



Groupe de travail — **interfaces électricité et autres vecteurs**

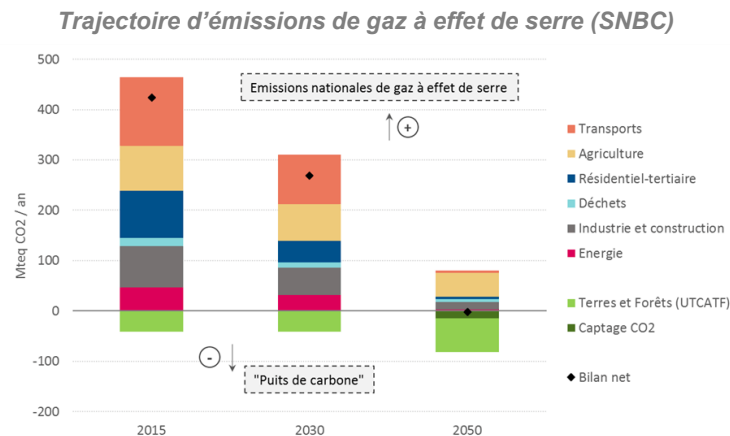
Réunion du 19 décembre 2019
Résultats préliminaires pour discussion



Contexte et objectifs

Rappel : les prochains scénarios de long terme du Bilan prévisionnel couvriront l'horizon 2050

- Cadrage général des prochains scénarios de long terme :
 - articulé autour de l'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050 et des trajectoires de la SNBC
 - avec des trajectoires (pas uniquement le point d'arrivée)
 - dans un contexte de changement climatique
- Deux « familles » de scénarios étudiées :
 - avec l'option « nouveau nucléaire » ouverte
 - sans « nouveau nucléaire »
- Une modélisation complète du système à l'échelle européenne, et avec une représentation des couplages entre l'électricité et les autres vecteurs (gaz, chaleur...)
- Une description des scénarios selon 4 axes principaux :
 - Description technique du système
 - Description des enjeux sociétaux (implication sur les modes de vie)
 - Description des enjeux environnementaux
 - Description économique



Des études pour la construction des prochains scénarios de long terme qui s'appuient sur une concertation renforcée

Lancement d'une large concertation sur la scénarisation et les hypothèses des scénarios

pour cibler les points d'intérêt du débat public, renforcer la pertinence et la légitimité des scénarios, et accroître la transparence sur les hypothèses

La CPSR

Instance de cadrage stratégique des travaux et d'arbitrage des orientations

Des groupes de travail

Instances de partage des hypothèses et résultats au niveau technique

Une consultation publique

Appel à contribution qui viendra enrichir les échanges initiés en groupes de travail

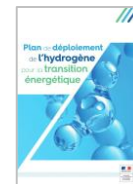
Exemples :

- GT « consommation »
- GT « base climatique »
- GT « scénarisation »
- **GT « interfaces électricité et autres vecteurs »**
- GT « représentation des attentes de la société »
- GT « environnement »
- GT « flexibilités »
- GT « fonctionnement du système électrique » ...

→ 2^e réunion aujourd'hui

La problématique du couplage entre l'électricité et les autres vecteurs fait l'objet d'une attention particulière

- Les interfaces et les couplages entre les vecteurs énergétiques constituent désormais un point d'attention spécifique dans la construction des scénarios de mix énergétique de long terme
- En 2019, RTE a lancé des analyses sur les interfaces entre l'électricité et les autres vecteurs et en particulier sur l'hydrogène, en vue de répondre à différentes questions du débat public :
 - ① Des analyses qui visent à alimenter le débat public et la **construction des prochains scénarios de long terme du Bilan prévisionnel**
 - ② **Dans le cadre du plan hydrogène**, une demande du ministre d'étudier les services que peuvent apporter les électrolyseurs au système électrique. Les analyses réalisées ont été présentées lors de la première réunion du groupe de travail.





Dans le cadre du Bilan prévisionnel, la question des interfaces est élargie à l'ensemble des vecteurs (gaz, chaleur...)

- **Objectifs de la réunion aujourd'hui :**
 - Retours sur les résultats présentés à la première réunion et les remarques formulées par les différents participants à la concertation
 - Présentation des interfaces considérées dans la construction des scénarios du Bilan prévisionnel et des orientations de la SNBC s'agissant de ces interfaces
 - Éléments méthodologiques pour l'évaluation des besoins de flexibilité pour discussion
- En revanche, la définition des capacités et volumes correspondant aux couplages sera abordée ultérieurement, en cohérence avec les scénarios qui seront construits et étudiés



2

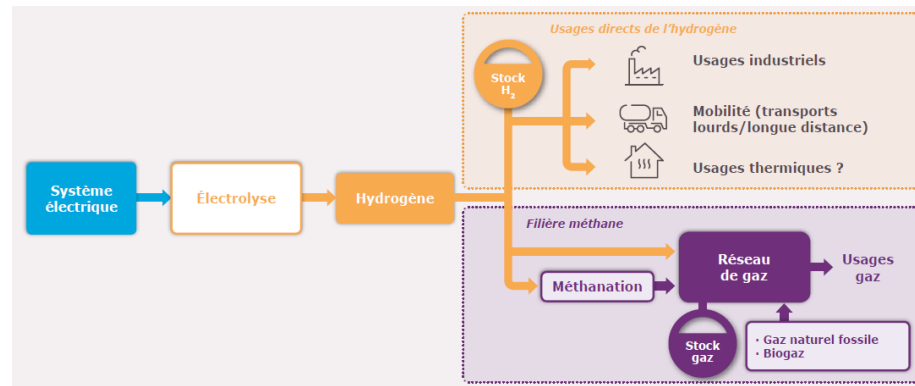
Analyse des enjeux du développement de l'électrolyse sur le mix électrique à 2035

Contributions reçues, état des travaux et suites

Deux raisons distinctes de développer l'hydrogène

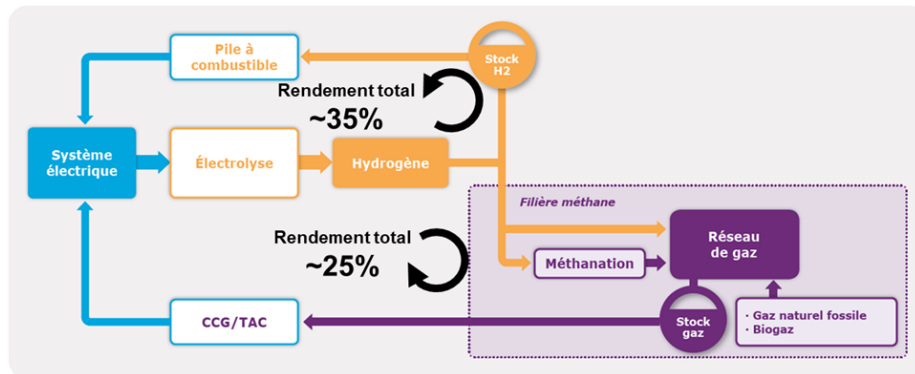
1. Décarboner les vecteurs gaziers (hydrogène, méthane...)

- En premier lieu, hydrogène pour l'industrie, injections dans le réseau gaz et / ou transports
- Vu du système électrique : crée une consommation potentiellement flexible



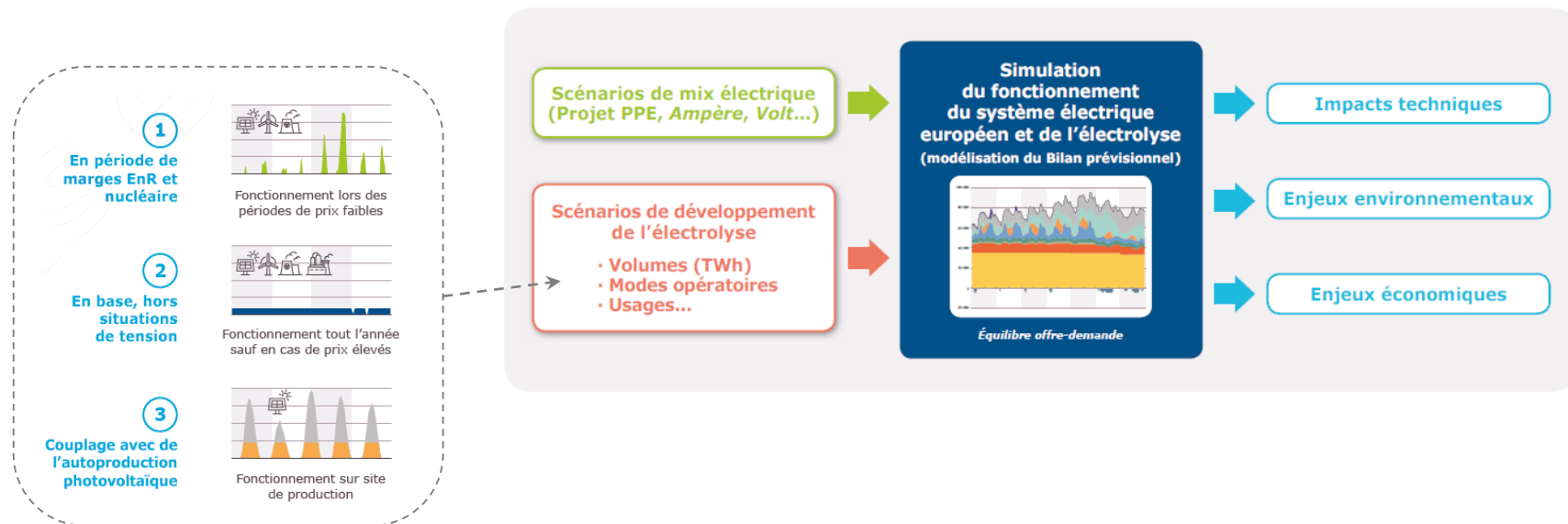
2. Contribuer à l'équilibre du système électrique en apportant une solution de stockage / déstockage

- En utilisant l'hydrogène en entrée de PAC ou directement dans le réseau de gaz naturel
- Ou avec une étape de méthanation afin d'utiliser le gaz comme de stockage d'électricité



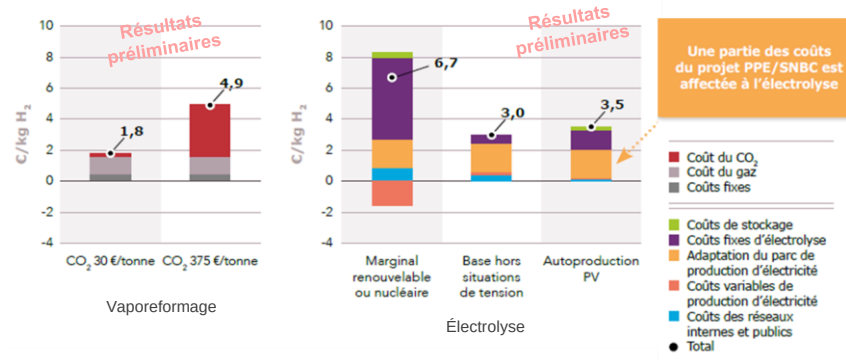
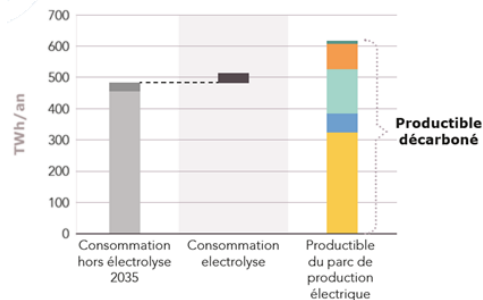
→ Les enjeux différent selon les pays, l'horizon et les scénarios

- Analyse des impacts pour le système électrique du développement de l'électrolyse:
 - Sur les plans technique, environnemental (émissions de CO₂) et économique...
 - ...pour un développement conforme aux ambitions PPE-SNBC (~30 TWh en 2035)...
 - ...en fonction de différents paramètres-clés, et notamment pour 3 modes opératoires différents



Rappel des principaux résultats

- 1) À l'horizon 2035, **pas de besoin absolu de stockage saisonnier** dans le mix de la PPE, l'électrolyse se développe en priorité pour décarboner les usages, notamment dans l'industrie
- 2) Un développement de l'électrolyse qui ne pose **pas de difficulté pour le système électrique**, ni en énergie, ni en puissance
- 3) Des impacts sur le système électrique **fortement dépendants des modes opératoires privilégiés**
- 4) Des électrolyseurs qui **peuvent apporter des services de flexibilité au système** mais pour une rémunération représentant une faible part de leurs coûts
- 5) **Des réductions d'émissions de CO₂ significatives en France** (~5 à 6 MtCO₂) ainsi qu'à l'échelle européenne si le parc de production électrique est adapté
- 6) Vu de la collectivité, **des coûts de transition vers l'électrolyse plus importants** que les solutions conventionnelles (vaporeformage) mais **qui se justifient**, pour certains modes opératoires, dès lors qu'on intègre la **valorisation des gains sur les émissions**





Confusion possible dans l'interprétation des termes « hydrogène bleu » ou « hydrogène vert »



Plus aucune référence aux notions d'hydrogène vert ou bleu



Explicitation des hypothèses de coûts et de rendement des électrolyseurs et prise en compte d'hypothèses de baisse des coûts plus importantes



Réalisation de variantes sur les coûts et présentation détaillée des hypothèses dans le rapport



Réalisation d'études avec une vision plus systémique intégrant la décarbonation de l'ensemble des usages et les coûts des infrastructures



Vision systémique qui vise à être intégrée dans la construction des scénarios 2050 du Bilan prévisionnel



Définition précise du mode « autoproduction » étudiée (autoproduction avec vente de l'électricité $\neq$ offgrid)



Mention aux différents modèles « d'autoproduction » possibles



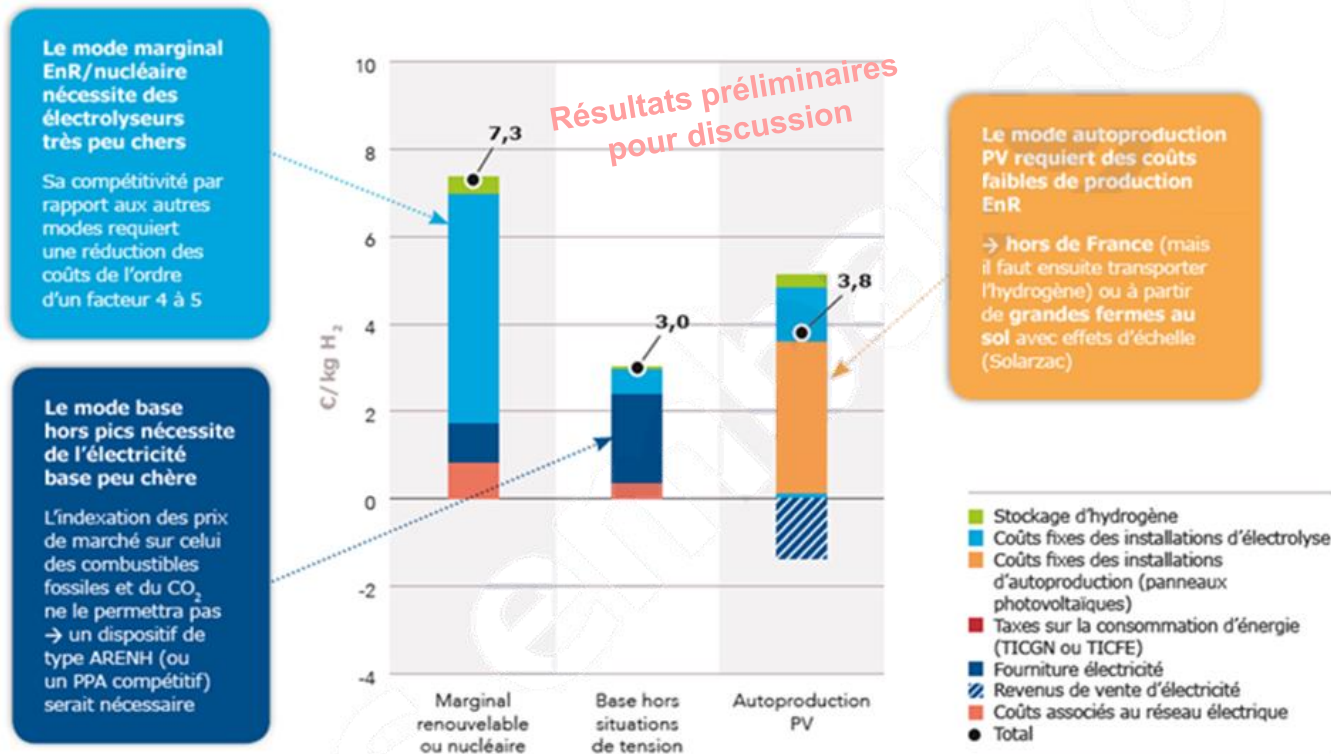
Prise en compte des signaux économiques (taxes, tarification de l'énergie et du réseau) vus par les acteurs dans l'évaluation des coûts de l'électrolyse



Réalisation d'études détaillées sur la « vision acteur » avec plusieurs variantes sur les coûts et tarifs

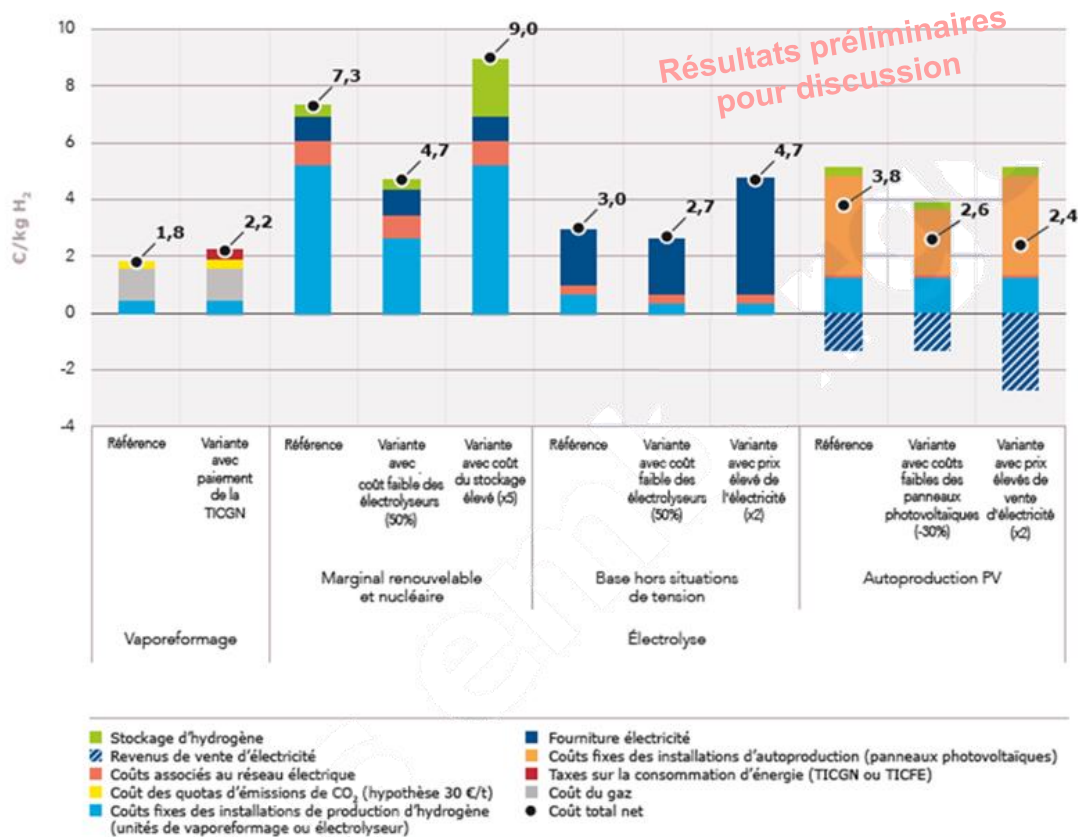
Zoom sur l'analyse du coût de production de l'hydrogène par électrolyse vu des acteurs

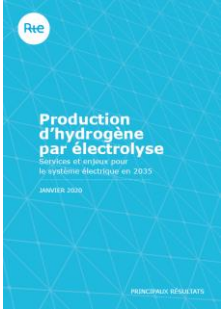
- Une sensibilité spécifique de chaque mode à certains facteurs



Zoom sur l'analyse du coût de production de l'hydrogène par électrolyse vu des acteurs

- Réalisation de très nombreuses variantes pour identifier la sensibilité des modèles d'affaires aux différents paramètres-clés
- Un développement de l'électrolyse qui sera dans tous les cas dépendant des modes de soutien public et de tarification de l'énergie



- Publication d'un rapport présentant l'ensemble des analyses et résultats obtenus début janvier 2020
 - Pour rappel, étude centrée sur les enjeux de décarbonation de la production d'hydrogène à l'horizon 2035
- 
- Suites : prolongement des analyses dans le cadre de la construction des scénarios de long terme du Bilan prévisionnel :
 - en intégrant l'ensemble des vecteurs et des usages ;
 - en explorant un horizon plus lointain (2050) et des scénarios de mix électrique plus contrastés (avec et sans nouveau nucléaire, 100% EnR)



3

Prise en compte des couplages entre électricité et autres vecteurs

1. Deux enjeux : décarboner le système énergétique et contribuer à l'équilibre du système électrique
2. Les interactions entre électricité et autres vecteurs énergétiques
3. Les éléments de cadrage de la SNBC
4. Un des deux enjeux de l'interaction : la réponse à l'évolution des besoins de flexibilité du système électrique

3.1

**Deux enjeux : décarboner le système énergétique
et contribuer à l'équilibre du système électrique**

Deux raisons pour l'interaction entre électricité et autres vecteurs énergétiques

- Les analyses sur les enjeux du développement de la production d'hydrogène par électrolyse pour le système électrique mettent en avant deux enjeux de cette interaction entre électricité et hydrogène. **Ceux-ci restent valables pour les autres vecteurs en interaction avec l'électricité.**

1

Décarboner les autres vecteurs énergétiques (hydrogène, méthane, ...)



Pour répondre aux objectifs nationaux et internationaux de décarbonation



« Power-to-X »

2

Contribuer à l'équilibre du système électrique par une production d'électricité, voire un stockage



Production à partir de combustibles non carbonés

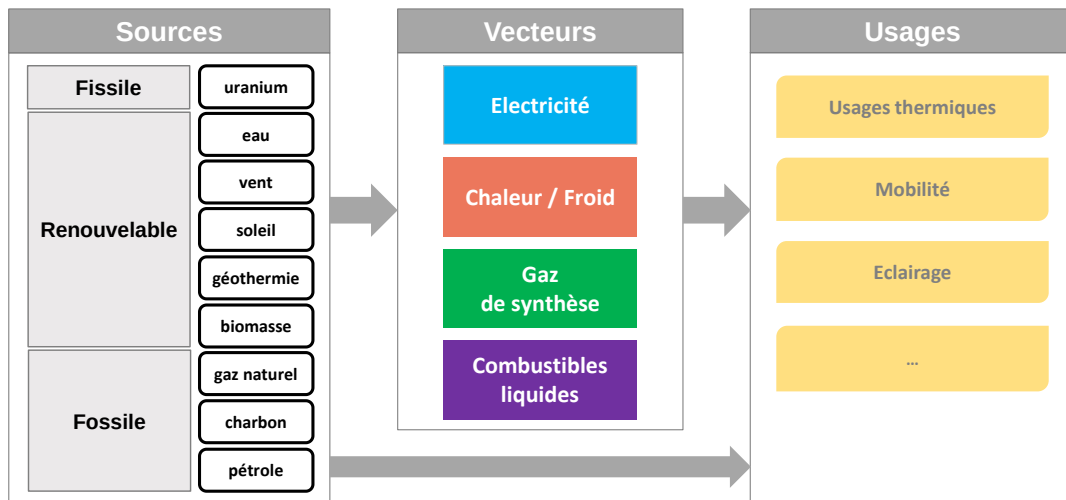
« X-to-Power »

3.2

Les interactions entre électricité et autres vecteurs énergétiques

Les vecteurs énergétiques en interaction avec l'électricité

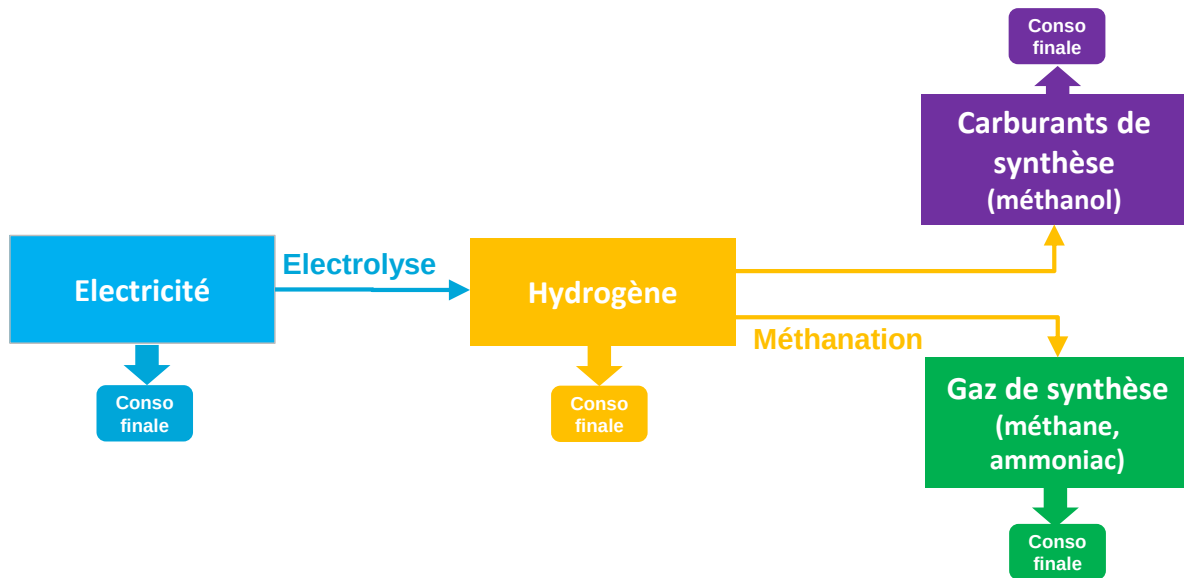
- **Vecteur énergétique** : « *forme intermédiaire en laquelle est transformée l'énergie d'une source primaire pour **son transport, son stockage** avant son utilisation* ».
- **Source d'énergie primaire** : « *une forme d'énergie **disponible dans la nature** avant toute transformation* »
- 3 catégories de vecteurs en interaction avec l'électricité :
 - Les **gaz de synthèse*** : hydrogène, biogaz, méthane de synthèse, ammoniac, ...
 - Les **combustibles liquides** : essence, diesel, méthanol, ...
 - La **chaleur**, si elle est associée à un réseau ou un stockage ; cette notion est ici étendue au froid.



* : le gaz naturel, présent dans la nature, n'apparaît pas comme un vecteur mais une source d'énergie. Ceci constitue cependant une représentation conceptuelle visant à cadrer l'analyse : dans la pratique, l'ensemble du méthane sera mélangé dans les infrastructures de transport et de distribution de gaz, peu importe sa source.

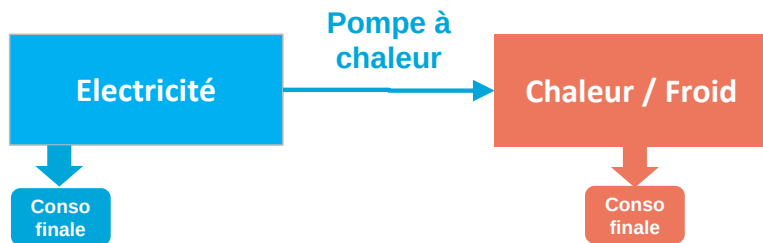
Power-to-X : électricité → gaz de synthèse ou carburant de synthèse, via l'hydrogène fabriqué par électrolyse

- L'hydrogène permet de fabriquer
 - Des **gaz de synthèse** (méthane CH_4 , ammoniac NH_3)
 - Des **combustibles liquides de synthèse** (méthanol CH_4O)
- Dans les 2 cas, **l'hydrogène fabriqué par électrolyse** est en interface directe avec le système électrique.



Power-to-X : électricité → chaleur, via les pompes à chaleur ou d'autres convertisseurs

- La production de chaleur et de froid est un **usage** classique de l'électricité, notamment pour le chauffage des bâtiments, de l'eau chaude sanitaire ou la réfrigération.
- Cependant la notion de **vecteur** implique une possibilité de transport et de stockage de l'énergie
 - En utilisation individuelle : ballon d'eau chaude sanitaire, enveloppe thermique des bâtiments
 - Via les réseaux de chaleur : dans les réseaux eux-mêmes, dans des ballons tampons ou des stockages saisonniers



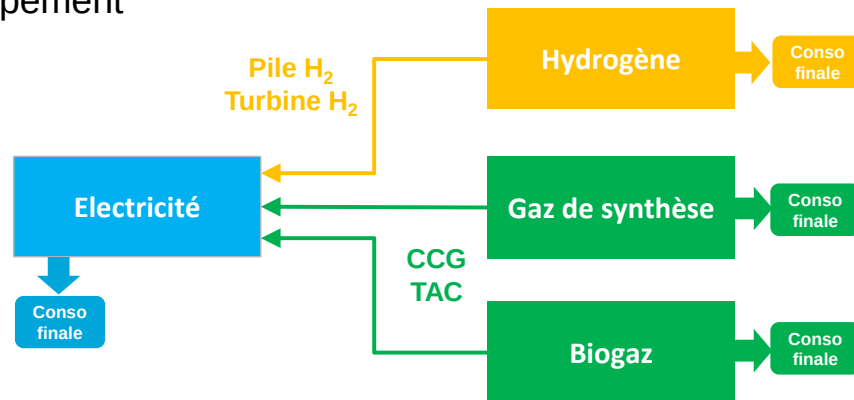
Stockage saisonnier d'eau de 12 000 m³
de Friedrichshaffen en Allemagne
(source CEREMA)

X-to-Power : production d'électricité à partir de gaz de synthèse (hydrogène, méthane de synthèse, biogaz)

- La production d'électricité à partir de gaz naturel est aujourd'hui une des sources privilégiées en Europe. Cette source pourrait être remplacée par des vecteurs gazeux neutres en carbone :
 - Le **méthane de synthèse** ou le **biogaz**, pouvant remplacer directement le méthane. La production d'électricité serait assurée comme aujourd'hui par les CCG ou les TAC à gaz
 - L'**hydrogène** qui permettrait de produire de l'électricité partir de piles à combustible ou de turbines à hydrogène, moyens en cours de développement

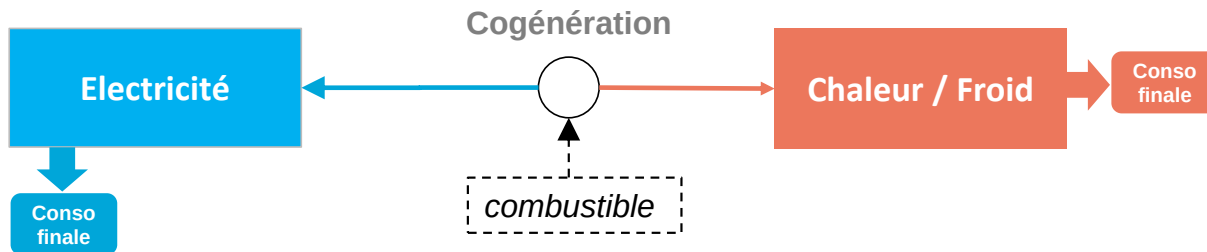


Conversion d'un des 3 CCG de Nuon (Vattefall) à l'hydrogène pour 2023 par Mitsubishi, à Eemshaven (Pays Bas)



X-to-Power : Une production d'électricité *associée* à la chaleur : cogénération

- La chaleur des réseaux de chaleur n'est pas utilisable pour la production d'électricité
- En revanche, la cogénération permet (de longue date) de produire simultanément de l'électricité et de la chaleur. Dans l'optique de la neutralité carbone, l'objectif est d'alimenter cette cogénération avec des énergies renouvelables, du biogaz, des déchets de récupération, ...



Vision d'ensemble des interactions électricité – autre vecteurs énergétiques

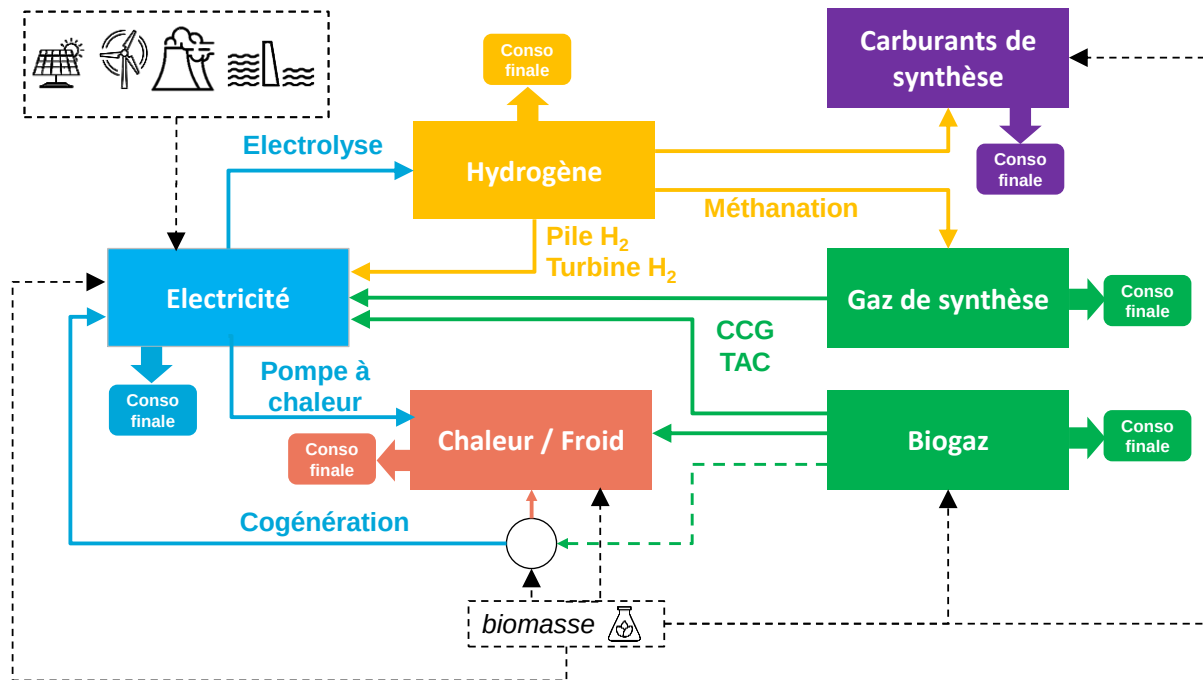
- La vision d'ensemble fait apparaître 5 interactions entre électricité et autres vecteurs

- Power-to-X :**

1. l'**électrolyse** pour la fabrication d'hydrogène
2. les **pompes à chaleur** pour la production de froid ou de chaud

- X-to-Power :**

1. La production à partir de **biogaz** ou **méthane de synthèse** (CCG/TAC)
2. La production à partir d'**hydrogène**
3. L'électricité issue de la **cogénération**



3.3

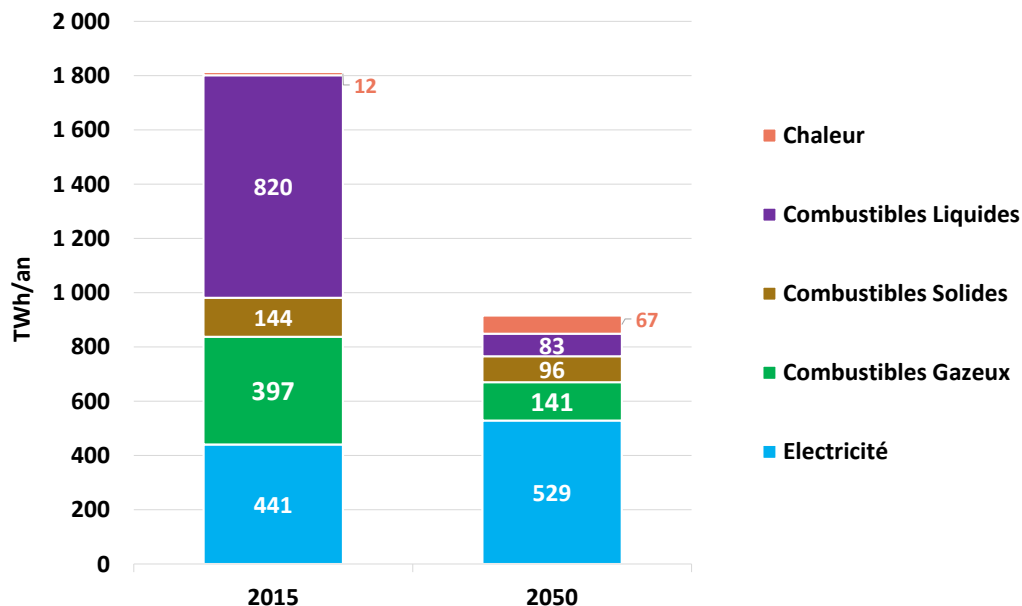
Les éléments de cadrage de la SNBC

Synthèse des orientations des pouvoirs publics concernant l'évolution des consommations finales et des productions

La stratégie repose sur deux axes principaux

1. la **réduction de la consommation** énergétique (environ une division par deux par rapport à 2015)
2. la **conversion des modes de production** d'énergie vers des sources décarbonées, sur la base des gisements nationaux :
 - 650 TWh/an d'électricité décarbonée ;
 - 100 TWh de chaleur renouvelable issue de l'environnement (pompes à chaleur, géothermie, solaire thermique)
 - 450 TWh de biomasse

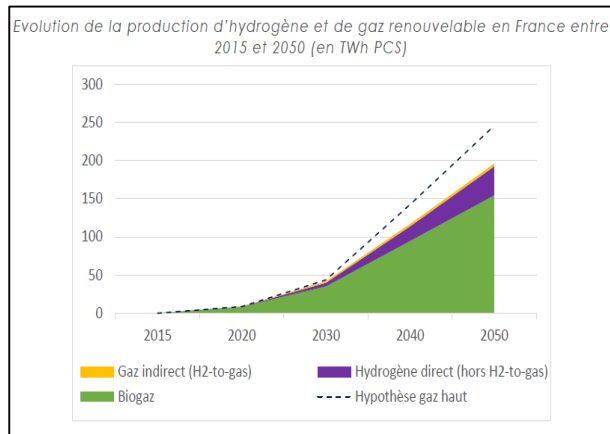
Les émissions résiduelles incompressibles sont compensées par des puits carbonés



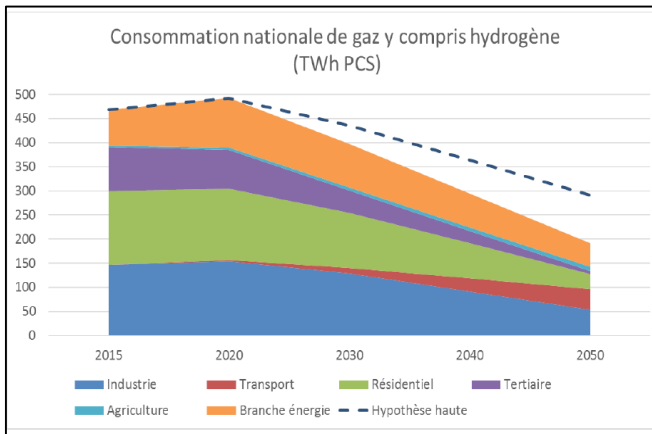
Source : synthèse du scénario de référence de la stratégie française pour l'énergie et le climat - Version provisoire du projet de stratégie nationale bas carbone (SNBC) et du projet de programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) - Direction Générale de l'Energie et du Climat - 15/03/2019

Mais les flux entre vecteurs énergétiques restent à préciser

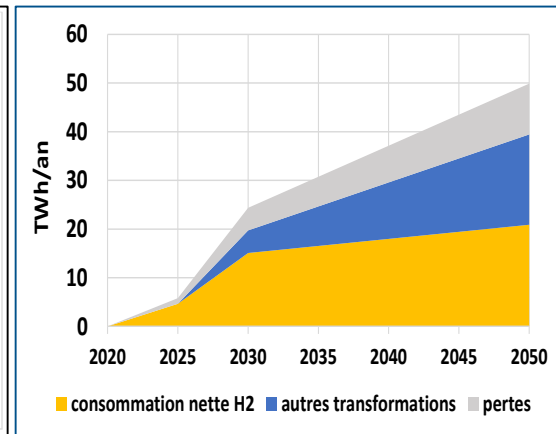
- Quelques indications sur les échanges entre électricité et vecteurs gaz à 2050



Très peu de méthanation



Environ 50 TWh de consommation de gaz vert et d'hydrogène pour la production d'électricité ...



50 TWh de consommation d'électricité pour l'électrolyse et 15 TWh d'hydrogène pour l'électricité (?)

- Peu d'indications sur l'utilisation de l'électricité pour les réseaux de chaleur et de froid (vs les usages individuels) ou pour la production d'électricité en cogénération

Beaucoup d'options ouvertes, avec des implications sur les besoins et leviers de flexibilité du système électrique

Quelle répartition des productions d'électricité entre les différents moyens décarbonés ?

- Les productions éoliennes et photovoltaïque ont un impact sur les besoins de flexibilité du système électrique, différent suivant le volume et la répartition entre moyens renouvelables
- La production nucléaire peut participer à la réponse aux besoins de flexibilité
- **De cette répartition dépendent donc à la fois le besoin de flexibilité du système, la nécessité et le niveau d'appuis d'autres vecteurs énergétiques**

Quels appuis possibles des « gaz verts » au système électrique ?

- Plusieurs attributions sont possibles pour l'utilisation des gaz verts (hydrogène, méthane) en appui aux besoins de flexibilité du système électrique, en particulier dans la variante « gaz haut » (conditionnée aux gisements de production de gaz verts).

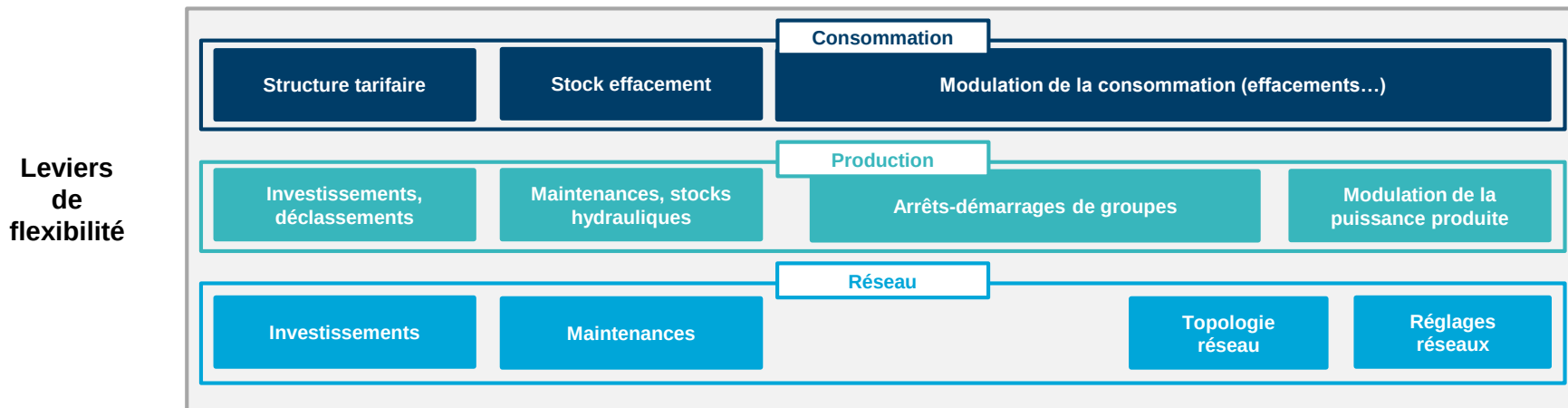
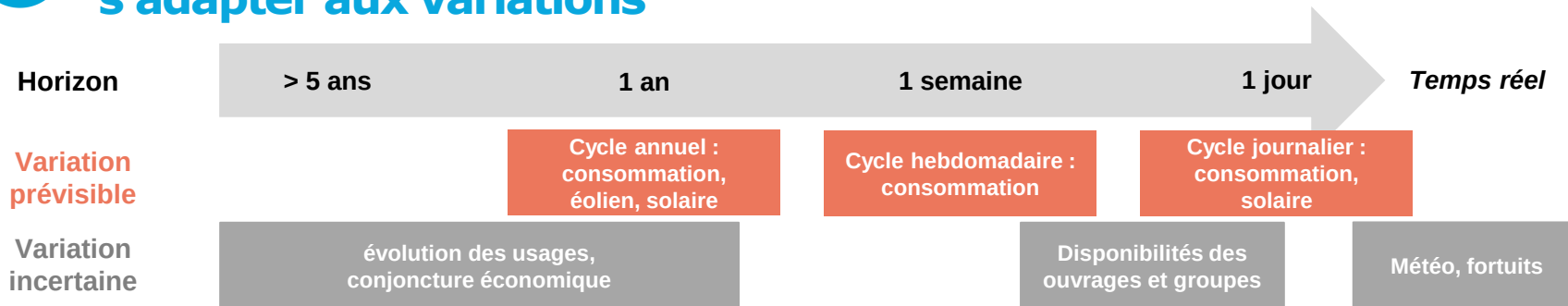
Quel recours à l'électricité pour la production de la chaleur / froid de réseau ?

- La chaleur / froid de réseaux peut faciliter la flexibilité de la consommation, en permettant des stockages hebdomadaire voire saisonnier plus difficiles à envisager sur les systèmes individuels

3.4

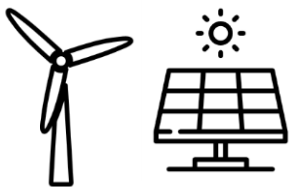
**Un des deux enjeux de l'interaction :
la réponse à l'évolution des besoins de flexibilité
du système électrique**

La flexibilité est comprise comme la capacité du système à s'adapter aux variations



Pourquoi parle-t-on de flexibilité ?

- Enjeu 1 : Comment ce besoin va-t-il évoluer ?
- Enjeu 2 : Quelle combinaison de levier utiliser ?



Un besoin de flexibilité qui augmente



Des leviers historiques qui disparaissent



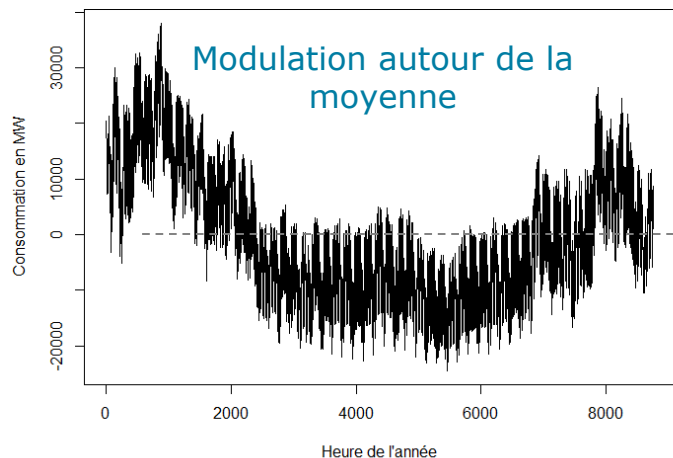
Des nouveaux leviers qui cherchent leur place



Des leviers en interaction avec d'autres vecteurs

Le besoin de flexibilité peut être décomposé selon différents horizons de temps

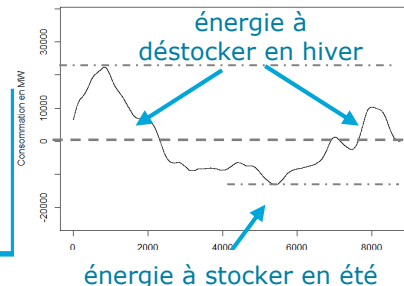
- Décomposition de la courbe de charge France :



- PV
- Eolien

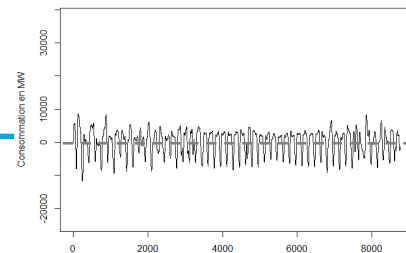
Demande résiduelle

Modulation annuelle

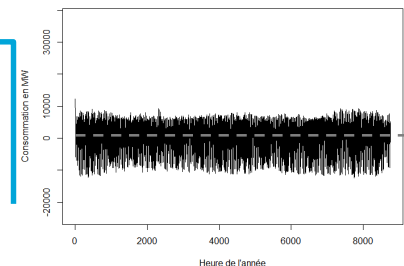


Écart
 $P_{max} - P_{min}$

Modulation hebdo



Modulation journalière

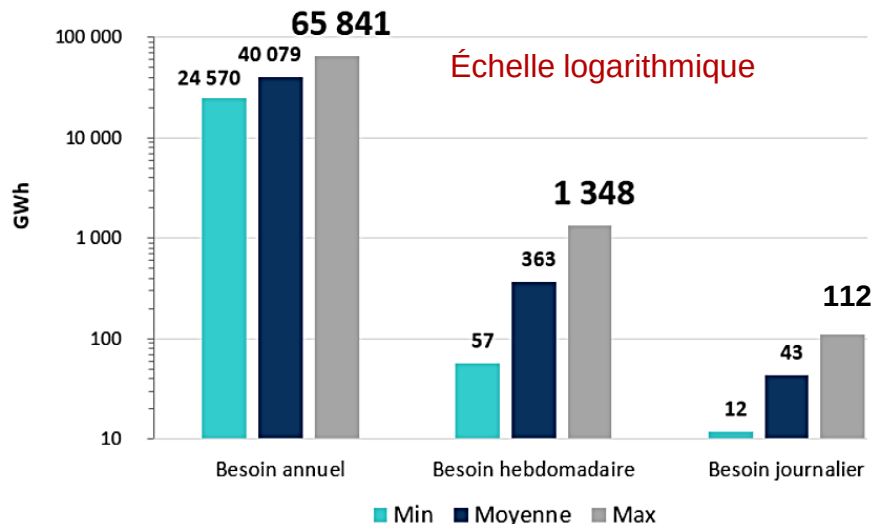


Quels besoins de flexibilité aujourd'hui en France ?

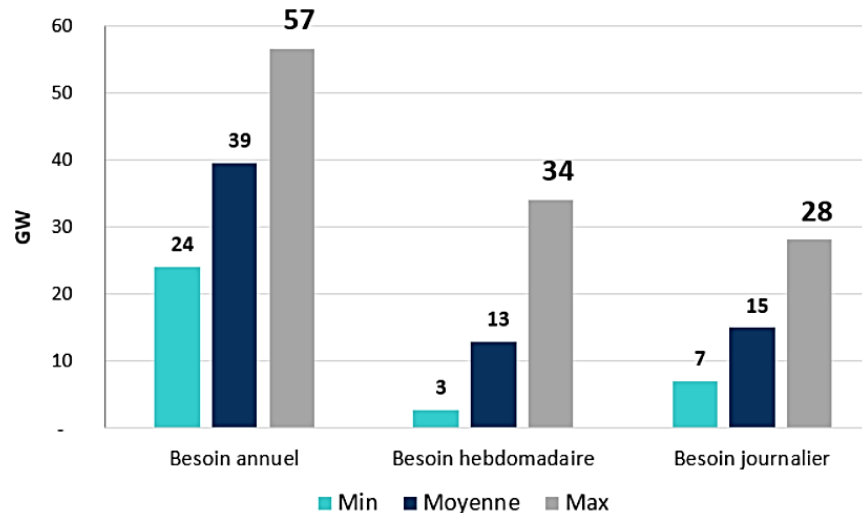
- Sur la base du mix électrique actuel :

Issue de la décomposition de Fourier de la demande résiduelle, sur 200 scénarios climatiques au pas horaires

Besoin en énergie



Besoin en puissance



- Si les besoins en énergie sont quasi-exclusivement annuels (jusqu'à 65 TWh), les besoins en puissance sont importants sur les différents horizons.

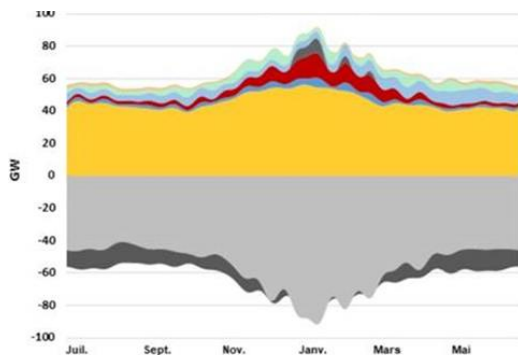
Contribution des leviers au besoin de modulation : exemple sur l'horizon annuel

① Empilement des moyens de production permettant de répondre à la consommation.

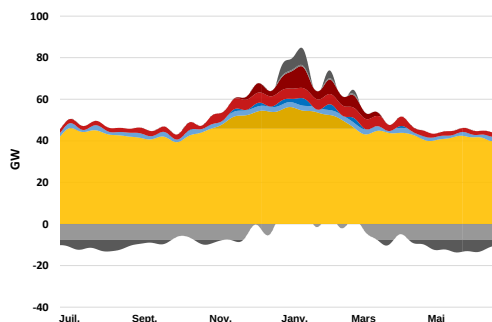
Moyens pilotables:

- ②
- production (nucléaire, hydraulique pilotable, production thermique fossile, imports)
 - consommation (exports d'électricité).

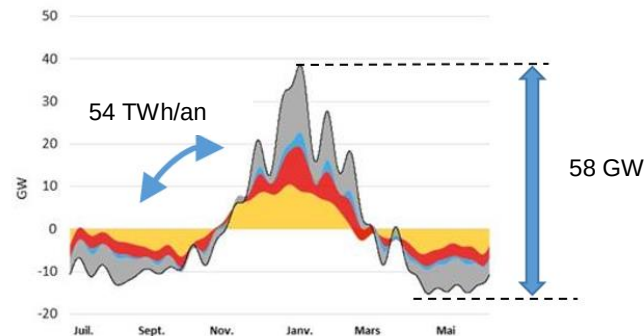
③ Contribution de chaque levier au besoin de flexibilité



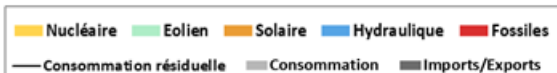
1



2

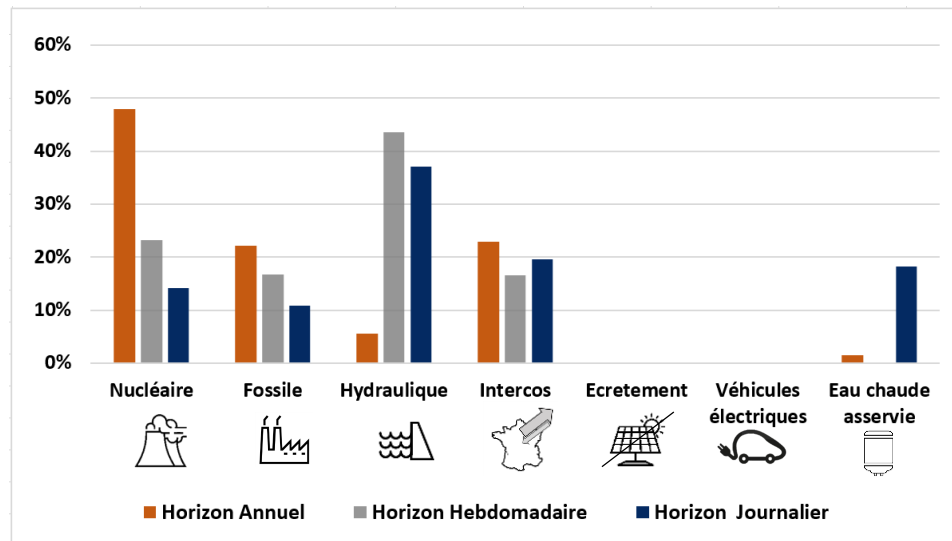


3



Quels leviers sont activés aujourd'hui pour y répondre ?

- Le **nucléaire** : assure ~ 50% de la flexibilité annuelle (maintenances en été). Sa contribution est plus faible pour les besoins hebdomadaire et journalier.
- La participation des **productions fossiles** est également décroissante avec l'horizon temporel.
- L'**hydraulique** est mise à profit pour les horizons hebdomadaire et journalier, mais peu (en relatif) pour l'horizon annuel.
- Les **interconnexions** participent à hauteur d'environ 20% aux besoins de flexibilité sur les trois horizons.
- L'**asservissement de l'eau chaude sanitaire** au signal des heures creuses tarifaires participe à hauteur ~ 20% au besoin de flexibilité journalière.

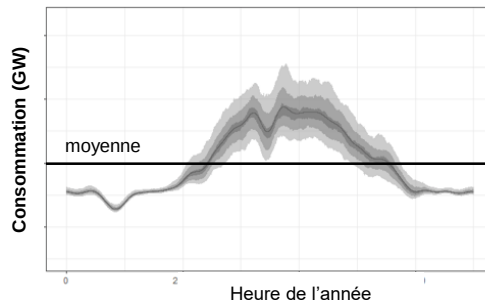


Effet de l'éolien et du photovoltaïque sur le besoin de flexibilité

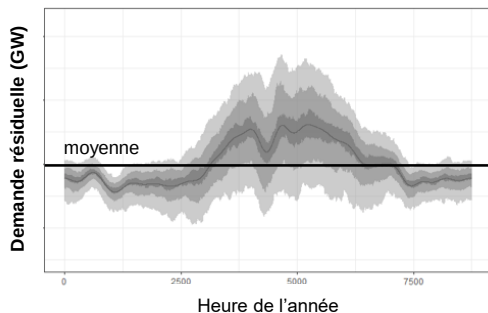
Mesuré sur la demande résiduelle (consommation – productions fatales)

Composante annuelle

Consommation brute



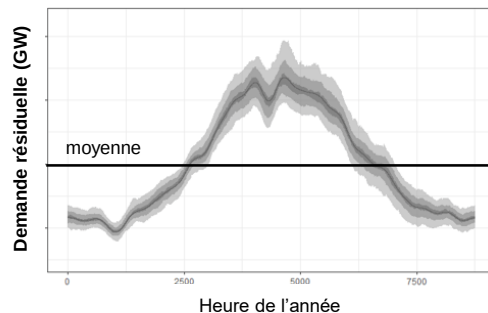
Avec 30% d'éolien



Besoin en puissance : ➡

Besoin en énergie : ➡

Avec 30% de solaire



Besoin en puissance : ⬆

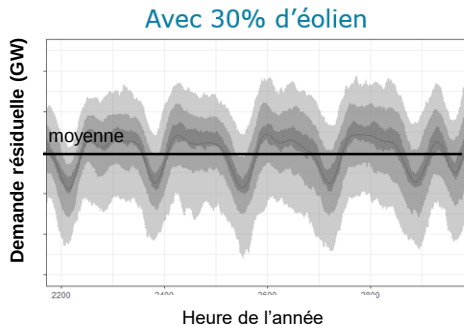
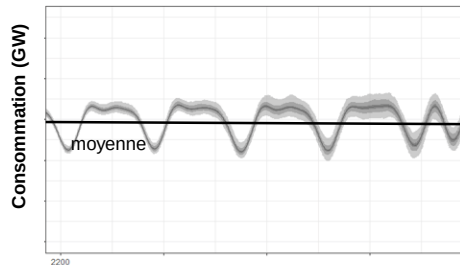
Besoin en énergie : ⬆

Effet de l'éolien et du photovoltaïque sur le besoin de flexibilité

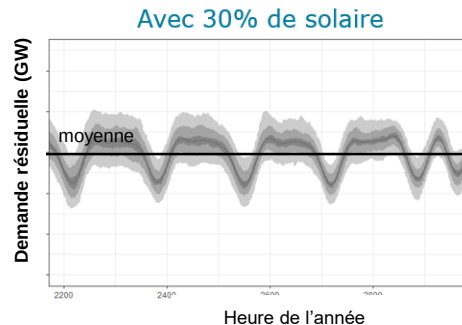
Mesuré sur la demande résiduelle (consommation – productions fatales)

Composante hebdomadaire

Consommation brute



Heure de l'année



Besoin en puissance : ↑

Besoin en énergie : ↑

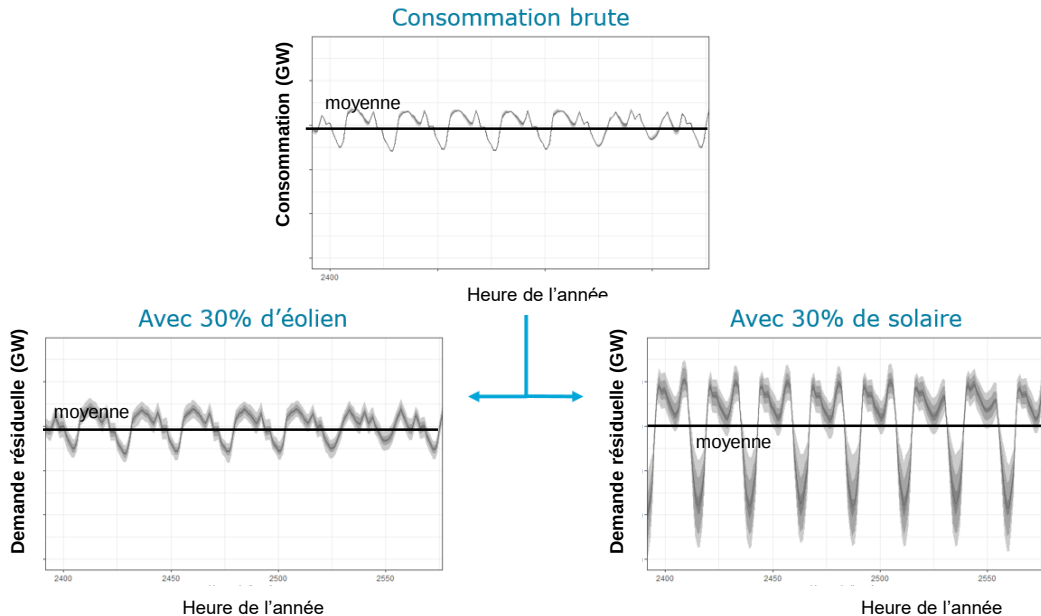
Besoin en puissance : ↗

Besoin en énergie : ↗

Effet de l'éolien et du photovoltaïque sur le besoin de flexibilité

Mesuré sur la demande résiduelle (consommation – productions fatales)

Composante journalière



Besoin en puissance : ➡

Besoin en énergie : ➡

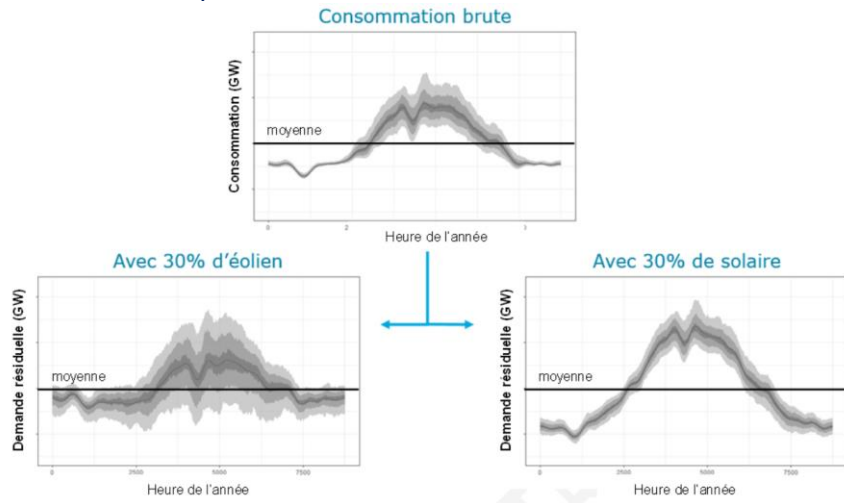
Besoin en puissance : ⬆

Besoin en énergie : ⬆

Influence de la pénétration de l'éolien et du PV sur les besoins de modulation

- L'**éolien** réduit l'écart été-hiver du besoin annuel en énergie.
- Cependant, sa production est très aléatoire selon les conditions météorologiques, cela augmente le besoin annuel en puissance.
- La production **photovoltaïque** augmente l'écart hiver-été et introduit un creux aux heures méridiennes, augmentant le besoin de flexibilité en puissance et en énergie journalier.

Impact le besoin de modulation annuel

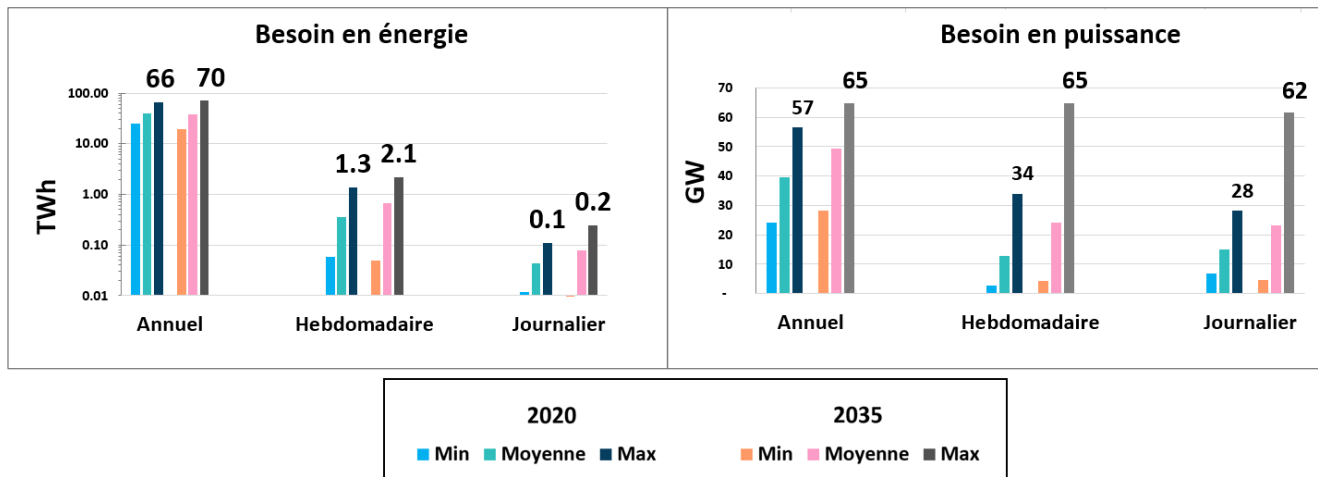


Effet qualitatif des productions éolienne et photovoltaïque sur le besoin de flexibilité

Horizon	Annuel		Hebdomadaire		Journalier	
Besoin de modulation	énergie	puissance	énergie	puissance	énergie	puissance
 Eolien	↘	↗	↑	↑	→	↗
 Photovoltaïque	↑	↑	↗	↗	↑	↑

Evolutions des besoins de flexibilité en 2035 évalués sur le scénario PPE-SNBC

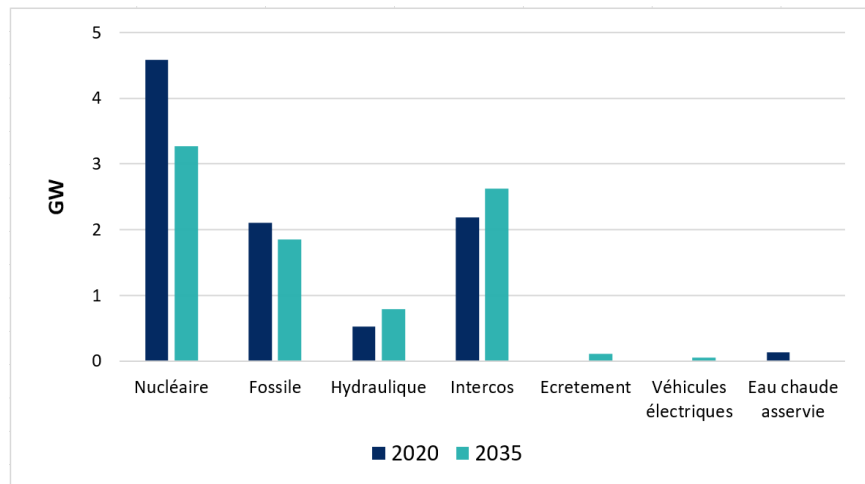
- A cet horizon :
 - 59,2 GW éolienne et 67 GW photovoltaïque,
 - évolution des usages électriques (développement du véhicule électrique...).
- Les besoins de flexibilité en énergie ne sont que peu modifiés.
- Les besoins de flexibilité en puissance augmentent significativement sur tous les horizons :



Evolution sur l'horizon annuel :

- Baisse de la participation des productions nucléaires (baisse du parc installé)
- Augmentation de la participation des productions fossiles et l'hydraulique pilotable
- Augmentation de la modulation des imports / exports via les interconnexions (recours aux groupes de production pilotables à l'étranger).
- En 2035, le parc français dispose de suffisamment de moyens pilotables pour assurer le besoin de flexibilité annuel

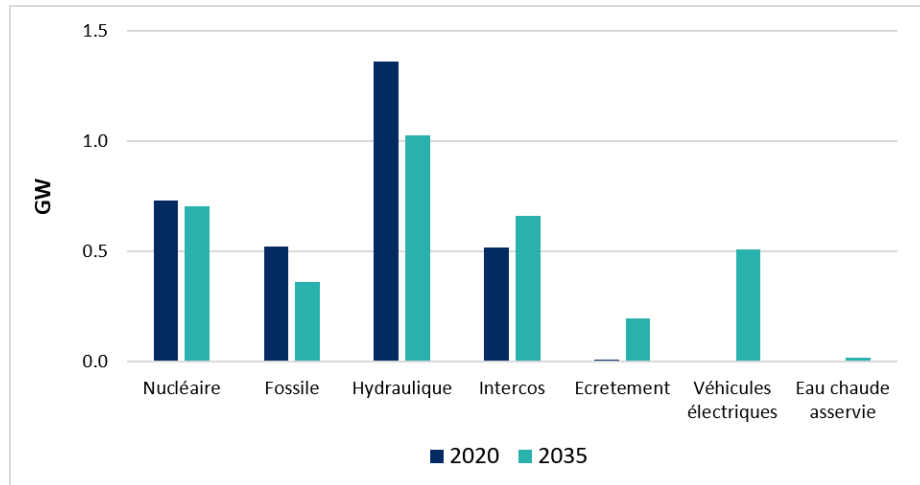
Comparaison de la participation moyenne des leviers au besoin de modulation annuelle



Evolution sur l'horizon hebdomadaire :

- Les leviers de production thermique fossile et hydraulique sont moins utilisés.
- La modulation des imports/exports augmente et l'écrêtement est parfois nécessaire le week-end.
- Mais surtout, les véhicules électriques, absents en 2020, participent de manière significative au besoin de modulation via la charge préférée le week-end à l'horizon 2035.

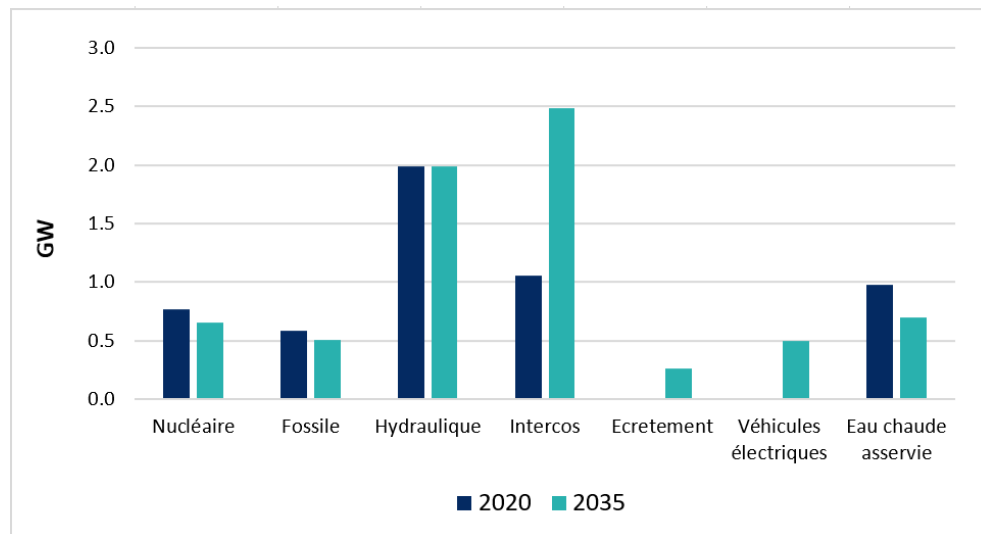
Comparaison de la participation moyenne des leviers au besoin de modulation hebdomadaire



Evolution sur l'horizon journalier :

- Augmentation forte des besoins sur cet horizon se traduit par un recours bien plus important à la modulation des imports / exports.
- L'écrêtement et les véhicules électriques participent également au besoin de flexibilité journalière.

Comparaison de la participation moyenne des leviers au besoin de modulation journalier



3.5

**A l'horizon de la neutralité carbone,
quels besoins de flexibilité et quels leviers ?**

Un besoin dépendant des choix de mix de production et de l'évolution de la consommation

- Le besoin dépendra de la **répartition des productions d'électricité décarbonée** entre les différentes technologies, et notamment entre production nucléaire et productions renouvelables, et au sein des productions renouvelables entre éolien terrestre, off-shore et photovoltaïque
 - **L'évolution de la consommation d'électricité** dimensionne également le besoin de flexibilité. La consommation d'électricité, y compris la production d'hydrogène, est estimée dans le projet de SNBC à environ 600 TWh, mais sa répartition dans le temps dépend notamment de :
 - la **thermosensibilité**, en fonction des efforts d'efficacité énergétique
 - **l'évolution de la température** impliquant des besoins de chauffage ou de climatisation : l'effet du réchauffement climatique est pris en compte dans les analyses de RTE (voir le groupe de travail sur le référentiel climatique) ;
 - **l'évolution des usages** et de l'impact associé sur les appels de puissance
- Les besoins seront donc inhérents aux hypothèses sur chacun de ces paramètres sur les **différents scénarios du Bilan prévisionnel**

Les interactions entre électricité et autres vecteurs énergétiques, sources de flexibilités

- **L'électrolyse** pour la production d'hydrogène peut, suivant le mode opératoire retenu, apporter plus ou moins de flexibilité au système électrique, en contribuant à moduler la courbe de consommation
- **les pompes à chaleur**, et plus généralement les systèmes électriques de chauffage ou de réfrigération, peuvent apporter de la flexibilité s'ils sont associés à des capacités de stockage.
- **La production à partir de gaz renouvelable** (biogaz ou méthane de synthèse) jouera le rôle joué aujourd'hui par les productions thermiques, avec des moyens conventionnels de production : CCG ou TAC
- **La production à partir d'hydrogène**, soit avec des piles à combustibles, soit avec des turbines à hydrogène, pourra jouer un rôle similaire.
- **L'électricité issue de la cogénération** de chaleur devrait également contribuer à la flexibilité annuelle du système électrique, en apportant des productions électriques en périodes hivernales, et donc en limitant le besoin saisonnier

D'autres leviers que les interactions énergétiques pour répondre au besoin de flexibilité, en France et en Europe

- D'autres leviers en France

- Les interactions entre électricité et autres vecteurs énergétiques ne sont pas les seules à offrir des possibilités de flexibilité au système électrique : **production nucléaire, véhicules électriques, écrêtement de production renouvelable, pilotage de consommation, ...**

- D'autres technologies peuvent être retenues ailleurs en Europe

- La modulation des imports/exports via les interconnexions correspond, *actuellement*, à celle **de groupes de production thermique ou hydraulique à l'étranger**.
- L'analyse doit prendre en compte également les **besoins et leviers de flexibilité à la maille européenne**, celle du réseau interconnecté.
- Les pays européens peuvent faire d'autres choix que ceux des pouvoirs publics pour l'atteinte de la neutralité carbone, par exemple **production fossile avec CCS**.

Des paramètres importants à intégrer aux scénarios du Bilan prévisionnel

- **Les choix nationaux** à la maille du système européen interconnecté
 - Production thermique fossile avec **CCS** dans d'autres pays européens ?
- **Les coûts fixes** de certaines technologies en développement
 - Par exemple les moyens de production d'électricité à partir d'hydrogène, reposant sur les **piles à combustible** ou les **turbines à hydrogène**.
- **Les coûts variables des productions d'électricité : les combustibles décarbonés**
 - **Hydrogène et biogaz produits en France** ... dont les coûts dépendent de nombreux facteurs (cf analyses précédentes pour l'hydrogène)
 - **... ou importés ?** Plusieurs acteurs font référence à des productions d'hydrogène, de méthane de synthèse ou de biogaz extra-européennes, peu chères, qui seraient ensuite acheminées en France
- **Les gisements disponibles de combustibles décarbonés**
 - En France, en Europe, ou au-delà ... suivant que l'on s'autorise ou non à importer
 - L'hypothèse **d'autonomie énergétique française** de la SNBC implique, à consommation donnée, un jeu de vases communicants entre ressources de biomasse et gisements de production d'électricité décarbonée

→ **Ces éléments seront également abordés dans d'autres GT** : scénarisation, coûts, ...

La prise en compte de l'interaction entre électricité et autres vecteurs énergétiques, élément dimensionnant des analyses à l'horizon de la neutralité carbone

- Parmi les enjeux de la constitution d'un système énergétique à très fort taux de renouvelable (a fortiori 100%) à l'horizon 2050, la gestion de flexibilité est un paramètre dimensionnant pour les solutions à adopter.
- L'ensemble des solutions où l'électricité est en interface avec les autres vecteurs d'énergie sont des sources potentielles de flexibilité et cette caractéristique justifierait potentiellement leur développement.
- La déclinaison des analyses présentées dans ce document sur des systèmes 100% renouvelable permettra de dresser un panorama des flexibilités offertes et de positionner le rôle des interfaces avec les autres vecteurs d'énergie dans l'ensemble du système.
- Cette comparaison des offres par filières mesurera l'ampleur du défi associé à la flexibilité d'un tel système électrique.



Suite des travaux

Suite des travaux et prochaines étapes

- Le document de cadrage sur la représentation des interfaces entre l'électricité et les autres vecteurs est disponible sur le site de la concertation
- Les retours sur les éléments de présentés aujourd'hui sont les bienvenus

Points de contact : Olivier HOUVENAGEL, Marc LE DU
ou via l'adresse mail rte-concerte-bp@rte-france.com



- La prochaine réunion du groupe de travail portera sur les volumes envisagés pour le couplage sectoriel dans les différents scénarios étudiés. Elle aura lieu une fois que des premières tendances de scénarios auront été élaborés (T2 2020).
- Plusieurs autres groupes de travail seront menés début 2020 (représentation des attentes de la société, environnement...). Une consultation publique sur le cadrage et les hypothèses des scénarios sera par ailleurs menée au printemps.