



Hydrogène : comment l'énergie nucléaire peut servir l'ambition française

JNI 2022

Discours E. Macron au Creusot en décembre 2020



« La filière nucléaire est essentielle au développement de l'ambition en matière d'hydrogène qui est portée par le Gouvernement »

« Aucun pays européen ne peut produire de l'hydrogène avec un mix électrique décarboné comme nous pouvons le faire grâce au nucléaire »

1.

**Toutes les technologies bas carbone,
dont le nucléaire, seront nécessaires**



Union européenne : une politique ambitieuse mais restreinte, se concentrant quasi-exclusivement sur l'hydrogène renouvelable (1/2)



Copyright EC

« Stratégie hydrogène pour une Europe neutre en carbone » - Juillet 2020

Objectifs :

- D'ici 2024, au moins 6GW d'électrolyseurs dans l'Union, production de 1MtH₂/an
- D'ici 2030, au moins 40GW d'électrolyseurs, production de 10MtH₂/an

Union européenne : une politique ambitieuse mais restreinte, se concentrant quasi-exclusivement sur l'hydrogène renouvelable (2/2)

Problème de faisabilité de la production en Europe (calcul Sfen)

Pour atteindre objectif de 10MtH₂/an en 2030 uniquement en solaire et éolien,

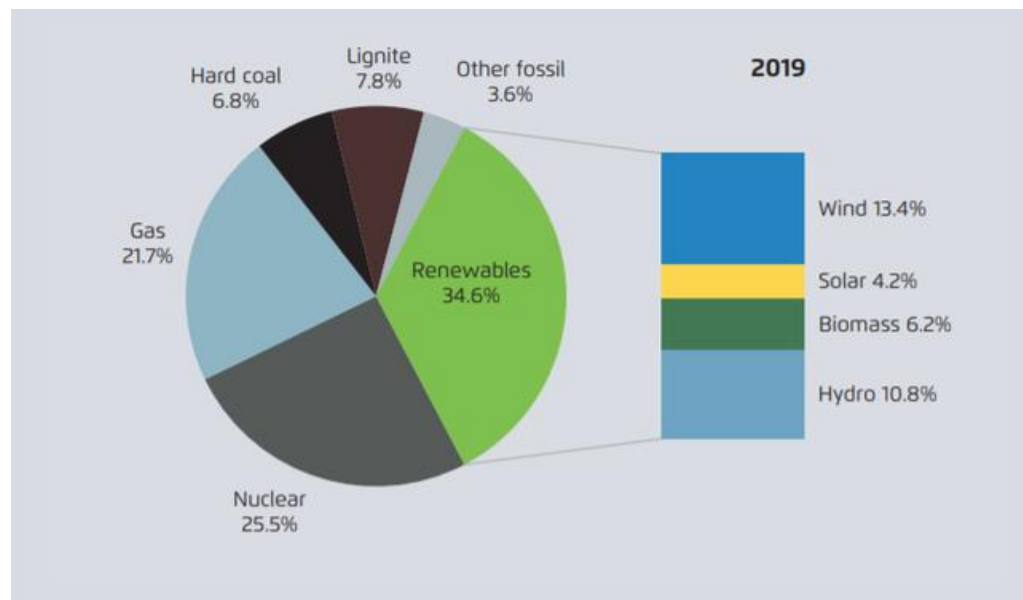
Puissance éolienne et solaire : 220GW additionnels (une fois et demie le parc actuel)

Besoin d'importations en hydrogène renouvelables :

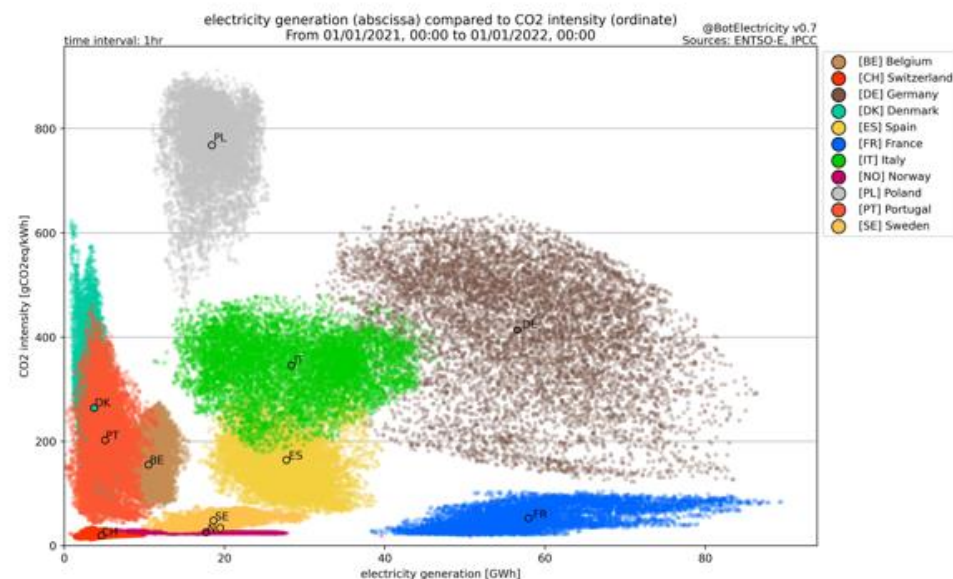
- Stratégie **2X40 GW**: 40GW d'électrolyseurs en Europe + 40 GW importés? (rapport « Green Hydrogen for a European Green Deal »)
- Plan hydrogène Allemand 2020: 2Mds € sur les 9Mds € pour des collaborations internationales

Risque de voir remplacer une dépendance actuelle aux énergies fossiles par une nouvelle dépendance à l'hydrogène renouvelable importé

Le nucléaire est la première source d'électricité bas-carbone dans l'Union



Intensité CO2 de l'électricité par pays 2021: heure par heure (EU)



2.

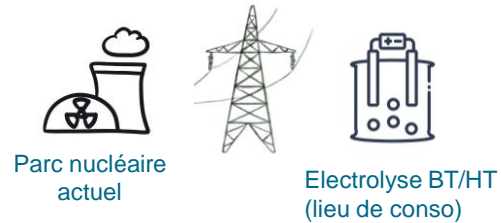
Comment produire de l'hydrogène bas carbone avec du nucléaire ?

Trois modes de couplage différents



Le nucléaire, en complément des renouvelables, peut contribuer à la production d'hydrogène bas carbone : 3 modes de couplage différents, avec 3 horizons successifs

1/

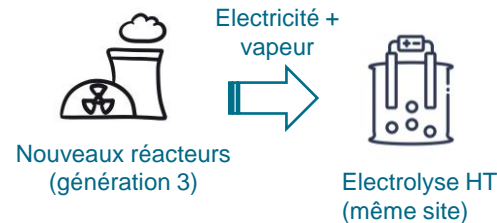


Court terme (aujourd'hui)

Production sur le lieu de consommation avec l'électricité bas carbone de base du réseau (nucléaire et renouvelables) avec électrolyse :

- Basse température (BT) mature industriellement (alcaline ou PEM)
- Haute température (HT); industrialisation en cours (hauts rendements), avec une source de chaleur sur le site

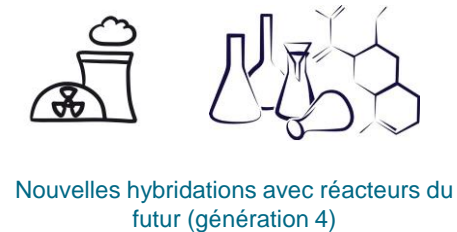
+ 2/



Moyen terme (nouveaux réacteurs REP Gen3)

- Electrolyse haute-température (maturité industrielle)
- Modèle : sur site nucléaire (cogénération)

+ 3/

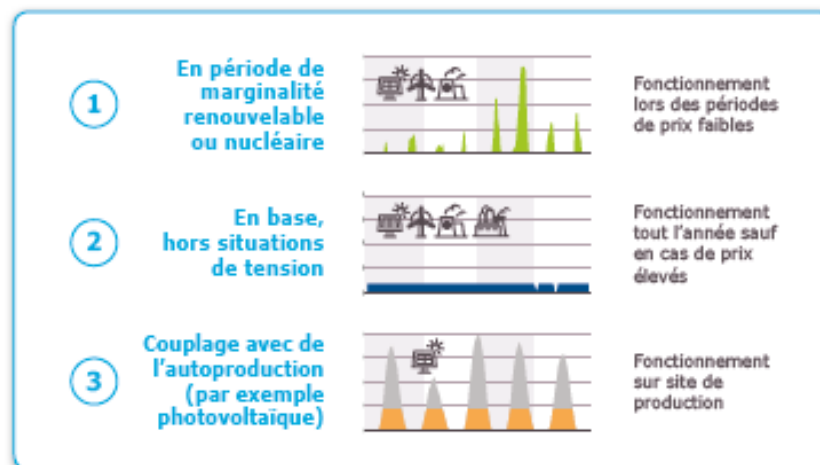
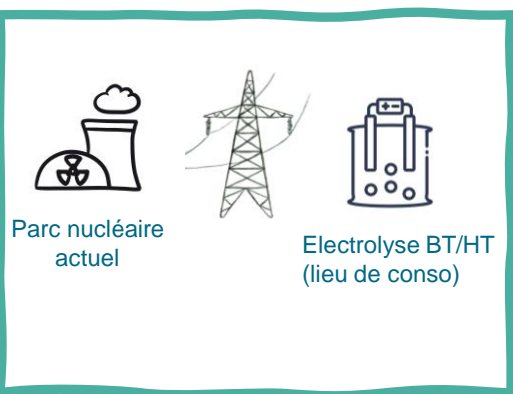


Long terme (réacteurs de demain : Gen4)

- Cycle thermo-chimique à très haute-température (THT)
- Enjeux sur compétitivité & sûreté : projets R&D en cours (Corée/Canada), Japon

A court terme (aujourd'hui)

Electrolyse sur le lieu de consommation, alimentée par l'électricité de base (nucléaire et renouvelable)
hors situations de tensions



RTE « la transition vers un hydrogène bas carbone (2020) : atouts et enjeux pour le système électrique à l'horizon 2030-2035

Production sur le lieu de consommation (sites industriels, hubs de transports lourds) :

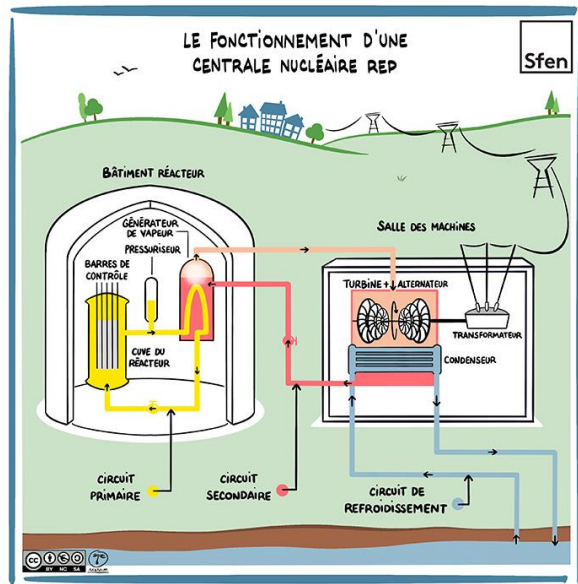
- Ajuster la production aux besoins
- Simplifier conditionnement/stockage
- Annuler les contraintes de transports

Augmentation du facteur de charge des électrolyseurs :

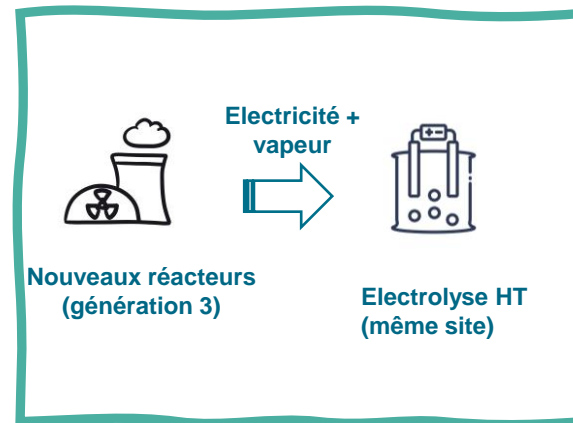
- De l'ordre de 6000 heures par an
- Capacité moindre d'électrolyseurs (faisabilité)
- Possibilité de services systèmes (effacement)

A moyen terme

Electrolyse haute température (HT) avec de la co-génération nucléaire (1/2)



(même site industriel)



Ce couplage pourrait être envisagé :

- pour de nouvelles générations de réacteurs dès la conception
- à une échéance qui permette :
 - La maturité industrielle d'électrolyseurs HT de grande capacité
 - Des demandes d'hydrogène au niveau régional suffisantes pour rentabiliser des installations

A moyen terme

Electrolyse haute température (HT) avec co-génération nucléaire (2/2)



Est de l'Angleterre (Felixstowe): futur « Freeport » approuvé le 3 mars 2021

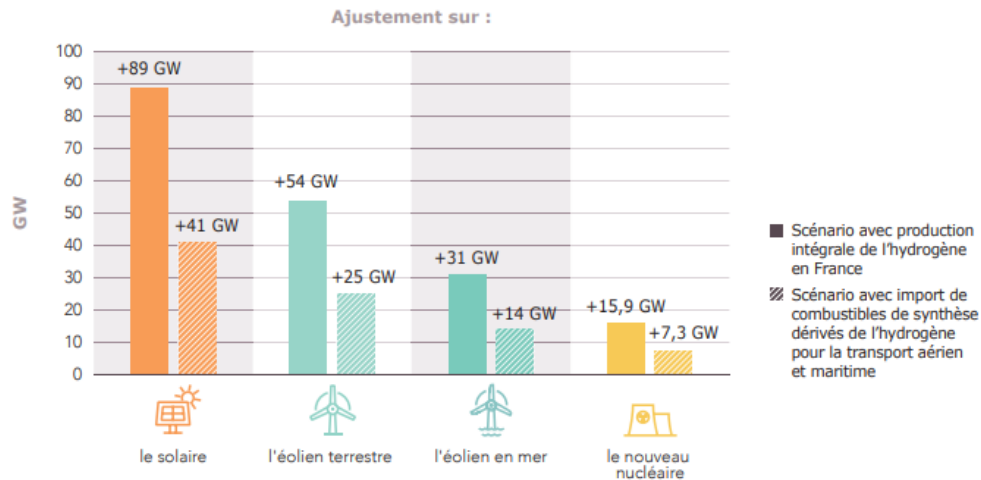
- projet d'un centre de production d'hydrogène propre de 1GW (soit 20% des objectifs nationaux du Royaume-Uni)
- alimenté entre autres par l'électricité nucléaire des deux nouveaux réacteurs EPR en projet à Sizewell C (avec un changement de conception minimal)

Modèle bien adapté pour une filière de réacteurs nucléaires modulaires de puissance réduite (SMR) avec **une inscription dans un écosystème énergétique local**

La Stratégie Nationale Hydrogène doit être en cohérence avec la politique énergétique (PPE, SFEC)



Figure 9.14 Capacités additionnelles nécessaires en 2050 par rapport au scénario de référence, pour le « scénario hydrogène+ », en cas d'ajustement seulement sur une filière



Source: SNBC 2020

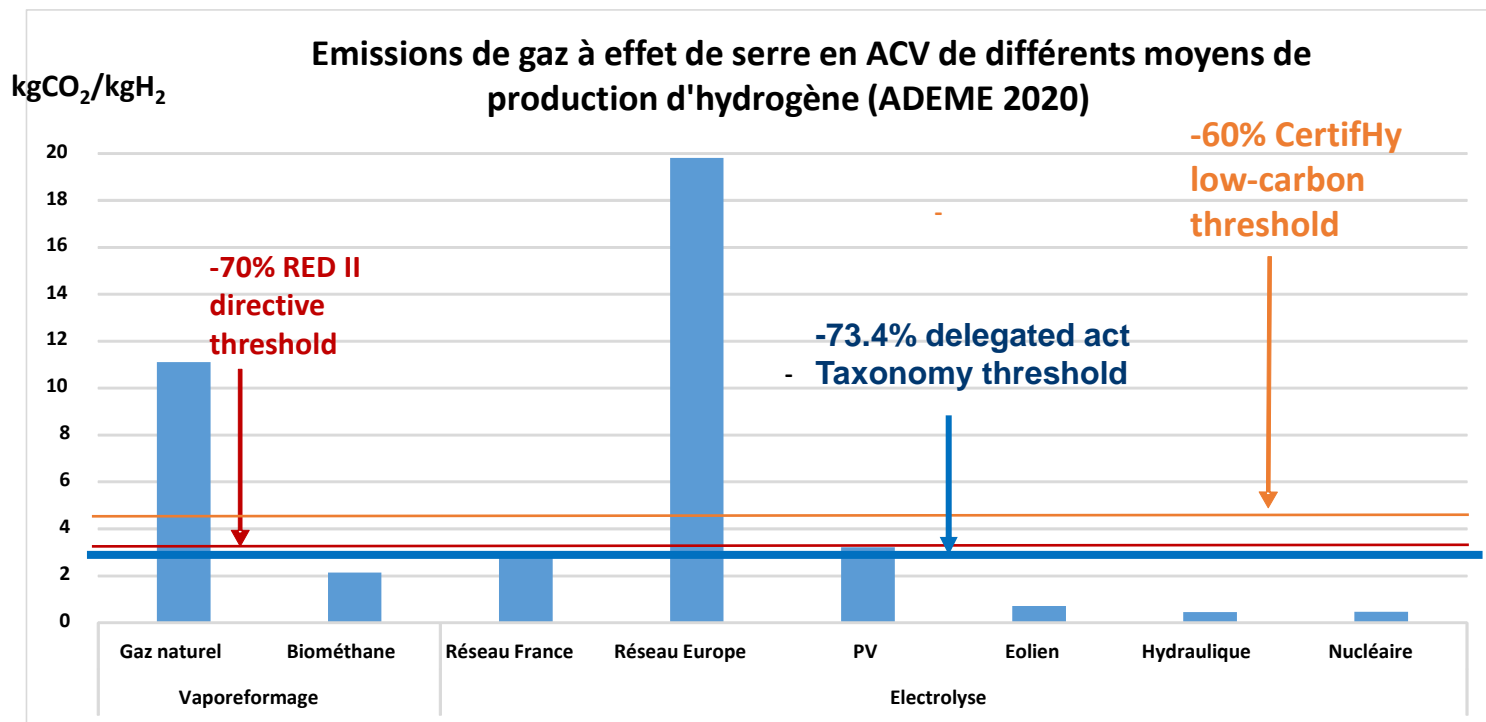
« Futurs énergétiques 2050 » RTE :

50 TWh d'électricité nécessaires pour l'électrolyse sur les 645 TWh de consommation totale d'électricité (scénario de référence)

Trajectoire « hydrogène + » avec accélération de la filière **(100TWh de plus en 2050)**

- Décarbonation industrie, transports lourds (35% parc de camions)
- Combustibles de synthèse pour transport aérien et maritime

Les normes doivent permettre le développement de l'hydrogène produit à partir de mix électrique bas carbone



Seuils d'émission (Acte délégué sur la **taxonomie européenne** adopté par les commissaires européens le 22 avril 2021)

- **3,0 kgCO₂/kgH₂** pour la production d'hydrogène
- **3,38 kgCO₂/kgH₂** pour les carburants synthétiques dérivés de l'H₂.

La méthodologie carbone restera à définir ultérieurement via l'acte délégué prévu à l'article 28 (5) de RED II. **(Nécessité d'une ACV complète !)**

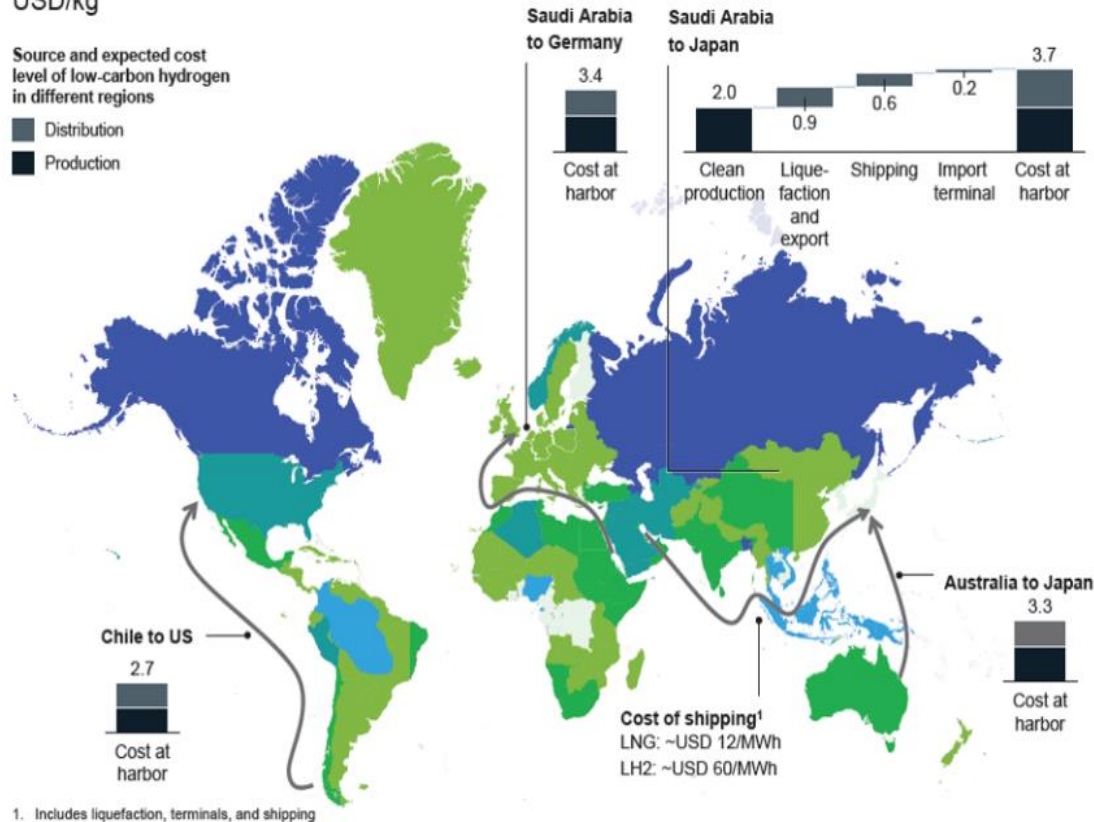
Conclusion

Cost of shipping liquid hydrogen across regions, 2030

USD/kg

Source and expected cost level of low-carbon hydrogen in different regions

■ Distribution
■ Production



SOURCE: McKinsey Energy Insights

- La France dispose, avec son électricité de base nucléaire et renouvelable, de nombreux atouts pour réussir sa stratégie hydrogène
- Elle doit se préparer à la concurrence sur un marché mondial de l'hydrogène bas carbone en formation



Merci !