

## Le périmètre d'utilité de l'hydrogène

Plus ou moins d'énergie renouvelable et plus ou moins d'hydrogène sans émissions de CO2

Voir aussi l'annexe qui compare avec plus de détails deux hypothèses avec plus ou moins de nucléaire d'une part, plus ou moins d'éolien et de photovoltaïque d'autre part : [l'annexe](#). Voir aussi la feuille [hydrogène](#).

### Six jeux d'hypothèses <sup>1</sup>:

Peu de nucléaire – 30 GW - - ou peu d'éolien et de photovoltaïque – 55 GW au total.

..La consommation d'hydrogène est limitée aux besoins de l'industrie (70 TWh) et à 10 TWh dans le transport ou bien étendue au transport (70 ou 130 TWh) et un peu au chauffage (12 TWh).

On [trouvera ici](#) des liens vers des tableaux donnant le détail des hypothèses et des résultats.

### Quelques résultats

Pour un même service rendu par le système de production d'électricité et d'hydrogène produit par électrolyse, produire et consommer plus d'hydrogène coûte plus cher, quelle que soit la capacité nucléaire.

Ce résultat est obtenu avant même de compter les dépenses liées au transport et à la consommation d'hydrogène : infrastructures nouvelles et piles à combustible notamment.

Pour un même service rendu par la biomasse, l'électricité et l'hydrogène		
Consommation d'hydrogène	Nucléaire : 30 GW	Eolien et photovolt. 55 GW
Industrie : 70 TWh transport : 10 TWh	Eolien et PV : 245 GW Cap. Electrol. 40 GW Dépenses : 64900 M	Nucl : 98 GW Capac. électrol : 31 GW Dépenses : 56100 M€/an
Industrie : 70 TWh transport : 70 TWh	Eolien et PV : 260 GW Cap. Electrol. 52 GW Dépenses : 68800 M	Nucl : 107 GW Capac. électrol : 32 GW Dépenses : 60600 M€/an
Industrie 70 TWh transport : 130 TWh chaleur : 10TWh (avec 90 TWh de biométhane)	Eolien et PV : 280 GW Cap. Electrol. 65 GW Dépenses : 71600 M€	Nucl : 115 GW Capac. électrol : 42 GW Dépenses : 63800 M€/an

### Hypothèses

**La disponibilité en biomasse** est de 360 TWh thermiques.

### Les besoins d'énergie et d'hydrogène

Selon la part de l'électricité dans le transport et en comptant la chaleur pompée par les PAC, la consommation finale d'énergie est comprise entre 1280 TWh et 1340 TWh par an.

Industrie et agriculture : 360 TWh d'énergie et 72 TWh d'hydrogène

---

1 Cette note utilise le résultat de simulations du système de production et de consommation d'électricité et d'hydrogène faites avec une feuille de calcul dont une version simplifiée est publiée sur internet : [www.hprevot.fr](http://www.hprevot.fr) avec une notice d'utilisation.

Transports : sur route et en aérien, si toute l'énergie était du carburant liquide, il en faudrait 440 TWh. Selon les hypothèses, la consommation d'hydrogène avec des piles à combustible est au moins de 10 TWh et peut atteindre 130 TWh.

Le transport consomme aussi de l'hydrogène de façon indirecte si le biocarburant est produit avec un apport d'hydrogène, ce qui augmente la quantité produite pour une même quantité de biomasse.

Habitat et tertiaire :

le besoin de chaleur pour chauffage et eau chaude est de 452 TWh.

la consommation d'électricité pour les autres usages est de 190 TWh.

L'hydrogène peut être produit à partir de biomasse ou par électrolyse. Il consomme des productions de production excédentaires avec un facteur de charge de 3500 à 4500 heures et de l'électricité prise sur le réseau.

Pour le transport sur route, l'énergie provient de l'électricité, de l'hydrogène, de biométhane ou de biocarburant. Le biocarburant peut être produit avec apport d'hydrogène, ce qui permet de mieux utiliser la biomasse.

Pour la chaleur, l'énergie est l'électricité, la chaleur pompée par les PAC, de la biomasse, du biométhane avec éventuellement de l'hydrogène, du biofioul, de la géothermie profonde, de la chaleur de cogénération ou des déchets. Le biofioul et le biogaz, en complément d'une pompe à chaleur, permettent de mieux passer les « périodes de pointe ».

Une quantité de 30 TWh de chaleur vient de déstockage de chaleur, elle-même fournie par de l'électricité soit avec une pompe à chaleur soit par effet Joule

La quantité d'hydrogène ne peut pas dépasser 10 % de la consommation de biométhane.

### **La consommation d'électricité**

La consommation d'électricité pour la consommation finale et la production d'hydrogène et de biocarburant, comptée avant les pertes en ligne est comprise entre 820 TWh et 930 TWh.

### **Les dépenses :**

Les dépenses sont les dépenses de production et de stockage d'électricité et de production d'hydrogène. Ne sont pas comptées les dépenses de transport et de distribution d'électricité et d'hydrogène ni les dépenses liées à la consommation (pompes à chaleur, coût des VHR et des véhicules électriques notamment).

Elles sont ici calculées en supposant que l'investissement nucléaire est de 5500 €/kW (y compris la valeur actualisée, avec un taux de 2 %, des dépenses d'entretien et de démantèlement), et en retenant, pour l'éolien et le photovoltaïque les hypothèses de coûts faites par RTE pour 2035.

### **Comment ont été formés les jeux d'hypothèses**

Le but était de répondre à la demande en dépensant aussi peu que possible sous les contraintes de capacité nucléaire ou renouvelable et de consommation d'hydrogène par piles à combustible.

La quantité de chaleur stockée est fixée a priori : 20 TWh à partir de pompes à chaleur et 10 TWh chauffés par effet Joule.

L'alimentation des électrolyseurs sur le réseau (avec effacement pendant les périodes de tension) ou sur les possibilités de production excédentaire a été pondérée pour minimiser les dépenses.

## **Observations générales ayant un effet sur l'utilité de l'hydrogène**

En réalisant ces tableaux de consommation et de production il est apparu ceci :

Pour l'utilisation de la biomasse, donner la priorité à la production d'électricité : dans tous les cas, pour ajuster la fourniture d'électricité à la demande, les batteries et les Steps ne suffisent pas. Il faut une production à partir de biomasse ou de gaz (importations, gaz fossile, gaz de synthèse ou biométhane ou encore, peut-être de l'hydrogène). Le rendement de production d'électricité à partir de gaz de synthèse est tellement mauvais qu'il vaut mieux utiliser du biométhane. Cette utilisation passe donc avant l'utilisation comme source de chaleur ou pour produire du biocarburant. Elle rend inutile la production d'hydrogène pour produire du gaz de synthèse permettant d'équilibrer le réseau.

Penser au stockage de la chaleur : la chaleur peut être fournie par des pompes à chaleur si le facteur de charge est bon ; elle peut aussi provenir de l'effet Joule pour utiliser au mieux les possibilités de production d'électricité apparaissant quelques centaines d'heures par an. Le stockage de la chaleur diminue les possibilités de production d'hydrogène à partir des possibilités excédentaires de production d'électricité.

*Lorsque la capacité nucléaire est basse et avec une forte capacité de production fluctuante*

Les excédents de possibilités de production dépassent de beaucoup les besoins de la consommation finale. Tout l'hydrogène dont on a besoin peut être produit à partir des possibilités excédentaires.

*Lorsque la capacité de production fluctuante est basse*

Les excédents de production ne suffisent pas à produire l'hydrogène même lorsque la demande d'hydrogène n'est que de 70 TWh, ce qui demande 100 TWh d'électricité : l'électrolyse a alors besoin de 25 TWh pris sur le réseau. Si la production d'hydrogène demande 300 TWh, les deux tiers seront pris sur le réseau et un tiers sur les excédents de possibilités de production.

## **Comparaison des dépenses de production selon les jeux d'hypothèses**

Dans tous les jeux d'hypothèses, le service rendu par le système de production d'électricité et d'hydrogène est le même. Lorsque la production d'hydrogène passe de 80 à 210 TWh, les dépenses augmentent de 7 milliards d'euros. Si l'on rapporte cette augmentation de la production d'hydrogène, elle s'élève à 50 €/MWh d'hydrogène produit, soit 1,7 €/kg d'hydrogène

Ce résultat vaut quelle que soit la capacité nucléaire.

*C'est un surcroît de dépenses sans amélioration ni augmentation du service rendu par l'électricité et l'hydrogène.*

On pourrait donc dire que, au-delà d'un niveau de consommation d'hydrogène de base, le coût « marginal » de l'hydrogène, rapporté à l'amélioration du service rendu, est ... infini.

Ajoutons que nous n'avons pas compté ici les dépenses de conditionnement, d'acheminement ni de stockage de l'hydrogène ni les dépenses à la charge du consommateur, telles que les piles à combustible.

Nous n'avons pas non plus abordé la question de l'encombrement des installations de production éolienne et photovoltaïque ni leur consommation de matériaux, dont certains seront critiques.

Cela pourrait donc marquer la limite du périmètre où l'hydrogène produit par électrolyse est utile :

- Remplacer l'hydrogène produit à partir de méthane fossile – du moins si l'on refuse l'idée de stocker le gaz carbonique émis par cette production.

- Remplacer le carburant fossile pour les transports lourds sur longue distance, au-delà de 200 kilomètres parcourus dans la journée.

Pour ce qui est de la production d'hydrogène à partir de biomasse, elle pourrait être utile selon les circonstances locales à condition d'être sûr de l'approvisionnement en biomasse et de desservir une flotte de camions ou d'autobus parcourant de longues distances entre deux recharges: en deçà de 200 km l'utilisation de batteries est sans doute préférable à celle de piles à combustible.