



4 / 2024

L'hydrogène et les gaz renouvelables: sources d'énergie du futur

27.06.2024

L'essentiel en bref

Sûr, propre, bon marché – tel doit être l'approvisionnement énergétique du futur. L'énergie sous forme de molécules, en particulier l'hydrogène ou d'autres gaz renouvelables, jouera un rôle important dans ce contexte, là où l'électrification se heurte à des limites techniques ou économiques. Sur le plan politique, ces sources d'énergie alternatives occupent encore une niche. Leur établissement sur le marché doit toutefois être rendu possible et accompagné avec prudence ces prochaines années:

Contact et questions

Dominique Rochat

Responsable de projets Senior Énergie, infrastructures et environnement

Lukas Federer

Responsable suppléant du département Énergie, infrastructures et environnement

www.dossierpolitik.ch

Position d'economie suisse

L'hydrogène et les gaz renouvelables diversifient et renforcent notre sécurité d'approvisionnement. Ils sont presque les couteaux suisses du tournant énergétique. Mais il faut agir si nous voulons saisir la chance qui se présente.

À court terme:

1. Établir une stratégie pour l'hydrogène et la réviser régulièrement: La stratégie sert de cadre à toutes les activités de la Confédération, avec une planification roulante et itérative.
2. La Suisse doit se raccorder à l'European Hydrogen Backbone: L'institutionnalisation précoce de la coopération avec l'Europe renforce la sécurité de l'approvisionnement.
3. Prise en compte réglementaire de l'hydrogène et des gaz renouvelables basée sur les principes de marché: Introduction de normes et de garanties d'origine compatibles avec celles de l'UE afin de favoriser une pénétration rapide sur le marché.

À moyen et à long termes:

1. Penser ensemble la politique énergétique et la politique étrangère: approvisionnement fiable et diversifié en hydrogène et en gaz renouvelables au moyen d'accords intergouvernementaux.

2. Créer une organisation de marché dans le domaine du gaz: Établir une base juridique pour l'accès au réseau et la promotion de l'hydrogène, des gaz renouvelables et l'utilisation du CO₂.
3. Compléter l'infrastructure: Développer des infrastructures d'approvisionnement industriel et de transport du CO₂ pour le captage, l'utilisation et le stockage du carbone (CCS).

Hydrogène – les points-clés

Du gris au vert – la transformation de la production et de la demande d'hydrogène

La production mondiale d'hydrogène repose aujourd'hui presque exclusivement sur des combustibles fossiles, ce qui entraîne des émissions élevées. De plus, l'hydrogène est presque exclusivement utilisé comme matière première industrielle. S'il doit être utilisé à l'avenir comme vecteur d'énergie, la production d'hydrogène climatiquement neutre doit être massivement développée. Pour cela, il faut beaucoup d'électricité renouvelable et bon marché. En Suisse, une production locale, surtout à grande échelle, n'est pas économiquement envisageable à l'heure actuelle. À l'avenir, la production se fera donc plutôt dans des pays riches en soleil, par exemple au Proche et au Moyen-Orient.

Une consommation qui va augmenter et se diversifier

La demande d'hydrogène et de gaz renouvelables devrait se multiplier d'ici 2050. L'hydrogène peut remplacer les combustibles fossiles dans l'industrie, le stockage de l'électricité et le transport. L'utilisation d'autres gaz renouvelables, tels que le biométhane et les carburants synthétiques, élargit l'éventail des possibilités de stockage de l'énergie et améliore la sécurité d'approvisionnement. Mais surtout, d'autres gaz renouvelables permettent d'utiliser les infrastructures existantes.

L'Union européenne mise sur l'hydrogène

L'UE vise à faire passer la part de l'hydrogène dans la consommation d'énergie de pratiquement zéro à 20% d'ici 2050. Cela nécessite une production d'hydrogène climatiquement neutre de 20 millions de tonnes d'ici 2030, soit environ vingt fois la consommation actuelle de gaz en Suisse. La stratégie de l'UE comprend des investissements, la promotion de la demande et le développement des infrastructures. Un réseau européen de transport d'hydrogène devrait voir le jour d'ici 2040, auquel la Suisse pourrait être associée.

La Suisse peut et doit rattraper son retard

La Suisse vise la neutralité climatique d'ici 2050 et l'hydrogène joue actuellement un rôle marginal dans ses plans pour y parvenir. Les prévisions varient, mais une utilisation significative de l'hydrogène est très probable. La Suisse doit rapidement mettre au point sa stratégie pour l'hydrogène et rester en phase avec l'évolution européenne.

Demandes de l'économie

À court terme, la stratégie pour l'hydrogène doit fixer des objectifs clairement définis et relier la Suisse à l'European Hydrogen Backbone. Des normes réglementaires et des garanties d'origine pour les gaz renouvelables sont nécessaires, de même que des incitations à l'investissement dans l'infrastructure du réseau gazier. À moyen et à long termes, des accords internationaux d'approvisionnement et une organisation du marché du gaz sont nécessaires. Pour boucler le cycle du carbone à long terme, il

faut en outre penser et mettre à disposition des infrastructures pour l'utilisation industrielle et le transport du CO₂.

L'hydrogène et les gaz renouvelables diversifient et renforcent notre approvisionnement énergétique

→ Une molécule à tout faire

Le couteau suisse du tournant énergétique

L'hydrogène, c'est un peu une brique Lego énergétique. L'élément le plus abondant de notre univers paraît idéal pour décarboner notre consommation, tant il présente de remarquables qualités:

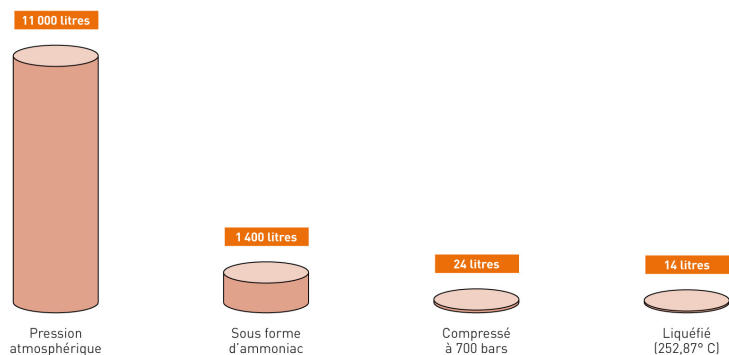
- Il est très polyvalent. On peut l'utiliser directement comme combustible, le stocker, le transformer en méthane, en autres combustibles synthétiques, ou le convertir en électricité.
- Sa combustion directe ne dégage pas de gaz à effet de serre et son utilisation dans une pile à combustible ne produit que de l'eau.

Comme toute source d'énergie, l'hydrogène n'est cependant pas une solution miracle car sa production et son utilisation impliquent des contraintes importantes:

- Il faut le produire, ce qui peut être coûteux et génère actuellement d'importantes émissions de gaz à effet de serre. Plus de 90% de l'hydrogène est produit à partir de gaz naturel ou de charbon, pour être utilisé comme matière première dans l'industrie. Cette situation pourrait fortement changer grâce au captage et au stockage des émissions issues de ce mode de production (hydrogène bleu), au développement de la production d'hydrogène «vert» et par l'existence de gisements d'hydrogène (hydrogène «blanc»).
- Un kilo d'hydrogène contient trois fois plus d'énergie qu'un kilo de pétrole, mais occupe un volume d'environ 11m³ à pression atmosphérique ambiante. Il se transporte bien par gazoduc, mais sa faible densité nécessite de le comprimer très fortement ou de le liquéfier pour pouvoir le transporter dans un volume raisonnable.

Quel est le volume de stockage d'un kilo d'hydrogène selon son état ?

► Les volumes représentés n'ont qu'une valeur d'illustration.



Source : Teréga
www.economiesuisse.ch

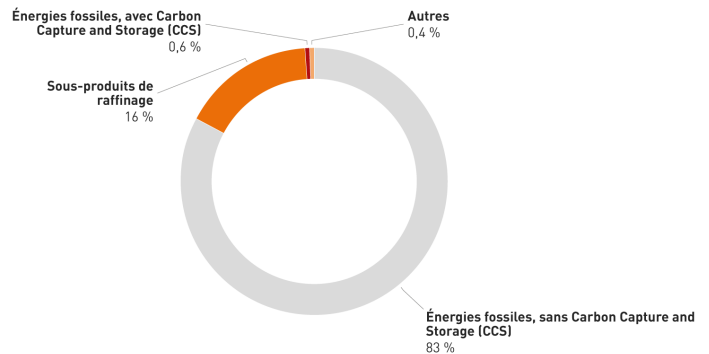
Source : Teréga. Les volumes représentés ont une valeur d'illustration.
<https://www.energiesuisse.ch/fr/actualites/le-hydrogene-est-le-roi-de-la-decarbonation>
Pour en savoir plus sur la production et le stockage de l'hydrogène, consultez le rapport de Teréga.

→ Une matière première qui devient une énergie

De gris à vert: la mutation de la production et de la consommation d'hydrogène

En 2022, la production mondiale d'hydrogène a atteint 95 millions de tonnes ^[1]. Ce gaz provient à pratiquement 99% de combustibles fossiles, ce qui provoque d'importantes émissions de gaz à effet de serre. La Chine est le plus important producteur. Si l'on y ajoute les États-Unis, l'Inde, la Russie et le Moyen-Orient, 70% de l'hydrogène est produit dans ces régions.

Sources de production d'hydrogène en 2022



Source : Agence internationale de l'énergie (AIE)
www.economiesuisse.ch

Pour développer l'utilisation de l'hydrogène, surtout comme vecteur énergétique, il faut rendre sa production climatiquement neutre. Cela implique de développer massivement les installations d'électrolyse alimentées par de l'électricité décarbonée, qui extraient ce gaz de l'eau. Le coût de ce mode de production est actuellement deux à trois fois supérieur aux méthodes conventionnelles et il dépend fortement du prix de l'électricité ^[2]. Pour rendre la production compétitive, la voie la plus prometteuse est de la localiser dans des pays très ensoleillés, comme ceux du Maghreb ou du Moyen-Orient, où l'électricité photovoltaïque est très bon marché. Il est aussi envisageable d'utiliser des surplus de production d'électricité renouvelable en Europe. Mais il est peu probable que cette option puisse se concrétiser de manière rentable en Suisse ^[3].

Les « couleurs » de l'hydrogène

Hydrogène « vert »	Il est produit soit à partir de la biomasse, soit par électrolyse au moyen d'électricité renouvelable.
Hydrogène « bleu »	Il est produit au moyen d'énergies fossiles, mais avec capture et stockage d'une grande partie du CO ₂ qui en résulte.
Hydrogène « turquoise »	Il est produit par pyrolyse du méthane. Une grande partie du CO ₂ est transformé en carbone solide.
Hydrogène « gris »	Il est produit à partir d'énergies fossiles (en général gaz naturel ou charbon).
Hydrogène « rose »	Il est produit grâce à l'énergie nucléaire.
Hydrogène « blanc »	Hydrogène natif, naturellement présent dans le sous-sol

Source : economiesuisse
www.economiesuisse.ch

→ L'hydrogène est le joker de la transition énergétique

Une consommation appelée à augmenter et à se diversifier

Aujourd'hui, l'hydrogène est essentiellement utilisé comme matière première dans des processus industriels (pour produire de l'ammoniac, par exemple). Son utilisation comme énergie de propulsion, de chauffage ou de production d'électricité reste encore très marginale.

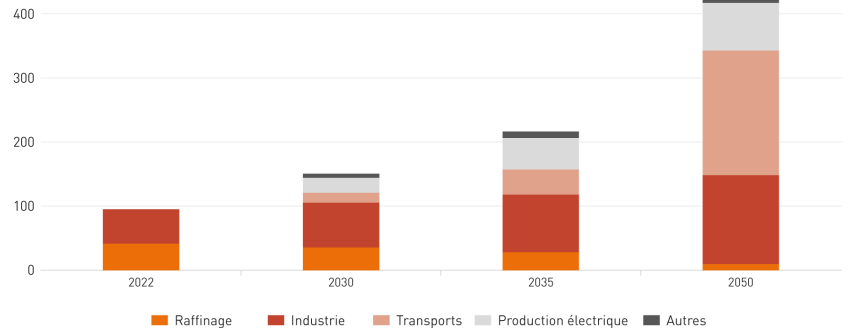
À l'avenir, l'utilisation de l'hydrogène devrait augmenter et se diversifier. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) estime que la demande atteindra 215 millions de tonnes d'ici 2035 et 430 en 2050 ^[4]. Cela impliquera un fort développement des installations de production d'hydrogène «propre», des réseaux de transport et du stockage.

L'hydrogène permet de satisfaire notamment les besoins suivants:

- Remplacer les combustibles fossiles dans certains domaines, par exemple dans les processus industriels qui nécessitent de hautes températures, pour alimenter des centrales électriques ou des réseaux de chauffage à distance.
- Stocker de l'électricité renouvelable excédentaire, qui serait convertie en hydrogène par électrolyse de l'eau, puis utilisée sous forme de gaz ou transformée en dérivés (méthane ou ammoniac, par exemple).
- Alimenter des véhicules utilitaires ou des bateaux lorsque l'utilisation d'une propulsion électrique alimentée par des batteries n'est techniquement ou économiquement pas possible.

La demande d'hydrogène augmente fortement jusqu'en 2050

▶ Prévisions en millions de tonnes



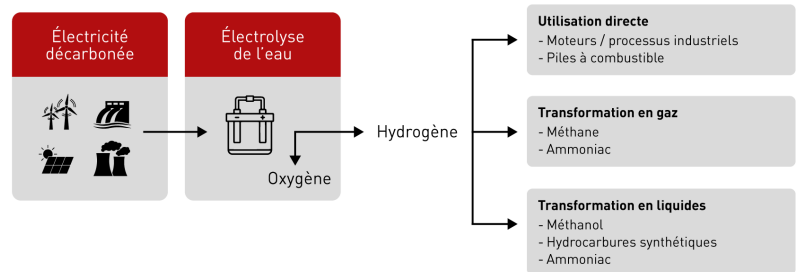
Source : Agence internationale de l'énergie (AIE), Net Zero Roadmap, 2023
www.economiesuisse.ch

→ Divers usages pour diverses propriétés

La famille des gaz renouvelables est bien plus vaste

L'hydrogène «vert» attire actuellement tous les regards. Mais il existe toute une série de gaz renouvelables qui présentent des perspectives intéressantes. Ainsi, des quantités non négligeables de biométhane sont déjà disponibles sur le marché. Il est aussi possible de produire du méthane en combinant de l'hydrogène et du CO₂, ainsi que du biogaz, tiré de déchets organiques. Même des combustibles liquides peuvent être produits sur le même schéma (synfuels). Le biogaz est un domaine où la Suisse a joué un rôle de pionnier et il représente actuellement près de 10% du gaz consommé dans notre pays. Une part substantielle est importée, du fait du potentiel de production limité en Suisse. Il est aussi possible de produire de l'ammoniac, par le procédé Haber-Bosch. Ces autres gaz ou leurs dérivés liquides diversifient nos sources d'énergie. À volume comparable, ils ont une plus grande densité énergétique que l'hydrogène et peuvent utiliser les infrastructures de transport existantes. De ce fait, ils ont le potentiel de renforcer rapidement la sécurité d'approvisionnement et de constituer une étape sur le chemin vers l'ère du tout hydrogène. D'où l'importance de raccorder la Suisse aux marchés européens. L'inconvénient principal de ces alternatives reste leur rendement global encore plus faible que celui de l'hydrogène. Leur production nécessite donc encore plus d'énergie renouvelable.

L'hydrogène est le point de départ de nombreux autres combustibles et carburants



Source : economiesuisse
www.economiesuisse.ch

→ L'exploitation de gisements d'hydrogène en est à ses premiers pas

L'hydrogène «blanc» pourrait changer la donne

Il y aurait suffisamment d'hydrogène sous nos pieds, pour couvrir les besoins de l'humanité durant des centaines d'années. Cette information a fait l'effet d'une bombe, après la divulgation début 2024 d'un rapport des géologues américains de l'USGS [5].

Jusqu'au début des années 2000, il y avait un consensus sur le fait qu'il n'y avait pas de gisements d'hydrogène comparables à ceux de gaz ou de pétrole, malgré de nombreux indices montrant le contraire. Tout a changé dès 2012, lorsqu'un puits d'hydrogène a été mis en exploitation au Mali. Dix ans plus tard, il est toujours actif et ne faiblit pas. Depuis, les preuves de la présence de réserves d'hydrogène se multiplient. Mieux encore, il y a de fortes chances que ce gaz soit produit en continu dans des couches géologiques particulières. En Europe, un important gisement potentiel a déjà été découvert dans le nord de la France. Des start-up se lancent un peu partout dans l'exploration et l'exploitation de ces nouvelles ressources, y compris en Suisse. Il reste cependant de nombreuses étapes à franchir avant d'avoir la certitude que l'hydrogène naturel constitue une nouvelle source d'énergie propre à notre disposition. Les doutes sont encore élevés sur les quantités disponibles, la manière de capter et de transporter le gaz, ainsi que sur les coûts de cette énergie. Mais si ces découvertes se confirmaient, cela pourrait profondément changer les perspectives de l'approvisionnement énergétique mondial et suisse.

L'Union européenne mise sur l'hydrogène

→ L'Europe investit dans les infrastructures, la production et l'importation

L'hydrogène fait partie intégrante du futur mix énergétique européen

L'Union européenne pousse le développement de l'utilisation de l'hydrogène. Cette volonté vise un double objectif: décarboner l'approvisionnement énergétique à l'horizon 2050 et diversifier les sources d'énergie. L'invasion de l'Ukraine par la Russie a donné un coup d'accélérateur à ce projet.

Actuellement, l'hydrogène représente à peine 2% de la consommation européenne d'énergie. À l'horizon 2050, cette part pourrait atteindre 20%, en couvrant jusqu'à la moitié des besoins des transports et 5 à 20% de ceux de l'industrie ^[6]. La production d'hydrogène climatiquement neutre devrait atteindre 10 millions de tonnes en 2030, auxquelles s'ajouteraient 10 millions de tonnes importées. Pour concrétiser ces objectifs, l'UE a mis sur pied une stratégie en 4 points ^[7], dont la mise en œuvre est en cours:

- Développer un agenda d'investissement, en soutenant notamment des projets de production d'hydrogène «propre».
- Augmenter la demande et la production, spécialement dans les domaines du transport et de l'industrie.
- Concevoir un cadre favorable et stimulant, en particulier pour développer les infrastructures de transport, de stockage et de distribution.
- Renforcer la dimension internationale, par une consolidation des liens avec les pays voisins au sud et à l'est de l'Europe. Contribuer également au développement de règles et de standards internationaux.

En plus des mesures qui se mettent en place au niveau de l'UE, de plus en plus de pays adoptent une stratégie hydrogène. C'est notamment le cas du Portugal, de l'Espagne, de la France, de l'Italie, de l'Autriche, de l'Allemagne, de la Belgique, des Pays-Bas, du Danemark, de la Norvège de la Finlande et du Royaume-Uni.

Des gestionnaires de réseaux européens ont aussi lancé le projet d'un réseau européen de transport d'hydrogène (European Backbone), avec pour objectif de le déployer d'ici 2040. La Suisse est associée à ce consortium privé, par l'entreprise Transitgas ^[8]. Mais son raccordement interviendrait au plus tard en 2040, pour autant que les questions de financement et de garantie de risques soient éclaircies à temps.

Le réseau européen de transport de l'hydrogène planifié pour 2040 (European backbone)



Source : The European Hydrogen Backbone (EHB) initiative 2024
www.economiesuisse.ch

La Suisse peut rattraper son retard dans le domaine de l'hydrogène

→ Le monde politique veut avancer, l'administration tempore

La stratégie suisse de l'hydrogène est en cours d'élaboration

Avec l'approbation de la loi sur le climat en 2023, la Suisse vise la neutralité climatique d'ici 2050. Cette décision oriente la politique énergétique, car elle implique de remplacer les énergies fossiles par des énergies décarbonées. L'électricité est la piste privilégiée pour y parvenir, mais vu l'ampleur du défi, la diversité des besoins et la nécessité de diversifier l'approvisionnement, toutes les énergies climatiquement neutres sont les bienvenues. L'hydrogène en fait partie, avec d'autres gaz ou combustibles liquides renouvelables.

Pourtant, ces sources d'énergie ne jouent actuellement qu'un rôle marginal dans les plans de la Confédération. Elle estime que l'hydrogène couvrira quelque 3% des besoins de la Suisse d'ici 2050 (environ 5 térawattheures ^[9] [TWh]). D'autres acteurs lui accordent une place nettement plus importante:

- Dans les scénarios de l'AES et de l'EMPA ^[10], la consommation pourrait atteindre 27 TWh, dont la plus grande partie servirait à produire de l'électricité en hiver.
- L'étude Polynomics/E-bridge/EPFL ^[11], pour le compte de l'AES et de l'ASIG, table sur un besoin de 9 TWh, mais qui pourrait monter à 40 TWh si ce gaz était utilisé pour produire de l'électricité.
- Les estimations sont nettement moins conservatrices en Europe. Une étude du projet de recherche allemand «TranHyDe» part du principe que l'Europe aura besoin de 700 TWh d'hydrogène par an à l'horizon 2050.

L'ensemble des scénarios suisses prévoient que l'hydrogène sera initialement produit et consommé localement en petites quantités, par manque de réseau de transport. Ensuite, il sera très majoritairement importé, pour des raisons de coût et de disponibilité de l'électricité nécessaire pour le produire.

Alors que l'UE et les pays voisins mettent déjà en place des mesures pour faciliter le déploiement de l'hydrogène, la Suisse prend son temps. Une stratégie est annoncée pour 2024, mais sa mise en œuvre nécessitera des années. Ces incertitudes incitent à l'immobilisme, car les acteurs concernés attendent d'avoir des conditions-cadre claires avant de prendre des décisions d'investissements portant sur des montants et des durées substantielles. La retenue actuelle du monde politique constitue aussi un handicap pour raccorder la Suisse au système hydrogène qui se met en place chez nos voisins. Il s'agit d'accélérer fortement le mouvement, avec les orientations suivantes:

- Intégrer l'hydrogène et ses dérivés dans le futur mix énergétique suisse, en accélérant les travaux sur la stratégie hydrogène.
- Créer les règles permettant de mettre en place les infrastructures nécessaires, pour commercialiser, transporter et utiliser l'hydrogène et ses dérivés.
- Participer au marché européen de l'hydrogène qui se met en place, en créant notamment un système de garanties d'origine.

Dans l'ensemble, les points clés de la stratégie suisse pour l'hydrogène, établie en réponse au postulat Candinas ^[12], reprennent ces exigences. Les estimations de la demande constituent la pierre angulaire de la stratégie. Mais comme le marché en est à ses balbutiements, ces dernières sont conservatrices. Compte tenu des incertitudes existantes, de grandes entreprises industrielles ne peuvent pas estimer clairement leurs besoins d'ici 2050. De ce fait, les estimations de la demande sont trop statiques. Il s'agit en premier lieu de mettre à disposition des infrastructures et des systèmes pour que l'écosystème de l'hydrogène puisse se développer. La demande suivra, même si l'on ne peut pas préciser aujourd'hui exactement dans quelle mesure.

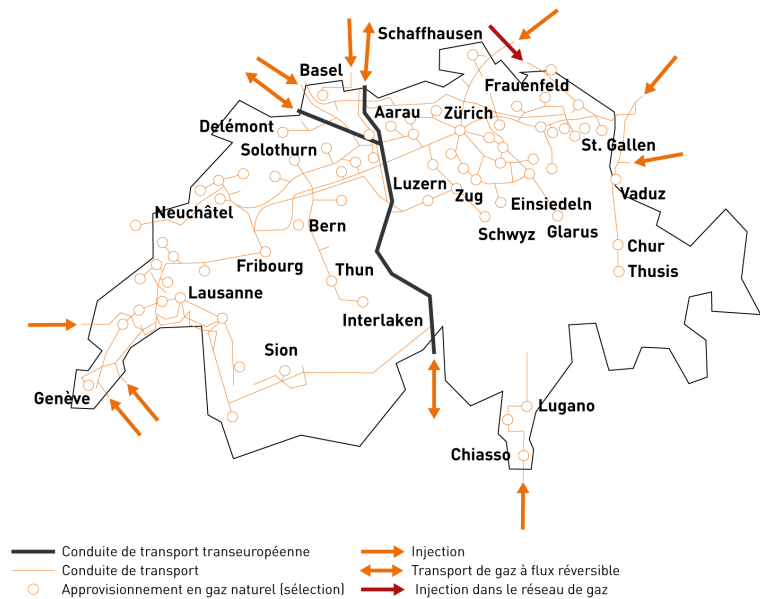
→ **Le réseau suisse de gaz est un atout clé pour l'hydrogène**

Exploiter les bonnes infrastructures existantes

La Suisse dispose d'un réseau de transport de gaz naturel de grande qualité, sur l'ensemble du territoire. À l'intérieur du pays, il s'étend principalement sur l'axe est-ouest, très peuplé, avec des capacités d'importation en provenance de tous les pays voisins (cf. carte). Du nord au sud, notre pays est en outre traversé par une importante conduite de transit européenne. Elle sert d'une part à l'approvisionnement de la Suisse et d'autre part aux échanges entre l'Allemagne et l'Italie. La longueur totale des réseaux de transport (haute pression) sur le territoire suisse avoisine les 2300 kilomètres, celle des réseaux de distribution les 17 000 kilomètres. Grâce à ce réseau, l'énergie gazière est toujours proche des clients, qu'il s'agisse de ménages, d'entreprises de services ou d'industries.

En 2019 déjà, une **étude paneuropéenne** a conclu que ce réseau gazier constituait un énorme atout pour la Suisse, dans la perspective du zéro net en 2050. Selon cette étude, l'utilisation de l'infrastructure existante permet d'économiser chaque année quelque 1,3 à 1,9 mia. CHF dans le processus de transformation du système énergétique. Ceci principalement parce que l'extension du réseau électrique peut être mieux calibrée et que les coûts de conversion sont faibles en fonction du gaz renouvelable transporté.

Le réseau de gaz suisse, un atout pour l'ère post-fossile



Source : Association Suisse de l'Industrie Gazière, 2023
www.economiesuisse.ch

L'hydrogène peut être transporté pur, mélangé au gaz naturel ou méthanisé et mélangé. La méthanisation ou le mélange pur avec des taux d'adjonction faibles (jusqu'à 10%) est déjà possible aujourd'hui dans l'infrastructure existante. Des taux de mélange plus élevés avec de l'hydrogène pur nécessitent certaines adaptations du réseau et de mise à niveau des conduites, par exemple des revêtements, des vannes, des appareils de mesure ou de nouveaux compresseurs. Ces investissements peuvent être réalisés de manière rentable, pour autant que la demande en gaz renouvelables ou en hydrogène existe (pour les grands consommateurs industriels, par exemple). Si ce n'est pas encore le cas, l'État peut créer la sécurité d'investissement nécessaire par des mesures bien ciblées.

Le gazoduc de transit passant par la Suisse est indispensable pour notre pays, pour l'Europe et particulièrement pour les pays voisins. L'accord de solidarité conclu entre l'Allemagne, l'Italie et la Suisse, qui n'est pas membre de l'UE, en est la preuve. Par ailleurs, la Commission européenne veut mettre à disposition au moins 65 GW de capacités d'électrolyse d'ici 2030. Cela devrait permettre de produire 10 mégatonnes d'hydrogène par an. Dix autres mégatonnes doivent être produites hors d'Europe et importées. Un développement des capacités de production d'une ampleur similaire en Suisse n'est pas réaliste dans ce laps de temps. Un approvisionnement rapide de l'économie et de la société en gaz renouvelables dépend donc de la connexion à l'Europe et au «European Hydrogen Backbone».

Les entreprises et les instituts de recherche ont pris les devants

Alors que la politique suisse de l'hydrogène tarde à se mettre en place, des entreprises, des associations et des centres de recherche ont pris l'initiative. Il s'agit notamment de la flotte de camions fonctionnant à l'hydrogène de Hyundai Hydrogen Mobility ^[13], de l'Association des producteurs d'hydrogène ^[14], de l'Association suisse de l'industrie gazière avec son baromètre H2, de plusieurs entreprises électriques ou instituts de recherche comme l'EMPA, l'EPFL et l'EPFZ.

De combien d'hydrogène et de gaz renouvelables avons-nous besoin et où?

→ L'hydrogène est une alternative à l'électricité pour les domaines de la mobilité et de la chaleur industrielle.

Complément et alternative à l'électrification

L'hydrogène et les gaz renouvelables peuvent contribuer à créer une économie et une société climatiquement neutres dans presque tous les domaines. Ce peut être pour stocker et produire de l'électricité en hiver, pour la mobilité, pour alimenter en chaleur des processus industriels ou pour la production centralisée de chaleur destinées à des quartiers ou à des réseaux thermiques. Ce qui est déterminant, c'est la pertinence technique et économique de l'utilisation d'hydrogène par rapport à l'électrification. Actuellement, les domaines d'application et les potentiels suivants se dessinent:

- **Mobilité:** Dans le trafic lourd sur de longues distances, sur le rail ou sur l'eau, l'hydrogène pourrait jouer un rôle important à l'avenir en tant que vecteur d'énergie. Le potentiel est évalué de manière très différente. Dans les transports terrestres, la consommation finale d'énergie devrait être de quelque 36,4 TWh en 2050. Sur ce total, jusqu'à 19,5 TWh pourraient provenir de l'hydrogène et des gaz renouvelables [15]. Dans l'aviation, les carburants synthétiques à base d'hydrogène constituent une innovation centrale. La nouvelle loi sur le CO₂ prévoit, au même rythme que l'UE, des quotas de mélange croissants (à commencer par 2% à partir de 2025). Le volume du marché devrait augmenter de manière exponentielle à partir de 2030.
- **Chaleur de confort:** Dans le domaine de la chaleur, les gaz renouvelables sont utilisés là où les pompes à chaleur ou les réseaux thermiques ne sont pas techniquement ou économiquement utilisables. En même temps, ils soutiennent et complètent d'autres sources de chaleur renouvelables (couverture de la charge de pointe, CCF).
- **Électricité:** L'hydrogène, les gaz renouvelables et la grande hydraulique sont essentiels pour le futur stockage saisonnier de l'électricité. Certes, la Suisse ne dispose pas actuellement de son propre stockage de gaz pour créer une réserve hivernale. Néanmoins, l'accès aux réserves européennes sera déterminant à l'avenir pour la sécurité de l'approvisionnement électrique en hiver.
- **Chaleur industrielle:** Aujourd'hui, l'industrie utilise surtout des combustibles fossiles pour produire de la chaleur. Dans la plage de températures basses et moyennes (200 à 300 degrés), les processus peuvent probablement fonctionner en grande partie à l'électricité. Ce n'est pas le cas dans la plage des hautes températures (à partir de 700 degrés). C'est là que l'hydrogène et les gaz renouvelables seront nécessaires à l'avenir, comme combustibles climatiquement neutres. Une étude récente [16] indique que 73% de la demande énergétique industrielle actuelle environ est techniquement électrifiable. Dans cette hypothèse, nous avons donc besoin de quelque 27% de la demande énergétique actuelle sous forme d'hydrogène et de gaz renouvelables, ou plutôt 30% pour être sûrs. L'industrie suisse consomme actuellement 46 TWh d'énergie finale environ. **Il faut donc au moins 15 TWh d'énergie renouvelable sous forme de molécules par an. Cela représente 50% environ de la demande actuelle en gaz de la Suisse (env. 30 TWh), et près d'un tiers de plus que la consommation de gaz de l'industrie (env. 10 TWh).**

→ Nous avons besoin d'une stratégie d'approvisionnement internationale diversifiée.

D'où viendront l'hydrogène et les gaz renouvelables à l'avenir?

L'hydrogène et ses dérivés sont aujourd'hui très chers. Cela s'explique surtout par des économies d'échelle encore insuffisantes. Pour une production avantageuse, il faudra à l'avenir beaucoup d'électricité renouvelable et de CO₂ bon marché. Mais même avec une production croissante, le prix de l'hydrogène ne pourra pas concurrencer celui du gaz fossile. Les estimations actuelles prévoient pour 2050 des prix de l'hydrogène vert de l'ordre de 0,3 à 1 USD/kWh^[17]. Cela correspond à environ trois fois le prix actuel du gaz.

Ces facteurs économiques rendent improbable un grand volume de production en Suisse ou en Europe centrale. Il est plutôt envisageable que de petites quantités d'hydrogène seront produites chez nous à l'avenir, alors que la majeure partie des besoins proviendra de régions où l'ensoleillement ou le vent sont constamment abondants. Des projets de grandes installations de production existent en de nombreux endroits, en Afrique du Nord, au Moyen-Orient ou en Australie. La Suisse devrait se pencher suffisamment tôt sur des options d'investissement et d'approvisionnement orientées vers le long terme.

Potentiel de production limité en Suisse

L'idée d'utiliser des surplus d'électricité renouvelable en été pour produire de l'hydrogène est souvent évoquée. Elle se heurte pourtant à des obstacles importants:

- Les surplus d'électricité en Suisse seront limités. Selon une récente étude, ils permettraient de produire 2 Twh d'hydrogène en 2030 et 5 d'ici 2050^[18].
- Pour permettre d'assurer des prix compétitifs, le coût de l'électricité utilisé pour produire de l'hydrogène doit être le plus bas possible. Il représente en effet la part la plus importante du coût de production total.
- Les électrolyseurs utilisés pour produire l'hydrogène doivent fonctionner 3000 heures par an au moins pour assurer une production rentable, selon la Confédération^[19]. Pour AXPO^[20], le taux d'utilisation doit même être de 85% au moins.

Collecter le CO₂ des sources ponctuelles - fermer le cycle de l'hydrogène

L'importation d'hydrogène et de gaz renouvelables pourrait à l'avenir ne représenter que la moitié d'un cycle. L'autre moitié est la collecte du CO₂ de sources industrielles ponctuelles (cimenteries ou usines d'incinération des ordures ménagères, par exemple) en Suisse et en Europe. Ce CO₂ sera encore produit en 2050 par la combustion de gaz et de carburants renouvelables. Pour être compatibles avec l'objectif zéro net, ces émissions devront être capturées et stockées à long terme. Ou alors, le CO₂ capté sera réinjecté dans la production de combustibles et carburants renouvelables (CO₂ qui devrait sinon être extrait de manière coûteuse et complexe via le transport du CO₂ hors d'Europe^[21]). Dans la future stratégie suisse de l'hydrogène, cette «fermeture du cycle» devrait être prise en compte.

Demandses de l'économie

La pierre angulaire d'un approvisionnement global en énergie renouvelable

À l'avenir, l'économie aura besoin d'un approvisionnement suffisant, sûr et avantageux en énergie renouvelable, sous forme d'électrons et de molécules. Les gaz renouvelables, l'hydrogène et les dérivés de l'hydrogène jouent à cet égard un rôle central aux côtés de l'électricité. Ils doivent être disponibles là où l'électrification n'est pas possible pour des raisons techniques ou économiques. Nous avons fondamentalement besoin d'un système d'approvisionnement énergétique diversifié, ce qui est sensé d'un point de vue économique et augmente la sécurité d'approvisionnement. Pour y parvenir, des mesures à court, moyen et long termes sont nécessaires.

À court terme:

- La **stratégie de l'hydrogène** doit donner un cadre à toutes les activités de la Confédération. Les objectifs et les mesures doivent être régulièrement revus et, si nécessaire, réajustés, dans l'esprit d'une planification glissante.
- Le **raccordement de la Suisse à l'European Hydrogen Backbone** est le fondement de la sécurité d'approvisionnement en hydrogène et en gaz renouvelables. Plus tôt il pourra être institutionnalisé, mieux ce sera.
- **Prendre en compte l'hydrogène et les gaz renouvelables dans la réglementation:** Des normes techniques compatibles avec l'UE, des exigences en matière de sécurité ainsi que des garanties d'origine pour les gaz et l'électricité renouvelables les rendent négociables et favorisent ainsi une pénétration rapide du marché. Il faut notamment un cadre réglementaire qui permette de comptabiliser l'énergie renouvelable ainsi importée ou de l'exonérer de la taxe sur le CO₂.
- **Faciliter les investissements dans les infrastructures.** La sécurité de la planification doit permettre de créer des incitations claires pour la mise à niveau et le réaménagement des réseaux gaziers existants. Cela concerne non seulement le réseau de transport et de distribution national, mais aussi et surtout le gazoduc de transit, qui est critique pour l'approvisionnement. En complément, il convient d'envisager des aides à l'investissement, notamment des cautionnements.

À moyen et long termes:

- **Penser ensemble la politique énergétique et la politique étrangère** – la Suisse aura besoin de possibilités d'approvisionnement fiables en hydrogène et en gaz renouvelables. Lorsque cela s'avère judicieux et possible, il convient de diversifier et de sécuriser l'approvisionnement par des accords intergouvernementaux.
- **Créer une organisation du marché dans le domaine du gaz.** La Suisse ne dispose toujours pas d'une législation spéciale qui assure la sécurité juridique de l'accès au réseau. Dans le cadre de la décarbonation, l'importance de telles réglementations et de règles du jeu claires pour le marché ne fera que croître. C'est pourquoi il est nécessaire de disposer d'une base juridique qui prend en compte à la fois l'hydrogène, les gaz renouvelables et le CO₂ et qui crée un cadre dans lequel ils sont

encouragés plutôt qu'entravés.

- **Compléter les infrastructures** là où elles n'existent pas aujourd'hui, notamment pour l'approvisionnement des grandes entreprises industrielles ainsi que pour le captage et le transport du CO₂. Ces infrastructures devront être prêtes à répondre à la demande dès que des quantités suffisantes d'hydrogène et de gaz renouvelables seront disponibles sur le marché mondial.

-
1. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ecdfc3bb-d212-4a4c-9ff7-6ce5b1e19cef/GlobalHydrogenReview2023.pdf>
 2. Voir par exemple https://gazenergie.ch/fileadmin/user_upload/e-paper/GE-H2-Barometer/H2-Baro-Nr4-2023-FR.pdf
 3. Voir par exemple <https://www.strom.ch/de/energiezukunft-2050/resultate#studienbericht>
 4. <https://www.iea.org/reports/hydrogen-2156>
 5. <https://www.ft.com/content/81819f64-1025-489b-959a-c3d9b14cc77a>
 6. <https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20210512ST004004/hydrogene-renouvelable-quels-sont-les-avantages-pour-l-ue#:~:text=L'hydrog%C3%A8ne%20comme%20'un,carburants%20alternatifs%20de%20l'UE&text=Dans%20le%20cadre%20de%20ce, strat%C3%A9gie%202020%20sur%20l'hydrog%C3%A8ne>
 7. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen/key-actions-eu-hydrogen-strategy_en
 8. <https://www.ehb.eu/>
 9. Stratégie énergétique 2050+, scénario Zéro B https://gazenergie.ch/fileadmin/user_upload/e-paper/GE-H2-Barometer/H2-Baro-Nr1-20220330-FR.pdf
 10. https://gazenergie.ch/fileadmin/user_upload/e-paper/GE-H2-Barometer/H2-Baro-Nr3-202304-FR.pdf
 11. <https://www.strom.ch/system/files/media/documents/20230914-conditions-cadres-pour-hydrogene-suisse-recommandations-questions-et-reponses.pdf>
 12. <https://www.parlament.ch/centers/epar/curia/2020/20204709/Bericht%20BR%20D.pdf>
 13. <https://hyundai-hm.com/>
 14. <https://www.h2produzenten.ch/>
 15. Estimation basée sur les Perspectives énergétiques 2050+, Rapport technique, pp. 218-219
 16. <https://www.e-cube.com/post/e-cube-release-a-study-about-industry-decarbonization-through?lang=en>
 17. IEA <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-average-levelised-cost-of-hydrogen-production-by-energy-source-and-technology-2019-and-2050>
 18. <https://www.strom.ch/system/files/media/documents/20230914-rahmenbedingungen-wasserstoff-schweiz-schlussbericht.pdf>
 19. <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiques.msg-id-98601.html>
 20. <https://www.axpo.com/ch/de/energie/produktion-und-verteilung/wasserstoff.html>
 21. <https://www.energate-messenger.ch/news/224548/tes-will-anbindung-der-schweiz-an-internationalen-co2-kreislauft-vorantreiben>