



Le réseau
de transport
d'électricité

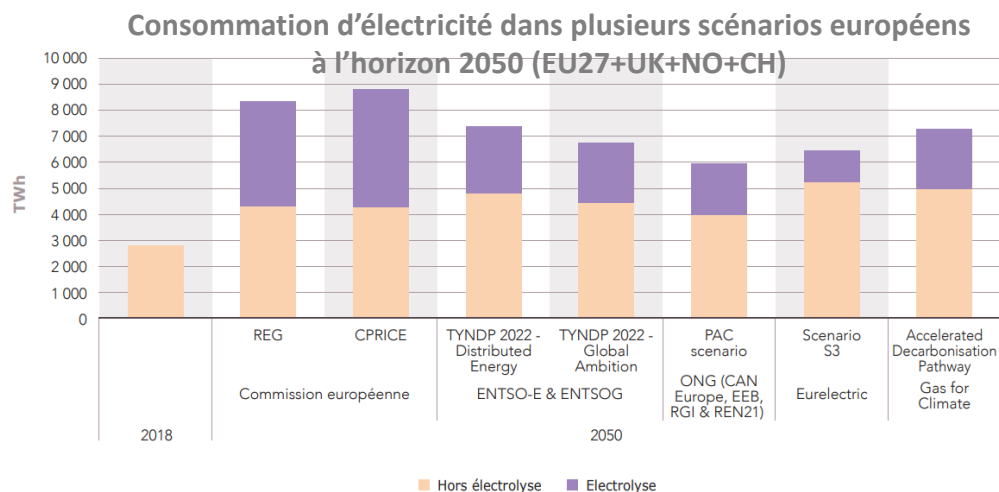
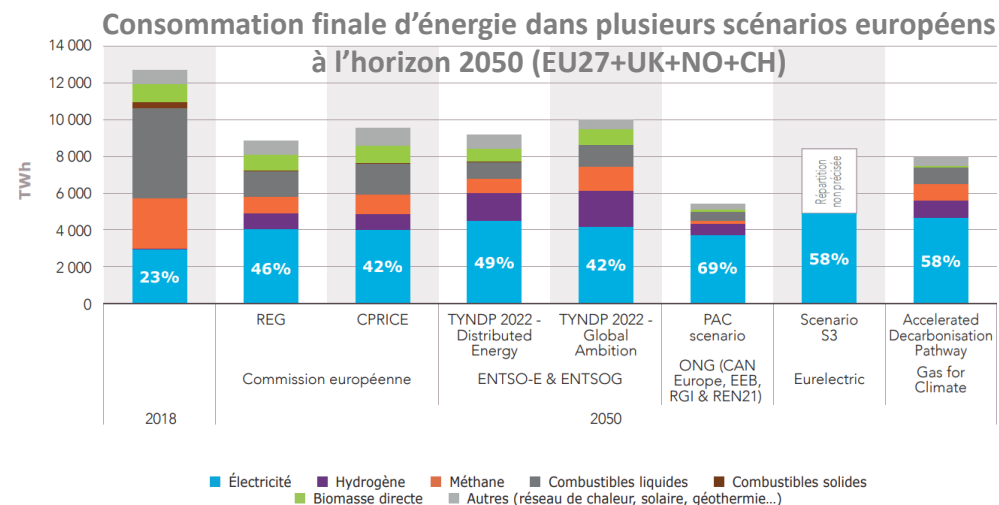
Quel rôle de l'hydrogène pour atteindre la neutralité carbone?

Salon Hyvolution

11 mai 2022



- Depuis plusieurs années et notamment parution du rapport *The Future of Hydrogen* de l'AIE (2019), l'hydrogène bas-carbone est présenté comme une priorité de la transition énergétique
- Les stratégies d'atteinte de la neutralité carbone dans la plupart des pays reposent sur un fort développement de l'hydrogène bas-carbone
- La promesse de l'hydrogène : un combustible décarboné, stockable et dont la production à partir d'électricité est flexible, pouvant s'adapter aux variations de la production des sources renouvelables
- Au-delà de la nécessité de remplacer la production (par vaporeformage) actuelle d'hydrogène pour l'industrie par de l'hydrogène bas-carbone, de nombreux débats et incertitudes :
 - Usages de l'hydrogène (au-delà des usages actuels)
 - Mode de production : vaporeformage avec CCS, biomasse, électrolyse (plusieurs modes de fonctionnement possibles)
 - Stockage et transport de l'hydrogène (capacités et coûts)



- Dans le cadre de ses missions légales (L 141.8), RTE contribue à éclairer les enjeux associés au développement de l'hydrogène produit par électrolyse :
 - Impact technique sur le fonctionnement du système électrique (en fonction des modes de fonctionnement des électrolyseurs)
 - Coûts
 - Impacts environnementaux

⇒ « La transition vers un hydrogène bas-carbone » (2020) : Analyse des enjeux liés au basculement de la production d'hydrogène par vaporeformage vers l'électrolyse (à l'horizon 2035)



⇒ « Futurs énergétiques 2050 » (2021/2022) : Scénarios de transition énergétiques intégrant un développement de l'hydrogène et évaluation du rôle de l'hydrogène pour la flexibilité du système électrique



1) Un levier prioritaire : décarboner les usages actuels de l'hydrogène et en développer de nouveaux dans l'industrie ou le transport de marchandises

- Une trajectoire de référence principalement basée sur de l'hydrogène fabriqué en France, conformément aux orientations de la SNBC
- Une variante plus ambitieuse avec de nouveaux usages

2) Un levier possible à long terme : développer le stockage d'hydrogène flexible dans la perspective de scénarios à hautes proportions en énergies renouvelables

- Cette flexibilité n'est toutefois accessible que grâce à des infrastructures de stockage et de transport d'hydrogène dont la disponibilité n'est aujourd'hui pas acquise

1

Décarboner des usages gaz (hydrogène, méthane...) ou mobilité



Pour répondre aux objectifs nationaux et internationaux de décarbonation

→ **Opportunités sur la période 2020-2035**

2

Contribuer à l'équilibre du système électrique en apportant une solution de stockage/déstockage



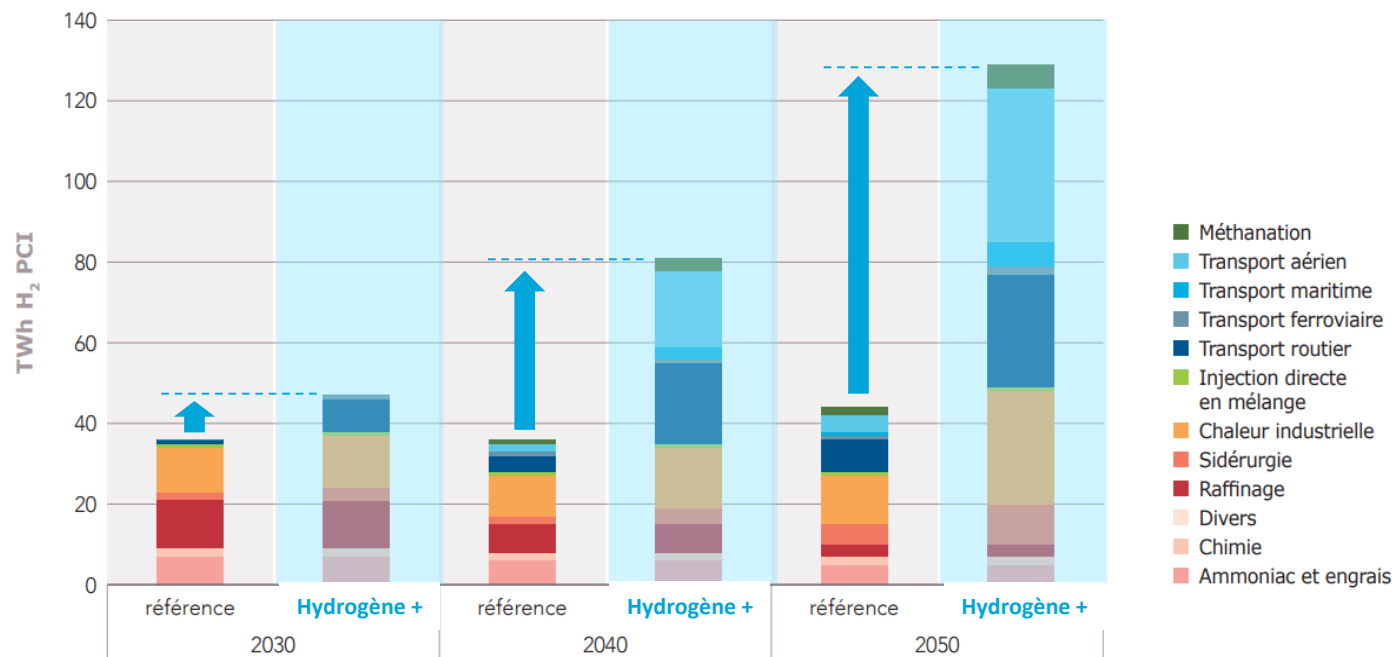
Stockage saisonnier via la boucle *power-to-gas-to-power*

→ **Intérêt possible à long terme**

1 Décarboner les usages de l'hydrogène

- **Dans la trajectoire de référence**, la consommation électrique associée, atteint environ 50 TWh,
- A moyen terme, un développement ciblé sur les usages existants de l'hydrogène dans l'industrie et à plus long terme, de nouveaux usages possibles (mobilité lourde, sidérurgie, chaleur...)
- **Une variante Hydrogène +** explore un monde dans lequel les usages de l'hydrogène sont très développés, dans l'industrie, la mobilité et pour les carburants de synthèse (aviation...). la consommation électrique associée, atteint environ 170 TWh

Consommation d'hydrogène (hors utilisation pour la production électrique) dans les trajectoires de référence et « hydrogène + »



Note : une partie de l'hydrogène consommé est couverte par de la coproduction fatale

M0
100 % EnR
en 2050

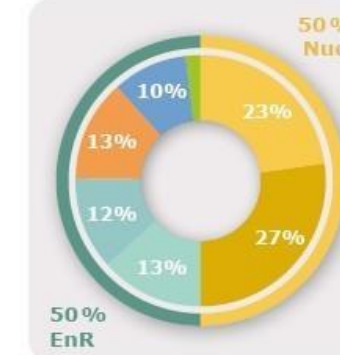
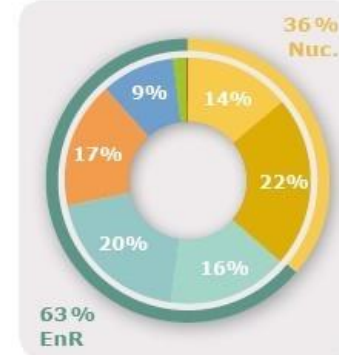
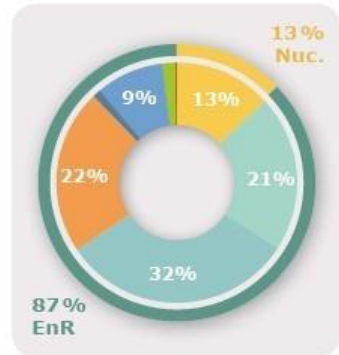
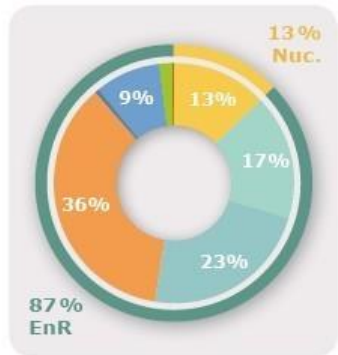
M1
EnR répartition
diffuse

M23
EnR grands parcs

N1
EnR + nouveau
nucléaire 1

N2
EnR + nouveau
nucléaire 2

N03
EnR + nouveau
nucléaire 3



Les scénarios « M »

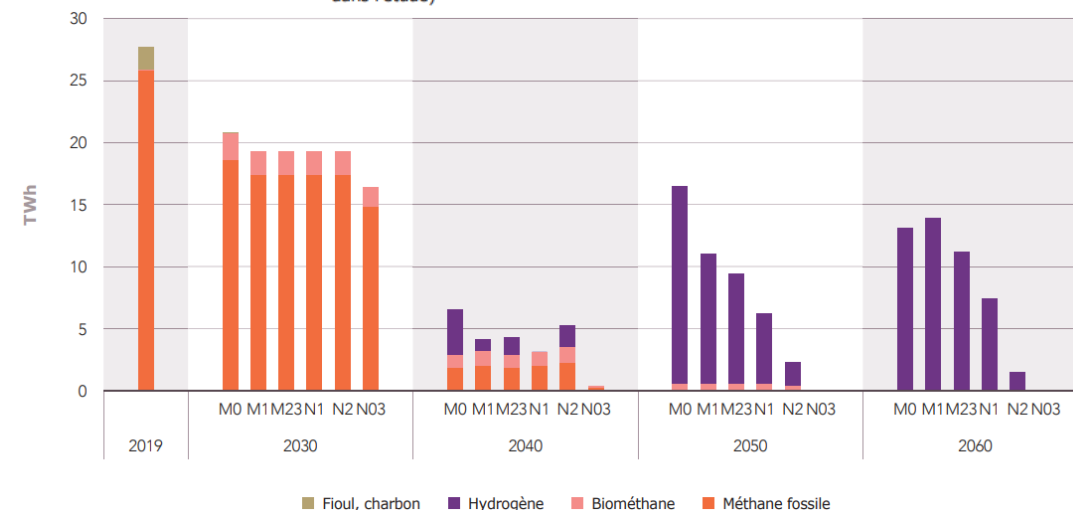
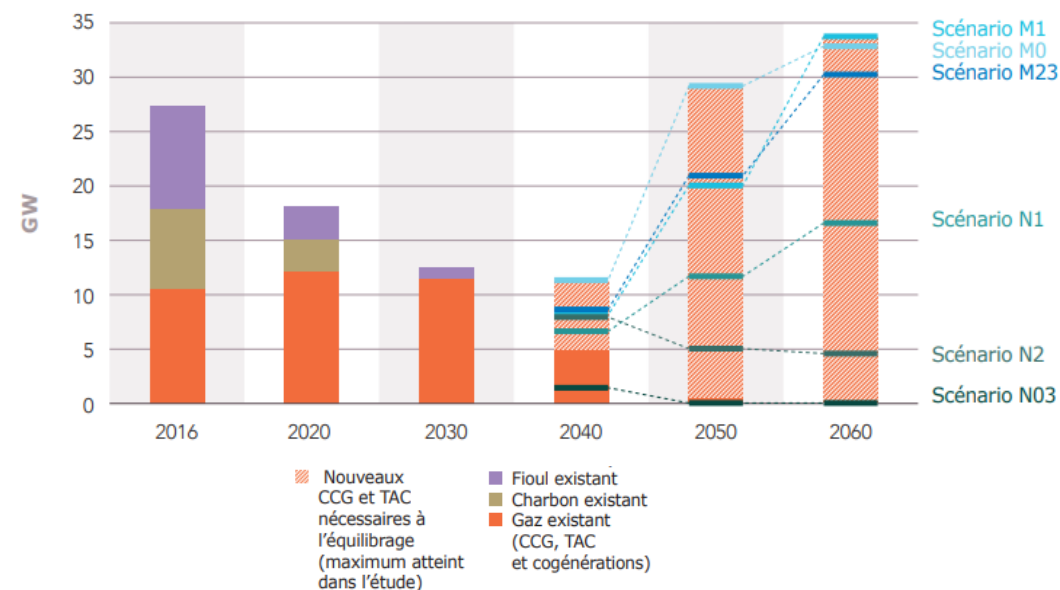
Sans nouveau nucléaire, atteinte du 100% renouvelable en 2050 ou 2060

Les scénarios « N » Avec nouveau nucléaire

Zoom sur la production thermique :

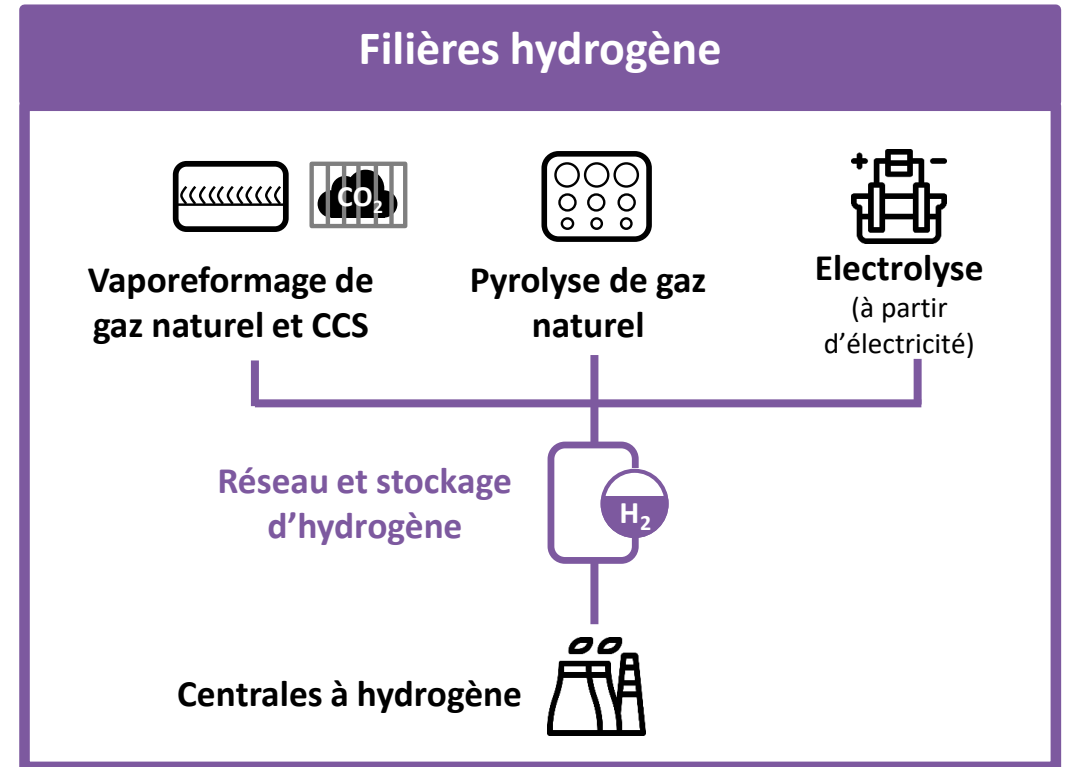
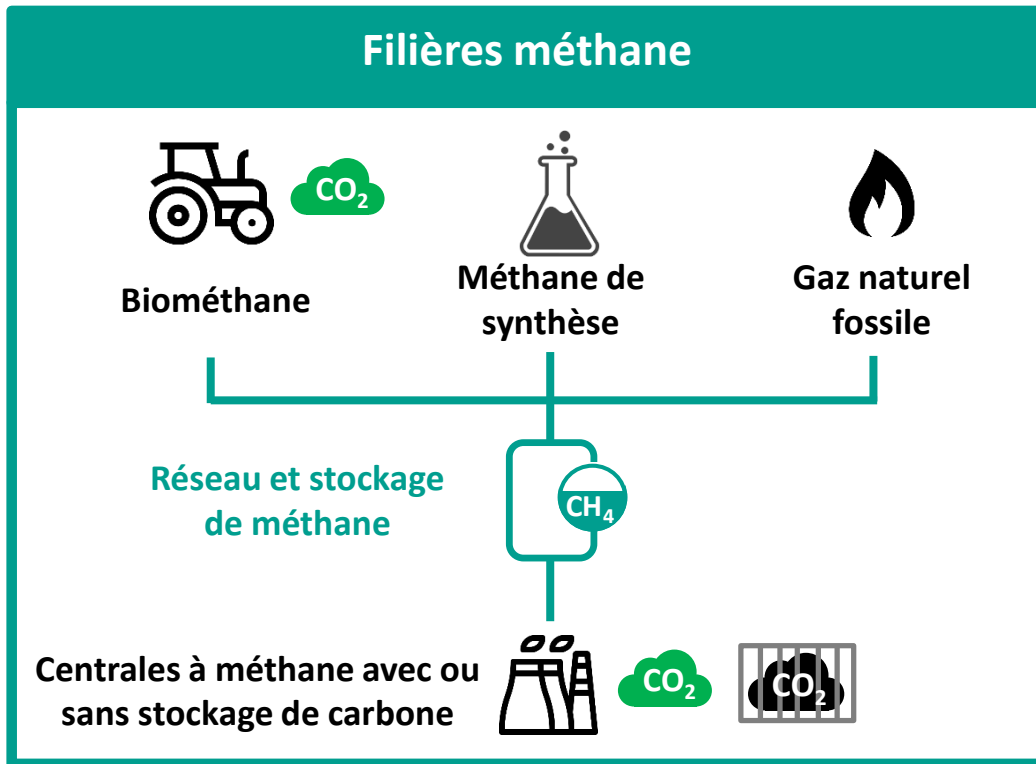
- Assurer la sécurité d'approvisionnement dans des scénarios à hautes parts en EnR nécessite de disposer d'un minimum d'unités de production pilotables utilisant des combustibles décarbonés (gaz verts).
- Dans les scénarios sans nouveau nucléaire, de nouvelles centrales thermiques (au delà du parc actuel) devront être mises en service pour l'essentiel sur la période 2040-2050: de 20 à 30 GW seront nécessaires dans les scénarios les plus hauts. Ces centrales fonctionneront en « back-up », essentiellement lors des périodes froides et de faible vent en Europe). Les besoins en énergie sont relativement limités, de l'ordre de 10 à 17 TWe.**
- Les scénarios N1 et N2 peuvent fonctionner avec un nombre de centrales proche de celui d'aujourd'hui.**
- Seul le scénario N03 peut fonctionner avec une fermeture totale du parc thermique** dans un système très interconnecté

Evolution des capacités thermiques installées entre 2016 et 2060

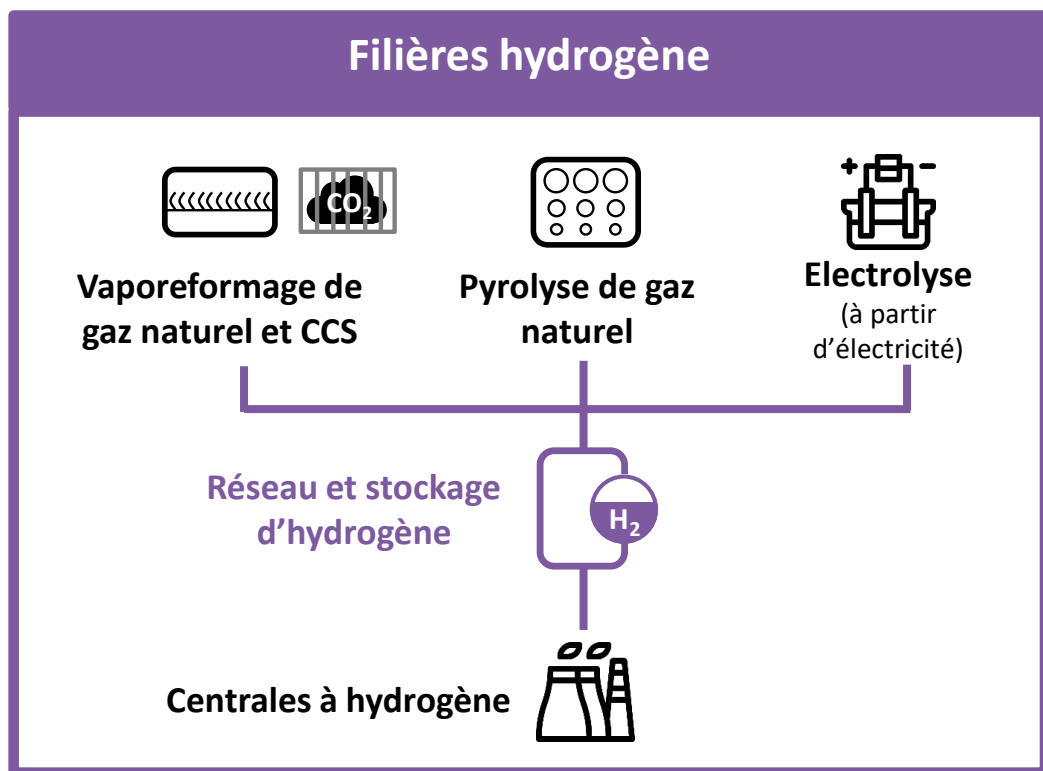


2 Développer le stockage d'hydrogène flexible dans la perspective de scénarios à hautes proportions en EnR :

L'hydrogène est une des solutions mais d'autres centrales thermiques aux « gaz verts » ou « gaz décarbonés » sont également envisageables



2 Développer le stockage d'hydrogène flexible dans la perspective de scénarios à hautes proportions en EnR :



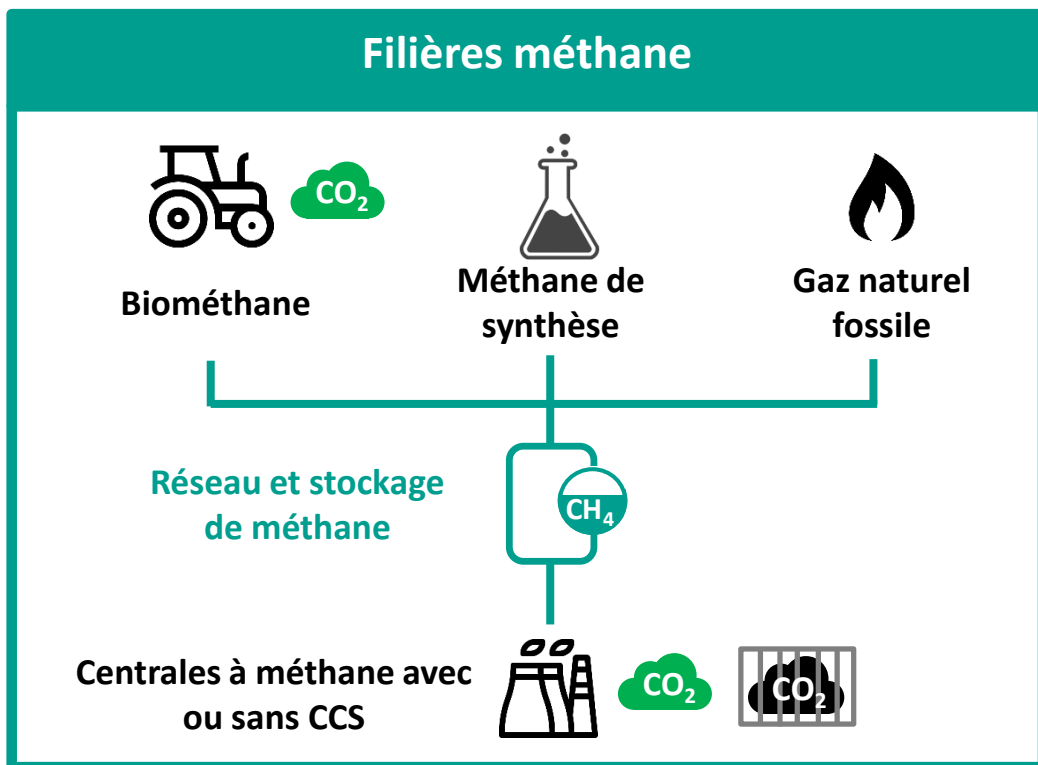
- L'électrolyse est la solution privilégiée en France aujourd'hui (pyrolyse de gaz naturel non mature, CCS qui pose des questions d'acceptabilité et de maturité)

Paris industriels et technologiques

Dans tous les cas, des briques technologiques qui restent à développer pour assurer la chaîne logistique de l'hydrogène :

- **Transport** : réseaux existants à petite échelle, pas à l'échelle nationale ou européenne. Des adaptations du réseau gaz ou des nouvelles infrastructures seront nécessaires
- **Stockage d'hydrogène** : les cavités salines constituent des solutions adaptées mais en nombre limité (développement de nouveaux sites envisageables mais incertain)
- **Centrales thermiques** : centrales existantes (gaz) nécessitant des adaptations : aujourd'hui à l'état de démonstrateurs

2 Développer le stockage d'hydrogène flexible dans la perspective de scénarios à hautes proportions en EnR :



- En alternative ou complément à l'hydrogène, des centrales au méthane (comme celles existantes) peuvent contribuer :

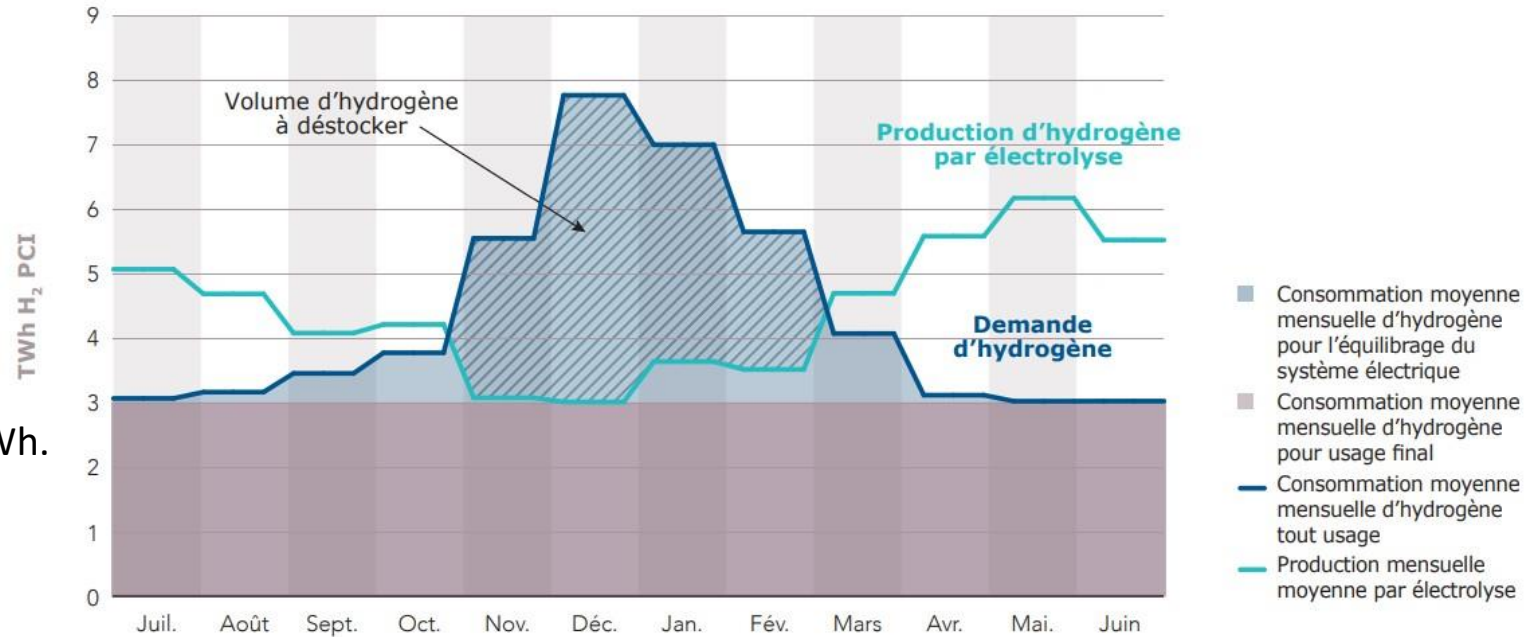
Paris industriels et technologiques

Pas de paris technologiques sur le transport, stockage du méthane ou sur les centrales (infrastructures existantes) mais des enjeux spécifiques sur l'utilisation de méthane

- **Biométhane** : solution éprouvée mais gisement limité et utilisé en priorité pour d'autres usages, incertitudes sur les coûts à long terme
- **Méthane de synthèse** (transformation d'électricité en hydrogène puis en méthane) : incertitudes sur l'approvisionnement en CO₂ + coûts et pertes de rendement potentiellement importants.
- **Gaz fossile + CCS** : incertitudes sur l'acceptabilité et la maturité du CCS et la chaîne logistique du CO₂

- Dans la plupart des études et scénarios, **la production d'hydrogène par électrolyse est considérée comme flexible** et s'adaptant à la production renouvelable et la demande d'électricité
- Cette flexibilité repose sur la disponibilité et l'accès à des capacités de stockage conséquentes, à défaut de sources alternatives d'approvisionnement
- Pour bénéficier d'une flexibilité maximale, **le besoin de stockage d'hydrogène peut représenter plusieurs dizaines de TWh.**
- La capacité de stockage mobilisable en convertissant les stockages en cavités salines existantes en France est évaluée entre 3 et 5 TWh.

Profil annuel moyen de production et de demande d'hydrogène dans le scénario M23 à l'horizon 2050



L'importance d'un vecteur hydrogène flexible est confirmée, en particulier dans le cas des scénarios à hautes parts en énergies renouvelables



Le scénario de référence repose sur un « système hydrogène » flexible. Si celui-ci n'est pas au rendez-vous, le système électrique devra s'appuyer sur d'autres sources de flexibilité



L'utilisation du biométhane pour produire de l'électricité, si les gisements sont suffisants, est une solution intéressante

En alternative du biométhane, le recours au méthane de synthèse constitue une solution envisageable :



✗ Présente une moins bonne performance énergétique (étape de transformation d'énergie supplémentaire)...

...mais permet de réutiliser les infrastructures de gaz existantes



Les premières estimations de RTE identifient un enjeu de 2 Md€/an à 5 Md€/an associé à l'existence d'un système hydrogène performant et flexible

Référence : Système hydrogène flexible



Vision d'un système hydrogène peu flexible



Production par électrolyse	Requis (technologie accessible mais progrès attendu sur coûts et rendement)	
Stockage massif de H ₂ et réseau de transport	Requis (incertitudes sur les capacités de stockage accessibles et leurs coûts)	Non requis
Méthanation et logistique d'approvisionnement en CO ₂	Non requis	Requis (au stade de démonstrateur. Incertitudes sur les sources de CO ₂)
Stockage massif de CH ₄ et réseau de transport	Non requis	Requis (déjà déployé)
Production d'électricité à partir d'H ₂	Requis (au stade de démonstrateur)	Non requis
Production d'électricité à partir de CH ₄	Non requis	Requis (technologie disponible)

- **Quand il est produit sans émissions de CO2 (p.e. par électrolyse avec électricité décarbonée), l'hydrogène permet de décarboner certains usages difficiles à électrifier : industrie, mobilité lourde**
 - **Créer un « système hydrogène bas-carbone » performant et flexible est un atout pour décarboner certains secteurs difficiles à électrifier, et pour stocker de l'énergie dans les scénarios à très fort développement en renouvelables**
 - **Mais le développement d'un système hydrogène soulève encore des incertitudes** (notamment capacités de stockage mobilisables et coûts associés)
- ⇒ Des travaux complémentaires seront menés par RTE, en partenariat avec GRTgaz pour approfondir les analyses sur les enjeux associés au développement d'un système hydrogène (stockage, réseaux) et à la localisation des électrolyseurs

Merci pour votre attention

Questions ?

.....

Futurs énergétiques 2050