Société d'Etudes et de Conseils Mathématiques SAS
Outils d'aide à la décision
depuis 1995

La Pile à Combustible et l'hydrogène
Manipulations en tous genres

Bernard Beauzamy
novembre 2026

Résumé

En 2022, la SNCF, Direction de la Sécurité, nous a passé un contrat : pouvons-nous équiper nos trains de piles à combustible ? Réponse immédiate : évidemment non, aucune démonstration de sûreté n'existe et les accidents causés par l'hydrogène sont très graves.

On croit rêver : le CO2 est un gaz bien ordinaire, inerte, indispensable à la vie. Pourtant, il est l'objet de toutes les inquiétudes, de toutes les attentions, de toutes les restrictions : on met partout des normes, des seuils ; quiconque émet du CO2 est un monstre, un assassin, un destructeur de la Planète.

A l'inverse, l'hydrogène est un gaz dangereux, délicat à manipuler. Il est l'objet de toutes les sollicitudes : quiconque s'y intéresse est flatté par la presse et reçoit des subventions considérables. Les Pouvoirs Publics encouragent le développement d'une filière de production d'énergie, auprès du grand public, pour laquelle la sécurité n'est pas assurée. En cas d'accident, une inculpation pour mise en danger de la vie d'autrui s'impose.

La filière a été créée sur arrière plan de décarbonation ; tout ce qui peut produire une énergie sans carbone est bon à prendre et l'ADEME en fait immédiatement la promotion, à grands coups de subventions portant sur des milliards d'€.

En définitive, la filière s'est effondrée, non pas du fait d'accidents (ils ne sont pas répertoriés, à la différence de ce que fait la filière nucléaire), mais du fait de l'absence complète de rentabilité. Le Département de la Manche, qui se posait comme pionnier en la matière, a clôturé tous ses projets, Alstom a fait de même pour le train à hydrogène.

Le 30/01/2025, l'Usine Nouvelle titre "Faire émerger une filière française de l'électrolyse est une des trois priorités de la stratégie hydrogène française adoptée en 2020 et dotée de 9 milliards d'€. Mais, dès février 2025, Elogen (filiale de GTT) suspend puis met fin à son projet de gigafactory d'électrolyseurs à hydrogène à Vendôme (Villiers-sur-Loir), avant de procéder à sa déconstruction.

Les Collectivités Locales et les entreprises qui ont écouté les promesses du politiquement correct ont perdu beaucoup d'argent. Les responsables, qui avaient toute capacité pour se documenter, pourraient être poursuivis pour tromperie aggravée.

I. Notre intérêt pour le sujet

Il remonte à 2022 et à une question que nous a posée la SNCF : "On nous demande de décarboner notre activité et, en particulier, de voir si nous pouvons équiper nos trains de piles à combustible, de manière à utiliser l'hydrogène pour produire l'électricité. Qu'en pensez-vous ?"

Rappelons brièvement qu'une pile à combustible produit de l'électricité en combinant l'oxygène de l'air (supposé inépuisable) avec de l'hydrogène, préalablement stocké. L'hydrogène existe en abondance ; la filière paraît prometteuse.

L'investigation de la question posée a mis en évidence une mystification, complètement analogue à celles vues au cours des chapitres précédents, et même pire à plusieurs aspects. L'investigation préliminaire a en effet montré que l'hydrogène est un gaz fondamentalement dangereux et qu'aucune démonstration de sûreté n'a jamais été réalisée.

Nous avons immédiatement communiqué ce résultat à la SNCF, qui en a tiré les conclusions nécessaires. Le rôle de la SNCF est de transporter des voyageurs, dans les meilleures conditions de sécurité ; ce n'est pas à la SNCF de faire de la R&D pour voir si la pile à combustible est fiable ou non. Pour le moment, il n'existe aucune Autorité de Sûreté de l'Hydrogène (qui serait l'analogue de l'Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection) ; en l'absence de toute certification, la SNCF ne peut courir le risque. On imagine les hurlements des voyageurs (en l'occurrence justifiés) si un accident devait se produire du fait de l'explosion de l'hydrogène dans un tunnel : comment osez-vous transporter des voyageurs alors que le mode de production d'énergie n'a fait l'objet d'aucune certification ? Epouvantable scandale.

Pour parvenir à ce résultat, nous avons simplement passé en revue la liste des accidents recensés par le Bureau qui s'en occupe (le BARPI, voir plus bas) et lu les articles qui traitent de la question : travail très élémentaire, mais qui n'a jamais été fait par les pouvoirs publics.

Nous avons ensuite découvert que :
- La filière ainsi promue n'a aucune rentabilité économique ;
- Il n'y a aucun besoin solvable ; personne n'a jamais demandé quoi que ce soit de ce type, mais il y a d'énormes subventions ;
- Tous les organismes compétents sur ces questions (l'ADEME en premier lieu) ont lancé d'innombrables travaux assurant la validité, la fiabilité, la rentabilité de la filière hydrogène.

Bien entendu, tout ceci s'est écroulé avec les premières expérimentations, mais personne ne le reconnaît officiellement : ce n'est qu'une affaire de temps, affirme-t-on. Personne ne reconnaîtra qu'il y a eu manipulation de l'opinion et tentative d'escroquerie en bande organisée.

On ne peut parler de "scandale" : un scandale est relatif à un événement ponctuel, objet de la réprobation de toute une communauté. Ici, bien au contraire, nous sommes en présence d'un continuum de décisions absurdes, ruineuses, souvent dangereuses, mais ratifiées par toute la

communauté puisqu'il s'agit de sauver la planète. Aucune des règles de base, qui s'imposent habituellement pour tout nouvel équipement, n'est respectée en l'occurrence. Nous voyons ici toute une population, à genoux, le dos courbé, psalmodiant à l'infini "il faut sauver la planète".

C'est l'aboutissement de 50 années d'obscurantisme, de déclin intellectuel et de négation de l'esprit scientifique. Prenons les choses dans l'ordre.

II. Les démonstrations de sûreté

A. Structurer la filière

La filière nucléaire, en France, est très bien structurée : une Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection (ASNR), qui a tout pouvoir pour stopper une installation si elle l'estime nécessaire. Les principaux industriels (EDF, Framatome, etc.) ont des centres de recherche, qui savent rédiger des démonstrations de sûreté. Le retour d'expérience est permanent et le moindre incident est rendu public et analysé. Le résultat est que le nombre d'incidents ou accidents est infime, incomparablement plus faible que ce que l'on rencontre dans l'exploitation de l'hydrogène.

Pour la filière hydrogène, il n'y a rien : le retour d'expérience en ce qui concerne les accidents est géré par le BARPI (Bureau d'analyse des risques et pollutions industriels), rattaché au ministère de la Transition écologique. Il recense et analyse les accidents technologiques liés à l'hydrogène via la base de données ARIA ; elle comporte un échantillon de 215 événements impliquant ce gaz. La synthèse s'arrête en 2009 [aria].

On est frappé par ceci : alors que l'hydrogène existe de toute éternité, et en abondance, l'humanité n'est jamais parvenue à le domestiquer.

On reste pantois : dans le domaine du nucléaire, pour l'aviation civile, les accidents et incidents sont l'objet d'un suivi immédiat et permanent. Ici, le bureau en charge de la question ne recense rien depuis plus de 15 ans, alors que l'Etat cherche à toute force à développer la filière.

N'importe qui peut monter un projet "véhicule à hydrogène" en prétendant sauver la planète, et il recevra les subventions appropriées. La filière consiste en la juxtaposition d'une infinité de petits projets, tous entièrement dépourvus d'utilité économique ; aucun n'a fait l'objet d'une analyse de sûreté. Les accidents sont nombreux et, insiste le BARPI, dans l'ensemble très graves.

B. Quels sont les risques ?

Le BARPI a rédigé un document bien fait, intitulé "Accidentologie de l'hydrogène" ; il comporte l'analyse de 215 accidents répertoriés dans la base de données ARIA, survenus avant le 1er juillet 2007. Il indique :

L'une des spécificités des accidents impliquant de l'hydrogène est la gravité de leurs conséquences. Les principales caractéristiques physico-chimiques de l'hydrogène entraînent des risques particuliers ; il s'agit notamment de :

- sa faible masse molaire et sa petite taille qui le rendent prompt à fuir ;
- son extrême inflammabilité et sa faible énergie d'inflammation ;
- sa capacité à fragiliser les propriétés mécaniques des métaux et des al-liages ;
- ses réactions violentes avec certains composés, compte tenu de son carac-tère réducteur.

Sur l'inflammabilité, le BARPI indique :

Le risque principal lié à l'hydrogène est celui de l'incendie ou de l'explosion (84% des accidents recensés), du fait de son domaine d'inflammabilité très large (de 4 à 75% dans l'air, plus large encore dans des atmosphères enrichies en oxygène ou en chlore), ainsi que de sa très faible énergie d'activation. Les sources d'ignition des nuages inflammables formés par l'hydrogène sont multiples dans l'accidentologie : point chaud, foudre, origine électrique, étincelle mécanique ou encore électricité statique).

Pour une démonstration de sûreté, les installations devront faire l'objet d'une surveillance constante. Bien sûr, les ingénieurs sont habitués à l'oxydation des métaux ; on s'en protège par des peintures appropriées et des vérifications régulières. Mais ici nous sommes complètement en "terra incognita" : cette fragilisation est-elle rapide ? quels métaux ou alliages sont concernés ? Ce point n'est abordé dans aucun des articles que nous avons consultés, alors qu'une démonstration de sûreté vise à couvrir toute l'exploitation de l'équipement, et pas seulement l'instant T0 où il est déclaré "bon pour le service".

Si des prestataires veulent faire rouler des trains à hydrogène sur le réseau français, ils devront indiquer par avance quelles précautions seront prises pour tenir compte de la capacité de l'hydrogène à fragiliser les propriétés mécaniques des métaux et des alliages ; y aura-t-il des inspections régulières ? avec quelle périodicité et pendant combien de temps ? mettra-t-on en place des protections (physiques ou chimiques) particulières, si oui lesquelles ?

Le coût de ces vérifications périodiques doit être pris en compte dans le coût d'exploitation de la filière.

C. Malhonnêteté d'une large majorité d'articles scientifiques

L'intérêt porté à l'hydrogène tient actuellement à de mauvaises raisons : la combustion n'émet pas de CO2 et la lutte contre le CO2 est considérée comme une priorité par les politiques. Les scientifiques, toujours en quête de crédits, s'empressent d'écrire des articles soutenant le bien fondé des choix politiques ; pour surprenante qu'elle soit, cette réalité n'est pas nouvelle. Si un article commence par quelque chose du genre :

"À l'heure où la transition écologique est l'une des grandes priorités à l'échelle internationale, de plus en plus d'acteurs s'attèlent pour imaginer des solutions durables respectueuses de l'environnement […]. Il s'agit de positionner l'hydrogène comme une option pertinente pour verdir le secteur"…on peut être sûr de la malhonnêteté de l'auteur.

Par conséquent, l'abondance d'articles concluant à la parfaite stabilité de la pile à combustible, sa résistance à toutes les formes d'agression, sa sécurité en général, doit alerter le décideur, qui se dira qu'il y a "anguille sous roche".

Nous recherchons ici s'il y a un seul article bien rédigé, et non s'il y a quantité d'articles mal rédigés. En science, la vérité ne résulte pas d'une majorité d'opinions.

D. Faisabilité technique

Il est complètement évident que la pile à combustible est techniquement possible et que, en prenant son temps, on peut écrire une démonstration de sûreté à ce propos. On pourrait dire de même à propos de toutes les sources d'énergie, utilisées ou non. Nous-mêmes ne voyons aucun inconvénient de principe à participer à la rédaction d'une démonstration de sûreté pour l'hydrogène, si on nous le demande. Nous n'avons aucun a priori négatif, simplement il faut être attentif aux détails.

Une analyse critique ne portera pas sur la faisabilité technique d'ensemble, à horizon plus ou moins lointain, mais sur le respect, au moment présent, des normes de sécurité existantes. C'est très différent, et complètement factuel.

III. Les projets

Dès 2010, l'ADEME présente le Bilan de la thématique Hydrogène du Programme d'investissements d'avenir (PIA). L'Agence précise "projets innovants, avec leur répartition régionale, financés dans les différents domaines, notamment la production d'hydrogène pour l'industrie, les écosystèmes de mobilité hydrogène et l'équilibre, à moyen terme, des réseaux énergétiques. 69 projets ont été déposés depuis 2011 sur les thématiques hydrogène et power-to-gas. À fin mars 2020, 24 projets ont été retenus pour financement. Les projets financés regroupent 59 bénéficiaires directement aidés à hauteur de 83,1 M€ pour un budget total des projets de 275,7 M€."

"67,8 % du montant total des aides octroyées concernent des grandes entreprises, même si elles ne représentent que 49,2% des bénéficiaires. Les grandes entreprises se sont mobilisées sur des projets de grande ampleur et les aides attribuées sont en rapport avec le coût élevé de ces projets. Les PME sont également fortement impliquées. Elles constituent 28,8% des bénéficiaires. Le PIA a également permis de soutenir l'industrialisation de deux équipementiers français dans le domaine de l'électrolyse, alcaline et PEM, par le mécanisme des prises de participation à hauteur de 25,5 M€."

A titre d'exemple, HyAMMED - L'hydrogène à Aix-Marseille pour une mobilité écologique et durable :

"Le projet vise à développer le transport de marchandises par camions électriques à hydrogène, rechargés à une station d'hydrogène renouvelable ou bas carbone produit par électrolyse sur le site de Kem One, exploitée par Air Liquide à Fos-sur-Mer. Il amorce une mobilité lourde plus durable pour le transport routier de marchandises sur ce territoire industriel à forts enjeux environnementaux."

On trouve sur le site de l'ADEME une liste de 46 projets hydrogène soutenus par l'agence. L'ADEME continue à se cramponner au dogme de la décarbonation, évidemment aidée par des entreprises comme Air Liquide, qui y voient une source de subventions. Sur le site de l'ADEME, il n'y a aucune référence à l'échec des projets.

Dans le domaine des transports, un bon nombre d'essais de véhicules à hydrogène et même de trains fonctionnant avec une pile à combustible ont été tentés. Le plus ancien est Coradia iLint, d'Alstom, entré en service commercial en 2018 en Allemagne. Il transportait 300 passagers par jour.

En France, des rames Régiolis H2 ont été commandées à Alstom, le constructeur, par quatre régions : Bourgogne-Franche-Comté, Grand Est, Auvergne Rhône-Alpes et Occitanie. La mise en circulation commerciale était prévue fin 2025 ; elle concernait 12 à 14 rames à hydrogène. Le coût global du projet était d'environ 230 M€ ; la SNCF y participait à hauteur de 8 M€.

Prenons un exemple concret : un dossier de presse du 15/09/2020 :
H2 Manche, territoire d'hydrogène vert.

"Pionner reconnu de la mobilité hydrogène en étant la première collectivité à avoir construit en 2015 une station de distribution pour une flotte qui compte désormais une vingtaine de véhicules, le Département de la Manche a poursuivi son investissement dans l'hydrogène en innovant régulièrement : en 2017 avec le projet BHYKE, visant à tester une vingtaine de vélos hydrogène répartis sur les territoires de Saint-Lô et de Cherbourg (expérimentation clôturée fin octobre 2019), aujourd'hui avec la construction de cinq trackers qui permettront de capter l'énergie solaire pour produire, par électrolyse, un hydrogène renouvelable (30 kg/j).

"Dans le cadre de son implication en faveur de la transition écologique, et après avoir innové avec les véhicules légers puis les vélos, le Département de la Manche a poursuivi son investissement de la mobilité hydrogène en contribuant à l'émergence d'un projet de mobilité poids-lourds. Initié mi-2019, le développement de ce projet nommé « ETHyR CoManche » se poursuit en 2020 dans la perspective d'une réponse au prochain appel à projet « Mobilité H2 » de l'ADEME.

"Après l'Allemagne puis la Commission Européenne, le gouvernement français a annoncé le 3 septembre dernier lors de la présentation de son plan de relance, un ambitieux plan en faveur de l'hydrogène à hauteur de 7 milliards d'euros. Ce coup d'accélérateur au développement de la filière hydrogène, qui prévoit l'instauration d'aides financières à la production d'hydrogène vert, permettra à la mobilité hydrogène de devenir compétitive.

"Le Département de la Manche poursuit son action de consolidation de l'éco-système hydrogène territorial en lançant une initiative hydrogène manchoise intitulée H2 MANCHE : Territoire d'hydrogène vert".

IV. Situation de la filière

De 2023 à 2026, seuls des Lint 54 sont encore commercialisés, mais avec un moteur à hydrogène, ils sont de ce fait surnommés iLint. Suite à des problèmes liés à cette nouvelle technologie, Alstom fera marche arrière fin 2025 et recommencera à construire des trains thermiques.

D'autres essais de véhicules à hydrogène ont été lancés, sans succès. Le Département de la Manche a lancé en 2017 le projet BHYKE, visant à tester une vingtaine de vélos à hydrogène répartis sur les territoires de Saint-Lô et de Cherbourg ; l'expérimentation a été clôturée fin octobre 2019, sans qu'on sache pourquoi. L'apparition d'un nouveau projet "hydrogène" est reprise par toute la presse ; sa disparition se fait dans le silence général.

On lit dans la presse :
"Après des années d'euphorie et d'annonces grandioses, la filière de l'hydrogène décarboné traverse une crise majeure, marquée par un net retour à la réalité commerciale et industrielle depuis 2024-2025 [1], [2], [3]. Ces difficultés s'expliquent par un cumul d'obstacles économiques, techniques et réglementaires :

1. Une équation économique intenable

• Des coûts de production prohibitifs. L'hydrogène vert (produit par électrolyse) reste 2 à 4 fois plus cher que l'hydrogène gris issu des énergies fossiles. L'inflation des matériaux et le coût de l'électricité décarbonée ont encore alourdi la facture [4], [5], [6].

• L'absence de demande solvable. Sans subventions massives, les industriels peinent à trouver des clients prêts à payer ce surcoût. En 2025, la quasi-totalité des grands projets français n'ont pas atteint le stade de la décision finale d'investissement [7].

2. Une vague d'annulations et de défaillances

• Le gel des projets mondiaux. À l'échelle mondiale, plus de 60 projets majeurs d'hydrogène vert ont été annulés rien qu'en 2025, et environ 75 % des projets accusent d'importants retards. En juillet 2026, la Commission européenne a même reconnu que seulement 5 % des capacités d'électrolyse visées pour 2025 avaient été réellement déployées [8], [9], [10].

• Des acteurs industriels en difficulté. En France, la filière a enchaîné les coups durs : abandon de la gigafactory d'Elogen à Vendôme, pertes financières lourdes chez les fabricants d'électrolyseurs (comme McPhy ou GTT), et tri drastique dans les portefeuilles de projets de développeurs comme HDF Energy [11].

3. Le recul sur la mobilité et les limites physiques

• L'abandon dans les transports légers. L'hydrogène perd son duel face aux batteries électriques. Le constructeur Stellantis a par exemple annoncé l'arrêt de sa production d'utilitaires à hydrogène, tandis que plusieurs collectivités (comme Dijon Métropole) ont renoncé aux bus à hydrogène jugés trop coûteux à l'usage.

• Un faible rendement énergétique. Transformer de l'électricité en hydrogène, le comprimer à 700 bars (ou le liquéfier à -253 °C), puis le reconvertir en électricité entraîne une perte d'environ 70 % de l'énergie initiale, ce qui le rend peu pertinent là où l'électrification directe est possible [12], [13], [14].

4. Des lenteurs politiques et réglementaires

• Un cadre juridique incomplet. L'industrie souffre du retard de transposition des directives européennes (la France et 25 autres pays ont été épinglés par Bruxelles en septembre 2026), ce qui bloque la visibilité sur les règles de transport et de subvention.

• La révision à la baisse des objectifs. Face au mur des réalités, l'État français a dû revoir ses ambitions à la baisse dans sa Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE), ramenant l'objectif d'électrolyse de 6,5 GW à 4,5 GW pour 2030 [15], [16], [17], [18].

Vers un recentrage stratégique : Aujourd'hui, la filière ne disparaît pas mais opère un virage pragmatique. Les investissements se concentrent désormais sur les secteurs impossibles à électrifier directement, comme la chimie lourde, les engrais, le raffinage, la sidérurgie et les carburants de synthèse pour l'aviation et le maritime [19], [20], [21], [22], [23].

V. Références

[aria] https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/synthese/¬syntheses/-accidentologie-de-lhydrogene/

[1] https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/apres-une-annee-noire-en-2025-la-filiere-de-lhydrogene-vert-veut-voir-lavenir-en-rose-2212067
[2] https://www.la-croix.com/economie/crise-de-l-hydrogene-vert-pourquoi-la-filiere-refuse-de-capituler-20260831
[3] https://enkiai.com/biggest-hydrogen-project-cancellations-in-2025-and-2024/
[4] https://www.banquedesterritoires.fr/lhydrogene-vert-dans-le-rouge,
[5] https://infos.ademe.fr/magazine-avril-2021/dossier/relever-les-defis-de-lhydrogene/,
[6] https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/enjeux-et-prospective/decryptages/energies-renouvelables/tout-savoir-lhydrogene
[7] https://www.france-hydrogene.org/app/uploads/sites/4/2026/02/France-Hydrogene_Rapport-filiere-2025-VIntegrale.pdf
[8] https://energynews.pro/la-commission-europeenne-revise-sa-strategie-hydrogene-face-a-un-echec-avere,
[9] https://enkiai.com/biggest-hydrogen-project-cancellations-in-2025-and-2024/,
[10] https://www.banquedesterritoires.fr/lhydrogene-vert-dans-le-rouge
[11] https://www.banquedesterritoires.fr/lhydrogene-vert-dans-le-rouge
[12] https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/enjeux-et-prospective/decryptages/energies-renouvelables/tout-savoir-lhydrogene
[13] https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/apres-une-annee-noire-en-2025-la-filiere-de-lhydrogene-vert-veut-voir-lavenir-en-rose-2212067,
[14] https://www.youtube.com/watch?v=pEOpGiMlWLU&t=44

[15] https://infos.ademe.fr/magazine-avril-2021/dossier/relever-les-defis-de-lhydrogene/,
[16] https://www.h2-mobile.fr/actus/hydrogene-france-25-pays-europeens-retard-directive/,
[17] https://www.latribune.fr/article/entreprises-finance/12217304747094/hydrogene-les-enjeux-europeens-de-la-dorsale-hy-fen
[18] https://www.banquedesterritoires.fr/lhydrogene-vert-dans-le-rouge
[19] https://agirpourlatransition.ademe.fr/entreprises/conseils/transport-entreposage/transport-durable/hydrogene,
[20] https://www.la-croix.com/economie/crise-de-l-hydrogene-vert-pourquoi-la-filiere-refuse-de-capituler-20260831
[21] https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/apres-une-annee-noire-en-2025-la-filiere-de-lhydrogene-vert-veut-voir-lavenir-en-rose-2212067
[22] https://www.youtube.com/watch?v=_4g2SXkApaw&t=6
[23] https://www.france-hydrogene.org/app/uploads/sites/4/2026/02/France-