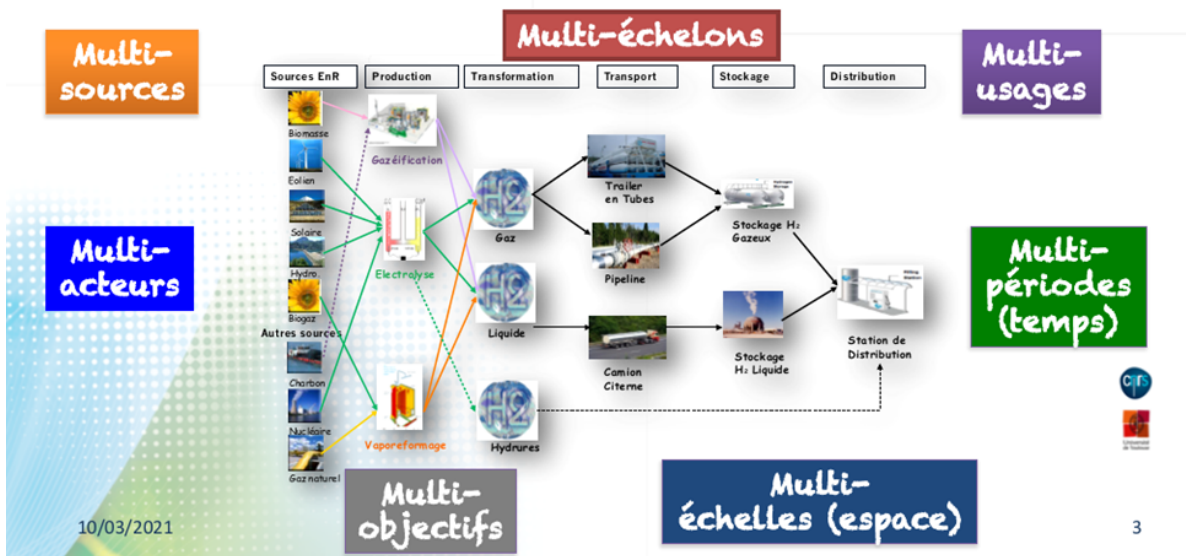




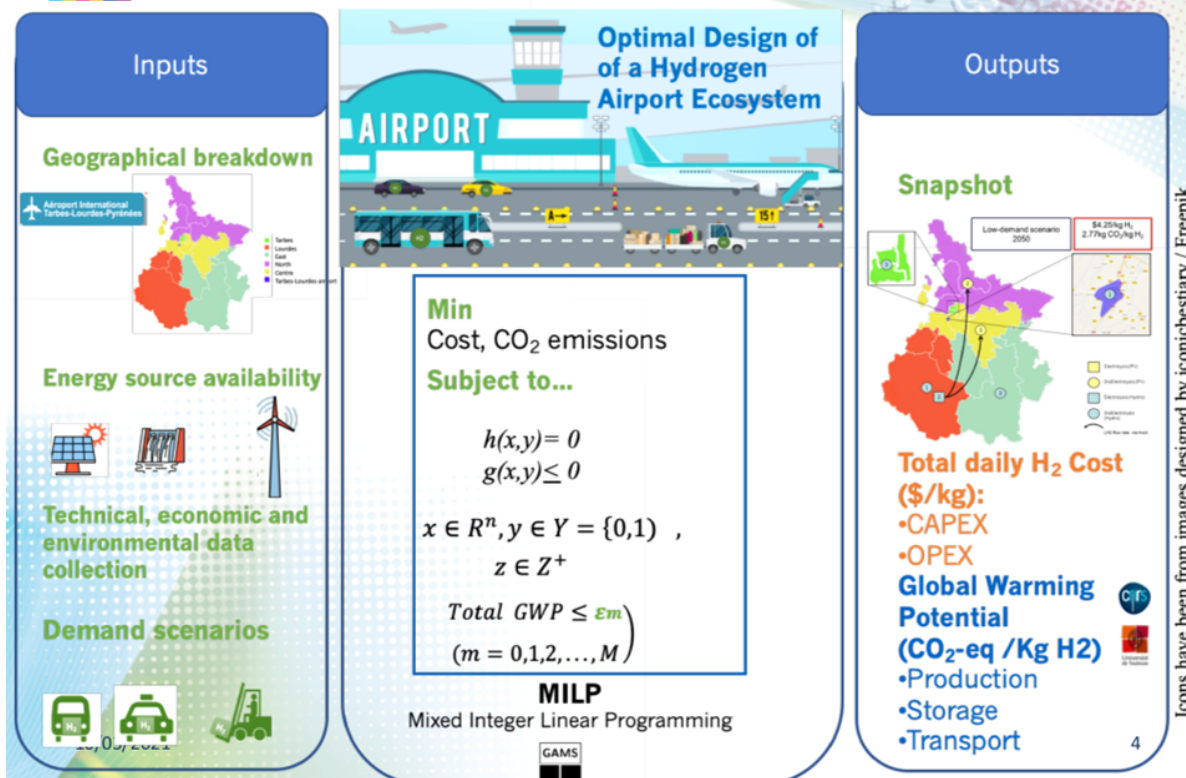


Conception et déploiement de chaînes logistiques « énergie »: le cas de l'«hydrogène »:

- Développement d'un cadre **méthodologique générique** et **systémique** prenant en compte les aspects :



Cadre méthodologique appliqué à un éco-système aéroportuaire



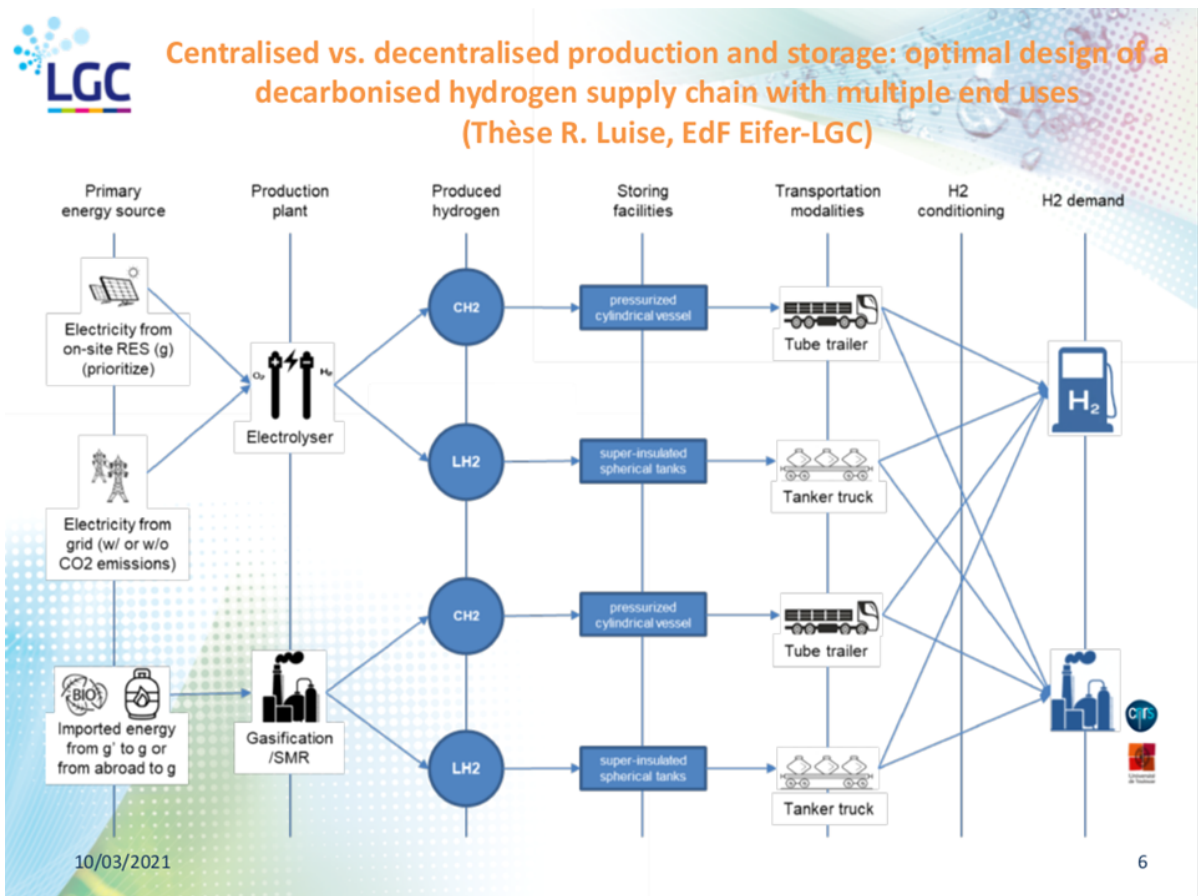
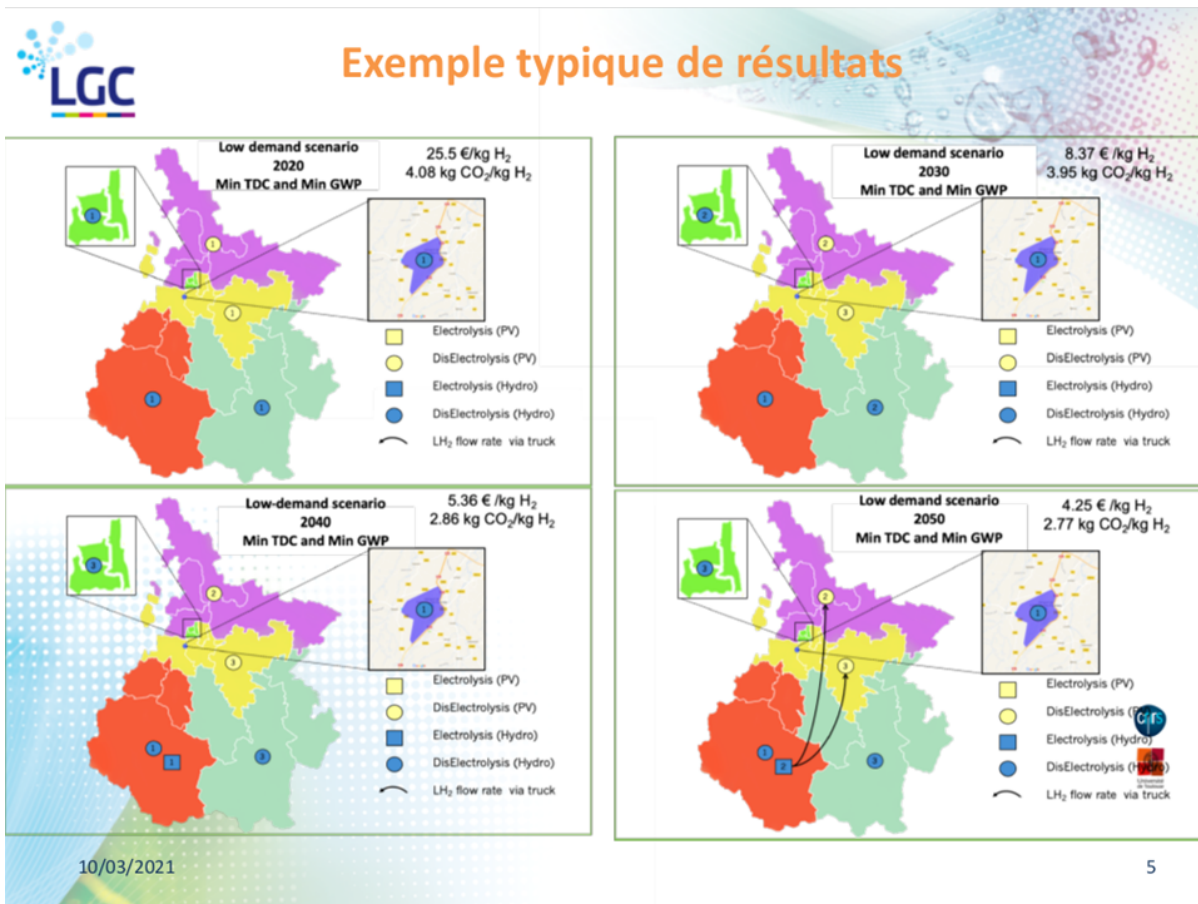


TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?



Benjamin Fèvre
Agence AD'OCC
Animateur du plan régional HyDeO pour le développement de la filière hydrogène en Région Occitanie.

HyDeO est le plan d'animation de la filière hydrogène régionale en Occitanie. Il a été lancé en 2018 par la Région Occitanie, l'ADEME et de nombreux acteurs régionaux. Sa mission est d'accélérer le développement économique et le déploiement d'hydrogène en région. HyDeO est piloté par l'agence de développement économique AD'OCC.

<https://www.agence-adocc.com/hydeo/>

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?

Prise de notes :

H2 doit répondre à des enjeux d'efficacité énergétique et des enjeux commerciaux, il ne suffit pas d'en mettre partout.

Prix de l'H2 n'est pas fixe, il dépend de la distance entre le point de production et le point de distribution, de la quantité et la fréquence d'enlèvement de la livraison. Peut osciller entre un prix très bas (2-3€ le kg) et un prix très haut (20€ kg dans un endroit nécessitant un transport important).

Passer d'une échelle autre que celle du démonstrateur.

En France, une trentaine de stations H2 sur lesquelles on a un retour d'expérience.

Différents types de coûts :

- Coûts d'acquisition : acheter les infrastructures qui vont permettre de produire l' H2

- Coûts d'exploitation : coûts de l'électricité (électrolyse, mise sous pression de l'H2)

- TCO : coûts totaux d'acquisition (concerne surtout les usages) qui prennent en compte le coût d'achat du véhicule, sa consommation, sa décote, la maintenance...

Seuil en termes de production d' H2 à 1 MW = seuil en-dessous duquel on n'est pas capable de proposer un coût de revient de l' H2 intéressant pour le consommateur (coût inférieur à 10€ le kg)

Ce coût peut justement baisser par la montée en échelle (massification de la production pour réduire les coûts).

La réduction des prix est tout l'enjeu du plan H2 national.

Safra : produit bus H2 à Albi et pense être capable de baisser les coûts de 40% du prix actuel de commercialisation.

Usages au cœur du modèle économique. Il faut les identifier et dimensionner les stations en fonction de ces usages.

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?



Spécialiste des systèmes piles à combustible et électrolyseurs (plus de 20 ans d'expérience), il est responsable des activités hydrogène au sein du laboratoire LAPLACE, situé à Toulouse et spécialisé dans le Génie Electrique

Christophe Turpin

**Laboratoire
LAPLACE**

**Directeur de
Recherche au CNRS**

<http://www.laplace.univ-tlse.fr/>



TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?

Regard sur les différentes technologies d'électrolyseurs

Christophe TURPIN, Directeur de Recherche CNRS

Responsable des activités hydrogène du LAPLACE

Responsable scientifique de la Plateforme Hydrogène, Toulouse.

turpin@laplace.univ-tlse.fr



Petit historique de l'électrolyse de l'eau (1/2)

1789 : Adriaan Paets van Troostwijk (1752-1837) et Johan Rudolph Deiman (1743-1808), réalisent la première expérience d'électrolyse de l'eau.

Autour de 1800 : **Johann Wilhelm Ritter** (1776-1810), réalisa la même expérience que W. Nicholson et A. Carlisle de façon indépendante. Certains considèrent que c'est lui qui **a réalisé le premier électrolyseur**.

1888 : Dimitry Lachinov ou Latchinoff (1842-1902) ouvre l'ère industrielle de l'électrolyse de l'eau avec solution alcaline pour l'électrolyte

Années 20 et 30 : **l'industrie de l'électrolyse grandit significativement**. Les principales compagnies que sont Oerlikon, Norsk Hydro et Cominco multiplient les installations excédant 100 mégawatts. Elles sont **généralement alimentées par de l'hydroélectricité à coût modéré** et visent à produire de l'hydrogène pour la fabrication de l'ammoniac destiné à l'industrie des engrais. La première très grande installation (27900Nm³/h d'hydrogène) sera réalisée par Norsk Hydro en 1927 à Rjukan en Norvège, sur le concept de filtre-presse.

1924 : Jacob Emil Noeggenrath invente le premier électrolyseur fonctionnant à haute pression (jusqu'à 100 bars) et brevète le concept.

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?

Petit historique de l'électrolyse de l'eau (2/2)

1948 : premier électrolyseur industriel pressurisé mis au point par Ewald Arno Zdansky pour le groupe suisse Lonza
1951 : commercialisation du premier électrolyseur haute pression (30 bars) par l'entreprise allemande Lurgi devenue propriétaire du brevet de Lonza.

1957 : introduction dans les électrolyseurs industriels des premières électrodes en nickel de Raney

Années 60 : programmes GEMINI et APOLLO

1966 : le tout premier électrolyseur à électrolyte polymère solide (SPE) est construit par General Electric (GE) pour le programme GEMINI pour la production d'oxygène à bord.

Années 70 : les applications militaires (sous-marins) et spatiales, toujours pour la production d'oxygène à bord, constituent le cadre de déploiement de petits électrolyseurs PEM.

1975 : début des développements pour passer à une autre échelle notamment pour le stockage de l'énergie électrique par la société suisse BBC (Brown Boveri Company) de 1976 à 1989 qui deviendra ABB (Asea Brown Boveri) en 1988

1987 : premier électrolyseur, issu de ces développements, fut déployé à l'échelle commerciale en 1987 à Nyon en Suisse . Il était capable de produire 20Nm³/h d'hydrogène à une pression maximale de 2 bars ; sa puissance étant d'environ 100kW.

Les grandes familles d'électrolyseurs d'eau

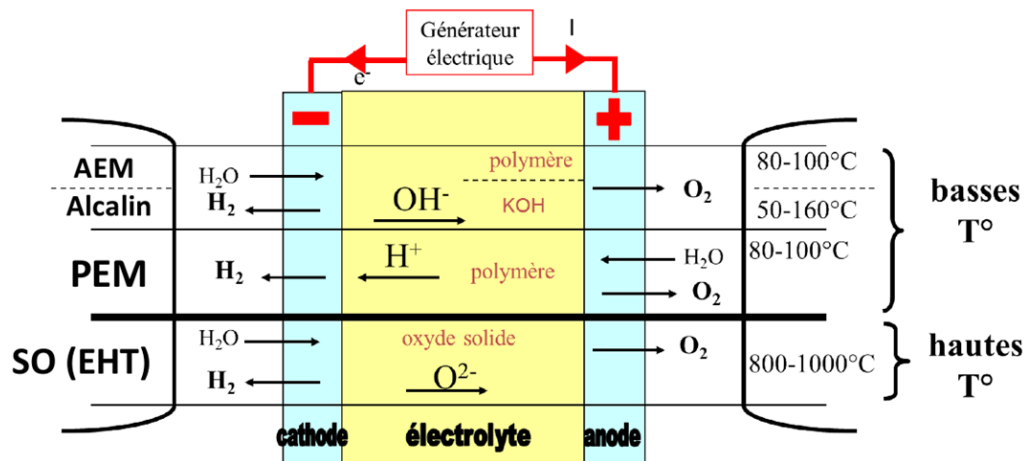
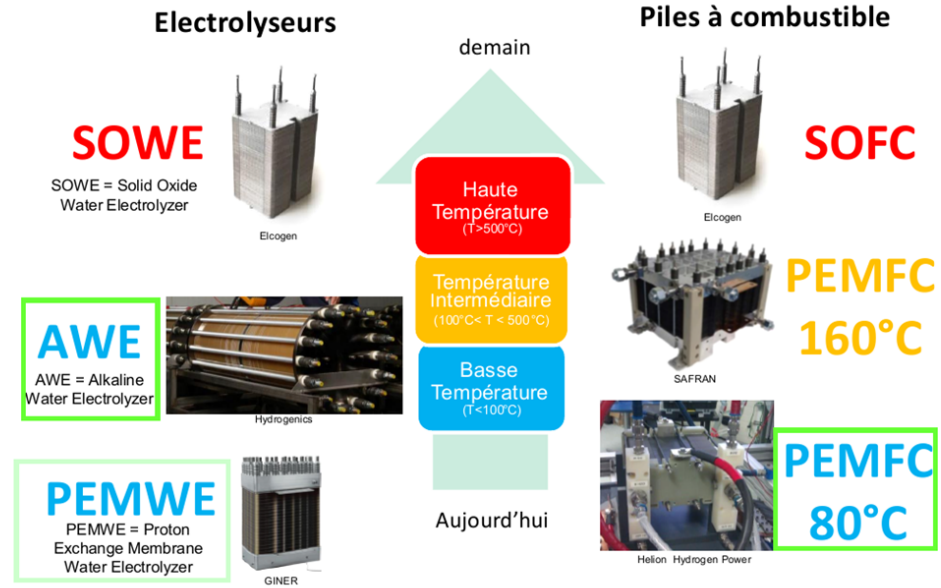


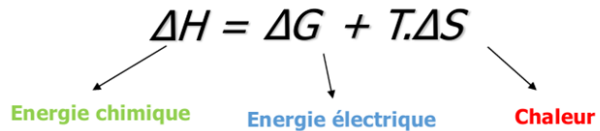
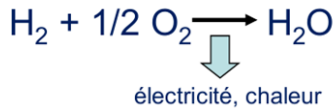
TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?

Electrolyseurs vs piles à combustible



Principe général de fonctionnement (1/2)

- Une pile à combustible met en jeu une réaction d'oxydo-réduction entre les couples H^+/H_2 et O_2/H_2O : **SYNTHESE DE L'EAU**



- Un électrolyseur d'eau met en jeu les mêmes couples d'oxydo-réduction : **SYNTHESE D'HYDROGENE (et d'oxygène)**

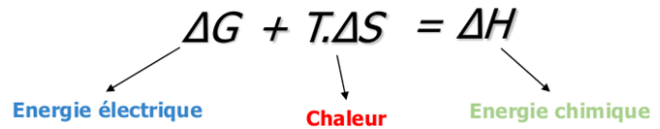
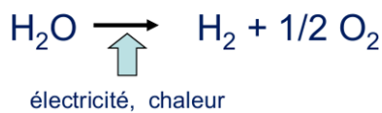
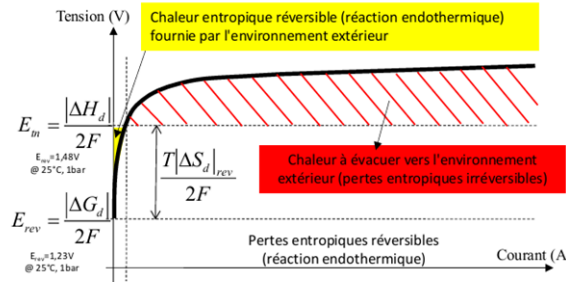


TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGENE A PARTIR D'ENERGIE RENOUVELABLE ?

Principe général de fonctionnement (2/2)

5-6kWh/Nm3



Composants basse température (80 °C typiquement) :

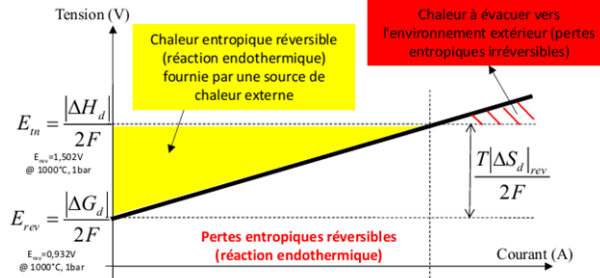


Composants haute température (800°C typiquement) :

3-4kWh/Nm3



ELCOGEN



PEM vs Alcalin

	PEM	Alcalin
+	<ul style="list-style-type: none"> densité de courant élevé pas de corrosion fabrication relativement aisée compacité haute pression des gaz de sortie possible 	<ul style="list-style-type: none"> technologie éprouvée pas de métaux précieux production à grande échelle maîtrisée robustesse, fiabilité
-	<ul style="list-style-type: none"> composants coûteux (platine) mélange possible H2 & O2 	<ul style="list-style-type: none"> encombrement installations auxiliaires mélange possible H2 & O2 opération délicate (liquide) contamination KOH

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?

Avantages/inconvénients des trois types de technologies actuelles

	Avantages	Inconvénients
AWE	<ul style="list-style-type: none"> - Industriellement mûr. - Durabilité prouvée. - Rentable (actuellement, coût le plus bas avec de bons/ très bons rendements). - Pas de catalyseur noble. - Fonctionnement sous haute pression possible (jusqu'à 30 bars). - Temps de démarrage court. - Catalyseurs moins sensibles que le PEMWE à l'empoisonnement dû à la qualité de l'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Relativement faibles densités de courant (typiquement 0,4A/cm²; 1A/cm² semble possible). - Problème de corrosion dû à la nature de l'électrolyte (KOH). - Coûts de maintenance assez élevés. - Plus de problème de sécurité en fonctionnement pression que le PEMWE. - A priori moins tolérant aux variations électriques que le PEMWE, notamment à celles imposées par le photovoltaïque et l'éolien. A confirmer malgré tout. - Procédé plus complexe que celui du PEMWE de par la gestion de l'électrolyte.
PEMWE	<ul style="list-style-type: none"> - Haute pureté des gaz. - Fortes densités de courant (2A/cm² commercialement ; 4A/cm² semble possible). - Bons rendements - Design de cellule simple. - Fonctionnement sous très haute pression possible (jusqu'à 400 bars). - Peut fonctionner avec des fortes différences de pression entre les électrodes. - Potentiellement tolérant aux fonctionnements électriques intermittents. - Coûts de maintenance potentiellement faibles. - Temps de démarrage court. - Pas de corrosion pour les auxiliaires par rapport à l'AWE. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût d'investissement élevé. - Utilisation de catalyseurs nobles (Pt, IrO₂) car acidité de la membrane. - Membrane onéreuse. - Processus de fabrication plus complexe et plus onéreux que l'AWE. - Longue durabilité à prouver pour les produits commerciaux.
SOWE	<ul style="list-style-type: none"> - Faible consommation électrique (hauts rendements électriques). - Pas de catalyseur noble. - Potentiellement fortes densités de courant (3A/cm²). 	<ul style="list-style-type: none"> - Source de chaleur requise (mais cela peut devenir un avantage si cette chaleur aurait été perdue ; de plus la chaleur est généralement moins coûteuse que l'électricité). - Fonctionnement très haute température éprouvant pour les matériaux. - Temps de démarrage long. - Durabilité à prouver. - Pas de fonctionnement pressurisé. - Séparation élaborée de l'hydrogène de la vapeur d'eau.

Les pistes d'optimisation

Problématiques :

- ✓ **Augmentation de la pression de fonctionnement des électrolyseurs**
- ✓ **Amélioration de la durée de vie, robustesse**
- ✓ **Réduction des coûts et réversibilité**
- ✓ **Co-électrolyse (y compris NH₃)**

Pistes de recherche :

- ✓ Amélioration des procédés de mise en forme des cellules, nouvelles architectures (SOWE)
- ✓ Nouveaux matériaux (SOWE)
- ✓ Nouvelles architectures : design, couches barrières (SOWE)
- ✓ Diminution de la tension de cellule (PEMWE et AEMWE) : nouveaux matériaux, nouvelles membranes
- ✓ Purification, compression (électrochimique)
- ✓ Recyclage
- ✓ Tests en cycles d'usages multiphysiques, sur des durées longues ou en tests accélérés
- ✓ Modélisation du vieillissement, diagnostic...

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGENE A PARTIR D'ENERGIE RENEUVELABLE ?

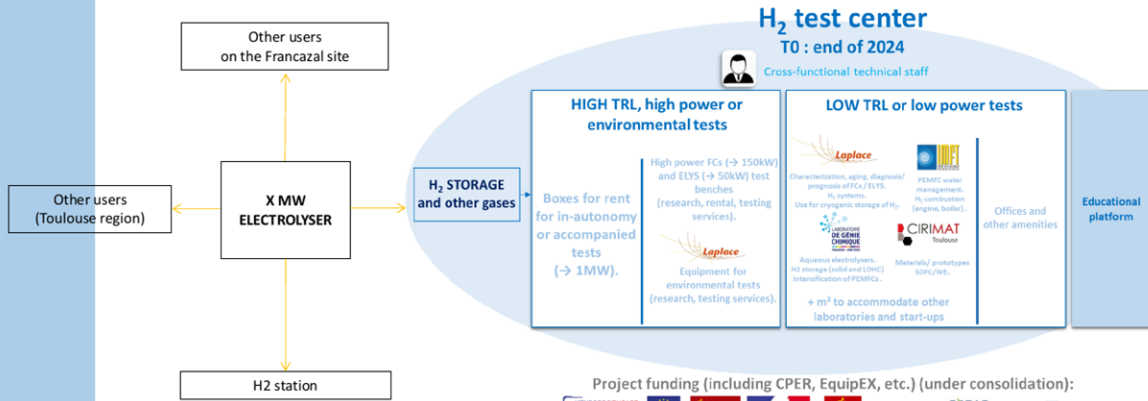
Activités de recherche du LAPLACE autour des électrolyseurs

- ❑ Vieillesissement des électrolyseurs (échelle du composant → échelle du système)
 - Impact des harmoniques de courant générés par l'électronique de puissance
 - Impact de la génération fluctuante d'électricité renouvelable
 - Caractérisation et modélisation du vieillissement

- ❑ Diagnostic des électrolyseurs (échelle du composant → échelle du système)

- ❑ Systèmes de fortes puissances
 - Exploitation de la modularité
 - Electronique de puissance optimisée

Construction of a new H₂ test center, Toulouse/Francazal



ALREADY A STRONG INDUSTRIAL SUPPORT & INTEREST:



TRL = Technology Readiness Level

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGENE A PARTIR D'ENERGIE RENOUVELABLE ?

Merci pour votre attention!

Défi Clé Hydrogène Vert – H₂ énergie (1/3)

Pôle de Recherche et d'Innovation sur l'Hydrogène en Occitanie (RHYO) :

- Lancement : 2021-2024
- Budget : 7M€ (3M€ Région Occitanie)
- 18 acteurs occitans
- +130 permanents impliqués
- Administré par l'Université de Toulouse



Nos ambitions de partenariat :

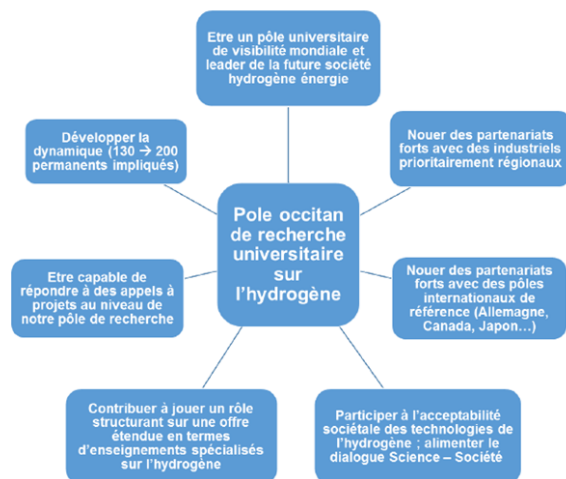
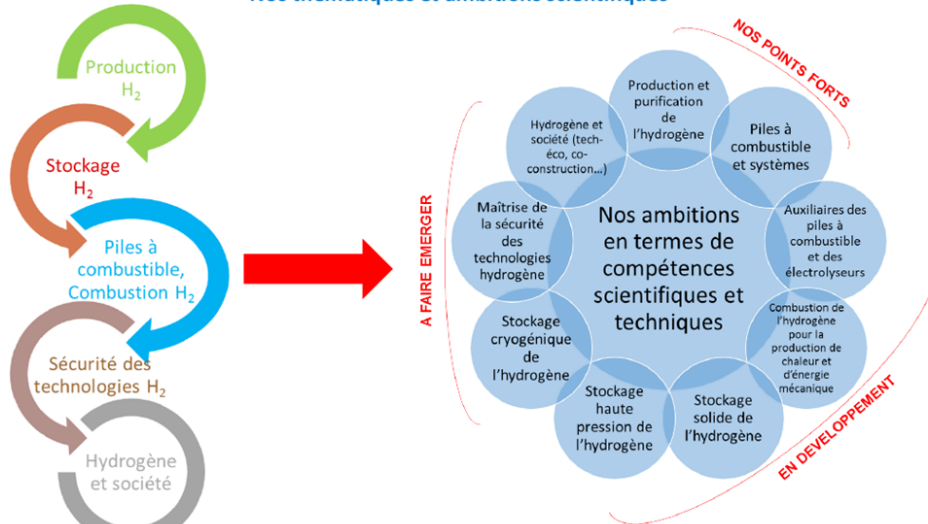


TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGENE A PARTIR D'ENERGIE RENEUVABLE ?

Défi Clé Hydrogène Vert – H₂ énergie (2/3)

Pôle de Recherche et d'Innovation sur l'Hydrogène en Occitanie (RHYO)
Nos thématiques et ambitions scientifiques



Défi Clé Hydrogène Vert – H₂ énergie (3/3)

This section features a map of the Occitanie region with various research institutions and their specific research focuses related to hydrogen technology. The institutions and their focuses are:

- Laplace**: Caractérisation, modélisation, développement, diagnostic, planification, idées clés à combustible, électrolyseurs et ces sections associés. Etude de fabrication, stockage cryogénique H₂, intégration conception réseaux.
- Laboratoire de Génie Chimique**: Electrolyseurs aqueux. Matériaux pour le stockage solide H₂. Stockage et production H₂ par LED. Intégration dans des systèmes PEMFC. Chaînes technologiques pour l'H₂ d'énergie. Production d'H₂ à partir biométhane.
- CIRIMAT Toulouse**: Matériaux et prototypes SOFC/DMFC. Photo-électrolyseur de l'eau.
- LCC**: Matériaux pour la production d'H₂. Matériaux pour le stockage solide H₂.
- tbi**: Production d'H₂ par voie biologique.
- ENAC**: Intégration vecteur H₂ dans les aéroports.
- CERFACS**: Modélisation combustion H₂ et diffusion H₂.
- Occitanie**: Occitanie logo.
- ICA**: Recherche haute pression, réseaux innovants, développement matériaux, développement nouveaux composants.
- RAPSODEE**: Refueling du biogaz pour production d'H₂. Compression, transport et distribution d'H₂.
- ICGM**: Matériaux pour PEMFC, DMFC, SOFC. Stockage et production H₂ par LEDFC. Purification et compression électrochimiques. Matériaux pour la pile à combustible. Matériaux pour le stockage réversible de H₂. Membranes séparation, purification, détection H₂. Membre des PEMFC. Hydrogène de bois pour les codes.
- PROMES**: Production d'H₂ par voie solide (oxyde métallique).
- Lbe**: Production d'H₂ par voie biologique.
- cirad**: Production d'H₂ par voie biologique.

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?



Mise en place d'électrolyseurs à membrane électrolytique polymère pour la production d'hydrogène
Retour d'expérience sur le déploiement d'une solution hydrogène pour la mobilité

Christophe Bruniau
ITM Power
Business
Development Officer

<https://www.itm-power.com/>

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGENE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?



ITM Presentation – H2 ca coule de source
Mars 2021 | RETOUR EXPERIENCE - DEPLOIEMENT

Christophe BRUNIAU | France Benelux Business
Manager- ITM Power plc
cbruniau@itm-power.com



RETOUR D'EXPERIENCE - ECOSYSTEME HYDROGEN ENERGY SYSTEMS



- Porteur de projet
- Acteurs industriels
- Usages



ITM Power retour d'expérience

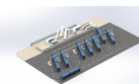
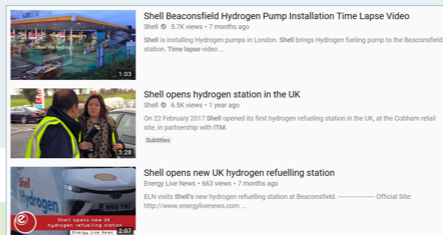


TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGENE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?

QUESTIONS - REPONSES | HYDROGEN ENERGY SYSTEMS



- **Les déploiements de stations:**
 - Pau en France
 - 10 stations en exploitation en Grande-Bretagne
 - 5 en construction
 - 10aine de projets en cours de negotiation en Europe (inclus France)
- **Les enseignements :**
 - Timing souvent sous-évalué
 - Prix électricité : facteur clé du succès d'un projet
 - Connaissance des écosystemes
 - Synergie des besoins
 - Création de consortium
 - La montée à l'échelle
- **Les freins :**
 - Réglementaires
 - Régime autorisation ralentit la montée en taille
 - Météorologie
 - Maturité des acteurs locaux
 - Disponibilité des véhicules FC



ITM Power retour d'expérience

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?



La CRE concourt notamment au bon fonctionnement des marchés de l'électricité et du gaz naturel au bénéfice des consommateurs finals, en cohérence avec les objectifs de la politique énergétique.

<https://www.cre.fr/>

Didier Laffaille
Commission de
Régulation de
l'Énergie
Secrétaire général
du Comité de
prospective et Chef
du Service de la
Prospective et de
l'Innovation à la
Commission de
régulation de
l'énergie (CRE)

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?



EAF – ATESyn – Table ronde

11 mars 2021

L'hydrogène, ça coule de source Les réflexions européennes et françaises

Didier LAFFAILLE

Chef du Service de la Prospective et de l'Innovation
Secrétaire général du Comité de prospective

L'HYDROGÈNE



European Clean Hydrogen Alliance

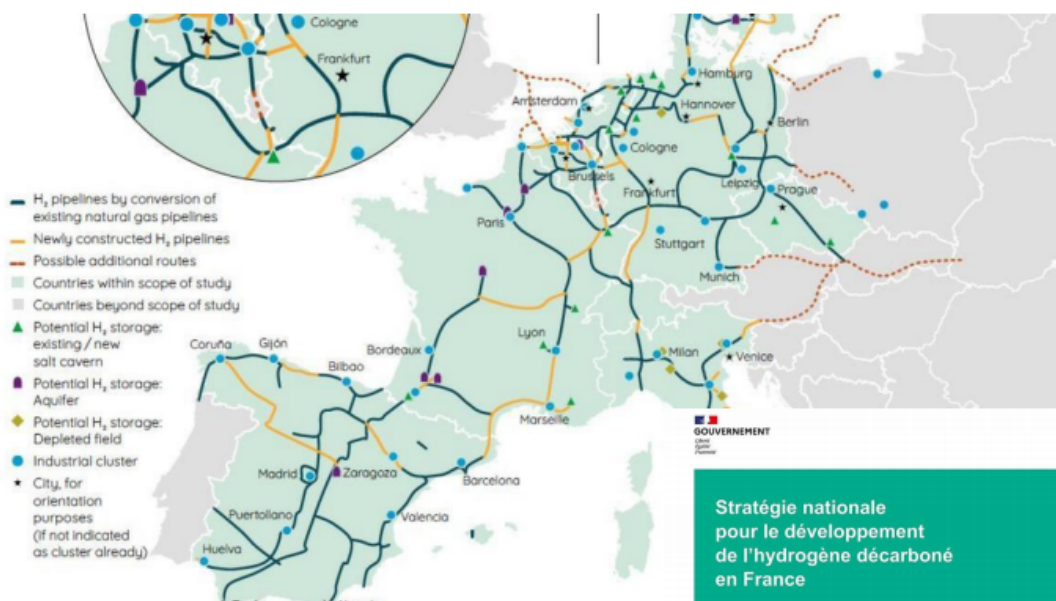


TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?

SOMMAIRE

1. Introduction
2. La stratégie hydrogène européenne
3. Des positions divergentes entre les états européens
4. La stratégie hydrogène française
5. La stratégie hydrogène allemande
6. La stratégie hydrogène néerlandaise
7. Les travaux des régulateurs européens
8. L'état des réflexions des régulateurs européens sur l'hydrogène
9. Les travaux de la CRE sur l'hydrogène
10. Les premières réflexions de la CRE sur l'hydrogène



3

INTRODUCTION

- Le sujet de l'hydrogène a pris une ampleur nouvelle depuis la publication du **pacte vert européen** fin 2020 (neutralité carbone d'ici 2050).
- L'hydrogène apparaît comme un vecteur permettant une meilleure exploitation des sources d'énergie renouvelables et comme un substitut aux énergies fossiles pour les **usages thermiques et le transport**.
- Les attentes sont fortes en ce qui concerne le stockage d'énergie (*Power-to-x*).
- La réflexion sur la promotion des gaz décarbonés avait débuté lors de l'adoption du paquet énergie propre (2018/2019).
- Pour les régulateurs européens, l'hydrogène reste un **sujet nouveau** :
 - une filière encore immature ;
 - la question des modèles d'affaire pertinents ;
 - comment mettre en évidence un besoin de régulation ?
- De son côté, la CRE considère que l'hydrogène renouvelable peut avoir de l'intérêt à long terme et pour certaines niches, mais que le soutien public doit porter en priorité sur l'**objectif premier de décarbonation de l'hydrogène** (soit 11 Mt de CO₂/an). Distinguer l'hydrogène « *renouvelable* » de l'hydrogène « *bas-carbone* », notamment avec le nucléaire, ne permettrait ni d'améliorer la compétitivité de l'hydrogène, ni d'en accélérer la décarbonation ...



4

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?

LA STRATÉGIE HYDROGÈNE EUROPÉENNE

✓ *Publiée en juillet 2020.*

- 1 **Développer production et demande en parallèle, en favorisant l'hydrogène produit à partir d'électricité renouvelable** (6 GW d'électrolyseurs d'ici 2024, 40 GW d'ici 2030, et construction 80 à 120 GW de capacités renouvelables).
- 2 **Un développement en 3 phases :**
 - 1) décarboner la demande industrielle existante (2020-2024) ;
 - 2) développer des écosystèmes locaux hydrogène pour favoriser la montée en puissance de l'hydrogène renouvelable (2025-2030) ;
 - 3) développer un réseau d'infrastructures dédié (fin du gaz B, déclin de la demande de gaz) et de nouveaux usages (à partir de 2030).
- 3 **Repenser les partenariats énergétiques avec les pays voisins** (Ukraine, Balkans, Sud de la Méditerranée) **et renforcer le leadership de l'Union européenne dans les forums internationaux sur l'hydrogène.**



5

DES POSITIONS DIVERGENTES ENTRE LES ÉTATS EUROPÉENS

Entre soutien à l'hydrogène « *renouvelable* » ou à un hydrogène « *bas-carbone* » à base de nucléaire ou de gaz « *décarboné* ».

• **Conclusions du Conseil de l'UE « Vers un marché de l'hydrogène pour l'Europe » :** suite aux débats lors de leur adoption, elles ne font plus référence à l'origine de l'hydrogène.

• Notamment, **communication** de l'AT, DK, IR, ES, LU, PT (9 novembre 2020) appelant à élargir la portée du « *principe d'additionnalité* » selon lequel un producteur d'énergie doit contribuer au déploiement et financement des renouvelables, tout en définissant le caractère « *renouvelable* » de l'hydrogène (produit à partir d'électricité renouvelable « *issue d'installations récentes qui, autrement, n'auraient pas été construites* » ou produite sur le marché national à un niveau supérieur à la demande ou à une cible de référence).

• **Manifeste pour le développement d'une chaîne de valeur européenne de l'hydrogène** (17 décembre 2020), suivi de la publication d'une lettre de position commune de l'AT, DK, LU, PT et ES (18 décembre 2020) précisant leur signature « *étant entendu que cette initiative devra se référer exclusivement à l'hydrogène provenant des énergies renouvelables* », par crainte que le futur PIIEC n'ouvre la porte au financement des fossiles.



6

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?

LA STRATÉGIE HYDROGÈNE FRANÇAISE

✓ *Publiée en septembre 2020.*

Développer une chaîne de valeur nationale, fondée sur des infrastructures importantes et un mix électrique peu carboné.

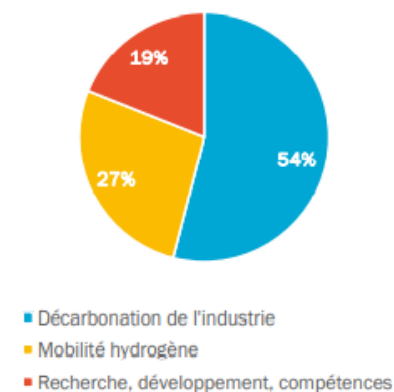
1 Décarboner l'industrie en faisant émerger une filière française de l'électrolyse. Objectif de 6,5 GW d'électrolyseurs en 2030.

2 Développer les mobilités lourdes (bus, locomotives diesel, véhicules utilitaires lourds) à l'hydrogène décarboné.

3 Soutenir la recherche, l'innovation et le développement des compétences afin de favoriser les usages de demain.

7,2 Md€, dont 3,4 Md€ sur la période 2020-2023.

Répartition des 3,4 Md€ 2020-2023



R

7

LA STRATÉGIE HYDROGÈNE ALLEMANDE

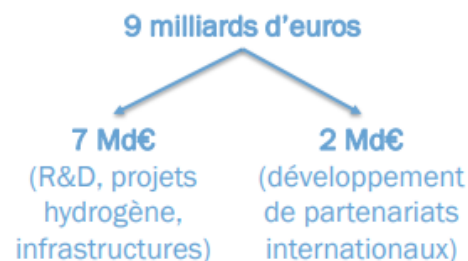
✓ *Publiée en juin 2020.*

Nouer des partenariats internationaux et développer un marché global pour exporter des technologies et importer de l'hydrogène vert.

1 Devenir un leader mondial de l'hydrogène en développant des technologies clés sur toute la chaîne de valeur.

2 Établir des partenariats internationaux (Afrique du Nord notamment) et développer un marché global.

3 Tenir les engagements internationaux en matière de réduction des émissions, notamment en décarbonant l'industrie et les transports.



R

8

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?

LA STRATÉGIE HYDROGÈNE NÉERLANDAISE

✓ *Publiée en mars 2020.*

Anticiper l'extinction de la production de gaz du gisement de Groningen et reconvertir les infrastructures existantes.

1 Capitaliser sur les réseaux et la situation géographique d'interconnexion entre les réseaux gaziers européens.

2 Soutenir le développement de technologies nationales dans le domaine du gaz et de l'hydrogène.

3 Décarboner et intégrer des renouvelables, en particulier l'éolien *off-shore*.



Le projet d'infrastructure hydrogène porté par le transporteur Gasunie (2019)



9

LES TRAVAUX DES RÉGULATEURS EUROPÉENS

• Dans le cadre de l'ACER et du CEER, les régulateurs viennent de publier 3 notes de position qui abordent les challenges présentés par les nouvelles orientations européennes.

Stockage long-terme d'électricité

Conséquences et opportunités des stratégies « *intégration sectorielle* » et « *hydrogène* » sur l'adéquation saisonnière.

Power-to-gas

- Planification et développement efficaces du P2G : cadre réglementaire, opportunité et modalité d'une régulation de ces installations, implication des GRT/GRD.
- Promotion d'une utilisation efficace du P2G : tarification, taxes, mécanismes de soutien.

Réseaux d'hydrogène

- À partir de quand réguler les réseaux d'hydrogène et comment gérer les infrastructures d'hydrogène existantes.
- Encadrement réglementaire de la reconversion d'infrastructures gazières pour le transport d'hydrogène.

✓ *Publiées en février 2021.*



10

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?

L'ÉTAT DES RÉFLEXIONS DES RÉGULATEURS EUROPÉENS SUR L'HYDROGÈNE

- La Commission européenne s'est exprimée sur la **séparation infrastructure/commerce pour l'hydrogène** :
 - une forte influence du modèle de marché en place pour le gaz naturel.
- Approche des **régulateurs européens** :
 - le besoin de régulation est à aborder avec le degré de développement de la filière ;
 - le développement de l'offre et de la demande doivent être traités conjointement, tout en facilitant les initiatives individuelles (stimuler l'innovation) ;
 - si des principes d'infrastructure essentielle apparaissent, alors un accès des tiers deviendra pertinent ;
 - la contribution des opérateurs d'infrastructures : *a priori* non pertinente (principe de spécialité), mais des exceptions pourraient être envisagées en cas de défaillance de marché (des opérateurs de réseaux ont été autorisés à réaliser quelques projets pilotes).
- Points de réflexion :
 - la planification des infrastructures : où localiser les électrolyseurs ? Est-il préférable de produire de l'hydrogène près des centrales éoliennes ou solaires ou au contraire à proximité des zones de consommation ?
 - le mélange dans les réseaux de gaz naturel : option transitoire, mais qui soulève des questions de gestion de la qualité, notamment au niveau des interconnexions (définition de normes communes ?).



11

LES TRAVAUX DE LA CRE SUR L'HYDROGÈNE

- La CRE a mis en place un **Comité de prospective** en 2017 pour éclairer les perspectives d'évolution à moyen et long termes du secteur de l'énergie sur l'ensemble de sa chaîne de valeur.
- La troisième saison du Comité de prospective, lancée en mars 2020, est organisée autour de quatre groupes de travail dont l'un est dédié au **vecteur hydrogène**. Les recommandations de ce groupe de travail seront présentées à la fin du premier semestre 2021.
- Les réflexions que la CRE mène sur l'hydrogène ont notamment vocation à éclairer le débat public, et plus particulièrement les acteurs de l'énergie, dans le cadre de la mise en œuvre de la stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène en France et de ses conséquences sur le secteur de l'énergie.
- La CRE a déjà été amenée à rendre un avis sur le projet d'**ordonnance relative à l'hydrogène**, prise en application de l'article 52 de la loi n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 *relative à l'énergie et au climat*.

✓ *L'ordonnance a été publiée, le 17 février 2021.*



12

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?

LES PREMIÈRES RÉFLEXIONS DE LA CRE SUR L'HYDROGÈNE

- Le développement de l'hydrogène bas-carbone est une opportunité qui permet de répondre à plusieurs enjeux : la **lutte contre le réchauffement climatique**, l'**amélioration de la qualité de l'air**, la **sécurité des approvisionnements énergétiques** et la création d'une **filière industrielle nationale**.
- Les obstacles au développement de l'hydrogène décarboné résident moins dans les technologies, qui ont atteint une certaine maturité, que dans la compétitivité de ces solutions par rapport à leurs alternatives. À cet égard, distinguer l'hydrogène « **renouvelable** » de l'hydrogène « **bas-carbone** » ne permettrait, **ni d'améliorer la compétitivité de l'hydrogène, ni d'en accélérer la décarbonation**. À l'aune de l'évolution à moyen et long termes du système énergétique français (dont le nucléaire restera une composante importante), une telle distinction n'apporte pas d'avantage pour le développement du vecteur hydrogène et serait même susceptible d'en freiner le déploiement.
- Le soutien public doit concerner en priorité les zones et les usages aujourd'hui les plus intensifs en hydrogène, qui se trouvent notamment dans l'**industrie** (11 Mt de CO₂/an), pour générer des premiers effets d'échelle, sans écarter le potentiel de l'hydrogène produit par vaporeformage, avec capture et stockage du carbone.
- Les enjeux de sécurité doivent être intégrés dès aujourd'hui, notamment par les nouveaux acteurs de l'hydrogène.



13

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

didier.laffaille@cre.fr



COMMISSION
DE RÉGULATION
DE L'ÉNERGIE



Comité
de prospective
de la CRE

ECLAIRER
L'AVENIR

www.cre.fr



www.smartgrids-cre.fr



www.eclairerlavenir.fr



14

TABLE RONDE - POURQUOI ET COMMENT PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE À PARTIR D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ?

QUESTIONS/RÉPONSES

Questions de clôture de la table ronde 1

Ne devrait-on pas parler de seuil de production d'H₂ plutôt que de capacité électrique ?

Ne devrait-on pas ouvrir peut-être à d'autres technologies que l'électrolyse ?

Comment orienter vers des technologies que l'on pourra qualifier de renouvelables en matière de production d'H₂ ?

Éléments de réponse

Samuel Puygrenier répond par rapport à l'électrolyse : aujourd'hui on reste sur ce qui nous paraît être le plus mature. Le sujet de la méthanation est encore trop peu avancé pour l'intégrer dans un système d'aide au déploiement.

En termes de bilan environnemental, l'hydroélectricité est bien placée.

Etude de l'Ademe : l'électrolyse de source hydraulique produit environ 0,6 kg de CO₂ par kg d'H₂, taux d'émission le plus bas malgré une électricité décarbonée de source nucléaire (3,3 kg de CO₂ par kg d'H₂).

Catherine Azzaro-Pantel : disponibilité de la source d'énergie est cruciale. Pour le déploiement de la filière il faut voir comment l'hydroélectricité peut être mise au service de la production d'H₂.

Benjamin Fèvre : quand on parle d'H₂ renouvelable, H₂ bas carbone et H₂ carboné, il n'y a pas de discrimination technologique à avoir, ça se base juste sur les émissions de CO₂. Focus sur l'électrolyse car le budget du plan hydrogène est fixé sur les 3 premières années. En 3 ans être capable de produire 300 kT d'H₂ décarboné, donc massivement et avec une technologie mature => il faut donc faire le focus sur l'électrolyse (en plus, coût de revient plus bas).

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?



Daniel Gremillet
Sénateur des Vosges

Daniel Gremillet est président du groupe d'études Energie au Sénat.

Fin connaisseur du monde agricole, il est vice-président de l'Assemblée permanente des chambres d'agriculture (APCA), qu'il représente au Conseil économique, social et environnemental (CESE).

<https://www.senat.fr/>

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?

Prise de notes :

- Produire à partir de sources bas-carbone
 - H2 = stratégie nationale, européenne et territoriale (conseils régionaux)
 - Accompagner le passage à l'acte de production industrielle de l'H2
 - Il faut que les collectivités soient capables d'investir, de signer des bons de commande sur la mobilité à partir de l'H2
-

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?



Lilian Cantos
Président du groupe
Ondulia

Depuis 2010, le groupe Ondulia est impliqué dans le développement de la filière hydrogène en France, par la réalisation d'un prototype d'un petit véhicule de transport de bagages en aéroport, en installant une station de production/distribution d'H₂ renouvelable à la centrale hydroélectrique de Las Mijeannes en Ariège, en s'impliquant dans le programme POCTEFA (Programme InterReg France-Andorre)

<https://www.ondulia.com/>

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?

Prise de notes :

Investi dans l'H2 pour avoir une 2ème possibilité de valoriser l'énergie électrique (hydroélectricité et éolien).

- Construction, en 2010, d'un petit véhicule à combustible H2 pour le transports de bagages dans les aéroports (premier véhicule immatriculé). Augmentation de la durée d'utilisation de 8h par jour. Véhicule présenté au Salon de Versailles. Plusieurs personnes voulaient l'acheter, il a refusé, ce n'est pas l'activité d'Ondulia.

- Station à Las Mijeannes = station de 200 bars qui permet d'alimenter une dizaine de vélos (prêtés au camping).

- Programme européen de recherche (POCTEFA) : création du corridor H2 entre l'Espagne et la France. Ondulia a travaillé pour l'Ariège en construisant une petite station H2 (3 pressions disponibles). Peut alimenter un véhicule par jour.

L'important est de pouvoir produire l'H2 sans être obligé de le stocker, de ne pas le transporter et d'avoir un circuit court pour l'utiliser directement à la station (stations proches des réseaux routiers pour les circuits courts).

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?




Gilles Gonçalves
Syndicat d'énergies
de l'Ariège
Directeur du
Syndicat
départemental

Le Syndicat existe depuis avril 1951 et s'est construit notamment autour de ses compétences fondamentales d'électrification rurale et d'éclairage public (travaux neufs et entretien 50 points lumineux) Aujourd'hui il est autorité concédante pour la distribution publique d'électricité et de gaz, opérateur de mobilité dans le cadre du réseau de bornes de recharges REVEO, et s'attache à multiplier ses actions dans le domaine de la transition énergétique au bénéfice de ses adhérents et des usagers ariégeois (cadastre solaire, étude potentiel ENR, efficacité énergétique dans les bâtiments et en éclairage public, GNV , H2) .

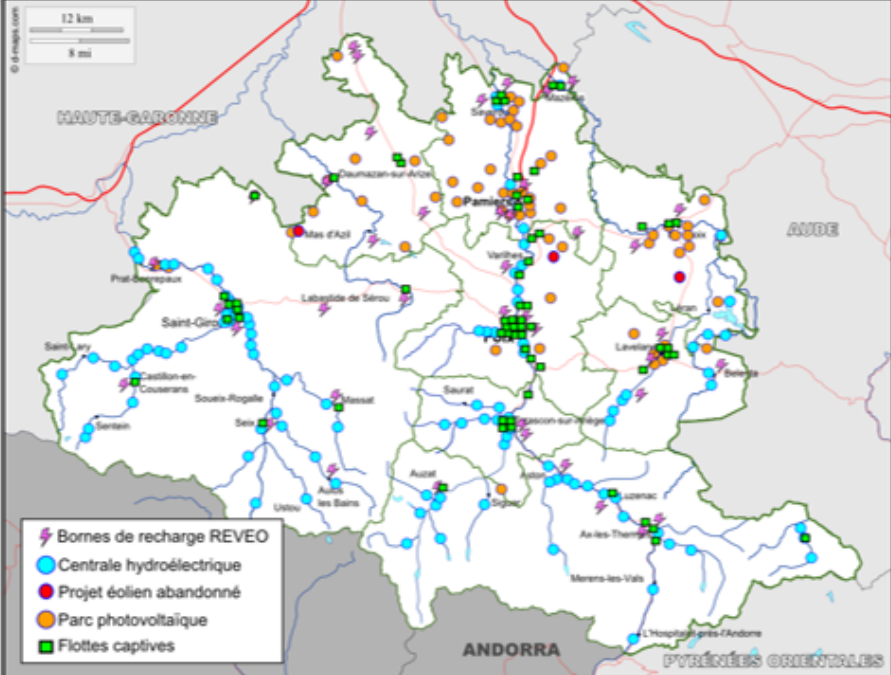
<https://sde09.fr/>

TABLE RONDE - L'HYDROGENE, AVENIR DE L'HYDROELECTRICITE ?




Mobilité H2 en territoire rural

Synthèse méthodologique





07/04/2021
Syndicat Départemental d'Énergies
1



Mobilité H2 en territoire rural

➤ Identification de territoires tests






Légende :

- ⊙ : Centrale hydroélectrique
- ⚡ : Flotte captive avec solution H2
- ☀️ : Photovoltaïque
- ⊙ : Flotte captive sans solution H2

Territoire test	Conclusion de l'analyse	Commentaires
1 - Saint-Girons	Favorable	Territoire favorable, hors de l'axe POCTEFA
2 - Lavelanet	Moyennement favorable	Besoin en mobilité insuffisant
3 - St-Jean-de-V.	Peu favorable	Besoin en mobilité insuffisant
4 - Foix	Très favorable	Territoire répondant à l'ensemble des critères
5 - Verniolle - Cap Delta	Favorable	Besoin en mobilité limité
6 - Varilhes	Moyennement favorable	Besoin en mobilité insuffisant

07/04/2021
Syndicat Départemental d'Énergies
2

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?



Mobilité H2 en territoire rural

Economie linéaire
1 kg H2 → 30€

Economie partenariale
1 kg H2 → 15€

Economie optimisée partenariale,
« circulaire », soutenue (APR, subventions)
Objectif max: 1 kg H2 → 10€

07/04/2021 Syndicat Départemental d'Énergies 3

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?



Aymeric De Vallon
TE38
Directeur du
Syndicat

D'un budget annuel de 50 M€, TE38 est l'un des acteurs majeurs des réseaux de distribution d'électricité, de gaz et d'éclairage public en Isère. Depuis quelques années, TE38 s'implique fortement en faveur de la transition énergétique, dans le conseil en énergies, le déploiement de bornes de recharge, la production d'énergies renouvelables, l'achat groupé d'énergies, et projette actuellement ses premières actions dans l'hydrogène.

<https://www.te38.fr/>

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?

Prise de notes :

Auvergne-Rhône-Alpes : région « leadeuse » européenne, avec le projet Zero Emission Valley (ZEV – 20 stations de recharge en 2023 et 1200 véhicules H2) notamment et de nombreuses entreprises du secteur hydrogène implantées sur le territoire.

TE38 compétent pour agir sur la mobilité électrique et H2 -> mobilisation des élu.e.s de TE38 pour soutenir financièrement les lancements initiaux, en déployant des stations car comme "l'œuf et la poule", elles sont indispensables. Parallèle existant avec l'expérience du réseau EBORN en mobilité électrique, où le déploiement de 1200 stations a permis une augmentation spectaculaire du taux d'équipements des foyers en Auvergne-Rhône-Alpes.

TE38 réalise :

- Pré-étude pour déployer des bornes de recharge pour vélos H2 sur des circuits touristiques dans le Vercors avec la Région ;
- Plusieurs projets de soutien financier à des stations multiénergies en Isère en cours de déploiement ;
- Etude en cours sur les potentiels d'avoir une fourniture d'H2 par hydroélectricité.

La mobilité H2 : un intérêt mais des vraies réserves à garder en tête :

- Une voiture H2 n'est pas entièrement « propre » et émet quand même 80 g de CO2 sur son cycle de vie, alors qu'une voiture essence en émet 160g ;
- Fabrication de l'H2 nécessite beaucoup d'énergie pour casser la liaison chimique H-O.
- Ratio à garder en tête : pour basculer toute la mobilité française en hydrogène (même si ce n'est pas le but), il faudrait doubler le parc nucléaire pour produire l'H2 ou multiplier par 15 le parc éolien.

-> La mobilité H2 est vertueuse avec de l'H2 vert et local uniquement, en complément d'autres mesures de sobriété, d'efficacité énergétique et de changement des comportements.

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?



Aurélien Vernier
EDF-CIH
Ingénieur Mécanique
au service Electro-
Mécanique du
Centre d'Ingénierie
Hydraulique d'EDF

Le CIH a développé ses compétences dans l'hydrogène avec la réalisation de différentes études d'électrolyseur et de pile à combustible pour le compte d'EDF Hydro, direction hydraulique d'EDF et d'HYNAMICS (Filiale du groupe EDF dans le domaine de l'Hydrogène).

En 2020, le CIH a encadré l'installation d'un groupe électrogène H2 au sein du Parc Nationale de La Vanoise sur un aménagement hydroélectrique isolé: Entre-Deux-Eaux. Deux autres opérations sont prévues en France dans les mois à venir sur des systèmes intégrant un électrolyseur. Il collabore depuis 2019 avec la Société Alpestre de Savoie pour le développement et l'installation d'un groupe électrogène H2 mobile pour alimenter un trayeuse dans le Beaufortain durant la saison de traite estivale en alpage.

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?



GROUPES HYDROGÈNE: EDF HYDRO ALPES AMÉNAGEMENT ENTRE-DEUX-EAUX (E2O)



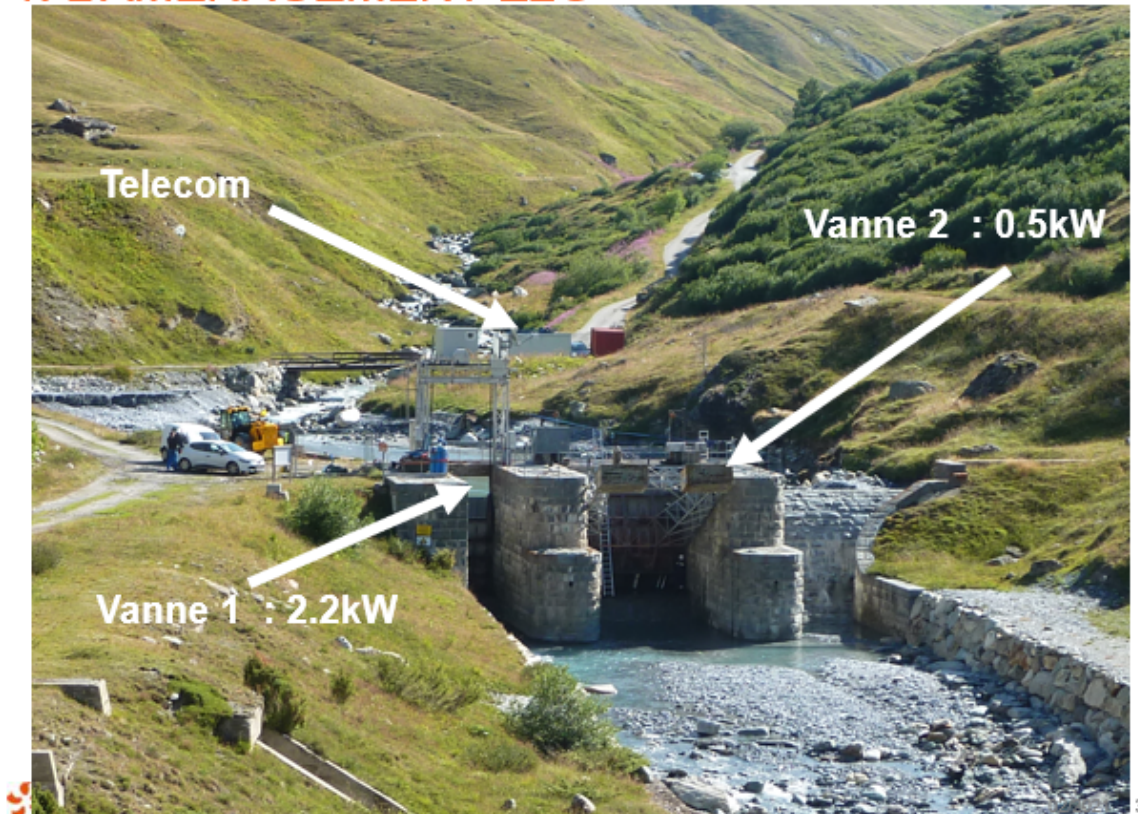
11/03/2021

1. L'AMÉNAGEMENT E2O



TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?

1. L'AMÉNAGEMENT E2O



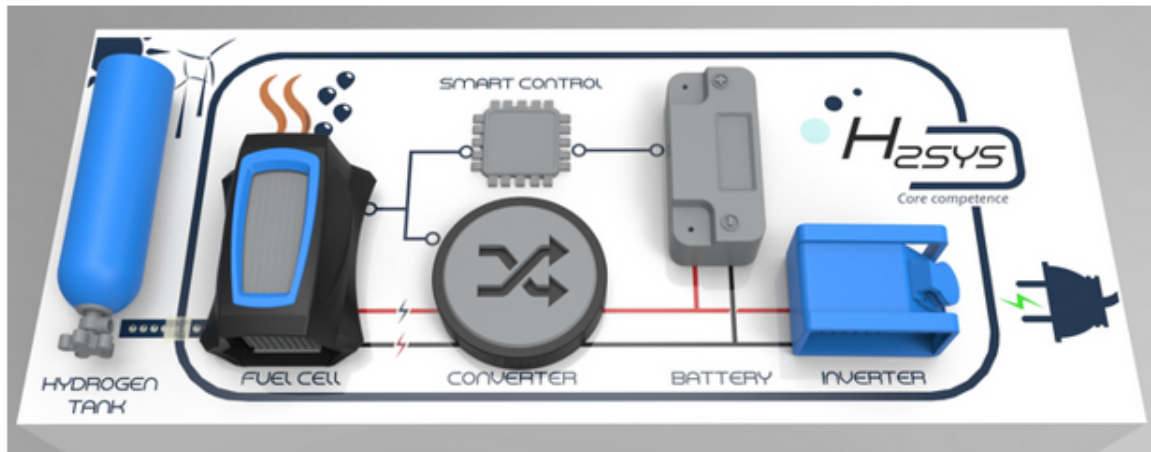
1. L'AMÉNAGEMENT E2O

- **Le besoin:**
 - Manœuvrer les vannes 2 fois par jour en crue, même la nuit, même en cas de mauvais temps
 - Alimenter de l'éclairage, de l'électroportatif pour des travaux sur la prise d'eau.
 - Alimenter un chauffage au local prise d'eau
- **Bilan :**
 - Energie :45 kWh par an
 - Puissance maximale : 6 kW (triphase)
 - Appel de puissance : 15kVA

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?

2. LE GROUPE ÉLECTROGÈNE AVEC PILE À COMBUSTIBLE H₂

- Schéma de principe:



03/2021 | 5

2. LE GE À PILE À COMBUSTIBLE H₂

- L'installation:



- Le stockage H₂:

- 2 racks de 18 bouteilles de 50 L à 200 bars en fibre de carbone
- Hydrogène « gris » mais « vert » à terme fourni par HYNAMICS (filiale d'EDF).



03/2021 | 8

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?

2. LE GE À PILE À COMBUSTIBLE H2

▪ Avantages:

- Pas de nuisance (sonore, olfactive, vibratoire)
- Pas d'émission de polluants dans l'air
- Pas d'émission de CO2 pendant l'utilisation (si H2 « vert »)
- Simplicité d'utilisation
- Dimensionnement pour une autonomie de 3 ans minimum (avec les hypothèses d'exploitation actuelles)
- Possibilité d'évoluer vers une autonomie complète avec l'installation d'un électrolyseur à la place des racks H2
- Optimisation de consommation grâce à l'hybridation avec le PV

▪ Inconvénients:

- Solution plus onéreuse que le thermique (pour le moment) de l'ordre de 3 à 5 fois
- Solution « jeune » donc scepticisme préventif (à prendre en compte pour l'acceptation).
- Aspects réglementaires et sécurité à prendre en compte.



TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?



**Sébastien Maillard-
Rosset**
**Société d'économie
alpestre de Savoie**
**Chargé de la
coordination à la
SEA73**

La Société d'économie alpestre de Savoie, créée en 1924, est une structure de conseil et médiation, de concertation et de décision opérationnelle pour l'économie alpestre. Elle regroupe l'ensemble des acteurs de l'alpage et a vocation à travailler pour ses membres. Par son expertise (études, diagnostics,...), elle participe à la gestion des espaces pastoraux savoyards, et apporte sa contribution au maintien et à la pérennité d'une activité agro-pastorale dynamique et durable. Elle œuvre pour le « bien vivre ensemble. En participant à l'élaboration des politiques de soutien au pastoralisme et à leur mise en œuvre, la SEA vise à l'amélioration des pratiques et des équipements des territoires pastoraux, ainsi que des conditions de vie des gens de l'Alpe.

En 2020, elle a développé avec le soutien d'EDF et des éleveurs du Beaufortain, un prototype de groupe électrogène mobile alimenté par hydrogène, pour la traite des bovins.

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?



LES ACTEURS IMPLIQUES

▪ Partenaires du Projet Roselend :



▪ Collectifs d'acteurs locaux :



▪ Structures institutionnelles



▪ Agriculteurs volontaires

- André Blanc-Gonnet
- Stéphane Frison-Roche
- Yvon Molliet-Ribet
- Jean-Michel Viallet

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?



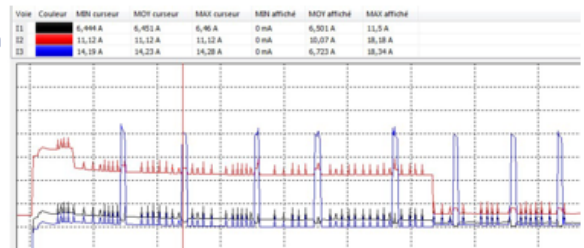
DESCRIPTION D'UNE MACHINE A TRAIRE



TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?

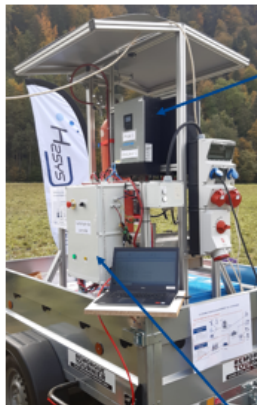
MESURES EN ALPAGES

- Traite du soir à La Gittaz le 2 juillet 2020
- Traite du matin à Plan de la Lai le 3 juillet 2020
- Mesures de :
 - Puissances et courant d'appel moteurs chauffe eau.
 - Puissances et courants stabilisés
 - Energie active, énergie réactive consommées sur une traite
- Résultats :
 - La Gittaz : puissances et consommations importantes du fait de la présence du transporteur. Site non retenu pour une première phase d'essai.
 - Plan de la Lai : pointes instantanées à 28 kVA, 6.2 kW régulièrement, forte différence sur une phase. Pour une traite, énergie de 7kWh. Compatible avec le prototype avec adaptation. Site retenu pour les essais.



PROTOYPE GENERATEUR HYDROGENE

- Non optimisé au niveau encombrement
- Non renforcé pour le transport en alpage



3 onduleurs (courant triphasé)
15 kVA permanent
30 kVA 5 secondes

pile à hydrogène
3,2 kW

batteries
4 x (12V, 250 Ah)
12 kWh

automate de contrôle



TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?

ORDRES DE GRANDEURS

1 Kg	2 traites d'alpage	8 litres	100 km
			
150 Kg	300 traites	1200 litres	15 000 km

Un éleveur sur une saison estivale ~5 mois
Environ 4 tonnes de CO2 évités

Retour d'expérience

VERBATIMS

CE QUE VOUS AVEZ AIME, APPRIS, LES POINTS FORTS

« J'ai apprécié le fait qu'il n'y ait pas de bruit, c'est le côté agréable »

« Il n'y pas le tracteur qui fume à côté »

« Côté énergie propre et image que l'on peut renvoyer sur le territoire, du beaufort. Pas de CO2 »

« Cela peut déboucher sur une démarche globale avec les autres acteurs »

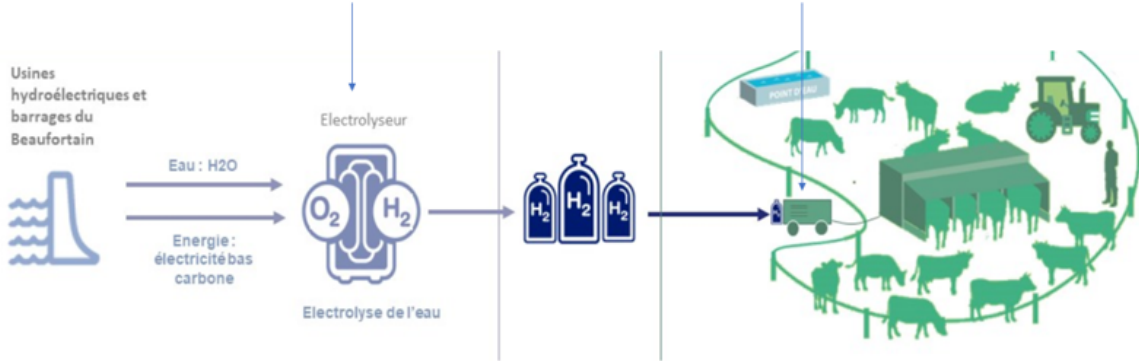
« Innovation, sujet nouveau qui interpelle »

« Une belle aventure commune entre les salariés d'EDF et les éleveurs qui ont tissé des liens »

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?

LA SUITE DU PROJET

NOTRE PROJET: produire de l'HYDROGENE VERT LOCAL et tester un démonstrateur de GROUPE ELECTROGENE A HYDROGENE



Merci

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?



William Rahain
Teréga
Chargé d'études
Stratégie et
Innovation

Implantée dans le Grand Sud-Ouest, carrefour des grands flux gaziers européens, Teréga déploie depuis plus de 70 ans un savoir-faire d'exception dans le développement d'infrastructures de transport et de stockage de gaz et conçoit aujourd'hui des solutions innovantes pour relever les grands défis énergétiques en France et en Europe. Véritable accélérateur de la transition énergétique, Teréga dispose de plus de 5000 km de canalisations et de deux stockages souterrains représentant respectivement 15.6% du réseau de transport de gaz français et 24.5% des capacités de stockage nationales. L'entreprise a réalisé en 2019 un chiffre d'affaires de 500 M€ et compte plus de 650 collaborateurs.

Vidéo de présentation

Une présentation globale de l'implication de Teréga en faveur des nouveaux gaz et nouveaux usages

Vidéo Nouveaux gaz et usages

Liens vers les pages de notre site internet sur notre implication pour le développement des gaz verts et des nouveaux usages

<https://www.terega.fr/>

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?

Lacq Hydrogen et HyGéo : la nouvelle épopée du gaz ?

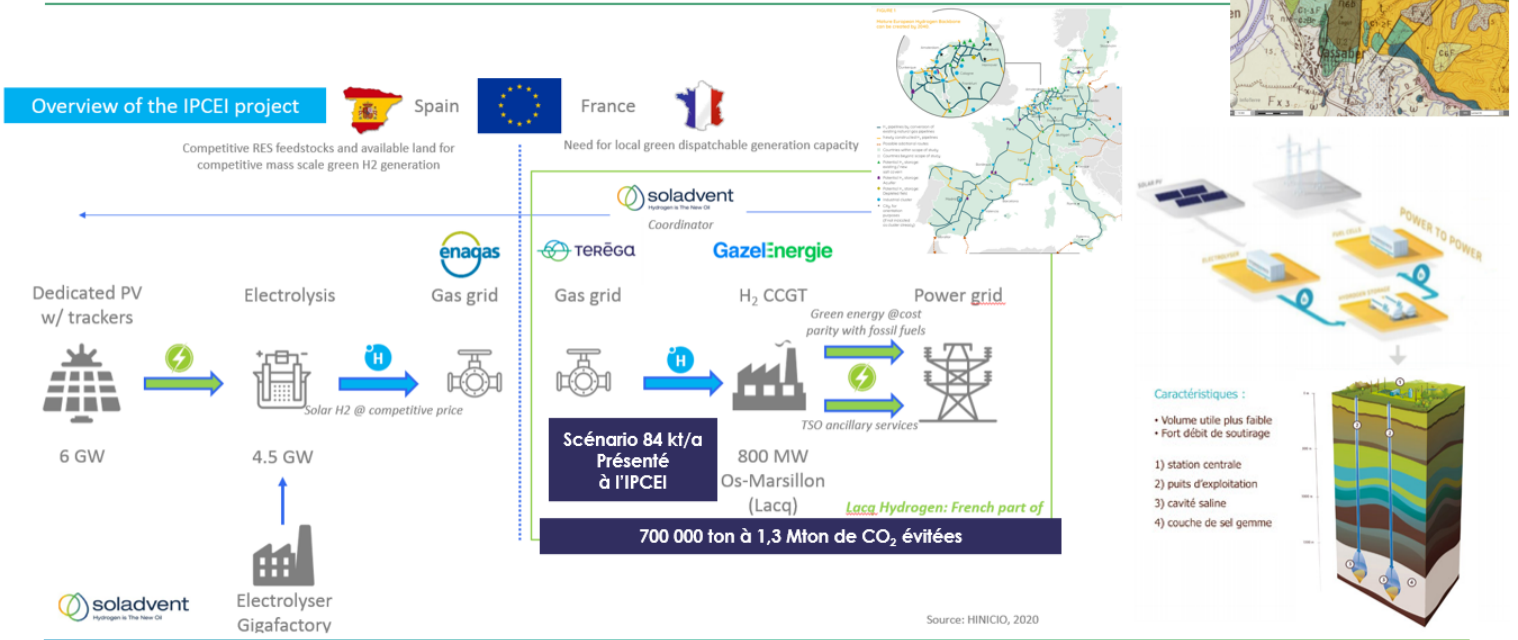


TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?

QUESTIONS/RÉPONSES

Question de la table ronde 2

Décalage entre présentation de Teréga et celle de la CRE sur stockage/transport d'H2 dans les réseaux gaziers et les difficultés en matière de qualité

Eléments de réponse

Teréga est un opérateur réglementé – objectif d'atteindre 3-4 €/kg d'H2 bas carbone, soit 80-100 €/KWh, proche du prix du biométhane, avec vertus assez similaires, il pourrait y avoir un intérêt économique pour baisser la teneur Carbone du réseau gazier et il y a déjà des projets qui sollicitent pour injecter dans les réseaux – il faut trouver des débouchés fiables pour les productions à rendre « bankable » suivant les zones de production et garder un électrolyseur chaud pour réactivité de réponses sur prix de l'électricité au marché Spot. Le mélange de grand cru avec de la piquette pourrait devenir intéressant au vu des baisses de prix de production.

CRE n'a pas de position contradictoire, le projet Teréga est un beau projet, on produit de l'électricité pas chère avec du PV en Espagne (et au Portugal), on pourrait produire de l'H₂, comment on le rapatrie dans les lieux de consommation. Le schéma est ok pour développer des réseaux d'H₂, faudra-t-il un régulateur sur réseau H₂ ? Et d'autres questions sur régulation, gestionnaire de réseaux H₂ ... que l'avenir éclairera.



Jean-Philippe Calmus
Secrétaire général
EAF

Depuis plus de 70 années, la Fédération Nationale des Producteurs Indépendants d'Electricité – dite Fédération Electricité Autonome Française – représente, défend et conseille les producteurs autonomes d'hydroélectricité.

Mobilisée pour préserver l'obligation d'achat et assurer à ses adhérents une valorisation optimale de leur production, la Fédération EAF, consciente des enjeux environnementaux, économiques et sociaux afférents à la diversification du mix énergétique français, soutient de cette façon une énergie électrique décentralisée.

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?

Prise de notes :

Volonté de mettre une multi-représentativité, un panel d'acteurs, autour de la table pour avoir un panel de la réalité. Dans un contexte particulier : commémoration accident nucléaire de Fukushima 2011, arrivée de J.Biden à la présidence des USA avec la possibilité de retravailler à limiter le réchauffement climatique, conditions de sécurité avec l'accident AZF à Toulouse en 2001, Occitanie comme territoire pertinent avec toutes les expériences mentionnées, magazine toulousain du jour avec promotion des actions pour H2 en 4ème de couverture, numéro spécial « solution H2 » de Sciences et Avenir en kiosque, qui ne mentionne malheureusement pas l'hydroélectricité comme source d'EnR, ...

Le colloque est pertinent et peut-être un peu impertinent en éclairant l'objet avec des réalités claires. : capacités d'innovation, intérêt du couplage, ancrage territorial, avec la production continue, la massification, les économies d'échelle, les hubs territoriaux, ... avec des freins, des besoins de consolidation des premières réalisations, on est dans le concret. La mobilisation du Parlement sur le sujet est parlante. C'est maintenant l'heure du rendez-vous industriel, pour encourager l'accessibilité partout et par tous, avec les aspects économiques et démocratiques. La base législative est une ordonnance élaborée par le pouvoir exécutif dans le cadre d'une loi d'habilitation, avec un débat parlementaire en cours, et des besoins de concertation.

Un acteur manque dans nos tables rondes, qui a fait savoir que notre problématique était un sujet périphérique ... c'est pourtant important de prendre en compte tous les acteurs de terrain dans une logique de proximité, notamment à la phase d'écriture des décrets d'application de l'ordonnance (pour éviter non-sens, incompréhensions, voire condamnations comme récemment dans le secteur de l'hydroélectricité).

TABLE RONDE - L'HYDROGÈNE, AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ ?

Prise de notes (suite) :

Le cadre juridique se tisse, il faut un dispositif d'appui économique, EAF va se mobiliser pour travailler à ce lien en se réjouissant de la nomination d'un coordonnateur de la stratégie nationale pour l'hydrogène décarboné au sein du secrétariat général aux investissements, placé auprès du Premier Ministre. C'est une avancée, avec la mise en place du Conseil National et le rôle moteur de l'Union Européenne dans la stratégie, pour reconnaître l'hydrogène propre et s'investir dans l'alliance européenne pour l'hydrogène. Il y a un intérêt à lancer un travail en vue de la COP26 de novembre 2021 à Glasgow, toute la pertinence du Réseau EREF présent ce jour à nos côtés (EAF en est membre fondateur) et de travailler ensemble au sein de l'Europe, avec projets transfrontaliers et renforçant les liens. Les stations d'appuis, dont l'hydroélectricité, sont importantes pour les territoires, on administre bien de près, avec la place des Régions, des EPCI, et du retour d'expériences des citoyens, etc.

L'hydrogène décarbonée sera une énergie respectueuse de la planète, comme l'est l'hydroélectricité, qui peut être un point d'appui, en mobilisant tous les acteurs, autour de la table, qui est une attente d'EAF. Remerciements aux participants et aux intervenants malgré les petits problèmes techniques. Citation de Jules Verne.

L'HYDROGENE, ÇA COULE DE SOURCE !

QUESTIONS DU TCHAT

Question du tchat

Éléments de réponse

Comment réguler les objectifs européens pour empêcher le développement des technologies H₂ autres que l'H₂ vert ? (P.Dubois)

Il y a des projets de territoire possible et qui ont du sens – y compris économique, entre l'approche méga-usines de production de masse et les productions locales réduites à un rôle « d'appui » (Gaiadis)

Est-ce que finalement le maillage envisagé avec l'hydrogène ne ressemble pas à celui du réseau électrique (grosses unités de production reliées entre elles, puis maillage plus fin avec unités de production locales) ? (LGM)

En effet, cela ressemble au réseau électrique ou de gaz naturel. Pour atteindre des prix compétitifs de l'H₂ bas carbone, ce schéma de grosses unités est nécessaire. Ensuite, les infrastructures gaz peuvent être réutilisées du fait de la décroissance du gaz naturel, intérêt de verdir le réseau de gaz. (Téréga)

Les consommateurs industriels diffus, i.e. consommant typiquement moins de 10 000 tH₂/an, éloignés des grands centres de production d'hydrogène, sont des cibles à privilégier :

- Pour des raisons économiques : si l'hydrogène industriel est produit à un coût faible dans les sites industriels (de 1,5 à 2€/kg), le conditionnement et l'acheminement en détail aux sites consommateurs conduit à des prix élevés, entre 10 et 20€/kg. L'hydrogène produit par électrolyse ou à partir de ressources biomasse peut être compétitif sur ce segment. Page 12/15 de la fiche technique ADEME 2018 « L'hydrogène dans la transition énergétique » (ADEME).

Il y a-t-il vraiment une pertinence (technique et économique) à l'hydrogène pour la mobilité légère quand on sait que l'électrique devient mature avec des autonomies de plus en plus importantes ? Là où l'hydrogène pour la mobilité lourde est effectivement beaucoup plus pertinente. (anonyme)

La priorité est donnée à la mobilité lourde dans nos AAP (ADEME), vous avez raison. La mobilité légère a été prise comme exemple pour des raisons de disponibilité des données dans le cadre de l'ACV ADEME.

1MWh en équivalent Energy de l'H₂ produit par heure ou par jour ou c'est encore une référence à la puissance de l'électrolyseur, et si c'est le cas, à approximativement 55kW/kg, cela veut dire qu'un électrolyseur de 1MWh peut produire 1000/55 = 18kg/h ou 432 kg/jour ? (J. Rault)

Cette valeur de 400 kgH₂/jour est une valeur moyenne indicative, correspondant bien au 1MWh de l'électrolyseur selon moi (ADEME)

Est-ce que les accidents avec le GNL ont réellement ralenti le déploiement ?

Au départ, oui, avant l'interdiction de stationnement des véhicules dans les parkings souterrains non équipés de soupape de sécurité.

Question du tchat

Éléments de réponse

Définir l'H₂ propre comme celui état produit à partir d'EnR est une vision tronquée ? Aujourd'hui, la production d'EnR englobe beaucoup de sources d'énergie qui sont parfois issues de la valorisation des déchets ... Les autres pays européens vont suivre la vision française, dont la suppression de la notion de couleurs. (J.Bureau)

Pourquoi les électrolyseurs ont une durée de vie supérieure aux piles à combustibles ?

De manière simplifiée, cela s'explique par le fait que les piles à combustible « respirent » plus mécaniquement puisqu'il faut en permanence injecter l'air et évacuer en permanence l'eau (le tout en diphasique liquide/gaz). Cela va user plus rapidement les piles à combustible. Un électrolyseur va être complètement en permanence rempli d'eau et les gaz produits vont pouvoir être évacués assez naturellement en exploitant leur légèreté. Donc moins de contraintes. Ce qui explique en partie cette différence de durée de vie. Pour aller plus loin, il faut entrer dans les détails. (Laplace)

Ok donc encore une fois pour ne pas orienter tout sur l'électrolyse, il serait bien de parler de minimum de production et pas de MW (lié à l'électrolyse), le but étant de produire de l'hydrogène vert à coût compétitif et non pas à produire des électrolyseurs ... donc fixer les projets à minimum 400 kg/jour.

Un des grands enjeux du plan national (54% du budget sur la période 2020-2023) est la décarbonation massive de l'industrie (900ktonne d'H₂ carboné consommé par an en France). Pour parvenir, cela doit passer par une production décarbonée avec une technologie mature déployable dans les 3 années à venir > l'électrolyse. C'est pour cela que les premiers AAP lancés dans le cadre de ce plan cible l'électrolyse en priorité.

Il s'agit bien là de créer les conditions favorables à une industrialisation de la technologie qui puisse profiter aux acteurs économiques français et créer une véritable filière à forte valeur ajoutée (emplois, chiffre d'affaire, etc.). (HYDEO)

L'ordonnance du 17 février 2021 ne prévoit qu'un dispositif de soutien pour les électrolyseurs (et pour la recherche). (CRE)

Comment voulez-vous partir sur une solution décarbonée si vous ne différenciez pas l'origine de l'hydrogène et son mode de production ? (J.Bureau)

Il y a t'il un marché pour les chaudières de bâtiment à l'hydrogène ? (LGM)

Avez-vous le lien pour l'étude cycle de vie sur l'hydrogène ?

<https://www.ademe.fr/analyse-cycle-vie-relative-a-lhydrogene>

Electrolyse et hydroélectricité

Le rendement typique de la chaîne production électricité/H₂/Pile à combustible va être de 30-35% pour les électrolyseurs basse température. Théoriquement, on pourrait tendre vers 50%. Je pense qu'à l'avenir, on pourrait tendre vers 40% (Laboratoire Laplace).

L'HYDROGENE, ÇA COULE DE SOURCE !

QUESTIONS DU TCHAT

Question du tchat

Le coût de production de l'H2 bas carbone est similaire à celui du biométhane pour des vertus équivalentes pour le consommateur, donc même intérêt pour les injections dans les réseaux de gaz naturel (Téréga)
<https://www.terega.fr/newsroom/nos-actualites/infrastructures-gazieres-un-atout-pour-le-developpement-de-lhydrogene-en-france>

Quels sont les usages intolérants à H2 ? N'y a-t-il pas un décalage entre le discours de M.Lafaille (CRE) sur l'incompatibilité du réseau gaz naturel avec H2 et celui de M.Rahain (Téréga) qui prouve le contraire ? (J-E Lefaucheur)

Présentation de M.Rahain sous-ensemble du projet HyDeal ? (Gaïadis)

Pour le régime déclaratif-autorisation du stockage H2, est-ce que le critère 1T concerne uniquement les réservoirs ... ou inclut le/les véhicule(s) H2 présents sur zone pour le calcul du volume H2 ? (Sauge Hydrogen)

Serait-il intéressant d'avoir une production bivalente, par exemple hydrogène en base qui pourrait s'effacer pour soutenir le réseau électrique en cas de besoin ? (D.Paget)

Les territoires ont-ils tous lancé des études de potentiel de production à partir des petites, voire très petites centrales hydroélectriques ? Comment se gère le conflit avec la continuité écologique qui tend à détruire les barrages ? (D.Paget)

Le couplage hydro/H2 peut-il être une piste pour un modèle économique pour le déploiement des petites STEP ? (Hydrocoop)

Éléments de réponse

Il faut prendre en compte les usages qui, pour certains, n'acceptent aucune molécule hydrogène. Une solution : la méthanation (coût actuel 150 à 200€/MWh) à comparer au CH4 (moins de 20€ aujourd'hui). (CRE).

→ Tout dépend du coût du CO2 émis #neutralitecarbone (Téréga).

→ Pour que la méthanation soit économiquement rentable, il faut un prix d'environ 200 €/tCO2 (rapport PEPS4). A ce prix, il risque de ne plus avoir de gaz naturel dans les tuyaux (CRE)

→ Une des stratégies aujourd'hui consiste à capter le CO2 et à l'associer à de l'H2 vert afin de créer un méthane à neutralité carbone (biométhane et non méthane de synthèse). Le gaz naturel a encore de beaux jours devant. E rapport PEPS4 commence à dater, les coûts évoluent rapidement et vont encore évoluer. (Téréga)

Oui, mais l'injection directe a un rendement énergétique plutôt faible comparé à une PAC (J.Bureau)

Oui tout à fait dans la mesure où les petites STEP adapte la production d'électricité à la demande de l'électrolyseur et ainsi le limiter le problème du stockage du gaz avant livraison.

C'est encore mieux si bien sûr la STEP se trouve à proximité d'un réseau routier important. (L.Cantos – Ondulia)

RETOURS DES PARTICIPANTS SUR LES INTERVENTIONS AU COLLOQUE ET L'ORGANISATION

- ✓ Bravo pour l'organisation de ce colloque très rythmé
 - ✓ Merci à tout le monde pour ces exposés très constructifs et instructifs... même si pour moi ce webinar est vraiment trop tôt (3h à Montréal!)
 - ✓ Bravo à ATESyn et EAF, rare de savoir donner du temps de façon posée aux intervenants
 - ✓ J'ai trouvé cet échange très riche et j'ai beaucoup appris sur cette technologie, merci.
 - ✓ Un colloque très instructif et dynamique par sa variété d'intervenants – pédagogique pour ceux qui n'y connaissent pas grand chose
 - ✓ Bravo et félicitations aux organisateurs
 - ✓ Un colloque enrichissant, constructif et non dogmatique, bravo
 - ✓ Bravo pour ce colloque très intéressant, qui vous a demandé des trésors de patience face aux soucis de connexion !
 - ✓ Merci aux organisateurs, à toutes les personnes qui ont permis le bon déroulement de ce colloque et aux intervenants pour la qualité et la clarté de leurs présentations - La filière H2 est dynamique et c'est très plaisant !
 - ✓ Superbes présentations ce matin, speakers de grande qualité. Etant personnellement haut-savoyard, amoureux de la montagne, ex-Alstom hydro, ex-habitant du Vercors aussi et président de la société Xydrogen, je suis comblé par ce colloque
- ✓ Donnons-nous de l'oxygène avec l'hydrogène

L'HYDROGÈNE, ÇA COULE DE SOURCE !

COORDONNÉES DES INTERVENANTS

Nom	Prénom	Structure représentée	E-mail	Mobile
ARNOUX	STEPHANE	DELEGATION FRANCE HYDROGENE OCCITANIE	S.ARNOUX@QAIR.ENERGY	07 62 72 88 57
AZZARO-PANTEL	Catherine	Toulouse INP-ENSIACET	catherine.azzaropantel@toulouse-inp.fr	06 72 28 88 36
BRUNIAU	Christophe	ITM Power	cbruniau@itm-power.com	06 82 30 20 70
CALMUS	Jean-Philippe	Fédération EAF	jpcalmus@gmail.com	06 81 38 28 58
CANTOS	LILIAN	ONDULIA	lilian.cantos@ondulia.fr	06 85 80 88 72
CASTILLON	Mathilde	ATESyn	mathilde.castillon@atesyn.fr	06 31 60 92 01
DE VALON	Aymeric	TE38 - Territoire d'énergie Isère	adevalon@te38.fr	06 46 90 05 31
DELPON	Michel	Député	michel.delpon@assemblee-nationale.fr	
FALETTI	Roger	Fédération EAF	r.faletti@free.fr	06 13 42 94 56
FEVRE	Benjamin	AD'OCC - HYDEO	benjamin.fevre@agence-adocc.com	
GONCALVES	Gilles	Syndicat Départemental d'Energies de l'Ariège	g.goncalves@sde09.fr	
GOUZY	Carole	ATESyn	carole.gouzy@atesyn.fr	06 14 66 18 96
GREMILLET	Daniel	Sénateur	D.GREMILLET@senat.fr	
LAFFAILLE	Didier	Commission de régulation de l'énergie	didier.laffaille@cre.fr	07 62 86 91 53
MAILLAND-CROSSET	Sébastien	Société d'Economie Alpestre Savoie	smailland@sea73.fr	06 64 25 93 23
MERCIER	Claire-Emmanuelle	ATESyn	claire-emmanuelle.mercier@atesyn.fr	06 28 27 93 11
PAYS	Robert	Fédération EAF	robertpays@gmail.com	
PRIVAT	SOPHIE	ATESyn	sophie.privat@atesyn.fr	06 85 13 41 96
PUYGRENIER	Samuel	ADEME	samuel.puygrenier@ademe.fr	04 67 99 81 21
RAHAIN	William	Teréga	william.rahain@terega.fr	06 01 01 07 73
TURPIN	Christophe	INP - Laboratoire LAPLACE	turpin@laplace.univ-tlse.fr	
VERNIER	Aurelien	EDF HYDRO	aurelien.vernier@edf.fr	07 64 27 82 63
VOLLMER	Johannes	EREF	johannes.vollmer@eref-europe.org	

Et un grand merci aux organisateurs d'une grande efficacité :

À l'INP Toulouse – SAIC : Marlène Giamporcaro et Johanna Artico

À ATESyn : Sophie Privat, Claire-Emmanuelle Mercier, Carole Gouzy et Mathilde Castillon

À la fédération EAF : Robert Pays et Jean-Philippe Calmus