

HYDROGÈNE : *TOUT CE QU'UNE VILLE DOIT SAVOIR*

BRIEFING POLITIQUE, AVRIL 2021



ENERGYCITIES

AUTEURS :

Adrian HIEL, Sara GIOVANNINI, Mélanie BOURGEOIS

CONTRIBUTEUR :

Julien JOUBERT

A PROPOS :

Energy Cities est un réseau de plus de 1 000 villes de 30 pays différents. Nous sommes convaincu(e)s que la transition énergétique est plus qu'une question d'énergie renouvelable ou de technologies de pointe. Pour nous il s'agit d'utiliser les ressources de manière raisonnée, de renforcer la participation locale et d'améliorer la qualité de vie dans une Europe démocratique.

SIEGE :

2 chemin de Palente | 25000 Besançon, France

TELEPHONE :

+33 (0)3 81 65 36 80

N° D'INSCRIPTION AU REGISTRE DE TRANSPARENCE :

11514322965-05

www.energy-cities.eu

INTRODUCTION

L'hydrogène a depuis longtemps été identifié comme une alternative aux combustibles fossiles. D'abord dans les années 70, notamment au Japon, puis à nouveau dans les années 2000. Mais le récent « engouement pour l'hydrogène » intervient dans un contexte différent : la technologie est désormais plus avancée et les coûts diminuent.

Il existe clairement aujourd'hui une **fenêtre politique** au niveau européen pour faire entrer l'hydrogène dans le paquet de mesures « Fit for 55 » et certains États membres ont déjà intégré l'hydrogène dans leur plan de relance post-COVID. Cette fenêtre représente également une **opportunité économique** pour plusieurs industries, notamment celles qui utilisent l'hydrogène comme matière première (industries chimique et sidérurgique, par exemple).

Energy Cities souhaite porter le débat au niveau local afin de comprendre **comment l'hydrogène peut contribuer à décarboner les villes et quels sont les défis à relever pour les collectivités locales**. Les villes ont en effet besoin de connaître la stratégie de l'UE en matière d'hydrogène, de savoir dans quelle mesure elles pourront utiliser cette énergie pour couvrir une partie de leurs besoins et comment celle-ci sera acheminée et distribuée afin de préparer au mieux leurs projets futurs.

PRINCIPALES CONCLUSIONS :

- ✓ L'hydrogène peut s'avérer très utile pour aider à **réduire les émissions des secteurs les plus difficiles à décarboner** dans les villes, tels que les industries lourdes ou les transports (transport maritime, ferroviaire). L'hydrogène est également une énergie aisément mobilisable qui peut être utilisée à la demande pour équilibrer les réseaux électriques en milieu urbain. Des politiques visant à donner la priorité à son utilisation dans ces secteurs sont donc nécessaires.
- ✓ **L'hydrogène n'est pas la solution miracle pour décarboner le chauffage dans les villes** : son utilisation pour le chauffage domestique n'est ni efficace, ni compétitive, ni aisée. Pour décarboner les systèmes de chauffage, les villes ont tout intérêt à miser plutôt sur un éventail de solutions non fossiles, en fonction du contexte et des ressources locales : chauffage urbain et pompes à chaleur, rénovation des bâtiments pour en améliorer la performance énergétique, récupération de la chaleur fatale, énergie solaire thermique et géothermique, appareils intelligents, etc.
- ✓ **Seul l'hydrogène vert** peut être considéré comme propre et doit être développé dans l'UE. Les autres types d'hydrogène entraînent des émissions de GES tout au long du cycle de vie et peuvent contribuer à perpétuer l'utilisation des combustibles fossiles. L'hydrogène vert restera un produit haut de gamme, rare et probablement cher.
- ✓ Développer l'hydrogène nécessiterait **d'énormes investissements**, dans des hydroducs pour l'acheminer vers les villes et dans le réseau de gaz des villes pour qu'il puisse supporter 100% d'hydrogène. Le coût de ces investissements et la faisabilité du reconditionnement des conduites de gaz sont probablement sous-estimés. C'est pourquoi il est préférable de donner la priorité à la production et à la consommation locales.

QUELS SONT LES DIFFÉRENTS TYPES D'HYDROGÈNE ?

L'HYDROGÈNE À L'ÉTAT NATUREL **BLANC**

L'hydrogène (H) est l'élément le plus léger du tableau périodique. C'est également l'élément le plus abondant dans l'univers. Il peut être utilisé comme matière de base dans l'industrie, comme carburant ou comme vecteur énergétique. Sa combustion n'émet pas de CO₂, ce qui en fait un excellent candidat pour décarboner notre économie. A l'état naturel, il est essentiellement présent sous forme gazeuse (H₂) et n'a pas de couleur. C'est pourquoi vous entendrez parler « d'hydrogène blanc » lorsqu'il est fait référence à l'hydrogène que l'on trouve (rarement) à **l'état naturel** dans des couches géologiques.

A l'heure actuelle, il n'existe pas de stratégie viable pour exploiter ces gisements et divers procédés ont donc été développés pour **en produire artificiellement**. C'est là qu'interviennent les couleurs : chacune désigne la source d'énergie et/ou le procédé utilisé pour produire de l'hydrogène.

LA COULEUR PARLE D'ELLE-MÊME **BRUN/NOIR**

Le procédé le plus ancien pour produire de l'hydrogène consiste à **transformer du charbon en gaz**. La gazéification permet en effet de convertir les matières carbonées, organiques ou fossiles, en monoxyde de carbone, hydrogène et dioxyde de carbone. Ce traitement thermochimique à températures élevées (plus de 700°C) se fait sans combustion en injectant une quantité contrôlée d'oxygène et/ou de la vapeur d'eau. Une réaction du gaz à l'eau convertit le mélange de monoxyde de carbone et de vapeur d'eau en un mélange de dioxyde de carbone et d'hydrogène.

Le gaz généré par gazéification du charbon est un gaz synthétique, appelé syngas. L'hydrogène est séparé des autres éléments à l'aide d'absorbants ou de membranes spéciales. L'hydrogène sera dit brun ou noir selon le type de charbon utilisé : brun pour le lignite et noir pour le charbon bitumineux. La production d'hydrogène brun ou noir est un **procédé extrêmement polluant** puisque que le CO₂ et le CO ne peuvent être réutilisés et sont relâchés dans l'atmosphère.

HYDROGÈNE PRODUIT À PARTIR DE BIOMASSE

La biomasse peut également être transformée en hydrogène par **gazéification**. Selon le type de biomasse utilisée et le recours ou non à diverses technologies pour capter et stocker le carbone, les émissions nettes de carbone peuvent être inférieures à celles générées par la production d'hydrogène brun ou gris.

QUELS SONT LES DIFFÉRENTS TYPES D'HYDROGÈNE ?

LE PLUS COURANT **GRIS**

La plupart de l'hydrogène produit actuellement est produit à **partir de gaz naturel** : le procédé de « vaporéformage » permet de séparer les molécules d'hydrogène des molécules de carbone auxquelles elles sont liées avec de la vapeur d'eau, mais ce procédé génère également du CO₂. L'hydrogène ainsi produit est dit gris lorsque le CO₂ n'est pas capté.

La plupart de l'hydrogène produit actuellement est de l'hydrogène gris dont la production génère **environ 9,3 kg de CO₂ par kg d'hydrogène produit**. On utilise également parfois le terme « gris » pour parler d'hydrogène produit à partir de combustibles fossiles **sans captage des gaz à effet de serre**, la différence avec les variantes brun ou noir portant alors sur la moindre quantité d'émissions générées lors de sa production.

... SI CAPTAGE GÉOLOGIQUE **BLEU**

L'hydrogène est dit bleu lorsque les émissions générées par le **procédé de vaporéformage sont captées et stockées dans le sol grâce à des techniques industrielles de captage et de stockage du CO₂ (CSC)** pour éviter qu'il ne soit relâché dans l'atmosphère. C'est pourquoi l'hydrogène bleu est souvent considéré comme une source d'énergie neutre en carbone, même s'il serait plus exact de dire « **bas carbone** » car **10 à 20 % du CO₂ produit ne peut être capté**. Mais si l'on considère le cycle de vie, l'hydrogène bleu produit à partir de gaz naturel génère quand même beaucoup d'émissions. L'extraction du gaz naturel et son transport sont en effet sources de **fuites de méthane**, un combustible fossile dont le potentiel de réchauffement de la planète est environ 30 fois plus élevé que le CO₂.

DU CARBONE SOLIDE COMME **TURQUOISE** SOUS-PRODUIT

Un nouveau procédé d'extraction de l'hydrogène **contenu dans le gaz naturel** est actuellement en cours d'expérimentation. Le méthane du gaz naturel est séparé à haute température en hydrogène gazeux et en **carbone solide** grâce à un procédé appelé pyrolyse du méthane. L'hydrogène ainsi produit est dit « turquoise » ou bas-carbone.

QUELS SONT LES DIFFÉRENTS TYPES D'HYDROGÈNE ?

Lorsque l'hydrogène est le résultat d'un procédé appelé **électrolyse de l'eau**¹ – réaction électrochimique qui divise l'eau en hydrogène et en oxygène – il peut être de trois couleurs : **rose**, **jaune** ou **vert**. Dans ce cas, la quantité d'émissions générées sur la totalité du cycle de vie dépendra du mode de production de l'électricité utilisée pour produire l'hydrogène.

ÉNERGIE NUCLÉAIRE ROSE

La couleur rose est souvent utilisée pour qualifier l'hydrogène produit par électrolyse avec de **l'électricité d'origine nucléaire**.

UN MIX DE CE QUI EST DISPONIBLE JAUNE

La couleur jaune est parfois utilisée pour qualifier l'hydrogène produit par électrolyse de l'eau avec de **l'électricité d'origine solaire**, mais également lorsque le courant utilisé provient des **diverses sources**, renouvelables et fossiles, **disponibles dans le mix électrique**.

ÉLECTRICITÉ PROVENANT DE SOURCES RENOUVELABLES VERT

Souvent appelé « **hydrogène propre** », l'hydrogène vert est produit en utilisant de l'électricité **issue de sources renouvelables** et ne représente actuellement que 1 % de la production totale d'hydrogène. C'est le seul hydrogène qui peut être considéré comme propre. La Commission européenne entend en développer la production.

CARTE D'IDENTITÉ DE L'HYDROGÈNE VERT

Avantages :

- Il peut être produit, stocké, transporté et utilisé sans pollution toxique ni émission de CO₂ (il n'émet que de l'eau) et peut être produit partout où il y a de l'électricité et de l'eau.
- Il peut s'adapter à une multitude d'usages : il peut générer de la chaleur et de l'électricité.
- L'hydrogène transporte trois fois plus d'énergie par unité de poids que l'essence, le diesel ou le kérosène.

Inconvénients :

- Il faut beaucoup d'énergie pour le produire (ce qui réduit son rendement).
- Il nécessite des conditions extrêmes pour être stocké sous forme liquide (fortement comprimé et refroidi à - 253°C).
- Il peut affaiblir le métal, s'échapper par les plus petits interstices et peut exploser.
- Sa combustion produit moins d'énergie par unité que d'autres combustibles, comme le gaz naturel (sous forme liquide ou gazeuse).

¹ Il existe presque autant de types d'électrolyseur pour produire de l'hydrogène vert que de couleurs d'hydrogène. Davine Janssen, de Euractiv.com, a **dressé un panorama des différentes techniques utilisées en Chine et dans l'Union européenne**.

LA STRATÉGIE DE L'UE POUR DÉVELOPPER LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE ET LES INFRASTRUCTURES NÉCESSAIRES

La Commission européenne a publié une [stratégie européenne de l'hydrogène](#) en juillet 2020. Celle-ci prévoit **3 phases successives et progressives pour développer une économie de l'hydrogène**. En ce qui concerne les besoins en infrastructures, chaque phase tient compte des différentes utilisations de l'hydrogène et des perspectives du marché sur la période considérée. Au total, la Commission prévoit d'investir 65 milliards d'euros dans le transport, la distribution et le stockage de l'hydrogène, ainsi que dans les stations de ravitaillement en hydrogène pour les véhicules.

1. PREMIÈRE PHASE 2020-2024 : PRODUCTION LOCALE D'HYDROGÈNE ET BESOINS LIMITÉS EN INFRASTRUCTURES

Dans la première phase, la Commission européenne entend **décarboner les secteurs qui utilisent déjà l'hydrogène, comme l'industrie chimique, ainsi que de nouveaux secteurs** (transport par poids-lourds) et processus industriels. La stratégie s'appuie sur [l'hydrogène vert](#), mais aussi sur « l'hydrogène bas carbone » (produit à partir de tout type d'électricité ou de combustibles fossiles avec captage de CO₂) pour lancer la demande. L'hydrogène sera d'abord **produit sur place** grâce à l'installation d'électrolyseurs d'une puissance de 1 GW à proximité de pôles industriels, en utilisant les capacités et les infrastructures existantes en matière d'énergies renouvelables. **L'objectif est de produire 1 million de tonnes d'hydrogène renouvelable d'ici 2024.**

L'hydrogène [peut être transporté](#) sous forme de gaz par des hydroducs (plus avantageux en cas de forte demande) ou par camion sous forme liquide ou gazeuse (pratique en cas de faible demande). Comme dans cette première phase la production sera locale et utilisera principalement les capacités existantes, les « **besoins en infrastructures de transport de l'hydrogène resteront limités** » : courts hydroducs ou camions pour les derniers kilomètres et infrastructures pour le captage du CO₂.

AVIS D'ENERGY CITIES SUR CETTE PREMIÈRE PHASE

Cette première phase semble appropriée, car elle **cible principalement le secteur de l'industrie lourde qui ne peut être électrifié**. La production sur site permet d'**éviter d'importantes pertes d'énergie** (liées aux conversions multiples lors de sa production et à l'importante quantité d'énergie nécessaire pour déplacer l'hydrogène dans les hydroducs au moyen de compresseurs) et de réduire le coût des investissements dans les infrastructures.

Cependant, nous sommes préoccupés par le fait que la Stratégie européenne de l'hydrogène encourage l'utilisation de **l'hydrogène bleu**. En effet, les infrastructures permettant le captage du CO₂ peuvent être très coûteuses et ne peuvent **absorber que 90 % au mieux des émissions de carbone**. Aujourd'hui, le coût de l'hydrogène vert n'est pas compétitif par rapport à l'hydrogène bleu – sauf si l'on tient compte des externalités négatives (coût environnemental de la pollution) – mais cela ne devrait plus être le cas **d'ici 2030** si une politique d'incitation forte est mise en place.

Une autre préoccupation est la promotion **d'hydrogène et gaz naturel mélangés** comme solution temporaire. Celle-ci peut impliquer **des coûts et des ajustements supplémentaires pour le consommateur** et contribuer à perpétuer l'utilisation des combustibles fossiles.

PLANS NATIONAUX EN FAVEUR DE L'HYDROGÈNE

Certains États membres, comme la **France**, les **Pays-Bas**, **l'Allemagne** ou encore **l'Espagne**, ont publié en 2020 une stratégie de l'hydrogène dans le cadre de leurs plans de relance nationaux. Ces stratégies visent à augmenter la production au cours des prochaines décennies et se concentrent sur l'hydrogène dit « propre » (un terme vague qui inclut l'hydrogène vert et l'hydrogène bleu). Toutefois, le plan allemand réserve les subventions publiques seulement à hydrogène vert.

2. DEUXIÈME PHASE 2025-2030 : DÉVELOPPEMENT D'UN MARCHÉ ET D'UN RÉSEAU EUROPÉENS DE L'HYDROGÈNE

La demande d'hydrogène devrait fortement augmenter au cours de cette deuxième phase. La Commission prévoit d'augmenter la capacité de production (10 millions de tonnes d'hydrogène renouvelable d'ici 2030) et d'importer de l'hydrogène de pays voisins (Afrique du Nord, Ukraine). Parallèlement à la production locale dans les « vallées de l'hydrogène », la Commission européenne envisage de créer une **infrastructure de transport sur de longues distances**. Le consortium Gas for Climate a imaginé une « **colonne vertébrale de l'hydrogène pour l'Europe** » : 23 000 km d'hydroducts traversant le continent européen d'ici 2040. Ce réseau géant serait composé à 25% de nouveaux pipelines et à 75 % d'anciens gazoducs convertis en hydroducts. Le coût total de l'investissement est estimé à entre 25 et 64 milliards d'euros.

3. TROISIÈME PHASE 2030-2050 : UNE TECHNOLOGIE ET UN RÉSEAU MATURES À GRANDE ÉCHELLE

La Commission européenne prévoit un **déploiement à grande échelle de l'hydrogène d'ici à 2030** dans tous les secteurs difficiles à décarboner, notamment l'aviation et le transport maritime longue distance. Le marché sera alors mature et mondialisé et le prix de l'hydrogène vert sera compétitif. L'infrastructure continuera à bénéficier de l'élan généré par la phase 2 et l'ammoniac vert, un produit dérivé de la production d'hydrogène vert, permettra de transporter l'hydrogène sur de très longues distances tout en servant de carburant dans les avions et les navires.

AVIS D'ENERGY CITIES SUR LES PHASES 2 ET 3

La construction d'un vaste réseau d'hydroducts pourrait présenter **certains avantages**, comme augmenter la production d'hydrogène pour répondre aux besoins des secteurs difficiles à décarboner ou produire l'hydrogène là où **l'énergie renouvelable est la moins chère**, et donc là où les ressources solaires et éoliennes sont les plus abondantes.

Néanmoins, **nous devons être prudents et planifier judicieusement le développement de telles infrastructures en suivant une stratégie « sans regret »**. Le risque serait de surestimer la demande future d'hydrogène, entraînant des coûts supplémentaires inutiles et d'importantes **pertes d'énergie** liées au transport de l'hydrogène sur d'aussi longues distances.

« Une co-planification des investissements dans le domaine de l'hydrogène basée sur une localisation de l'offre en énergies renouvelables ou de la demande industrielle permettrait de réduire les coûts en diminuant de **60 %** les infrastructures nécessaires pour l'hydrogène » **expliquent Lisa Fischer et Elisa Giannelli** de E3G. Agora Energiewende a réalisé une **excellente** cartographie « sans regret » des zones de forte demande et des infrastructures en Europe.

La stratégie visant à construire un vaste réseau d'hydroducts **ne doit pas non plus conduire à une utilisation de l'hydrogène dans des secteurs où d'autres solutions existent déjà**, comme le chauffage domestique ou les besoins en chaleur basse température dans l'industrie, ni constituer un moyen de **perpétuer les profits des industries** gazières.

L'Europe doit privilégier autant que faire se peut la production locale et régionale d'hydrogène, afin d'éviter son transport sur de longues distances, permettre aux consommateurs de savoir d'où vient l'hydrogène qu'ils utilisent et développer les compétences et les emplois en Europe. La création d'un grand marché international de l'hydrogène n'est pas conforme au **principe de subsidiarité** qui devrait s'appliquer à l'énergie et à la chaleur en particulier. Cela conduirait à remplacer les importations actuelles de combustibles fossiles par des importations d'hydrogène vert bon marché en provenance de pays produisant de l'électricité verte à faible coût (par exemple l'Afrique du Nord, mais aussi le Moyen-Orient), ce qui ne va pas dans le sens d'une réduction de la facture énergétique des territoires européens ni d'un renforcement de la sécurité d'approvisionnement.

LES DIFFÉRENTS USAGES DE L'HYDROGÈNE DANS LES VILLES

L'hydrogène est souvent présenté comme la solution à de nombreux défis de la transition énergétique. Et c'est sur ce vecteur flexible et plein de promesses que repose en grande partie l'objectif européen *d'intégration du système énergétique*. Or l'hydrogène est clairement plus à même de relever certains défis que d'autres.

Le choix de tel ou tel usage dépendra en grande partie de l'évolution de la technologie et de son coût par rapport aux autres solutions de décarbonisation. Les conditions locales spécifiques comme l'accès à de grandes quantités d'énergies renouvelables, la présence de centres industriels importants ou encore de formations géologiques permettant de stocker à grande échelle le CO₂ dicteront également où et quand le recours à l'hydrogène vert est le plus judicieux². Des usages souvent mis en avant pour l'utilisation de l'hydrogène vert, dans l'industrie chimique comme matière de base, le transport maritime ou encore l'aviation, ne seront pas abordés ici car ceux-ci relèvent rarement de la compétence des villes.

Vous trouverez ci-dessous un **guide des utilisations possibles de l'hydrogène dans les villes, des mieux au moins adaptées**. Le **chauffage domestique fait l'objet d'un point particulier car cette utilisation est la plus controversée et est celle qui a le plus d'impact sur l'organisation des villes**.

1. INDUSTRIE LOURDE :

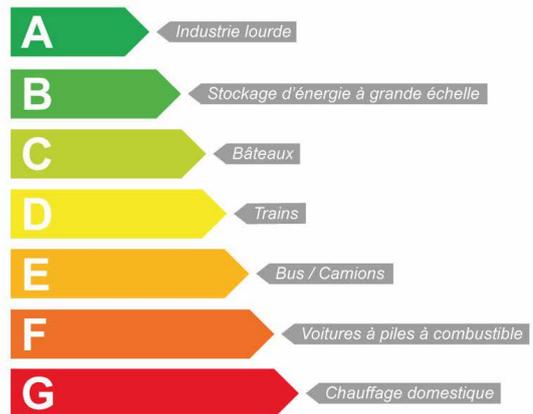
Un point qui fait globalement consensus à propos de l'hydrogène, et sa principale qualité, est sa capacité à décarboner *l'industrie lourde, en particulier l'industrie sidérurgique, mais également les raffineries, les cimenteries, l'industrie de la céramique et la chimie*. En fait, tous les secteurs industriels qui nécessitent des températures très élevées. Certaines de ces industries pourraient être électrifiées, mais cela supposerait d'investir des sommes colossales dans des équipements neufs alors que l'hydrogène vert peut remplacer presque directement le charbon et le gaz.



ENERGIE

HYDROGÈNE

ÉCOLOGIE



Utiliser l'hydrogène vert efficacement revient à l'utiliser là où l'électrification directe n'est pas une option (Image © Energy Cities)

²Pour une présentation plus complète sur l'hydrogène, l'article de [Carbon Brief constitue une excellente entrée en matière.](#)



2. STOCKAGE AU NIVEAU DU RÉSEAU :

L'un des principaux défis auxquels doit faire face un réseau d'électricité verte est l'écart de production entre l'été et l'hiver, notamment dans les pays les plus au nord. **Utiliser l'excédent de production solaire (ou éolienne si la demande est faible) en été pour produire de l'hydrogène vert qui sera ensuite utilisé en hiver permettrait d'y remédier** (*Michael Liebreich de BNEF a fait quelques simulations ici*). Le coût marginal de l'électricité produite à partir d'hydrogène vert est certes élevé, mais cela importe peu pour trois raisons :

- ✓ Le coût global d'un réseau largement alimenté en énergies renouvelables est relativement faible.
- ✓ Toutes les sources d'énergie intermittentes comme les centrales d'écrêtage de pointe fonctionnant au gaz ont des coûts marginaux bien plus élevés.
- ✓ L'électricité produite à partir d'hydrogène vert est vue comme une solution pour décarboner le réseau en période de pic de consommation – imaginez une semaine particulièrement froide et sans vent en janvier – mais n'a pas vocation à alimenter le réseau toute l'année.

Outre les réseaux électriques, l'hydrogène pourrait également être utilisé pour **équilibrer les réseaux de chauffage urbain dans les villes**, et cela de manière encore plus efficace si les deux réseaux (chauffage et électricité) sont couplés.

3. NAVIRES :

Quelle que soit leur taille, les bateaux électriques à accumulateur ou à hydrogène sont pour bientôt. L'arbitrage entre l'espace nécessaire au stockage de l'hydrogène et le poids des accumulateurs ainsi que l'utilisation qui sera faite de ces navires seront des facteurs essentiels pour déterminer la technologie la mieux adaptée. Par ailleurs, les ports étant pressentis comme des endroits favorables à l'installation de pôles hydrogène, il y a fort à parier que cette source d'énergie devienne très populaire dans ce secteur.

4. TRAINS :

Le train est certainement le mode de transport où l'électrification – typiquement sous forme de caténaires au-dessus des voies – **est la plus développée**. Mais lorsqu'il n'est pas possible ou qu'il revient trop cher d'installer des caténaires, d'autres solutions existent : ***de très nombreux trains électriques à accumulateur*** sont déjà en service, et ***de plus en plus de trains sont propulsés à l'hydrogène***, ou associent hydrogène et accumulateur électrique. **Toutes ces options continueront probablement de coexister pendant des dizaines d'années**, les distances parcourues et les différents usages (ainsi que la disponibilité ou non d'hydrogène vert) conditionnant le choix de l'option la plus adaptée à la situation.





5. BUS ET VÉHICULES UTILITAIRES LOURDS (CAMIONS DE COLLECTE DES ORDURES MÉNAGÈRES OU DE TRANSPORT DES MARCHANDISES) :

Les bus fonctionnant avec des piles à combustible à hydrogène ou équipés d'accumulateurs électriques *se développent rapidement en Europe*, même si nous sommes encore loin *derrière la Chine qui concentre 99 %* de la flotte mondiale de bus électriques. Les deux motorisations n'émettent aucun gaz d'échappement et contribuent à réduire la pollution de l'air au niveau local. Mais les bus électriques à accumulateur sont clairement la solution à privilégier pour plusieurs raisons : ils sont fabriqués en série, le coût d'investissement dans les infrastructures est moindre et ils évitent les pertes d'énergie liées au procédé d'électrolyse. Certes, les bus équipés de piles à combustible à hydrogène offrent l'avantage de pouvoir être ravitaillés très rapidement mais les bus électriques, à condition de disposer d'une autonomie suffisante, peuvent être rechargés la nuit et leurs énormes batteries peuvent aider à répondre aux pics de consommation grâce à la technologie de véhicule-réseau (V2G).

Pour les véhicules utilitaires lourds (camions de collecte des ordures ménagères ou de transport des marchandises), **l'avantage va clairement aux véhicules électriques par rapport aux véhicules à pile à combustible à hydrogène**. L'autonomie des batteries actuelles est suffisante et le fait que les *grands constructeurs* soient entrés sur ce marché a grandement facilité la vie des utilisateurs de véhicules électriques. Comme pour les bus, les infrastructures sont plus simples, et les technologies qui permettront bientôt aux véhicules de communiquer avec le réseau (V2G) ne feront que renforcer la balance financière en leur faveur.

6. VOITURES PARTICULIÈRES ET VÉHICULES UTILITAIRES LÉGERS :

Ici l'hydrogène est à proscrire. La plupart des *constructeurs européens se sont retirés du marché de l'hydrogène* et il y a une bonne raison à cela. Les véhicules électriques à accumulateur sont techniquement bien plus avancés et il en existe pour tous les goûts et toutes les bourses, alors que l'accès à un hydrogène vert à un prix abordable reste du domaine du futur.

Des travaux récents de la Fédération européenne pour le transport et l'environnement « montrent que la conversion de seulement une fraction du parc automobile aux carburants de synthèse (dont le e-diesel et l'hydrogène) en 2050 nécessiterait la construction de parc éoliens offshore d'une superficie totale équivalente à celle du Danemark. »

7. CHAUFFAGE DOMESTIQUE :

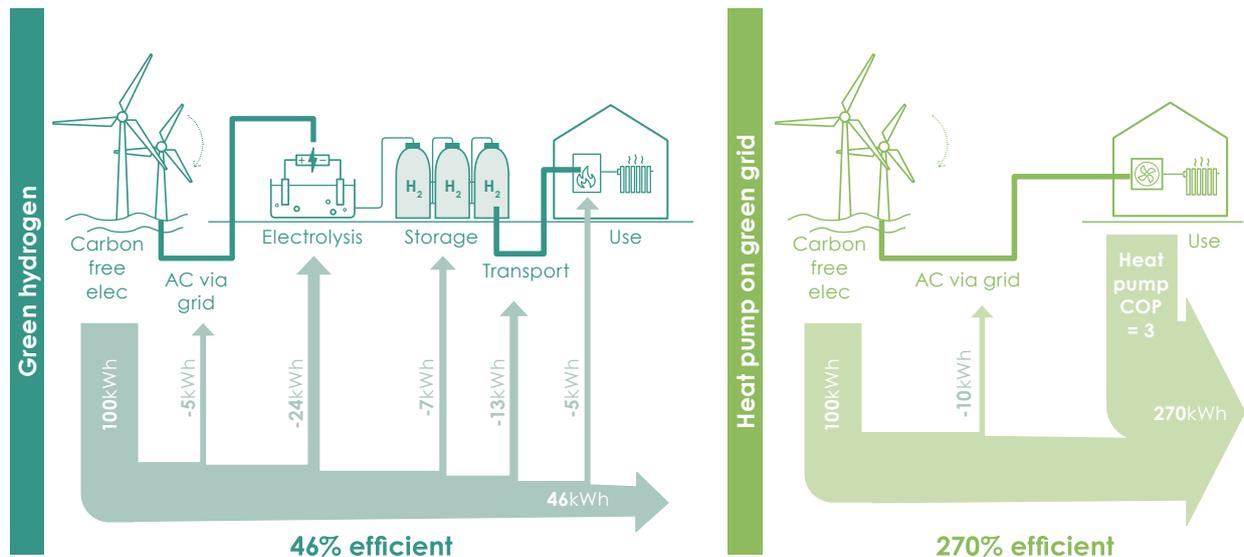
Sur le papier, utiliser l'hydrogène pour le chauffage domestique semble tomber sous le sens. Il suffirait d'ajouter un peu d'hydrogène au mélange de gaz pour faire baisser immédiatement les émissions. Malheureusement, les experts sont unanimes pour dire que c'est là une fausse bonne idée.

POURQUOI L'HYDROGÈNE POUR LE CHAUFFAGE DOMESTIQUE N'EST-IL PAS UNE BONNE SOLUTION ?

L'hydrogène est souvent présenté comme une solution simple pour se débarrasser des combustibles fossiles actuellement utilisés pour le chauffage et le refroidissement en milieu urbain. Mais la question fait débat parmi les experts en raison des **incertitudes et du risque de verrouillage technologique**. C'est pourquoi nous vous proposons ici de décortiquer cet argumentaire point par point

L'HYDROGÈNE EST-IL PERFORMANT ?

L'hydrogène vert utilise **cinq fois plus d'électricité pour chauffer une habitation qu'une pompe à chaleur**. En d'autres termes, la quantité d'énergie renouvelable nécessaire pour faire fonctionner un système de chauffage basse température fonctionnant à l'hydrogène représente **500 à 600 %** de la quantité consommée par une pompe à chaleur. En effet, le transport, le stockage et les multiples étapes de transformation et de combustion de l'hydrogène entraînent des **pertes importantes**.



Différence de rendement énergétique entre l'hydrogène vert et une pompe à chaleur alimentée par de l'électricité verte

Source : [LETI hydrogen Report](#), Source des données : Prof. David Cebon.





L'HYDROGÈNE EST-IL COMPÉTITIF ?

La **compétitivité en matière de coûts est relative** et les données doivent être comparées en tenant compte des différentes solutions bas carbone pouvant être utilisées pour chauffer les villes : pompes à chaleur, réseau de chauffage urbain et chaudières à hydrogène. L'analyse des coûts peut en effet grandement varier selon les critères utilisés, comme le niveau de prix de l'hydrogène et de l'électricité, les estimations de températures pour les décennies à venir, les infrastructures, etc.

Des études scientifiques montrent cependant que l'hydrogène n'est pas compétitif pour le chauffage face à des pompes à chaleur aérothermiques dont le coût est d'au moins **50 % inférieur** à celui des technologies utilisant uniquement l'hydrogène. **L'ICCT** affirme même que « même avec un prix du gaz naturel 50 % moins élevé ou un prix de l'électricité renouvelable 50 % plus cher en 2050 par rapport à nos hypothèses de base, les pompes à chaleur restent plus rentables que les chaudières à hydrogène ou les piles à combustible », un point non négligeable compte tenu de la **dimension sociale de la transition énergétique**.

En effet, comme nous l'avons vu précédemment, les systèmes de chauffage à base d'hydrogène consomment beaucoup plus d'énergie que les pompes à chaleur. Et **une grande partie** du coût de l'hydrogène vert étant liée au coût de l'électricité, toute baisse du prix de l'électricité renouvelable **bénéficie à l'hydrogène, mais également à l'électrification, qui restera donc moins onéreuse**.

Par ailleurs, des experts prévoient qu'une utilisation massive de l'hydrogène à des fins de chauffage **entraînerait un doublement des coûts de l'hydrogène**. En effet, une production d'hydrogène peinant à satisfaire la demande ne peut que conduire à une concurrence entre les différents secteurs (industrie, chimie, stockage de l'électricité), et donc à une augmentation des prix.

Ceci étant, **les bâtiments non rénovés** constituent une exception notable où l'hydrogène peut se révéler plus compétitif. Mais la proposition **d'une vague de rénovation** européenne entend réduire l'énergie utilisée pour le chauffage et les exigences de performance énergétique minimales proposées dans le cadre de la Directive sur la performance énergétique des bâtiments visent à s'attaquer en premier lieu à ces bâtiments peu performants, réduisant à néant ce marché potentiel.

QUELLES INFRASTRUCTURES POUR UNE UTILISATION DE L'HYDROGÈNE EN VILLE ?

L'hydrogène n'a pas les mêmes propriétés que le gaz naturel. Utiliser 100 % d'hydrogène pour chauffer les bâtiments **supposerait de modifier les canalisations amenant le gaz aux habitations, et aux divers équipements dans la maison**. Or le **réseau de gaz naturel à usage domestique** peut utiliser des matériaux très différents. Cela veut dire que pour certaines habitations, le passage à l'hydrogène pourrait se faire très facilement, et ne nécessiterait que de changer la chaudière et le compteur, mais que pour d'autres, il faudrait également **changer toute l'installation**. Afin de faciliter les travaux de conversion, qui pourraient prendre plusieurs jours par habitation, les entreprises fournissant du gaz proposent déjà des chaudières mixtes pouvant fonctionner à l'avenir avec de l'hydrogène.

La recherche a montré qu'il reste de **nombreuses incertitudes à lever et qu'au-delà de l'acceptabilité de l'hydrogène par les propriétaires**, « l'inaccessibilité des conduites de gaz naturel à usage domestique peut représenter un sérieux frein à la conversion s'il faut inspecter ou remplacer ces conduites qui sont souvent recouvertes de béton ou passent par des vides sanitaires inaccessibles ».

Une autre limite concerne **la responsabilité et la prise en charge du coût de ces transformations**. Par rapport à une électrification, les investissements nécessaires pour une conversion à l'hydrogène présentent plus de risques et une rentabilité moindre car il s'agit d'une technologie qui n'a pas encore fait ses preuves et doit être transposée à plus grande échelle, et en raison des incertitudes liées au coût de l'hydrogène. Des investissements publics supplémentaires au frais du contribuable sont donc nécessaires pour financer ces travaux.





POUR LES CITOYENS, LE PASSAGE À L'HYDROGÈNE SE FAIT-IL SANS HEURT OU EST-CE UNE RÉELLE RUPTURE ?

C'est une question importante qui a beaucoup à voir avec le débat sur les infrastructures soulevé par les compagnies gazières. Selon ces dernières, l'**hydrogène offre une solution « à l'identique »**, le remplacement du gaz naturel par l'hydrogène étant présenté comme une **opération indolore et sans effort** pour les citoyens. **Cet argument non-disruptif** a de quoi séduire les responsables politiques. Mais **cela reste un peu vague**, d'autant que le changement de gaz pourrait avoir un impact sur le montant des factures et nécessiter de changer toute l'installation au **domicile des particuliers** (**chaudière, tuyauteries intérieures**, cuisinière, etc.) et sur le réseau (canalisations et compresseurs).

A QUAND DES VILLES CHAUFFÉES À L'HYDROGÈNE ?

Après analyse des projets et du marché au Royaume-Uni, **Centrica**, l'un des principaux fournisseurs de gaz, admet qu'il faudra encore attendre plus de dix ans avant de pouvoir produire de l'hydrogène vert pour le chauffage. Alors que le chauffage urbain, les pompes à chaleur et l'efficacité énergétique (pour ne citer qu'eux) sont des solutions déjà disponibles. **Attendre que l'hydrogène arrive dans les villes, c'est risquer de créer un terrible effet de verrouillage au détriment d'autres technologies qui pourraient contribuer à la décarbonisation du chauffage.**

Face à cette perspective, Jan Rosenow, de l'ONG Regulatory Assistance Project, **affirme** « Oui pour faire des recherches sur l'hydrogène et mener des projets pilotes, mais c'est un pari risqué que de dire que l'hydrogène résoudra tous nos problèmes en 2040 et ne rien faire entretemps. Je pense que ce serait même irresponsable ».

SOLUTIONS POUR DÉCARBONER LES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE ET DE REFROIDISSEMENT

Vous vous intéressez aux stratégies de décarbonisation des systèmes de chauffage et de refroidissement dans l'environnement bâti ? Energy Cities fait partie du projet **Decarb City Pipes 2050** : en collaboration avec sept villes, nous développons des feuilles de route de la transition qui visent à éliminer progressivement les combustibles fossiles des réseaux de chauffage et de refroidissement urbains. Consultez le site internet et souscrivez à notre bulletin d'information pour être tenu informé des résultats du projet.

CONCLUSION :

L'hydrogène est une **technologie très intéressante** qui peut réellement aider l'Union européenne à atteindre son objectif de neutralité climatique d'ici 2050. En effet, il peut jouer un rôle clé dans les secteurs les plus difficiles à décarboner lorsqu'il est produit à partir d'électricité renouvelable.

Cependant, **la production d'hydrogène reste coûteuse et génère des pertes**. Il est donc nécessaire de **choisir avec soin** les secteurs où nous voulons le développer et ne pas céder aux pressions de l'industrie gazière. De même, il faut évaluer correctement les besoins en infrastructures pour ne pas les surestimer et entreprendre de grands travaux qui ne seraient pas nécessaires.

L'Union européenne doit développer une **stratégie « sans regret »** en choisissant les solutions les plus efficaces, les plus abordables et les moins polluantes pour chaque application. Ainsi, l'hydrogène ne devrait pas concurrencer les énergies renouvelables dans les secteurs où elles sont plus efficaces. C'est notamment le cas pour le chauffage des bâtiments, où les pompes à chaleur et le chauffage urbain constituent un choix beaucoup plus stratégique et plus rentable pour les villes, parallèlement à l'efficacité énergétique. Les villes doivent avoir leur mot à dire dans le développement des infrastructures de l'hydrogène afin que ces investissements soient conformes à leurs stratégies industrielles, urbaines et énergétiques, et pour assurer une transition juste et équitable.



ENERGYCITIES

.....
www.energy-cities.eu
.....

 @energycities
.....

 @energycities.eu
.....