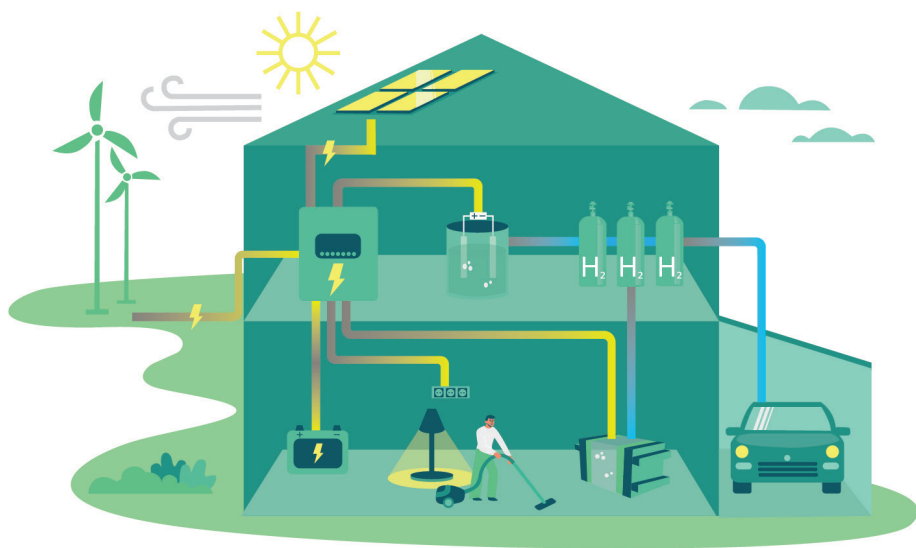


Michel Pichavant

Hydrogène et transition énergétique

Perspectives globales
et dimensions régionales



éditions
Quæ

Hydrogène et transition énergétique

Perspectives globales
et dimensions régionales

Michel Pichavant

Éditions Quæ

Pour citer cet ouvrage :

Pichavant, M., 2026. *Hydrogène et transition énergétique. Perspectives globales et dimensions régionales*, Versailles, éditions Quæ, 96 p.,
<https://doi.org/10.35690/978-2-7592-4308-2>

Les éditions Quæ réalisent une évaluation scientifique des manuscrits avant publication dont la procédure est décrite ici :
<https://www.quae.com/store/page/199/processus-d-evaluation>

Le processus éditorial s'appuie également sur un logiciel de détection des similitudes et des textes potentiellement générés par intelligence artificielle.

Les versions numériques de cet ouvrage sont diffusées sous licence CC-by-NC-ND 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

La diffusion en accès ouvert de cet ouvrage a été soutenue par
l'Institut des sciences de la terre d'Orléans (ISTO – UMR 7327 CNRS)
et l'Observatoire des sciences de l'univers en région Centre (OSUC – Université d'Orléans).

Éditions Quæ
RD 10, 78026 Versailles cedex
www.quae.com
www.quae-open.com

© Éditions Quæ, 2026
ISBN papier : 978-2-7592-4307-5
ISBN PDF : 978-2-7592-4308-2
ISBN epub : 978-2-7592-4309-9

Sommaire

Préambule	5
1. L'hydrogène est présent partout	6
L'hydrogène dans l'actualité	6
Hydrogène et politiques publiques	9
Conclusion : des points de repère nécessaires	11
2. Qu'est-ce que l'hydrogène ?	12
Un peu de chimie	12
Propriétés de l'hydrogène	13
Les différents types d'hydrogène, dénominations et définitions	14
Conclusion	15
3. La production de l'hydrogène	16
Conversion de matériaux carbonés	16
Électrolyse	19
Autres méthodes	20
La recherche sur les processus de production d'hydrogène	23
Conclusion : une production d'hydrogène appelée à évoluer	24
4. L'hydrogène naturel	25
L'hydrogène naturel existe-t-il ?	25
Les découvertes récentes d'hydrogène naturel	26
Comment l'hydrogène naturel est-il produit ?	31
L'hydrogène naturel : de l'exploration à l'exploitation	35
Conclusion : quelle place pour l'hydrogène naturel ?	43

5. Les usages de l'hydrogène	44
La consommation actuelle d'hydrogène	44
Les projections dans le futur	45
Conclusion : la consommation d'hydrogène doit aussi évoluer	48
6. La transition énergétique	49
Énergie : la situation française actuelle	49
L'ère des changements est arrivée	53
Les scénarios énergétiques du futur	54
Gestion de l'énergie à l'avenir : centralisée ou décentralisée ?	59
Conclusion	61
7. Les rôles de l'hydrogène dans la transition énergétique	62
Atouts	62
Inconvénients et limitations	66
Conclusion	68
8. L'hydrogène : un accélérateur de nouvelles pratiques en région	69
Production d'hydrogène	70
Les débouchés et applications de l'hydrogène	75
L'hydrogène naturel en Bretagne	83
Conclusion	88
Conclusion générale	90
Références bibliographiques	92
Remerciements	95

Préambule

L'hydrogène est souvent présenté comme une des principales solutions pour mettre en œuvre la transition énergétique. Son utilisation permettrait de révolutionner la production et le transport de l'énergie, comme le furent à d'autres époques l'électricité ou le gaz naturel. Ces tendances globales sont relayées par l'ensemble des acteurs économiques, médiatiques et politiques, aux niveaux régional, national, européen et au-delà. En France, l'actualité fournit de multiples exemples de mise au premier plan de l'hydrogène. En même temps, les bienfaits de cette nouvelle technologie tardent à se manifester concrètement dans le quotidien. L'hydrogène connaît actuellement un tournant, entre développement rapide et abandon à terme, et son futur n'est pas écrit.

Cet ouvrage propose une analyse synthétique de la situation présente de l'hydrogène avec une approche à deux niveaux. D'une part, le développement de l'hydrogène est soumis à des facteurs globaux de nature technologique et macroéconomique qui sont identifiés et discutés. D'autre part, c'est au niveau local que doivent être conçues, planifiées et conduites les manifestations concrètes à mettre en œuvre pour la transition énergétique. Ces deux dimensions sont traitées dans cet ouvrage, qui se veut comme un guide pratique à l'attention du grand public, des associations et des collectivités pour comprendre les enjeux généraux, qu'ils soient scientifiques, technologiques, économiques ou sociétaux, autour de l'hydrogène. Il se veut aussi un observatoire des actions et des projets en cours et un essai d'identification des filières et des opportunités de développement de l'hydrogène au niveau local. Plusieurs régions françaises se sont emparées de ce véritable produit d'appel que constituent les développements autour de l'hydrogène. Dans cet ouvrage, ces initiatives seront illustrées principalement par l'exemple de la Bretagne, considérée comme unité cohérente et représentative de la réception, de l'accueil et de l'intégration de la thématique hydrogène en région. Outre le dynamisme et la réactivité dont les régions font preuve en général sur le sujet, la Bretagne se distingue par de nouvelles formes de production et de gestion décentralisées de l'énergie, dans lesquelles l'hydrogène peut jouer un rôle important en accélérant les adaptations technologiques et sociétales nécessaires pour la transition énergétique.

1. L'hydrogène est présent partout

L'hydrogène apparaît aujourd'hui comme un facteur essentiel pour solutionner le problème de la transition énergétique. Comme l'ont été en leur temps l'électricité ou le gaz naturel, l'hydrogène suscite de multiples attentes, à la fois comme vecteur et comme source d'énergie. La thématique hydrogène fait l'objet d'une attention marquée dans les médias mais aussi dans le monde économique et politique, que ce soit aux niveaux régional, national, européen et au-delà. Ce chapitre reprend et illustre quelques faits marquants de l'actualité autour de l'hydrogène, sous la forme d'un florilège représentatif plutôt que d'un inventaire exhaustif. Son but est de montrer la diversité et, en même temps, la cohérence des événements actuels autour de l'hydrogène. Pour le grand public comme pour le décideur, ou pour les associations et les collectivités locales engagées dans une réflexion sur l'autonomie et la transition énergétiques, il est utile de pouvoir se repérer dans ce flux presque continu d'annonces et d'informations.

Les exemples et les illustrations de ce chapitre se situent à différents niveaux, allant du local jusqu'à l'international. Comme on va le voir, la présentation qui est faite de la thématique hydrogène est très homogène, quels que soient le niveau et le public ciblés. La tonalité est très, voire exagérément, positive et optimiste. On peut y déceler la marque d'une sensibilisation globale des opinions qui serait en cours. Au niveau local, nous avons privilégié des illustrations tirées de l'actualité en Bretagne, en tant qu'unité géographique, économique, culturelle et sociétale cohérente et représentative de la façon avec laquelle la thématique hydrogène est accueillie, ressentie et présentée dans les régions françaises. Compte tenu du nombre et de leur diversité, les illustrations ont été sélectionnées en appliquant un critère, forcément subjectif, de représentativité. Il nous a aussi semblé important d'inclure des exemples récents dans la mesure où ils s'avèrent significatifs. Le secteur de l'hydrogène se caractérise en effet par des évolutions très rapides.

L'hydrogène dans l'actualité

L'hydrogène est très présent dans l'actualité régionale bretonne, et ceci depuis plusieurs années. Le sujet est régulièrement traité dans les quotidiens régionaux comme *Ouest France* et *Le Télégramme*. Par exemple, l'inauguration de l'usine Lhyfe, qui produit de l'hydrogène en Vendée « à partir de l'eau de mer et carbure à l'électricité

fournie par les éoliennes voisines », est saluée par *Ouest France*¹. Notons que cette même entreprise a depuis lancé la construction d'une autre unité de production dans le Morbihan². Dans une autre édition, le même *Ouest France*³ écrit que « le projet de station de production d'hydrogène vert à Saint-Brieuc [Côtes-d'Armor] est plus que jamais d'actualité. Mardi soir, plus de 250 acteurs économiques et politiques étaient rassemblés à Langueux pour créer un écosystème autour du carburant de demain ». Ces articles soulignent bien l'intérêt concret de l'hydrogène pour les entreprises et le monde économique. Toutefois, d'autres en présentent des facettes un peu différentes. L'hydrogène peut en effet apparaître comme un soutien publicitaire à de grands événements sportifs et médiatiques. *Le Télégramme*⁴ écrit par exemple : « À Saint-Malo, lors de la dernière Route du Rhum, la Bretagne a déjà montré qu'elle maîtrisait l'usage de l'hydrogène. L'objectif est de décarboner les usages et de construire une filière industrielle. » Enfin, au niveau local, celui des municipalités, des associations et des communautés de communes, il est intéressant de noter que la thématique hydrogène s'est imposée comme axe de réflexion sur la production d'énergie. Ainsi, comme l'écrit le journal *Le Pover*⁵ : « Engagé dans une réflexion sur la transition énergétique, le conseil de développement du pays COB [Centre Ouest Bretagne] explore toutes les pistes qui permettraient au territoire d'assurer lui-même une production d'énergie moins impactante. La production locale d'hydrogène est un des axes de réflexion majeur de la commission. » Le pays COB n'est d'ailleurs pas la seule collectivité à s'être emparée de ce sujet (voir chapitre 8 pour des exemples de projets en cours).

En concordance avec l'affichage globalement favorable dans les quotidiens régionaux, l'hydrogène bénéficie d'un véritable traitement de faveur dans les médias d'audience nationale. Il est par exemple censé incarner le renouveau de certains secteurs industriels devenus obsolètes et représenter une opportunité pour les territoires déclassés. Dans « La fièvre de l'hydrogène vert gagne l'Espagne », *Le Monde*⁶ écrit que « l'ancienne ville minière de Puertollano, à l'immense complexe pétrochimique, entend devenir la capitale de l'hydrogène vert en Espagne ». L'hydrogène est aussi régulièrement convoqué dans l'actualité financière et boursière. Il est présenté comme « le nouvel

1. *Ouest France*, « L'usine Lhyfe, inaugurée en Vendée, produit de l'hydrogène vert, une première mondiale », F. Chrétien, 30 septembre 2021, <https://www.ouest-france.fr/environnement/ecologie/transition-ecologique/vendee-inauguration-de-lhyfe-entreprise-qui-produit-de-l-hydrogene-vert-une-premiere-mondiale-53135dfa-21dc-11ec-836f-d71c06a87745>. Tous les liens internet cités dans l'ouvrage ont été vérifiés le 13 juillet 2026.

2. *L'Usine nouvelle*, « Lhyfe va ouvrir près de Lorient une unité de production d'hydrogène vert », S. du Guerny, 16 février 2023, <https://www.usinenouvelle.com/article/lhyfe-va-ouvrir-pres-de-lorient-une-unite-de-production-d-hydrogene-vert.N2101896>

3. *Ouest France*, « Produire de l'hydrogène vert dans les Côtes-d'Armor... oui, mais pour quels usages ? », T. Grasland, 3 septembre 2021, <https://www.ouest-france.fr/bretagne/saint-brieuc-22000/produire-de-l-hydrogene-vert-dans-les-cotes-d-armor-oui-mais-pour-quels-usages-bb6512d4-oco8-11ec-9gdo-17d58ac484e5>

4. *Le Télégramme*, « Révolution de l'hydrogène : comment la Bretagne compte rester dans la course », P. Crérange, 8 décembre 2022, <https://www.letelegramme.fr/economie/revolution-de-l-hydrogene-comment-la-bretagne-compte-rester-dans-la-course-1677098.php>

5. *Le Pover*, « Penser la transition énergétique », M. Daniel, 4 novembre 2020.

6. *Le Monde*, « La fièvre de l'hydrogène vert gagne l'Espagne », S. Morel, 11 mai 2023, https://www.lemonde.fr/economie/article/2023/05/10/la-fievre-de-l-hydrogene-vert-gagne-l-espagne_6172713_3234.html

eldorado des investisseurs » dans des journaux comme *Le Revenu*⁷, lequel, dans un article ultérieur, communique sur le lancement d'un fonds d'investissement dédié à l'hydrogène par de grandes entreprises comme TotalEnergies, Vinci et Air Liquide⁸.

Bien entendu, l'hydrogène en tant que nouvelle technologie fait l'objet de dossiers et d'articles scientifiques dans les revues spécialisées (par exemple *Pour la science*⁹). Toutefois, le nombre d'articles dans ces revues reste relativement limité en comparaison avec l'omniprésence de l'hydrogène dans les quotidiens et les journaux généralistes. Cette relative discrétion des revues scientifiques vis-à-vis de l'hydrogène montre que la thématique déborde largement le périmètre des publications spécialisées et est devenue un enjeu pour la presse nationale. En témoignent les présentations à tonalité sensationnaliste comme celle dans *Courrier international*, qui évoque les réserves inépuisables de la planète en hydrogène naturel : « Des milliers de milliards de tonnes d'hydrogène sous nos pieds ? »¹⁰ Dans ce contexte, les efforts d'explication scientifique dans la presse régionale font figure d'exceptions. On remarque en particulier la double page consacrée à la prospection d'hydrogène naturel en Bretagne dans *Le Télégramme*¹¹, dont la photo ci-dessous est extraite (figure 1.1), qui fait le point sur les recherches en cours et fournit en outre un dossier scientifique détaillé sur les mécanismes de production de l'hydrogène dans la croûte terrestre.

Mentionnons pour finir la place occupée par l'hydrogène dans les médias audiovisuels comme la télévision, avec un certain nombre de documentaires disponibles actuellement sur plusieurs chaînes (France 3, Arte). L'hydrogène blanc a fait l'objet d'une présentation au journal télévisé de France 2¹². L'irruption de l'hydrogène dans une émission d'information de niveau national traduit bien l'importance des attentes et des besoins d'explications que suscite la thématique auprès du grand public. Enfin, pour être complet, il est nécessaire d'indiquer l'existence de plusieurs sites web très documentés en langue française sur l'hydrogène¹³. Notons aussi les nombreux sites sur les travaux de recherche en cours autour de l'hydrogène (voir chapitre 3).

7. *Le Revenu*, « Bourse : l'hydrogène, le nouvel eldorado des investisseurs », H. Couëdic, 9 septembre 2020, <https://www.lerevenu.com/reussir-bourse/conseils-bourse/bourse-hydrogene-le-nouvel-eldorado-des-investisseurs/>.

8. *Le Revenu*, « TotalEnergies : en vert et en noir », J. Corric, 1^{er} octobre 2021, <https://www.lerevenu.com/reussir-bourse/conseils-bourse/totalenergies-en-vert-et-en-noir>.

9. *Pour la science*, « L'hydrogène au cœur de la transition énergétique », cahier spécial 485, 27 février 2018, <https://www.pourlasience.fr/p/contenus-sponsorises/l-hydrogene-au-coeur-de-la-transition-energetique-12933.php> et « Énergie : le double intérêt de "l'hydrogène orange" », S. Bailly, 24 janvier 2023, <https://www.pourlasience.fr/sd/geosciences/energie-le-double-interet-de-l-hydrogene-orange-24546.php>.

10. *Courrier international*, « Des milliers de milliards de tonnes d'hydrogène sous nos pieds ? », 16 décembre 2024, https://www.courrierinternational.com/article/recherche-des-milliers-de-milliards-de-tonnes-d-hydrogene-sous-nos-pieds_226012.

11. *Le Télégramme*, « Hydrogène blanc : nouvel or noir pour la Bretagne ? », F. Jacq, 7 septembre 2023, <https://www.letelegramme.fr/bretagne/hydrogene-blanc-un-nouvel-or-noir-dans-les-sols-bretons-6422808.php>.

12. France 2, *Journal de 20 h* du 5 décembre 2023.

13. Par exemple celui de France Hydrogène (<https://www.france-hydrogene.org>) ou du CEA (<https://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/renouvelables/essentiel-sur-hydrogene.aspx>).

Figure 1.1. Prospection de l'hydrogène naturel en Bretagne.



Source : © C. Rigollet¹⁴.

Hydrogène et politiques publiques

L'hydrogène fait l'objet d'une attention marquée de la part du monde politique, et ceci à tous les niveaux, régional, national et européen. Ainsi, au niveau régional, pratiquement toutes les régions françaises se sont emparées de ce véritable produit d'appel que constituent les développements autour de l'hydrogène. Le salon Hyvolution¹⁵ rassemble sur une base annuelle les acteurs des différentes régions françaises sur la thématique et permet une présentation des projets et de leur avancement. L'installation d'un réseau de stations fournisseuses d'hydrogène en Occitanie, la construction d'électrolyseurs de grande capacité en Normandie sont quelques exemples des actions soutenues par les régions et sur lesquelles le lecteur intéressé pourra se documenter.

14. *Le Télégramme*, « Hydrogène blanc : nouvel or noir pour la Bretagne ? », F. Jacq, 7 septembre 2023.

15. <https://paris.hyvolution.com/fr>

En ce qui concerne la Bretagne, une feuille de route du déploiement de l'hydrogène renouvelable a été adoptée par le conseil régional (session du 10 juillet 2020). Sa mise à jour en 2024 prévoyait le développement de trois axes¹⁶. Le premier avait pour ambition de déployer les technologies et les services hydrogène afin d'optimiser les systèmes énergétiques et de décarboner les secteurs du transport, de l'énergie et de l'industrie, et ainsi amorcer le développement d'un premier maillage d'infrastructures de production et de distribution d'hydrogène issu de ressources renouvelables (solaire, éolien). Le second visait à développer des activités de recherche spécifiques autour de l'hydrogène *offshore*, autour de la production d'hydrogène à partir d'énergies marines ou des filières agricoles ou agroalimentaires et autour d'aspects moins matures des technologies de l'hydrogène comme l'hydrogène naturel. Enfin, dans le troisième axe, la région avait pour objectif de lancer un plan structurant d'équipements collectifs pour l'ensemble des filières et de l'écosystème autour de l'hydrogène, avec notamment la conversion des flottes maritimes. Ces différents axes seront repris ultérieurement dans cet ouvrage (voir chapitre 8), mais on peut voir dans la position des instances régionales, comme dans la tenue d'événements tels que les BrittanHy Days (22 septembre 2023) ou les Journées hydrogène bretonnes (29 mai 2024), le signe du dynamisme régional et de la mobilisation des acteurs de l'hydrogène et, aussi, de la rapidité avec laquelle la Bretagne réagit aux enjeux et aux opportunités du secteur.

L'objet de ce chapitre n'est pas de présenter en détail les politiques concernant l'hydrogène au niveau national et européen. Le lecteur intéressé pourra consulter avec profit les sites web appropriés, que ce soit à l'échelle nationale¹⁷ (actualisés récemment¹⁸) ou européenne¹⁹. Il est désormais devenu clair que c'est à un niveau plus local que doivent être planifiées et conduites les manifestations concrètes à mettre en œuvre dans le cadre de la transition énergétique. Néanmoins, les politiques nationales et européennes ont le mérite de susciter un effet d'entraînement bien réel et qui doit être reconnu. Dans ce contexte, l'intérêt marqué du monde politique vis-à-vis de l'hydrogène est un facteur très positif, même si les engagements peuvent paraître opportunistes et de nature superficielle. On peut ainsi noter ces dernières années plusieurs interventions de la présidence de la République (annonces d'un plan à 7 milliards d'euros pour l'hydrogène²⁰, et de la mise en place de financements massifs pour explorer l'hydrogène blanc²¹). En ce qui concerne la réglementation, la recherche d'hydrogène naturel bénéficie depuis récemment (3 décembre 2023) d'un encadrement

16. <https://www.bretagne.bzh/aides/fiches/hydrogene-renouvelable-maillage-des-territoires-bretons/>, <https://www.bdi.fr/fr/projets/hydrogene-renouvelable/>

17. <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/lhydrogene-ses-avantages>

18. <https://www.info.gouv.fr/actualite/actualisation-de-la-strategie-nationale-hydrogene>

19. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen_en

20. *Les Échos*, « Hydrogène : la France détaille son plan à 7 milliards d'euros », A. Feitz, 8 septembre 2020, <https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/hydrogene-la-france-detaille-a-son-plan-a-7-milliards-deuros-1240547>

21. <https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2023/12/11/point-detatpe-du-plan-france-2030-depuis-toulouse>

administratif ouvrant la voie à son autorisation (Légifrance, 2023). Un premier permis a été attribué à une zone de 225 km² dans les Pyrénées-Atlantiques, et plusieurs autres demandes pour des projets similaires sont à l'étude. Enfin, au niveau international, la Commission européenne a adopté en 2020 un plan stratégique de soutien à l'hydrogène, et des conventions sur l'hydrogène sont régulièrement organisées, la 8^e ayant eu lieu en février 2025.

Conclusion : des points de repère nécessaires

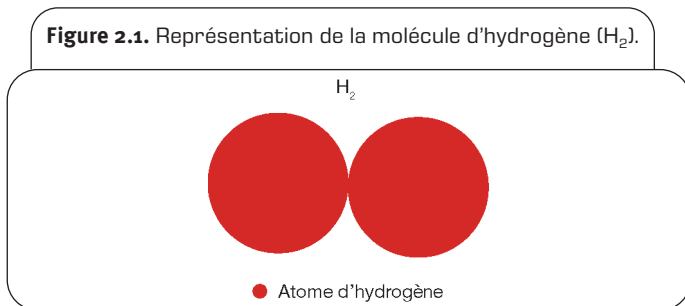
Comme nous l'avons vu, l'hydrogène est un sujet abondamment évoqué dans les médias. Au niveau régional, l'hydrogène est très présent dans la presse et dans l'actualité économique ; c'est un sujet dont les entreprises et les collectivités se sont emparées. Étant considéré comme très prometteur économiquement, l'hydrogène fait l'objet d'une attention particulière du monde politique. Cet état de fait privilégié peut s'expliquer par un sentiment d'urgence vis-à-vis de la situation climatique et par les fortes attentes suscitées par l'hydrogène pour résoudre les défis associés à la demande et à la transition énergétique. La multiplication des annonces de nature économique et politique contraste avec la relative discrétion du monde scientifique, qui n'est pas encore parvenu à débloquent certains verrous qui limitent la pleine utilisation de l'hydrogène, ce que nous verrons par la suite. On doit malheureusement reconnaître que l'hydrogène est aussi utilisé comme un produit d'appel, que ce soit pour faire la publicité de voitures propres (par exemple chez Hyundai) ou pour attirer les investissements (par exemple chez Air Liquide). Le citoyen peut éprouver un certain sentiment de confusion devant ce qui ressemble à un emballement autour de l'hydrogène. Il est donc important que soient fournis des points de repère et des outils pour informer l'opinion, ouvrir la voie à la décision et, éventuellement, stimuler l'utilisation concrète des technologies basées sur l'hydrogène. C'est l'objet des chapitres suivants de cet ouvrage.

2. Qu'est-ce que l'hydrogène ?

On pourrait commencer ce chapitre en reprenant le titre du chapitre 1, car l'hydrogène est vraiment présent partout dans l'univers. C'est en effet l'élément chimique le plus abondant des étoiles et du milieu interstellaire. On estime que, dans notre galaxie, l'hydrogène a une concentration de 75 % en masse (hors matière noire²²). L'hydrogène est également à l'origine de tous les autres éléments chimiques. Plus près de nous, on sait que la Terre est entourée d'un halo d'hydrogène qui s'étend dans l'espace jusqu'à plus de 20 000 km de distance. La présence d'hydrogène dans les profondeurs de la Terre est également un fait avéré, même si cet hydrogène n'est que rarement mobilisable et utilisable en tant que tel, car fortement lié chimiquement avec d'autres éléments, en particulier l'oxygène (voir ci-dessous et chapitre 4).

Un peu de chimie

L'hydrogène (symbole chimique H) est le plus simple de tous les atomes. Il est composé d'un seul électron et d'un seul proton. Par « hydrogène », on parle en fait de la molécule H_2 (composée de 2 atomes d'H, figure 2.1). L' H_2 est surtout présent sous forme gazeuse, mais il peut aussi être utilisé sous forme liquide, ce qui induit un gain de volume important, l' H_2 liquide étant beaucoup plus dense que l' H_2 gazeux. Cependant, pour être obtenu, l' H_2 liquide demande que l' H_2 soit comprimé ou refroidi, deux opérations qui ont chacune un coût.

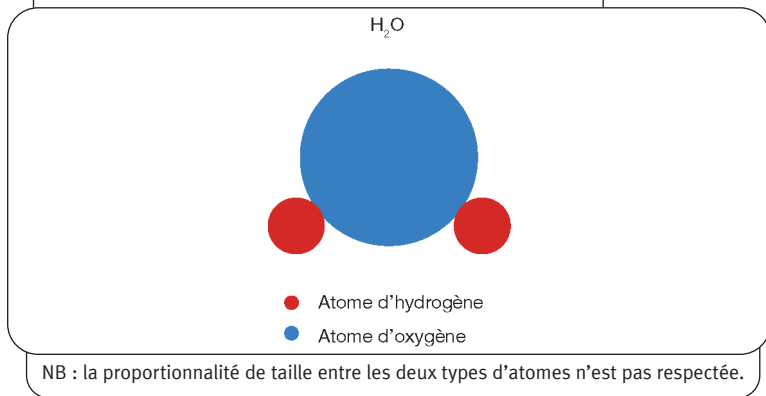


Comme la molécule d'eau (H_2O), la molécule d'hydrogène (H_2) comporte deux atomes d'H, et les deux ne diffèrent entre elles que par la présence d'un atome d'oxygène (O) dans la formule chimique (figure 2.2). Toutefois, les propriétés chimiques des deux

22. https://en.wikipedia.org/wiki/Abundance_of_the_chemical_elements

molécules sont fortement contrastées. Leur comportement est très différent, et le « passage » d'une molécule à l'autre — soit par addition d'un atome d'oxygène à la molécule H_2 , soit par soustraction de ce même atome d'oxygène à la molécule H_2O — est très difficile, nécessitant une grande quantité d'énergie (voir chapitre 3, section « Électrolyse »).

Figure 2.2. Représentation de la molécule d'eau (H_2O).



Propriétés de l'hydrogène

Les principales propriétés de l'hydrogène (H_2) tirées de la littérature²³ sont rassemblées dans le tableau 2.1. Sous sa forme gazeuse, il est beaucoup plus léger que l'air, ce qui lui permet de diffuser rapidement, et donc d'être dissipé dans l'atmosphère, minimisant ainsi les risques d'inflammation ou d'explosion. Par contre, sa faible densité pose des problèmes dans le transport, des réservoirs avec des volumes importants étant nécessaires pour son acheminement sous forme gazeuse. Sous forme liquide, l'hydrogène est beaucoup plus dense et donc plus facilement transportable. L'hydrogène est inodore, sa flamme est incolore, sa combustion indétectable visuellement, et ce n'est pas un produit toxique. Le pouvoir calorifique (quantité d'énergie thermique libérée par combustion) de l'hydrogène est le plus élevé de tous les combustibles. Par exemple, le pouvoir calorifique d'un kilogramme d'hydrogène est plus de deux fois supérieur à celui d'un kilogramme de gaz naturel ou de gazole. L'hydrogène peut s'enflammer/exploser dans l'air à partir d'une concentration de 4 % en volume, légèrement inférieure à celle du gaz naturel (5 % en volume). Toutefois, la grande volatilité de l'hydrogène en milieu ouvert (l'atmosphère) rend en pratique ce seuil difficile à atteindre. Pour l'hydrogène, les limites d'inflammabilité et d'explosivité sont confondues.

23. <https://www.france-hydrogene.org>