

SPOTLIGHT HYDROGÈNE

Kristin Brockhaus
13 décembre 2022

2050
Avenir énergétique

L'hydrogène, un agent énergétique au cœur des discussions

L'hydrogène est un agent énergétique qui suscite actuellement de nombreuses discussions. Produit à partir de courant d'origine renouvelable, l'hydrogène «vert» peut contribuer de manière significative à la décarbonation et donc à la lutte contre le changement climatique. Il remplace alors les agents énergétiques fossiles dans les cas où une électrification directe est difficilement possible, voire impossible.

De nombreux pays, au sein de l'UE comme en dehors, ont appliqué des stratégies et des programmes de mesures visant à mettre en place une économie de l'hydrogène. De même, de nombreux projets et initiatives privés misent sur la production et le transport de l'hydrogène vert ou sur son utilisation à la place d'autres agents énergétiques. L'hydrogène figure même désormais sur l'agenda politique suisse. L'OFEN travaille actuellement sur l'élaboration d'une feuille de route sur l'hydrogène, prévue pour le printemps 2023, dans le but de décrire le rôle de l'hydrogène en Suisse et les mesures ad hoc nécessaires. Précédemment, les perspectives énergétiques de l'OFEN ont montré que l'hydrogène jouera un rôle important dans la réalisation de l'objectif zéro émission nette visé pour 2050.

Les résultats de l'étude «Avenir énergétique 2050» concernant l'hydrogène indiquent qu'en Suisse, cet agent énergétique peut contribuer non seulement à la décarbonation, mais aussi à la sécurité d'approvisionnement en hiver. Le présent document met donc l'accent sur le potentiel que présente l'hydrogène pour l'approvisionnement en électricité durant l'hiver et sur les mesures nécessaires pour le développer.

Hypothèses et résultats de la modélisation relative à l'hydrogène

Si jusqu'à la fin des années 2030, l'hydrogène restera un agent énergétique assez coûteux – il ne sera donc utilisé qu'en petites quantités et pour un nombre limité d'applications –, l'hydrogène (vert) devrait devenir nettement plus abordable et être déployé à plus grande échelle à partir des années 2040.

L'hydrogène auquel on aura recours en Suisse sera principalement importé. Avant qu'un système de pipelines ne soit mis en place pour l'hydrogène à l'échelle européenne (vers 2040), les importations s'effectueront soit sous forme d'ajout au réseau de gaz naturel, soit par voie ferroviaire, maritime ou routière. Toutefois, seul le transport de petites quantités d'hydrogène – et sur de courtes distances dans le cas d'un transport par voie ferroviaire, maritime ou routière – pourra être rentable.

En fonction de la façon dont la Suisse sera raccordée au réseau européen de pipelines d'hydrogène (dorsale), elle pourra importer des quantités plus ou moins importantes à partir des années 2040. Si le pays est intégré aux marchés de l'énergie européens, il devrait disposer d'un raccordement complet à la dorsale de l'hydrogène. Étant donné qu'à partir des années 2040, les pays européens disposeront d'hydrogène bon marché – ce sera aussi le cas des pays non européens à plus long terme –, cette dorsale permettra à la Suisse d'avoir accès à de grandes quantités d'hydrogène à moindre coût (voir Figure 1).

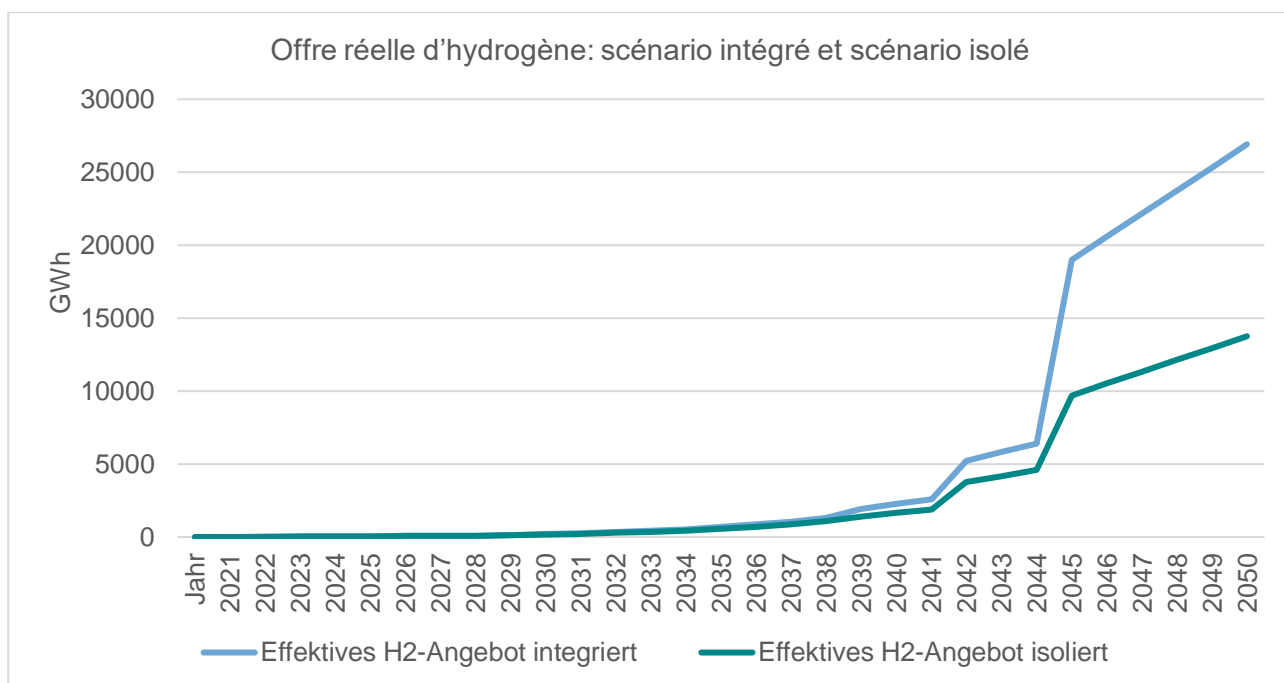


Figure 1: Quantités d'hydrogène pouvant réellement être importées dans les différents scénarios de l'avenir énergétique

D'après les résultats de la modélisation, la production d'hydrogène en Suisse sera très faible, voire nulle, selon les scénarios. En effet, l'hydrogène produit à l'étranger pourra être importé presque à tout moment à des prix plus avantageux. Compte tenu de ce constat, la modélisation privilégie cette option. L'évolution du prix de l'hydrogène en Europe et dans le monde reste cependant très incertaine et est fortement liée aux prix de l'électricité dans les années à venir. D'autres hypothèses de prix modifieraient également le volume des importations et leur rapport avec la production nationale d'hydrogène. La Suisse produira de l'hydrogène principalement si les possibilités d'importation depuis l'étranger sont limitées, c'est-à-dire si le pays n'est pas intégré aux marchés européens de l'énergie, ou s'il l'est de façon lacunaire. Dans ce cas, la production nationale d'hydrogène sera essentiellement estivale, lorsqu'il y aura des excédents d'électricité dus au niveau théoriquement élevé de la production photovoltaïque.

En tant qu'agent énergétique, l'hydrogène restera dans la plupart des cas plus coûteux qu'une électrification directe en raison des pertes survenues au cours de la transformation lors de sa fabrication¹. En 2050, même lors d'une forte diminution des coûts, l'hydrogène ne sera donc utilisé que dans les cas où les possibilités d'électrification directe sont inexistantes. En Suisse, ce sera principalement pour une partie des transports et de l'industrie. En revanche, s'il est disponible en grandes quantités et à un prix intéressant, l'hydrogène servira d'agent énergétique dans des turbines à gaz et à vapeur pour la production d'électricité. Une quantité considérable d'électricité pourra ainsi être produite, selon la disponibilité de l'hydrogène, principalement pendant le semestre hivernal.

¹ Étant donné que l'hydrogène peut généralement être stocké plus longtemps que l'électricité, il peut être éventuellement moins cher que celle-ci si elle devait être stockée plus longtemps.

Tableau 1: Chiffres-indices relatifs à l'hydrogène en 2050, tirés de deux scénarios de l'Avenir énergétique 2050

Chiffres-indices pour 2050	Scénario «défensif-isolée»	Scénario «offensif-intégrée»
Prix du H₂ étranger [ct./kWh]		8 ²
Prix du H₂ suisse [ct./kWh]		15 ³
Volumes importés [en TWh]	13	27
Production suisse [TWh]	0,9	0
Puissance d'électrolyse installée [GW]	0,7	0
Domaines d'application pour H₂	Production d'électricité Mobilité	Production d'électricité Mobilité Industrie

Comment l'hydrogène peut-il contribuer à l'approvisionnement hivernal en électricité de la Suisse?

En plus de sa contribution à la décarbonation mentionnée précédemment, l'hydrogène pourra ainsi jouer un rôle important dans le renforcement de la sécurité d'approvisionnement en hiver: s'il est bon marché et disponible en grandes quantités, il permettra de produire de l'électricité pendant le semestre hivernal et participera ainsi à la réduction des lacunes d'approvisionnement en électricité pendant la saison froide. Pour ce faire, un raccordement intégral de la Suisse à l'infrastructure européenne de pipelines est nécessaire. Cela comprend également l'intégration du pays aux marchés énergétiques européens ainsi que la disponibilité de grandes quantités d'hydrogène à (très) bas prix à l'étranger, et ce particulièrement en hiver. Pour autant, cela ne signifie pas forcément que l'hydrogène soit aussi produit en hiver, même si cette option devrait être possible grâce notamment aux installations éoliennes offshore. On pourrait également envisager une importation depuis un dispositif de stockage.

L'utilisation, pour la production d'hydrogène suisse, de courant photovoltaïque national, qui ne peut être employé ou exporté tel quel en été en raison de l'offre excédentaire d'électricité, constitue une possibilité supplémentaire de désamorcer la problématique été-hiver. D'une part, le courant excédentaire serait ainsi utilisé sans être «jeté» et d'autre part, dans la mesure où il n'est pas employé directement, cet hydrogène pourrait lui aussi être reconverti en électricité en hiver et contribuer ainsi davantage à la sécurité d'approvisionnement durant la saison froide. Cette dernière option nécessiterait un stockage de l'hydrogène. Toutefois, la Suisse ne dispose pour l'heure d'aucune infrastructure nationale pour le stockage saisonnier du gaz⁴.

Par conséquent, la disponibilité des réservoirs d'hydrogène, en Suisse comme à l'étranger, devrait améliorer et élargir encore considérablement les possibilités de recours à l'hydrogène. Cela permettrait notamment de garantir la disponibilité de l'hydrogène non seulement en période de forte production d'électricité à partir d'énergies renouvelables, mais aussi à chaque fois qu'il est réellement nécessaire.

La production indigène d'hydrogène, pour laquelle la présence d'électrolyseurs en Suisse est une condition préalable et qui aura lieu principalement en été, serait plus coûteuse que les importations d'hydrogène

² Hypothèse: prix de l'électricité de 2 ct./kWh

³ Hypothèses: prix de l'électricité: 6 ct./kWh, env. 1300 heures de pleine charge d'électrolyse

⁴ OFEN 2022: [Thesen zur künftigen Bedeutung von Wasserstoff in der Schweizer Energieversorgung](#)

depuis l'étranger. Outre le prix de l'électricité, la charge des électrolyseurs représente un levier essentiel pour les coûts de l'hydrogène produit en Suisse: plus celle-ci est élevée, plus les coûts de production de l'hydrogène sont bas. Dans le cas d'une charge de 4000 à 5000 heures par an, les coûts de production sont déjà si faibles qu'ils ne pourraient plus baisser sensiblement si le nombre d'heures venait encore à augmenter. C'est pourquoi, du point de vue des coûts, il serait avantageux que la production d'hydrogène en Suisse ne s'effectue pas uniquement à partir du courant excédentaire obtenu en été, mais aussi sur des périodes nettement plus nombreuses – à condition que du courant bon marché soit disponible pour l'électrolyse – afin qu'il soit possible d'atteindre 4000 à 5000 heures de pleine charge. Indépendamment de cela, il convient de trouver un bon équilibre entre un hydrogène étranger bon marché, qui implique une dépendance avec l'étranger, et une dépendance vis-à-vis d'autres pays qui exige une production suisse adéquate, mais un peu plus coûteuse.

Si l'hydrogène bon marché provenant de l'étranger n'est pas disponible – ou seulement à des prix très élevés –, produire en Suisse de l'électricité à partir d'hydrogène ne serait plus intéressant pour des raisons financières. En effet, l'hydrogène ne contribuerait plus à l'approvisionnement hivernal en électricité et il faudrait trouver une autre solution. D'après les calculs modélisés, il faudrait soit nettement plus développer le photovoltaïque indigène, si la Suisse n'est pas intégrée aux marchés européens de l'énergie, soit importer beaucoup plus d'électricité, jusqu'à 20 TWh environ. Ces deux situations seraient problématiques. Dans le premier cas, les excédents d'électricité augmenteraient en été et le déficit serait également accru en hiver, et la demande ne pourrait plus être couverte. Dans le second cas, les importations d'électricité seraient nettement supérieures au plafond annuel de 10 TWh recommandé par l'EICOM et entraîneraient ainsi la Suisse dans une situation de dépendance vis-à-vis de l'étranger qui serait inacceptable.

Il est peu probable que l'hydrogène en provenance de l'étranger reste très coûteux et qu'il n'y ait pas de diminution notable des coûts: les activités lancées dans de nombreux pays visant à mettre en place une économie de l'hydrogène devraient réduire sensiblement le coût de cet agent énergétique dans les années à venir. Un manque d'hydrogène, notamment en raison des restrictions d'importation, devrait au contraire être plus probable. À l'heure actuelle, le risque d'une mauvaise intégration de la Suisse aux marchés étrangers semble élevé.

Nécessité d'agir pour la sphère politique: que faut-il faire pour l'hydrogène en Suisse?

Les résultats d'«Avenir énergétique 2050» montrent que l'hydrogène peut jouer un rôle important en Suisse, notamment dans le renforcement de la sécurité d'approvisionnement durant les mois d'hiver. Afin que ce potentiel soit exploité au mieux, les conditions suivantes doivent être remplies:

- **Un accès aussi facile que possible aux marchés et infrastructures étrangers de l'hydrogène** est décisif pour pouvoir acheter des quantités importantes d'hydrogène à des prix aussi bas que possible. Pour ce faire, la Suisse doit être intégrée de manière globale aux marchés européens de l'énergie. À l'heure actuelle, ce critère n'est pas rempli, des améliorations doivent donc être apportées à ce niveau.
- **Un développement rapide et significatif des énergies renouvelables indigènes** permettra de produire de l'hydrogène en Suisse également, et ainsi de réduire la dépendance du pays vis-à-vis de l'étranger pour se procurer cet agent énergétique. Si l'on ne veut pas s'en remettre entièrement à

l'étranger, il faudra accepter le coût plus élevé de la production d'hydrogène au sein de nos frontières.

- **Les possibilités de stockage de l'hydrogène en Suisse et à l'étranger** peuvent non seulement garantir une utilisation plus régulière dans le temps de l'hydrogène produit au préalable en Suisse en été, mais aussi réduire la dépendance vis-à-vis de l'étranger en découplant le moment d'importation de celui de l'utilisation de l'hydrogène. En outre, il serait possible d'en importer des quantités encore plus grandes lorsque son prix est particulièrement bas. Par conséquent, il convient d'étudier la question de la création de solutions de stockage d'hydrogène en Suisse et, le cas échéant, de mettre en place des mesures adéquates⁵.
- **Un système de garanties d'origine crée de la transparence** concernant l'origine et la qualité de l'hydrogène et, partant, indique si celui-ci a été fabriqué à partir de courant issu d'agents énergétiques renouvelables ou fossiles. Un tel système est donc une condition importante pour le négoce (transfrontalier) et surtout pour l'importation d'hydrogène.

Citation

Brockhaus, K. (13.12.2022): Spotlight Hydrogène.

Dans: Association des entreprises électriques suisses AES (13.12.2022): «*Avenir énergétique 2050*». *Scénarios pour l'avenir énergétique et climatique*. URL: www.avenirenergetique2050.ch.

⁵ La clarification des conditions-cadre nécessaires pour le stockage saisonnier de gaz, et notamment aussi pour l'hydrogène, en Suisse est également demandée dans un [rapport](#) achevé en octobre 2022 à l'intention du Conseil fédéral.