

BAROMÈTRE H₂

Analyse indépendante de l'économie
de l'hydrogène en Suisse

Édition 1
Mars 2022

Avant-propos



«À l'avenir, nous aurons besoin de systèmes de stockage longue durée pour limiter notre dépendance aux importateurs d'énergie et faire baisser le coût de l'électricité en hiver.»

Thomas Justus Schmidt, Head of the Research Division Energy & Environment, Institut Paul Scherrer (PSI)

«Avec les gaz renouvelables, l'économie gazière suisse a sa carte à jouer pour un système énergétique neutre sur le plan climatique.»

Simonetta Sommaruga, conseillère fédérale

Parce qu'il facilite l'intégration des énergies renouvelables, l'hydrogène est considéré comme un élément essentiel pour créer un système énergétique du futur neutre pour le climat. L'hydrogène permet aussi de coupler et décarbonater des secteurs comme le trafic, le bâtiment et l'industrie. Sans oublier que l'hydrogène peut rendre le système globalement plus résistant aux influences extérieures comme dans le cas d'une pénurie d'approvisionnement de certaines sources d'énergie par exemple. Dans le contexte actuel, la limitation de la dépendance européenne au gaz naturel russe est un argument supplémentaire qui parle en faveur de l'hydrogène.

Notre baromètre H₂ dresse un tableau actuel de la situation de l'économie de l'hydrogène en Suisse. Grâce à lui, les investisseurs, législateurs, autorités réglementaires et autres parties prenants peuvent apprécier les conditions-cadres et activités en cours. Les analyses et estimatifs ont été réalisés dans le cadre d'une coopération entre Polynomics et E-Bridge Consulting.

Le baromètre sera publié deux fois par an. Il permettra ainsi d'évaluer l'évolution dans le temps en Suisse. Ce baromètre est la première édition.

Je me réjouis de lire vos commentaires et retours.

Daniela Decurtins

Éditeur

Association Suisse de l'Industrie Gazière
Daniela Decurtins
Grütlistrasse 44 | 8002 Zurich
<https://gazenergie.ch/de/>
Tél. +41 44 288 31 31



Thèses et tableau général

Huit messages clés du baromètre H₂

1. L'hydrogène joue un rôle important dans la décarbonation en Suisse.
2. Au Parlement, l'hydrogène participe aux débats, surtout quand il s'agit de la sécurité d'approvisionnement et du stockage de l'énergie dans le cadre de la transition énergétique.
3. Dans les perspectives énergétiques 2050+, les prévisions parlent d'un élargissement des capacités de production de l'hydrogène vert de 3 MW aujourd'hui à 300 MW à l'horizon 2030. Ensuite, les besoins supplémentaires doivent être davantage couverts par des importations.
4. En Suisse, il n'y a pas de stratégie nationale contraignante concernant l'hydrogène. Les conditions-cadres en faveur d'une accélération du marché restent encore incertaines.
5. Le développement est poussé par les projets de fournisseurs d'énergie et d'acteurs privés. La branche gazière élabore des bases à tous les niveaux de la création de valeur de l'hydrogène vert.
6. Upstream: aujourd'hui déjà, on utilise l'hydrogène pour injecter du gaz renouvelable dans le réseau gazier.
7. Midstream: en reliant le Nord au Sud, la Suisse joue un rôle important dans le transit du H₂ en Europe tout en profitant de son lien avec le réseau de H₂ européen. Les questions relatives au transport du gaz en Suisse dépendent donc aussi des décisions prises en Europe.
8. Downstream: le secteur de la mobilité est actuellement le principal moteur de développement pour l'utilisation de l'hydrogène vert en Suisse. Les premiers projets d'utilisation de H₂ montrent bien le potentiel de réduction de CO₂ dans ce secteur.

Analyse de la situation dans l'économie de l'hydrogène



L'intégration de l'hydrogène dans le système énergétique suisse se révèle prometteuse, aussi bien sur le plan politique que sur celui des projets. Actuellement, le caractère contraignant n'est toutefois pas aussi développé que dans l'UE à cause de conditions-cadres incertaines.



Pourquoi l'hydrogène?

Limites de l'électrification pour atteindre le «zéro émission nette»

D'ici 2050, la Suisse ne doit plus émettre de gaz à effet de serre (objectif «zéro émission nette»). Les secteurs comme le trafic lourd et le longue distance, les vols longue distance et certains domaines de l'industrie ne pourront toutefois pas être entièrement décarbonés par l'électrification.

Pour modifier l'approvisionnement en électricité, il faut adresser l'écart temporel et spatial entre l'offre et la demande en électricité. L'hydrogène est clairement un vecteur utile, car on peut le stocker de manière saisonnière, ce qui n'est pas le cas des batteries. Sans oublier que les conduites de gaz existantes mettent déjà à disposition des capacités de transport potentielles adaptées pour le H₂.

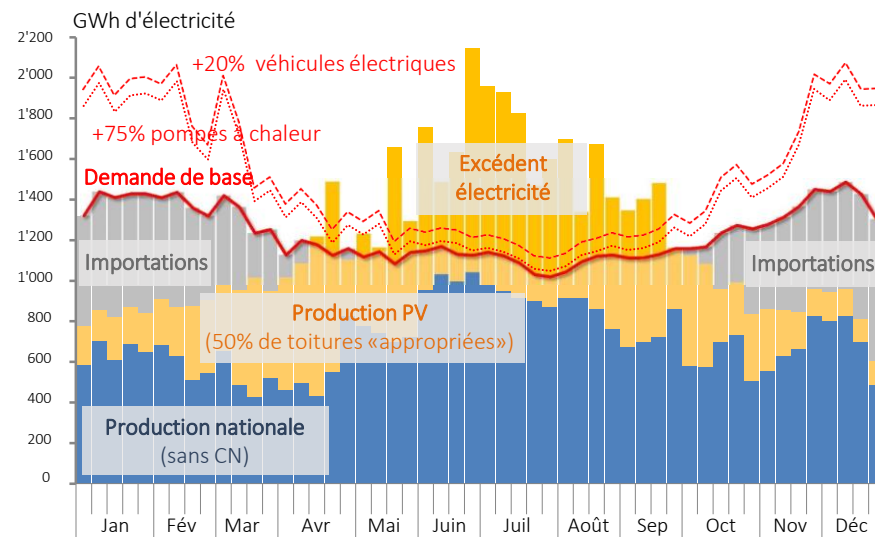
L'hydrogène (vert) permet par ailleurs de produire d'autres gaz et carburants synthétiques, de sorte que l'hydrogène convient en réalité à la défossilisation de nombreux domaines.

Sécurité d'approvisionnement en hiver

Dans le futur, il faudra s'attendre à une «pénurie d'électricité» en hiver: à cause de l'électrification croissante des secteurs du chauffage et de la mobilité, la consommation d'électricité augmente alors qu'en même temps, l'énergie de ruban se réduit par des centrales nucléaires en fin de vie.

L'accroissement de la production d'électricité renouvelable ne parviendra pas à combler cette «pénurie» en hiver. Dans les perspectives énergétiques 2050+ de l'OFEN, tous les scénarios prévoient une multiplication par deux, voire trois des importations en hiver pour atteindre environ 15 TWh en 2034.

L'ElCom alerte depuis longtemps sur les dangers d'importations trop élevées en hiver et considère qu'à partir de 10 TWh, les risques sont importants à cause de la disponibilité de transport et des capacités d'exportation des pays voisins. Dans la révision de la LApEI, un objectif de développement explicite a donc été fixé pour l'électricité hivernale, avec une subvention spéciale ainsi que la mise en place de réserves d'énergie stratégiques.



Source: Rüdihüsli, Teske, Elber. 2019. Impacts of an Increased Substitution of Fossil Energy Carriers with Electricity-Based Technologies on the Swiss Electricity System

Pénurie d'électricité en hiver

L'excédent d'électricité en été peut permettre de produire de l'hydrogène vert. Cet hydrogène peut ensuite être utilisé à court terme ou être stocké pour plus tard. Si nous réussissons à augmenter les capacités de stockage nationales ou à utiliser celles de l'étranger, il sera possible de réinjecter l'hydrogène via les centrales à gaz ou les CCF en hiver.

Dans les perspectives énergétiques 2050+, l'hydrogène joue certes un rôle, mais le stockage saisonnier de l'énergie n'est pas pris en compte. Seul le scénario B prévoit l'utilisation de CCF et de centrales à gaz.

L'hydrogène joue un rôle important dans la décarbonation en Suisse.



L'hydrogène sur le plan politique



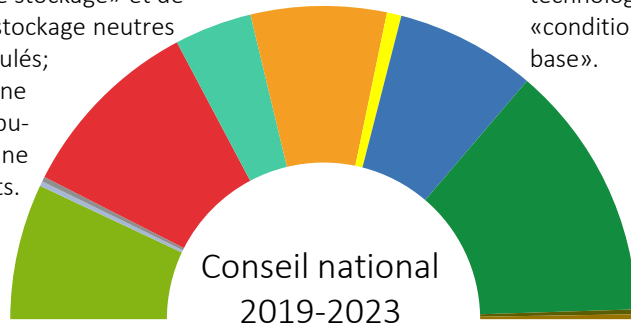
«Plan Marshall pour le climat» (juillet) avec promotion du P2X (aides à l'investissement, R&D systèmes de stockage); résolution «Sécurité de l'approvisionnement en électricité à long terme» (fév. 2022): La Suisse a besoin d'une «stratégie de stockage» et de services de stockage neutres en CO₂ formulés; annonce d'une initiative populaire commune avec les Verts.



Pas de position explicite sur l'hydrogène; postulat Candinas (déc. 2020), voir à droite; maintien de la stratégie énergétique 2050.



Résolution «Moins de polémique, plus d'électricité» (fév. 2022) avec subvention des technologies P2X et la neutralité des technologies en «condition de base».



La stratégie énergétique 2050 «ne suffit pas»; annonce d'une initiative populaire commune avec le PS («Green New Deal») «pour une politique sur l'énergie et le climat socialement équitable», notamment avec promotion des gaz renouvelables et neutres pour le climat.



Prise de position «Cool Down 2040» (août 2019): «Faire avancer le stockage de l'énergie» par des ré-serves longue durée et de la R&D dans les P2X et Heat2X ainsi que tarifs compatibles avec les incitations des ré-seaux «en fonction du niveau de réseau sollicité».



L'hydrogène pour accroître la sécurité de l'approvisionnement. Une prise de position (nov. 2021) exige la création d'une réserve d'énergie et de stockage «pour le gaz et l'hydrogène également» ainsi que l'utilisation de l'excédent d'électricité pour la production d'hydrogène.

16/12/2021

15/09/2021

L'heure des questions

16/06/2021

Interpellation

18/03/2021

03/02/2021

03/12/2020

Motion 21.4606 du CN Rocco Cattaneo (PLR)
Exigence d'un système d'incitation pour la transformation de l'électricité solaire en gaz synthétiques

Prise de position du Conseil fédéral le 16/02/2022:
Exigence de promotion en fonction du «comportement au service du réseau» des fournisseurs, de la flexibilité, ce qui est possible avec le P2X mais pas sûr. Refus de la motion demandée.

Postulat 20.4709 du CN Martin Candinas (Le Centre)
Exigence d'un état des lieux et d'options d'action pour l'hydrogène en Suisse. Concentration sur l'hydrogène vert; prise en compte de la production et des consommateurs ainsi que du stockage (pénurie d'électricité en hiver), analyse du cadre réglementaire et utilisation des infrastructures réseau existantes et nouvelles.

Demande du Conseil fédéral 03/02/2021: Acceptation.

Motion 20.4406 de la CN Gabriela Suter (PS)
Mandat donné au Conseil fédéral d'élaborer une «stratégie nationale pour un hydrogène vert durable», prévisions pour «2050 et ensuite», utilisation si l'électricité n'est pas possible, développement de «règles de durabilité» et concentration sur la stratégie d'importation.

Demande du Conseil fédéral 17/02/2021: Acceptation.

Au Parlement, l'hydrogène participe aux débats, surtout quand il s'agit de la sécurité d'approvisionnement et du stockage de l'énergie dans le cadre de la transition énergétique.



Activités de l'administration

Plan de route Hydrogène de l'OFEN d'ici 2023

L'objectif est de répondre aux questions relatives aux conditions-cadres du marché de l'hydrogène dans un contexte plus large. L'analyse du potentiel de production et d'utilisation, en particulier de l'hydrogène vert, ainsi que le besoin d'importation en font d'une part partie. D'autre part, des concepts sont élaborés pour trouver un cadre de promotion possible et l'intégrer dans le cadre réglementaire existant. En cours d'élaboration à l'OFEN, il y a aussi un registre de GO pour les combustibles et carburants renouvelables liquides et gazeux, qui doit à l'avenir faciliter l'importation d'hydrogène vert.

Débat réglementaire encore à ses balbutiements

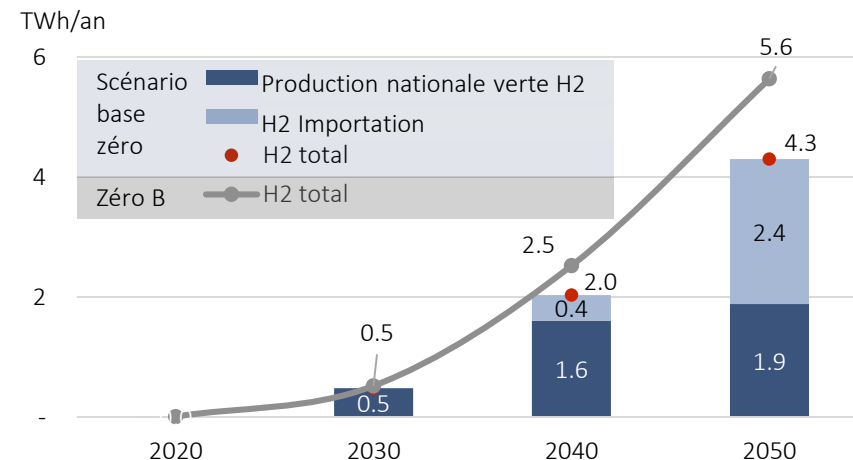
La thématique de la qualité du gaz et donc aussi de l'hydrogène est abordée en plusieurs endroits du projet de loi sur l'approvisionnement en gaz (prLApGaz) de 2019. Une réflexion explicite sur l'hydrogène n'y figure toutefois pas encore, le débat sur l'hydrogène n'en étant qu'à ses balbutiements dans le domaine de la réglementation du secteur de l'énergie.

Propositions politiques cantonales

Les réflexions n'ont pas seulement débuté sur le plan fédéral. Dans de nombreux cantons aussi, des motions, demandes et postulats de promotion et d'élargissement de l'utilisation d'hydrogène ont été déposés.

La plupart des propositions avec un projet de référence concret se rapportent au secteur de la mobilité (p. ex. BS, BE, JU) et au soutien à des installations de production de H₂ (p. ex. BS/BL, SZ). Dans de nombreux cantons, l'élaboration de stratégies cantonales sur l'hydrogène a déjà été demandée et est même lancée (p. ex. FR, GE, NE, VS, ZH).

L'hydrogène dans les perspectives énergétiques 2050+



Source: propre illustration basé sur les résultats des scénarios des perspectives énergétiques 2050+ avec une durée de vie des centrales nucléaires de 50 ans

La puissance installée des électrolyseurs est identique pour tous les scénarios de zéro émission nette (base, A, B et C) jusqu'en 2050 et s'élève à 0,3 GW en 2030 et 1,5 GW en 2050. La production nationale en 2050 s'élève à 1,9 TWh, soit 57 006 t de H₂ dans tous les scénarios. La différence par rapport aux besoins est importée ou exportée.

Dans le scénario Zéro B, l'électrification du système énergétique est la moins étendue. Le biogaz et les gaz synthétiques comme l'hydrogène y jouent un rôle plus important.

Dans les perspectives énergétiques 2050+, les prévisions parlent d'un élargissement des capacités de production de l'hydrogène vert de 3 MW aujourd'hui à 300 MW à l'horizon 2030. Ensuite, les besoins supplémentaires doivent être davantage couverts par des importations.

Au-delà des frontières: stratégies des pays voisins

Allemagne

L'Allemagne espère atteindre une capacité d'électrolyse de 10 GW environ d'ici 2030. Elle mise également sur l'expansion de l'énergie éolienne offshore et sur des partenariats énergétiques européens et internationaux. Pour y arriver, le pays prévoit de créer une infrastructure d'hydrogène et d'élaborer un cadre de promotion.

Dans le cadre de sa stratégie sur l'hydrogène, l'Allemagne vise la décarbonation du secteur de l'énergie, qui se classe actuellement premier pour les émissions de CO₂ (30 %), devant l'industrie (24 %), le trafic (20 %) et la construction de logements (16 %).

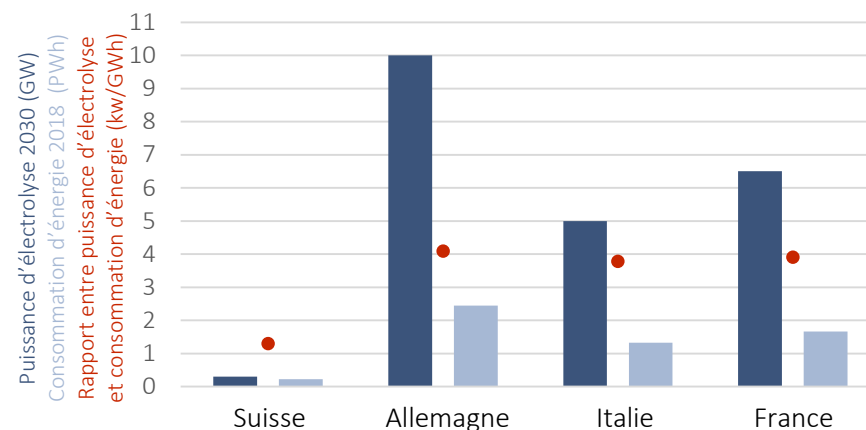
France

La stratégie française pour l'hydrogène prévoit des investissements à hauteur de 7,2 milliards d'euros d'ici 2030 avec à la clé l'installation d'une capacité de production d'hydrogène de 6,5 GW. En plus des énergies renouvelables, la France prévoit d'utiliser l'électricité neutre en CO₂ des CN pour les installations d'électrolyse.

Dans le cadre de sa stratégie sur l'hydrogène, la France vise la décarbonation du secteur du trafic, qui se hisse actuellement au premier rang des émissions de CO₂ (30 %), devant l'agriculture (20 %), la construction de logements (19 %) et l'industrie (18 %).

Il faut une sécurité de planification

Pour créer la sécurité d'investissement et de planification nécessaire à une transition efficace et durable du système d'énergie, il faut d'abord une stratégie contraignante et les conditions-cadres associées.



Source: propre illustration basé sur les plans d'hydrogène du pays concerné et des PE2050+

	Plan de route H ₂ ou plans stratégiques existants	Stratégie sur l'hydrogène
Allemagne	✓	✓
France	✓	✓
Italie	✓	✗
Autriche	✓	✗
Suisse	—	✗

En Suisse, il n'y a pas de stratégie nationale contraignante concernant l'hydrogène. Les conditions-cadres à une accélération du marché doivent être clarifiées au plus vite.

Niveaux de création de valeur pour le H₂: situation initiale et projets

Upstream

Hydrogène gris: 90 % de la capacité de production de H₂ est grise (pétrole brut, gaz naturel, GPL), avec 19 000 t de H₂/an, soit 633 GWh.

Hydrogène vert: environ 3 MW de puissance d'électrolyseur sont actuellement exploités, dont 2 MW pour la centrale au fil de l'eau de Gösgen avec une production de 10 GWh/an (300 t). Sont prévus en plus environ 35 MW, pour la plupart dans des centrales au fil de l'eau et pour certains dans des UIOM. Des projets plus importants sont prévus à Freienbach et Brugg avec 10 et 15 MW. À compter du 2^e trimestre 2022, la première installation P2X industrielle va injecter du gaz synthétique vert à base de H₂ dans le réseau gazier à Dietikon.

Midstream

Actuellement, le H₂ vert est transporté jusqu'aux stations-services dans des conteneurs interchangeables (hydrospider). Le transport du H₂ jusqu'aux stations-services dans des gazoducs est en cours de planification (Freienbach, Brugg).

Les directives de la SSIGE sur la qualité du gaz (G18) révisées par la branche gazière fixent des règles prévoyant une part de jusqu'à 10 %, voire 20 % de H₂ localement dans le réseau existant, ainsi que l'exploitation de réseaux purement dédiés à l'hydrogène à compter de juin 2022.

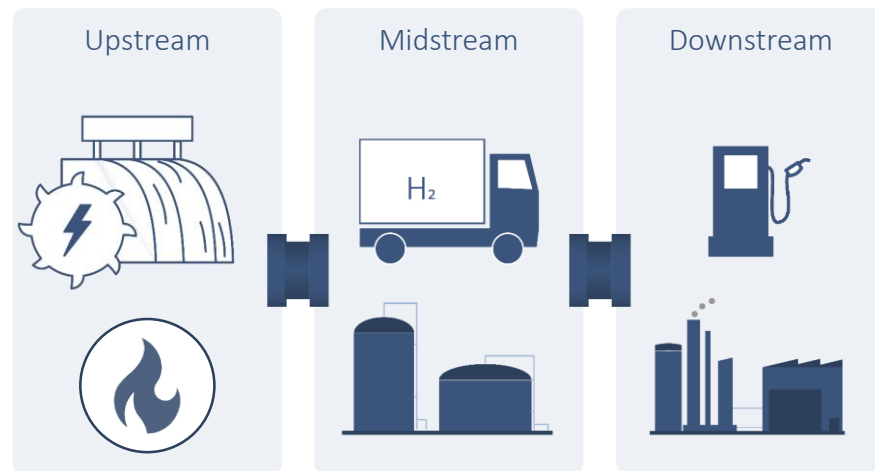
Avec son fonds de recherche FOGA, l'Association Suisse de l'Industrie Gazière soutient des projets sur le H₂ qui concernent en particulier le réseau de distribution, le couplage des secteurs et la production de P2X. Ainsi, un guide est par exemple en préparation pour les conduites de H₂. Il se penche sur la capacité des conduites à faire office de stockage (Birsfelden).

Downstream

Actuellement, le secteur de la mobilité est celui qui pousse la demande d'hydrogène vert en Suisse. Déjà 50 camions circulent en consommant 10 GWh (300 t) de H₂ vert/an. D'ici, 2025 l'objectif est d'arriver à 1 600 camions. Ils sont alimentés par un nombre croissant de stations-services d'hydrogène publiques.

L'hydrogène utilisé dans l'industrie est actuellement surtout gris, avec la possibilité de le remplacer par de l'hydrogène vert.

Une étude du FOGA sur la faisabilité du H₂ dans le secteur du bâtiment vient de se terminer.



Consommation d'hydrogène (downstream)	GWh/an	Pourcentage
Raffineries	367	87 %
Industrie horlogère	23	5 %
Industrie chimique et pharmaceutique	20	5 %
Traitement de métaux, diff. applications	3	1 %
Mobilité (camions à piles à combustibles)	10	2 %
Total	423	100 %

Source: OFEN, 2018. Swiss Hydrogen Production and Demand; complété par les ventes d'Hydrospider; production de pierres synt. supprimée car en liquidation

Le développement est poussé par les projets de fournisseurs d'énergie et d'acteurs privés.

La branche gazière travaille à tous les niveaux de la création de valeur de l'hydrogène vert.



Upstream – Limeco: première installation industrielle P2 gaz

Objectif

Stockage de l'énergie issue des déchets ménagers et des boues d'épuration sous forme de gaz renouvelable (H_2 notamment), qui pourrait par exemple servir pour la production de chaleur.

Quand et où?

L'installation Power to gas de Limeco à Dietikon, près de Zurich, est installée et sera mise en service au 2^e trimestre 2022.

Investissement

14 millions de francs pour la construction de l'installation.

Sources d'énergie

Usine d'incinération d'ordures ménagères (UIOM): 94 000 t de déchets (2019).

Station d'épuration Limmattal: 35 000 m³ d'eaux mixtes par an, provenant de 9 communes.

Capacité d'électrolyse

Deux systèmes d'électrolyse de 1,25 MW de puissance chacun produisent de l'hydrogène. Avec une puissance d'électrolyse de 2,5 MW au total, il s'agit de la plus grande installation Power to gas de Suisse.

Perspectives

À l'avenir, les 100 plus grandes stations d'épuration (STEP) de Suisse permettraient de couvrir la consommation d'énergie de plus de 250 000 personnes.

Potentiel de réduction

L'installation permet une réduction de 4000 à 5000 t de CO_2 chaque année. Ces chiffres correspondent aux émissions liées à la chaleur de 2000 foyers par an, par 5 millions de kilomètres parcourus en camion ou encore par 20 millions de kilomètres parcourus en voiture.

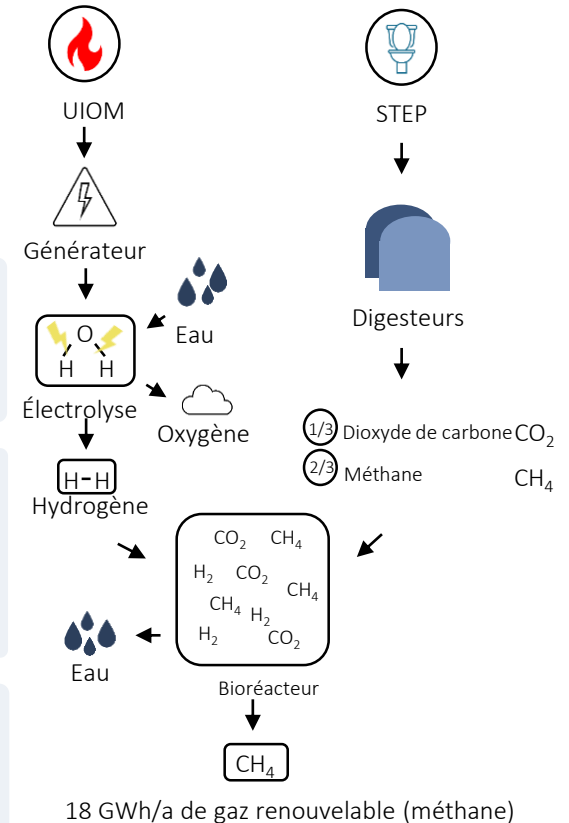
Principe de fonctionnement

L'électricité renouvelable produite par l'UIOM est utilisée pour scinder l'eau (H_2O) en oxygène (O_2) et en hydrogène (H_2) (électrolyse).

L'hydrogène est regroupé avec le gaz d'épuration de la STEP dans un bioréacteur.

Des microorganismes produisent du méthane (CH_4) à partir de l'hydrogène et du CO_2 contenu dans le gaz d'épuration.

Puis, ce méthane est épuré pour répondre aux exigences nécessaires pour son injection.



Upstream: aujourd'hui déjà, on utilise l'hydrogène pour injecter du gaz renouvelable dans le réseau gazier.

Midstream – European Hydrogen Backbone

Objectifs Green Deal

Réduction des gaz à effet de serre de l'Union européenne à zéro émission nette d'ici 2050 et donc rôle de pionnier comme continent neutre sur le plan climatique

Moyens

À l'avenir, un réseau de H₂ européen doit alimenter l'Europe en H₂ vert.

Réseau

En 2040, le réseau devrait mesurer 23 000 km de long et être constitué à environ 75 % d'une infrastructure existante et à 25 % de nouvelles pipelines d'hydrogène.

Il est prévu que la Suisse mette en service sa partie entre 2035 et 2040.

Parties prenantes

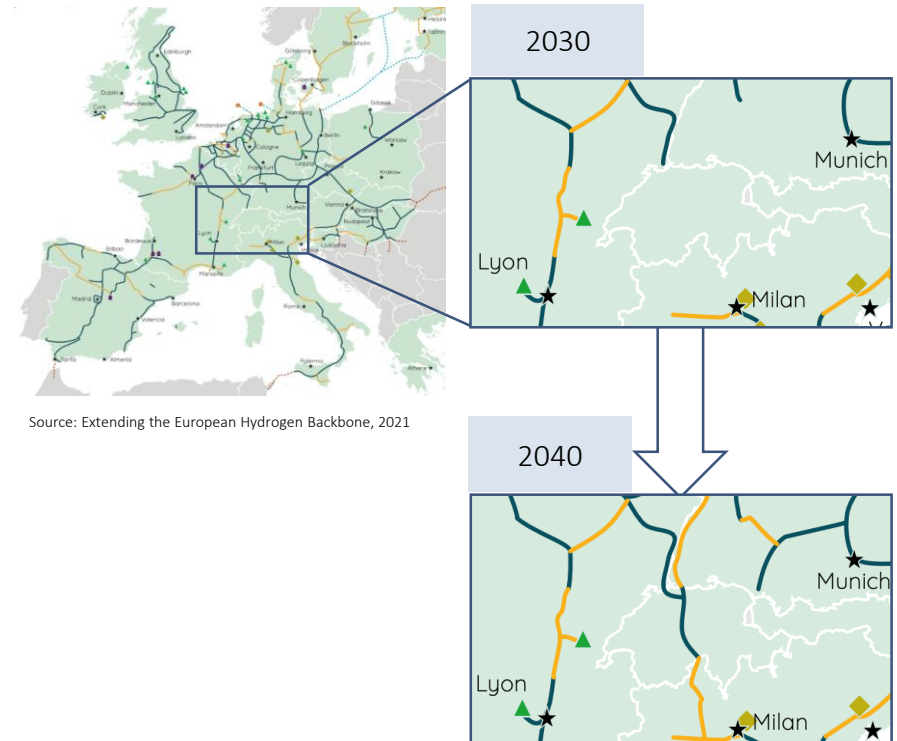
Creos, DESFA, Elering, Enagás, Energinet, Eustream, FGSZ, Fluxys Belgium, Gasgrid Finland, Gasunie, GAZ-SYSTEM, GCA, GNI, GRTgaz, National Grid, NET4GAS, Nordion Energi, OGE, ONTRAS, Plinovodi, Snam, TAG, Teréga

Avantages

La Suisse est un pays de transit important qui relie l'Europe centrale à l'Italie et l'Afrique. C'est pour cette raison que la Suisse sera raccordée au réseau d'hydrogène de l'Europe en 2040.

Ainsi, la Suisse pourra exporter et importer de l'hydrogène à des prix avantageux.

Intégration du gaz de transit suisse d'ici 2040



Midstream: en reliant le Nord au Sud, la Suisse joue un rôle important dans le transit du H₂ en Europe tout en profitant de son lien avec le réseau de H₂ européen. Les questions relatives au transport du gaz en Suisse dépendent donc aussi des décisions prises en Europe.

Downstream – potentiel de réduction de CO2 dans le secteur de la mobilité

État des lieux actuel du secteur suisse du trafic routier

1/3 des émissions de CO₂ sont produites par le trafic routier, soit 14,8 millions de t par an. Ces émissions ont augmenté de 1 % entre 1990 et 2019. Sur la même période, les émissions ont baissé de respectivement 34 % et 11 % dans les secteurs du bâtiment et de l'industrie.

Pour économiser 1 t de CO₂ avec de l'hydrogène dans le secteur du trafic, il faut 3500 kWh d'électricité verte.

Coop

En collaboration avec H₂ Energy AG, Coop a lancé le premier projet paneuropéen de camions au H₂. C'est Hyundai Motor Company qui fournit les camions qui fonctionnent à l'hydrogène.

Les camions sont utilisés en Suisse pour transporter des marchandises (livraison de supermarchés).



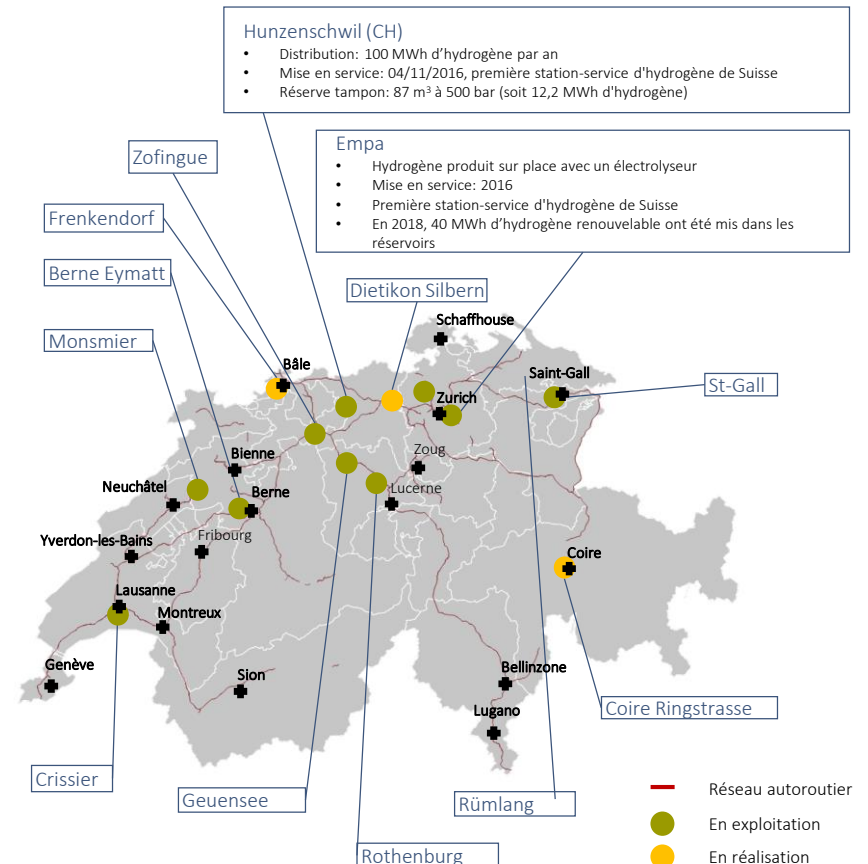
Source: <https://www.foodaktuell.ch/2020/10/07/coop-fuehrt-wasserstoff-lastwagen-ein/>

Camions

Pour le transport de marchandises par voie routière notamment, l'hydrogène offre un potentiel élevé de réduction du CO₂ en Suisse.

En 2020, 41 700 camions étaient homologués en Suisse. Actuellement, il y a environ 50 camions fonctionnant à l'hydrogène d'une autonomie de 400 km qui circulent en Suisse. Ce nombre doit passer à 1600 camions d'ici 2025. Il faudra alors 222 MWh de H₂ par camion s'ils circulent 80 000 km/an en moyenne chacun. Un camion fonctionnant à l'hydrogène vert permet d'économiser 76 t de CO₂/an.

Actuellement 10 stations-services d'hydrogène sont en fonctionnement (EMPA compris) et 3 en cours de réalisation. Ce chiffre doit passer à 20 stations d'ici fin 2022. Elles sont généralement réapprovisionnées par camion, dans des conteneurs interchangeables.



Downstream: actuellement en Suisse, le secteur de la mobilité est le principal moteur de développement pour l'utilisation de l'hydrogène. Les premiers projets d'utilisation du H₂ montrent bien le potentiel de réduction de CO₂ dans ce secteur.

Glossaire

Électrolyse

L'électrolyse est une réaction chimique au cours de laquelle l'électricité (flux d'électrons) scinde un composé chimique, par exemple l'eau en hydrogène et en oxygène. L'électricité est amenée dans un liquide conducteur (électrolyte) par le biais de deux électrodes (anode et cathode). Les produits de la réaction dépendent des substances contenues dans l'électrolyte et se forment sur les électrodes.

Pile à combustible

Les piles à combustible sont des convertisseurs d'énergie. L'énergie chimique d'un combustible, comme l'hydrogène par exemple, est transformée en électricité. Cette réaction est exactement le contraire de ce qu'il se passe dans l'électrolyse. Mais la pile à combustible aussi est composée de deux électrodes qui laissent passer le gaz ainsi que d'une couche d'électrolyte qui sépare les gaz.

Vaporéformage

Le vaporéformage est un procédé industriel de production d'hydrogène dans lequel un combustible contenant du carbone, généralement du gaz naturel, réagit avec la vapeur d'eau. Actuellement, encore près de 96 % de l'hydrogène produit dans le monde l'est de cette manière.

Power-to-X (P2X)

Dans le cas du Power-to-X (P2X), l'électricité est utilisée pour transformer l'énergie en une forme plus utile pour certaines applications, comme par exemple pour produire des gaz (Power-to-Gas), de la chaleur (Power-to-Heat) ou des agents énergétiques liquides (Power-to-Liquid).

H₂ gris

Hydrogène produit à partir de combustibles fossiles (principalement le gaz naturel). Généralement, on chauffe du gaz naturel pour le transformer en hydrogène et CO₂ (vaporéformage).

H₂ bleu

L'hydrogène bleu est de l'hydrogène gris pour lequel la plus grande partie du CO₂ produit est extrait et stocké (Carbon Capture and Storage, CCS en anglais).

H₂ turquoise

L'hydrogène turquoise est de l'hydrogène qui a été fabriqué par scission thermique du méthane (pyrolyse du méthane). À la place du CO₂, c'est du carbone solide qui est produit. Les conditions à la neutralité en CO₂ de ce procédé sont l'alimentation thermique du réacteur haute température avec des sources d'énergies renouvelables, ainsi que le liage durable du carbone.

H₂ vert

L'hydrogène vert est fabriqué par électrolyse de l'eau avec de l'électricité renouvelable. Indépendamment de la technologie d'électrolyse choisie, la production de l'hydrogène émet peu de CO₂ étant donné que l'électricité utilisée provient à 100 % d'énergies renouvelables. Le procédé est aussi appelé «power to gas» et est l'une des technologies P2X.

Pouvoir calorifique inférieur

Le pouvoir calorifique inférieur H_i (autrefois H_u) correspond à l'énergie thermique maximale utilisable lors d'une combustion sans générer de condensation de la vapeur d'eau contenue dans les gaz d'échappement, par rapport à la quantité de combustible utilisé. Le pouvoir calorifique inférieur de l'hydrogène est de l'ordre de 33,3 kWh/kg, soit 120 MJ/kg.

Pouvoir calorifique supérieur

Le pouvoir calorifique supérieur H_s désigne l'énergie thermique produite par la combustion et la condensation de la vapeur d'eau pour un kilogramme de combustible. Il s'agit de l'énergie contenue dans le combustible liquide, gazeux ou solide. Le pouvoir calorifique supérieur de l'hydrogène est de l'ordre de 39,4 kWh/kg, soit 142 MJ/kg.

Mentions légales

Polynomics AG
Baslerstrasse 44
CH-4600 Olten
www.polynomics.ch
Tél. +41 62 205 15 70



D^r Heike Worm
heike.worm@polynomics.ch



D^r Janick Mollet
janick.mollet@polynomics.ch



D^r Florian Kuhlmeier
florian.kuhlmeier@polynomics.ch

E-Bridge Consulting GmbH
Baumschulallee 15
D-53115 Bonn
www.e-bridge.de
Tél. +49 228 90 90 65 0



D^r Philipp Heuser
pheuser@e-bridge.com



Vito Tisci
vtisci@e-bridge.com



Éditeur
Association Suisse de l'Industrie Gazière
Daniela Decurtins
Grütlistrasse 44
8002 Zurich
<https://gazenergie.ch/fr/>
Tél. +41 44 288 31 31