



# **Groupe de travail sur la « scénarisation »**

*Réunion du 20 Novembre 2019*



# Contexte et objectifs

## Objectif de la session du jour – groupe de travail scénarisation

- Une **première session du groupe de travail a eu lieu en juillet** durant laquelle a été présentée une première version du document de concertation
- Cette première réunion a permis :
  - Une présentation détaillée du **cadrage des scénarios** de long terme du Bilan prévisionnel, en particulier **par la SNBC**
  - Une première présentation des paramètres différenciant les scénarios
  - Une **discussion approfondie sur les éléments de cadrage** et les paramètres pris en compte dans l'analyse
- Des échanges très nourris : les parties prenantes ont formulé de **nombreux commentaires** en séance et ultérieurement par écrit



## Un consensus général sur les éléments de cadrage

- **Les commentaires formulés lors des présentations en CPSR, en groupes de travail et en réaction aux documents de concertation montrent qu'il y a consensus entre les parties sur les éléments de cadrage généraux**
- Pour rappel, l'analyse des scénarios se basera sur les éléments de cadrage suivants

1

- la définition des scénarios s'inscrira dans les grandes orientations de la SNBC et l'atteinte de la neutralité carbone ;

2

- la construction des scénarios intégrera une trajectoire détaillée et une identification des jalons-clés afin d'estimer les valeurs d'options ou les regrets de certains mix technologiques ;

3

- les scénarios seront analysés sous quatre angles principaux : fonctionnement technique du système, enjeux sociétaux et acceptabilité, enjeux environnementaux et analyse économique ;

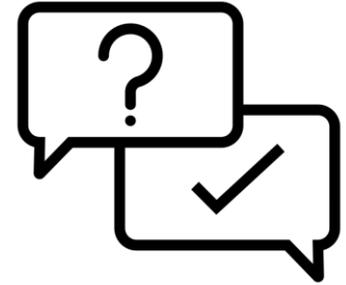
4

- plusieurs scénarios contrastés seront élaborés et constitueront des ensembles cohérents de paramètres définissant la production et la consommation

## Les parties prenantes ont formulé des propositions méthodologiques, des questions de clarification et des demandes variantes

Les retours des parties prenantes concernent principalement :

- Des **propositions**
  - de grilles d'analyse ou d'études existantes
  - de formulations autour de la notion d'attentes de la société / acceptabilité
- Des **demandes de clarification ou d'élargissement des analyses**
  - Pour l'évaluation des coûts, prenant notamment en compte l'intégration du système électrique dans le reste du système énergétique
  - Pour l'évaluation de la dimension environnementale des scénarios au-delà des seules émissions directes de gaz à effet de serre
  - Une demande de clarification sur la méthodologie de construction des scénarios et l'articulation entre les différentes variantes
  - Des demandes d'analyses sur les impacts en emplois
  - Des **demandes de variantes** et de stress tests, éventuellement sans atteindre la neutralité carbone
- Des **questions** sur la représentation des interfaces du système électrique et de la représentation du système énergétique dans son ensemble
- Des interrogations également sur les premiers éléments d'hypothèses proposés



## Les parties prenantes ont formulé des propositions méthodologiques, des questions de clarification et des demandes variantes

Les retours des parties prenantes concernent principalement :

- Des **propositions**
  - de grilles d'analyse ou d'études existantes
  - de formulations autour de la notion d'attentes de la société / acceptabilité
- Des **demandes de clarification ou d'élargissement des analyses**
  - Pour l'évaluation des coûts, prenant notamment en compte l'intégration du système électrique dans le reste du système énergétique
  - Pour l'évaluation de la dimension environnementale des scénarios au-delà des seules émissions directes de gaz à effet de serre
  - Une demande de clarification sur la méthodologie de construction des scénarios et l'articulation entre les différentes variantes
  - Des demandes d'analyses sur les impacts en emplois
  - Des **demandes de variantes** et de stress tests, éventuellement sans atteindre la neutralité carbone
- Des **questions** sur la représentation des interfaces du système électrique et de la représentation du système énergétique dans son ensemble
- Des interrogations également sur les premiers éléments d'hypothèses proposés

Ces retours sont pris en compte pour l'élaboration des scénarios

Une partie de ces éléments seront approfondis dans les GT thématiques

## Objectif de la session du jour du groupe de travail scénarisation

- Le **document a évolué** sur la base des avancées internes sur les travaux de scénarisation et des commentaires collectés
- Les évolutions du document et de la réflexion concernent notamment
  - **La section 5 : les principes de construction des scénarios et des variantes, ainsi que de nouvelles propositions**
  - **La section 6 : des premiers éléments de trajectoires encadrantes pour différents paramètres**





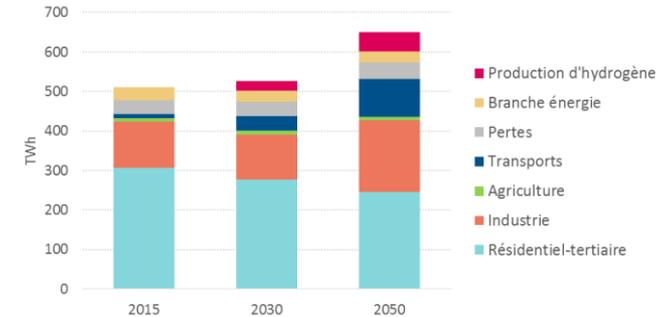
3

**Quels scénarios pour l'étude du fonctionnement du système électrique à l'horizon 2050 dans le cadrage de la SNBC ?**

# La SNBC cadre la consommation énergétique mais laisse ouverts d'autres choix publics influençant le système électrique

- Le cadrage général des prochains scénarios de long terme de RTE sera articulé autour de la SNBC
- La SNBC donne le cadrage de la trajectoire énergétique la France à horizon 2050 pour atteindre cet objectif
- Néanmoins, **d'autres choix publics** (réglementaires ou sociétaux) sont laissés **ouverts**, notamment sur :

Trajectoire de consommation d'électricité (SNBC)



Production



L'option du nouveau nucléaire

Le rythme de développement des EnR



La trajectoire de déclassement des réacteurs existants

Production et consommation



L'équilibre prod. – conso. / exports

L'organisation du système électrique



Le niveau de sécurité d'approvisionnement



L'implication des acteurs de la société

Consommation



La sobriété



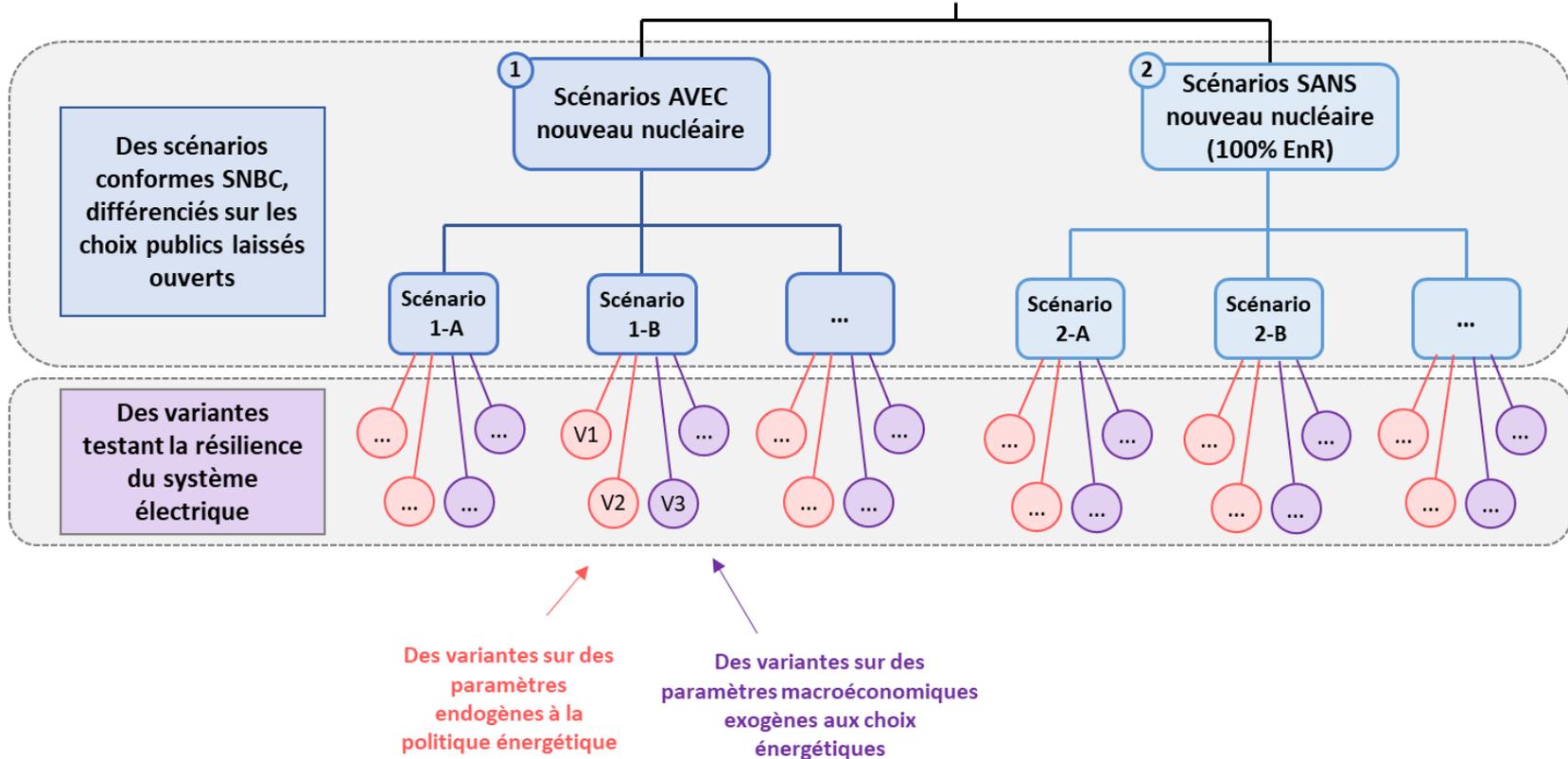
La flexibilisation des usages



Les données personnelles

# Principes généraux proposés pour la construction des scénarios et des variantes de long terme du Bilan prévisionnel

## Deux familles de scénarios 2050



# Des variantes sur des paramètres endogènes à la politique énergétique française pour éclairer sur la valeur d'options et les regrets des choix

- L'un des enjeux du Bilan prévisionnel est d'**identifier les jalons-clés** sur les trajectoires des scénarios **pour la disponibilité des technologies** permettant d'atteindre de façon robuste l'objectif de neutralité carbone
- A l'aide de variantes dédiées, il est proposé d'**évaluer la valeur d'options ou au contraire les regrets** (surcoûts économiques, sociétaux et environnementaux) si l'un des leviers attendus fait finalement défaut
  - Il faudra s'interroger sur les autres leviers mobilisables pour permettre néanmoins l'atteinte de la neutralité carbone, dans la mesure du possible
- Les **leviers attendus pour atteindre la neutralité carbone font face à des défis** qui, bien que considérés comme raisonnables, comportent une part d'incertitude, en ce qui concerne



- le **nucléaire**,



- l'**acceptabilité des énergies renouvelables**,



- l'évolution des **comportements des consommateurs**,



- l'**efficacité énergétique**,



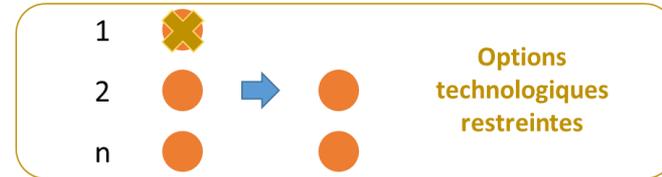
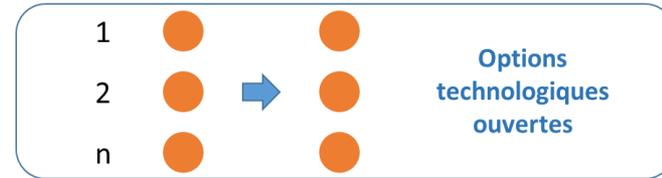
- la gestion de la **biomasse**,



- et la **captation et stockage du gaz carbonique (CSC)**

Technologies disponibles aux jalons-clés

Leviers pour atteindre la neutralité carbone disponible sur le reste de la trajectoire



## A l'horizon 2050, le système électrique français sera également influencé par l'évolution de paramètres macroéconomiques exogènes à la politique énergétique

- Il est utile de considérer le fonctionnement du système électrique français établi dans le cadre du projet de SNBC, atteignant la neutralité carbone, dans **différents contextes macroéconomiques intégrant l'échelon mondial**
- Le contexte macroéconomique intègre notamment :



- la **population**,



- le **PIB**,



- le **niveau d'industrialisation** et les **échanges internationaux**



- l'état du **réchauffement climatique**,



- l'avancée de la **politique européenne** en matière de lutte contre le réchauffement climatique



- et la tension sur les **marchés des combustibles fossiles**

# Une économie relancée autour des transitions énergétiques



Une croissance respectueuse de l'environnement



De moindres échanges internationaux



Une relocalisation de l'industrie



Un changement climatique limité (RCP4.5)



Des politiques européennes adaptées

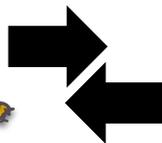


Des combustibles fossiles peu sollicités

# Croissance forte et non-respect des accords de Paris par la communauté internationale



Une croissance forte sans respect des accords de Paris



Des échanges internationaux conséquents



Une faible relocalisation de l'industrie



Un changement climatique conséquent (RCP 8.5)



Une Europe non engagée sur la dimension climatique



Des combustibles fossiles fortement sollicités

# Une croissance économique atone forgée par des tensions géopolitiques



Une croissance atone qui permet néanmoins d'atteindre les objectifs climatiques



De moindres échanges internationaux



Une relocalisation partielle de l'industrie



Un changement climatique limité (RCP4.5)



Une transition énergétique de l'EU partiellement achevée



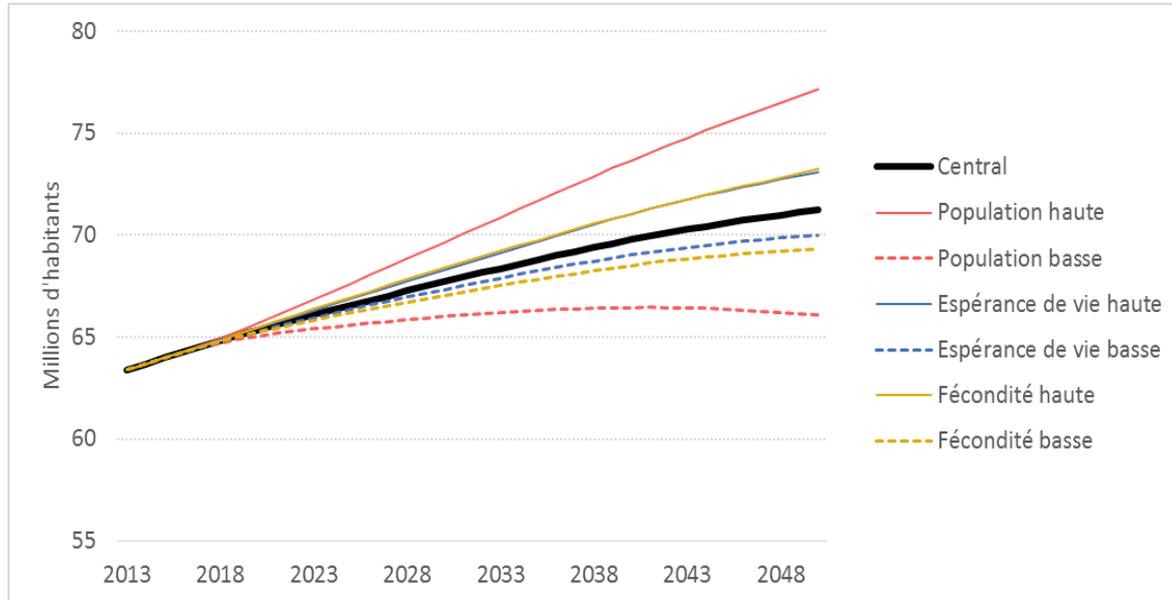
Faible demande de combustibles fossiles



3

# **Premiers éléments de cadrage des trajectoires d'évolution du mix électrique**

## RTE propose de retenir le scénario central de l'INSEE comme trajectoire de référence, de manière identique à celle retenue dans le cadrage de la SNBC



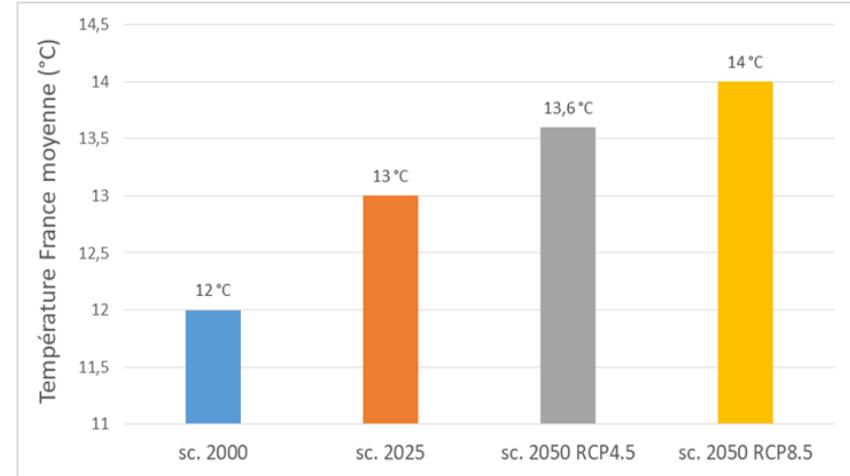
### Scénario central de l'INSEE

- Population : ~71 millions en 2050
- Diminution du nombre de personnes par ménage de 0,3% par an

Les variantes pourront être construites sur la base des autres scénarios INSEE disponibles et illustrés sur la figure suivante.

## Les trajectoires de changement climatique sont susceptibles d'affecter la consommation d'électricité (consommation de climatisation et de chauffage)

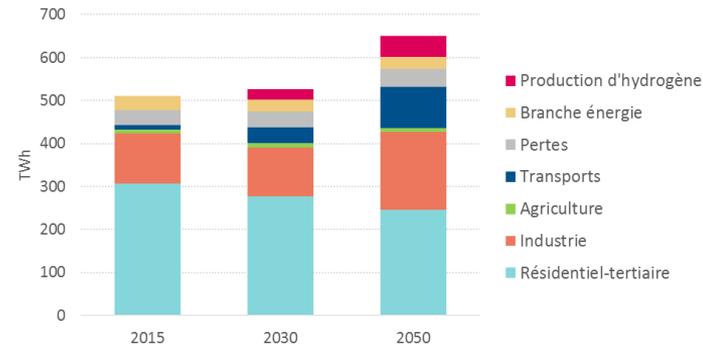
- Les référentiels climatiques utilisés pour la simulation du fonctionnement du système électrique intégreront **les effets du changement climatique**, selon plusieurs trajectoires possibles (cf. **groupe de travail sur le référentiel climatique**).
- Les travaux réalisés par RTE depuis plusieurs années en **partenariat avec Météo France** permettent ainsi de disposer de **plusieurs référentiels** dits « à climat constant », notamment :
  - Deux référentiels basés sur le climat à horizon 2050 pour des trajectoires d'évolution des émissions correspondant à deux scénarios du GIEC (RCP4.5 et RCP 8.5) ;
  - Un référentiel basé sur le climat à horizon 2000 (c'est-à-dire avec les données atmosphériques et de concentration de CO<sub>2</sub> de l'an 2000) ;
  - Un référentiel climatique intermédiaire à horizon 2025, obtenu par analyse statistique du réchauffement entre les années 2000 et le référentiel climatique 2050 RCP8.5.



## La SNBC donne des orientations précises pour l'évolution de la consommation d'électricité en énergie (pas en puissance)

- Le projet de **SNBC** permet d'établir l'évolution des niveaux :
  - d'**efficacité énergétique**,
  - de **transferts d'usage**,
  - de **couplage avec les autres vecteurs**
  - ou encore des efforts de **sobriété** à mettre en œuvre par les consommateurs
- **Les scénarios de long terme du Bilan prévisionnel s'intégreront dans le cadrage de la SNBC** en prenant comme référence la répartition de la demande entre les différents vecteurs énergétiques et en particulier la trajectoire de consommation électrique associée
- En revanche, la **problématique des appels de puissance, et plus largement de l'équilibre entre l'offre et la demande à chaque instant, n'est pas abordée dans la SNBC**. Ceci laisse donc ouvert la question de la flexibilité des usages.
- **Des variantes sont nécessaires pour tester** sur les effets du rythme d'électrification, **d'un retard ou d'une accélération des efforts d'efficacité énergétique ou de sobriété**

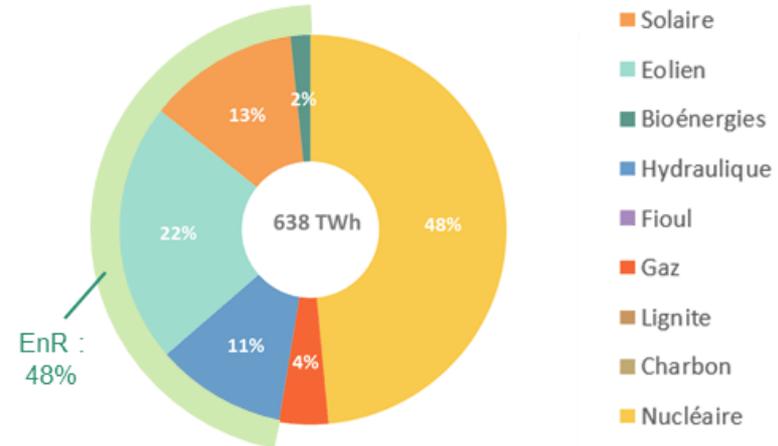
Trajectoire de consommation d'électricité (SNBC)



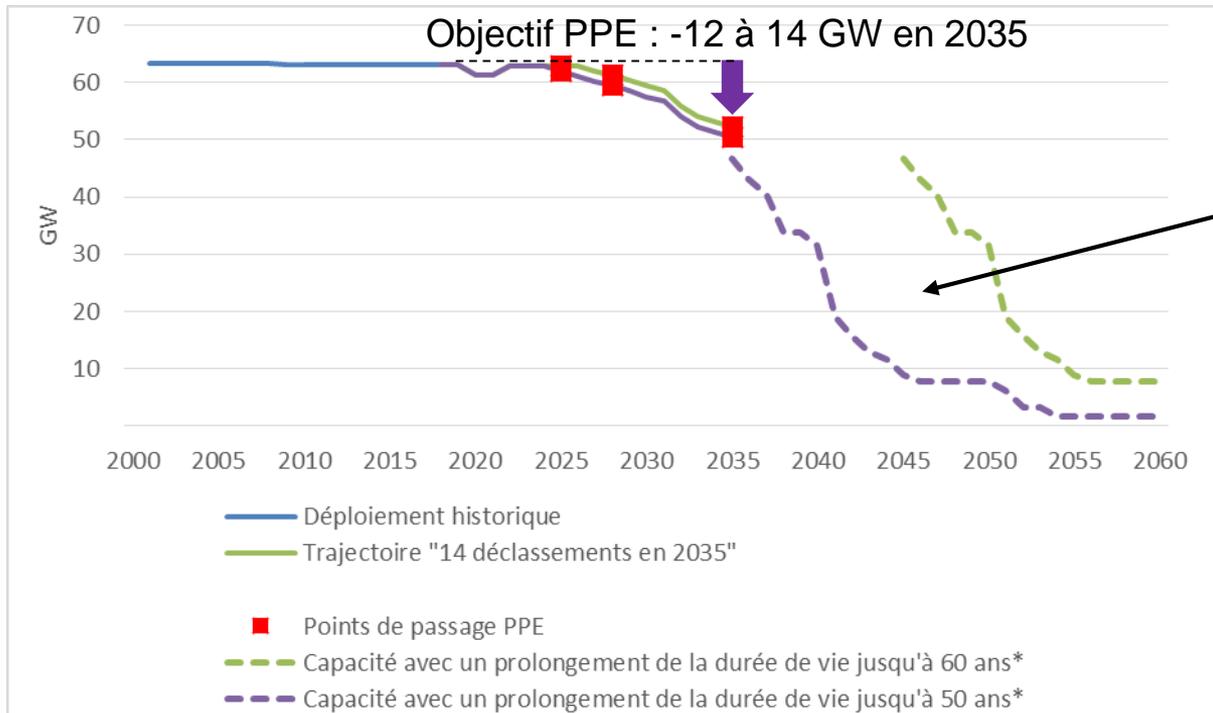
## Les paramètres de production différenciant et définissant les scénarios

- **Le projet de SNBC laisse ouverte la question du mix électrique à l'horizon 2050.** Afin de l'illustrer, **une diversité de scénarios sera étudiée.** Ils se distingueront en particulier sur le mix de production. Celui-ci peut être défini par le niveau de production :
  - Nucléaire,
  - D'éolien terrestre,
  - D'éolien offshore,
  - D'électricité à base de biomasse ou de biogaz,
  - De *gas-to-power* (à partir de méthane *a priori* décarboné ou d'hydrogène),
  - A base de cogénération (basée sur de la biomasse, biogaz ou *gas-to-power*),
  - Des unités de production rejetant du CO2 équipées de système de captation et séquestration,
  - Et plus généralement, du mix de production électrique européen.
- D'autres technologies de production ?

Bilan électrique projeté à horizon 2035  
(projections RTE sur la base du projet de PPE)

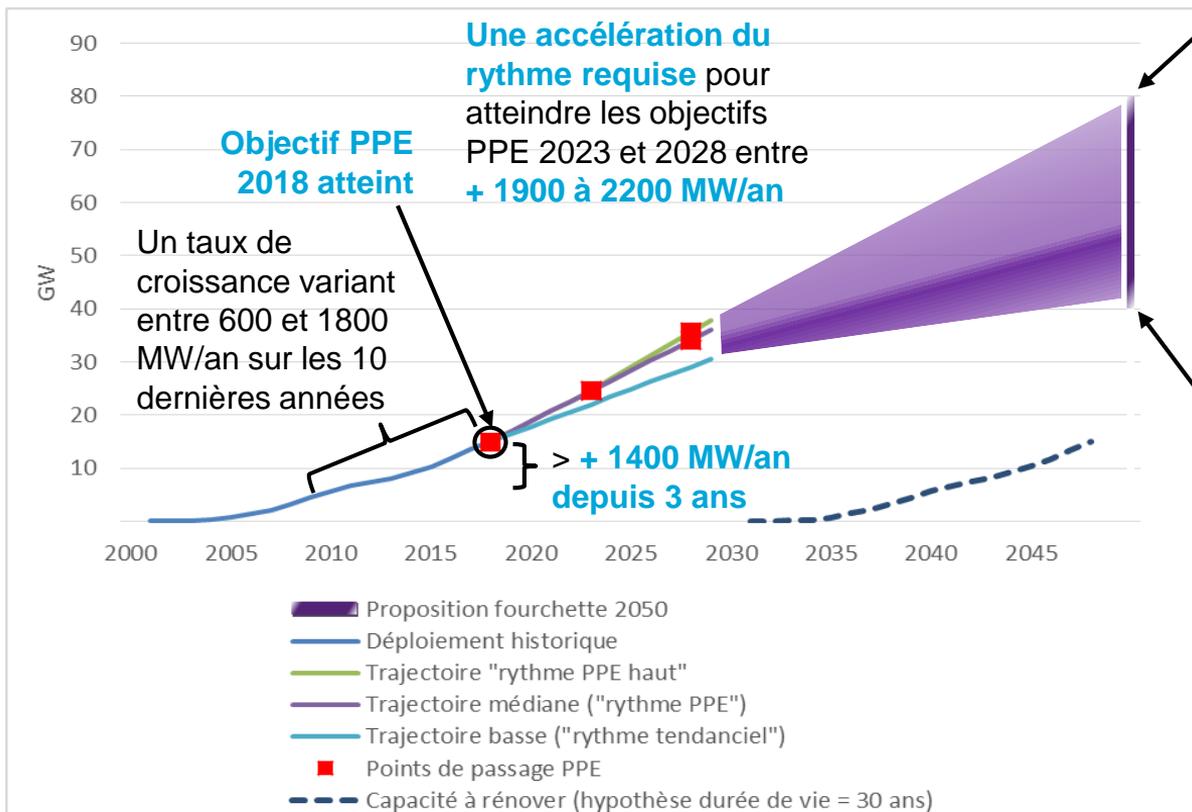


## Proposition de trajectoires pour le nucléaire existant sur la base des objectifs de la PPE et des visites décennales



Au-delà de 2035, la capacité des centrales nucléaires existantes encore en fonctionnement pourra suivre **une trajectoire comprise** entre celle décrite par la fermeture des réacteurs à **leur cinquième visite décennale** ou celle décrite par la fermeture des réacteurs à **leur sixième visite décennale**.

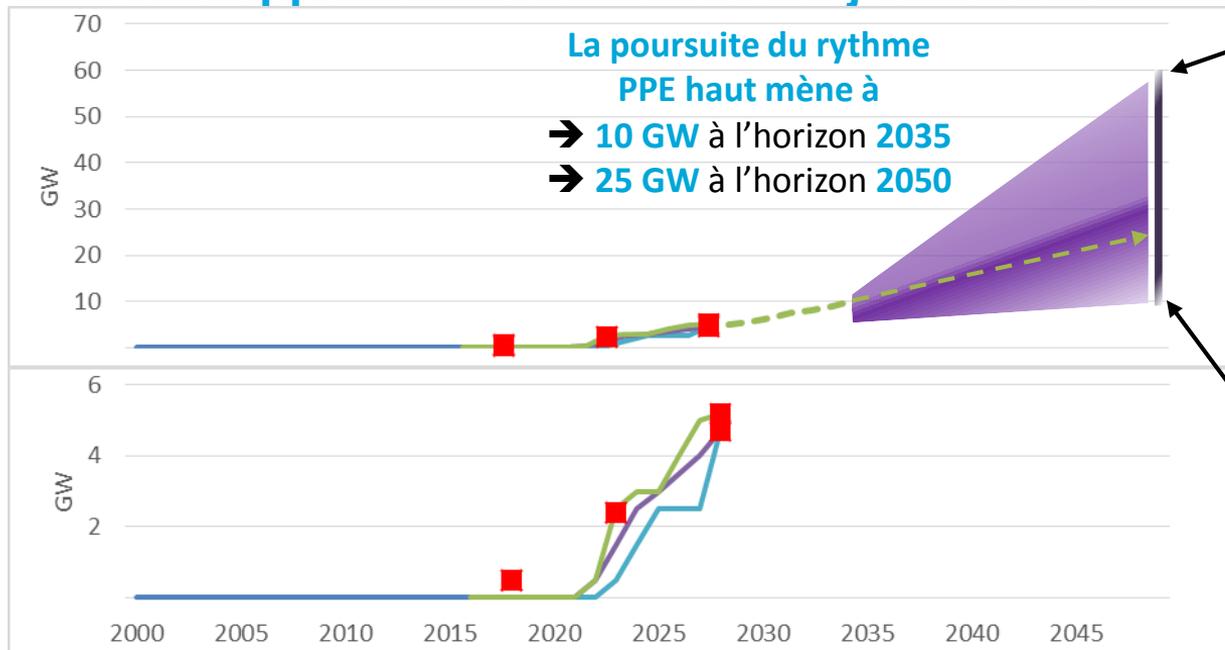
## Proposition de trajectoires pour l'éolien terrestre sur la base du développement récent et des objectifs de la PPE



Le prolongement du **rythme PPE haut** et en intégrant le *repowering* nécessaire pourrait permettre d'atteindre de l'ordre de **80 GW de capacité éolienne terrestre**.

En prolongeant le **rythme actuel de développement de la capacité** et en tenant compte du besoin de *repowering* sous l'hypothèse d'une durée de vie des installations de 30 ans, une capacité de l'ordre de **40 GW** pourrait être installée à l'horizon 2050.

# Proposition de trajectoires pour l'éolien en mer sur la base du développement récent et des objectifs de la PPE

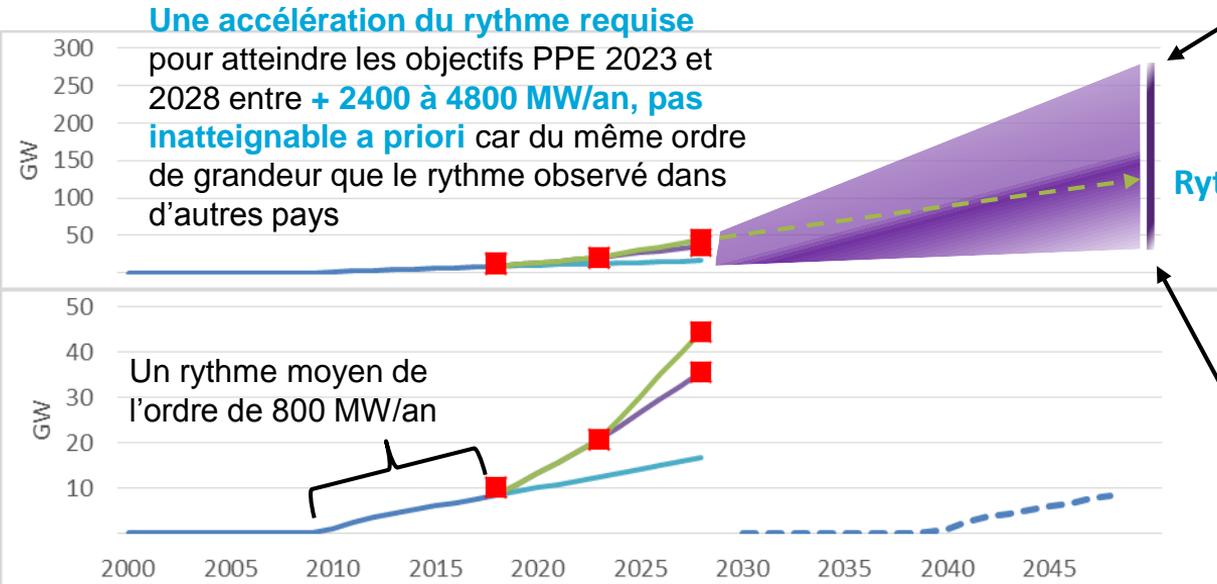


Une forte accélération du rythme sera requise pour l'exploitation substantielle du gisement d'éoliennes en mer jusqu'à 60 GW : 2500 MW/an

→ 25 GW à l'horizon 2050

250 MW/an → 10 GW d'éoliennes en mer à l'horizon 2050

# Proposition de trajectoires pour le photovoltaïque sur la base du développement récent et des objectifs de la PPE



**2 x rythme PPE haut** à partir de 2023 → plus de **250 GW** à l'horizon 2050

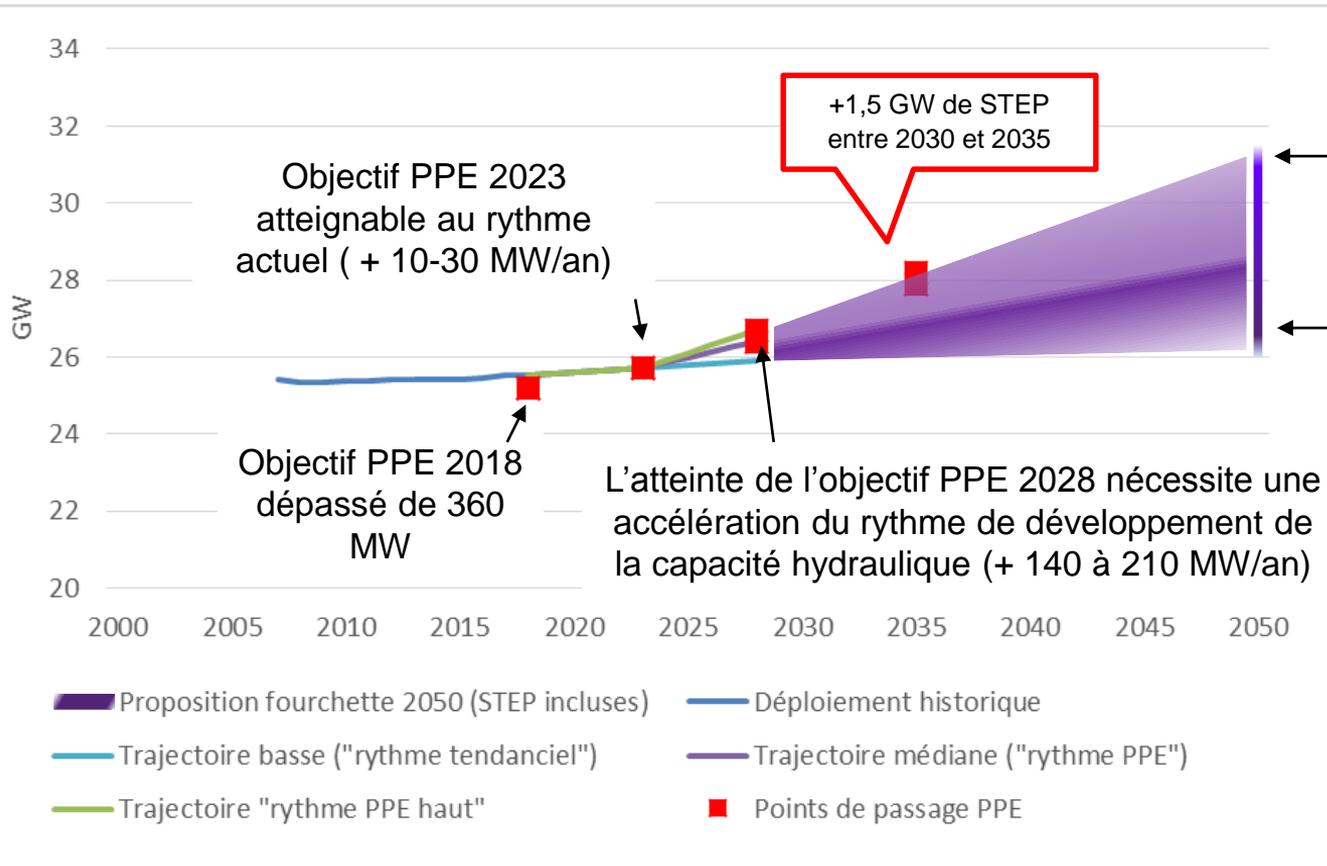
**Rythme PPE haut** → plus **120 GW** en 2050

**Rythme tendanciel** → **30 GW** de PV à l'horizon 2050  
Rythme de l'objectif PPE 2018 → **40 GW** à l'horizon 2050

- Proposition fourchette 2050
- Trajectoire basse (rythme tendanciel)
- Trajectoire "rythme PPE haut"
- Capacité à rénover
- Déploiement historique
- Trajectoire médiane ("rythme PPE")
- Points de passage PPE



# Proposition de trajectoires pour l'hydraulique sur la base du développement récent et des objectifs de la PPE

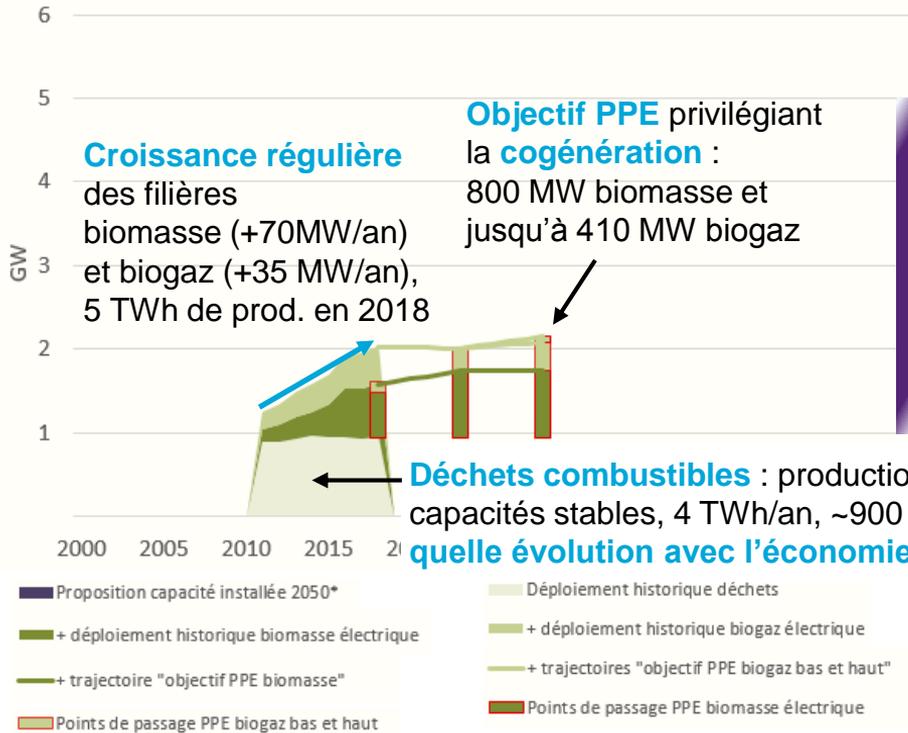


La poursuite du rythme PPE haut pourrait conduire à une capacité hydraulique de l'ordre de 32 GW (STEP incluses).

A l'horizon 2050, la poursuite du rythme actuel ne devrait pas accroître significativement la capacité hydraulique

N.B. : l'augmentation de la capacité ne préjuge pas de l'évolution du **productible** hydraulique. Toute chose égale par ailleurs, il pourrait ainsi s'avérer **plus faible qu'aujourd'hui du fait du réchauffement climatique**, y compris dans les scénarios les plus optimistes

# Proposition de trajectoires pour les bioénergies sur la base du développement récent et des objectifs de la PPE

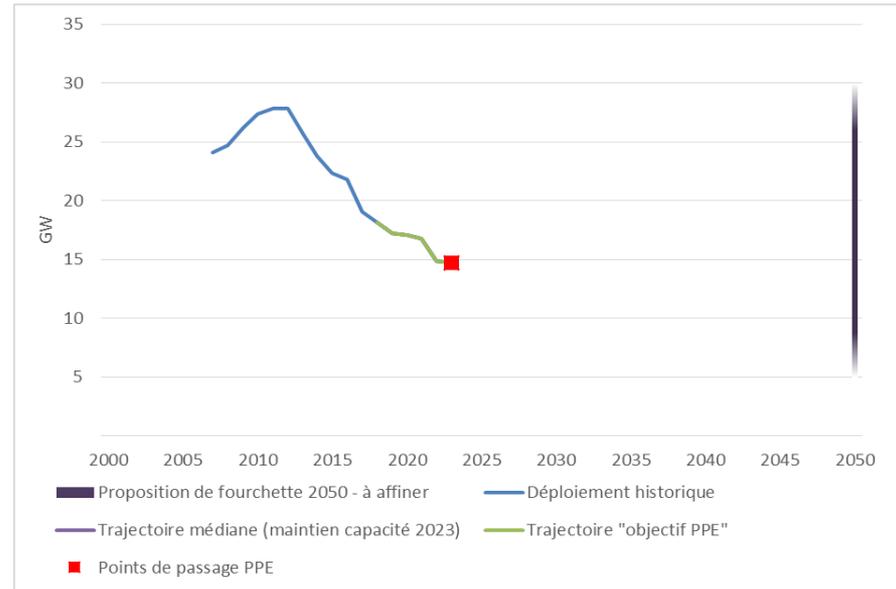


\*(en exploitant au plus la même énergie de biomasse ou biogaz qu'en 2028)

- La capacité de production de ces filières pourrait être augmentée sans solliciter davantage de ressources. Cette stratégie pourrait permettre de les utiliser davantage en pointe, sous réserve de faisabilité technique
  - Facteur de charge actuel des bioénergies autour de 50%
- La SNBC prévoit également que 10 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> pourront être captées en sortie d'installations de production électrique à base de bioénergies afin de générer un puits de carbone

## Proposition de trajectoires pour la production thermique à flamme sur la base du développement récent et des objectifs de la PPE

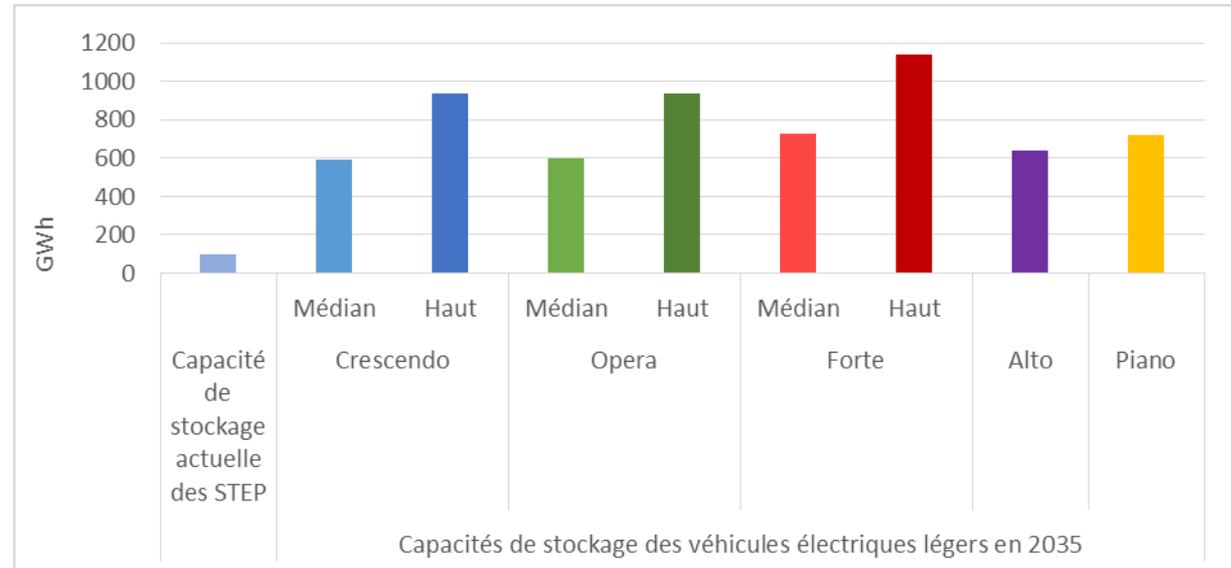
- Après une phase de 2010 de croissance, avec le développement du parc de CCG, **la capacité décroît avec la fermeture des centrales « vapeur » au fioul et au charbon**
- Cette décroissance de la capacité thermique **devrait se poursuivre** dans l'avenir au fur et à mesure du vieillissement de centrales
- Dans le même temps, le **projet de PPE** prévoit **l'interdiction de nouvelles capacités de production exclusive d'électricité à partir d'énergies fossiles**.
- La capacité des centrales thermiques à flamme ne serait **susceptible de croître qu'avec de nouvelles centrales de cogénération**. **A l'horizon 2050, le projet de SNBC prévoit tout de même que 20 TWh d'hydrogène et 25 TWh de gaz décarboné** (avant conversion en électricité) sont **disponibles pour la production d'électricité**.



## Proposition de flexibilités : illustration sur les véhicules électriques

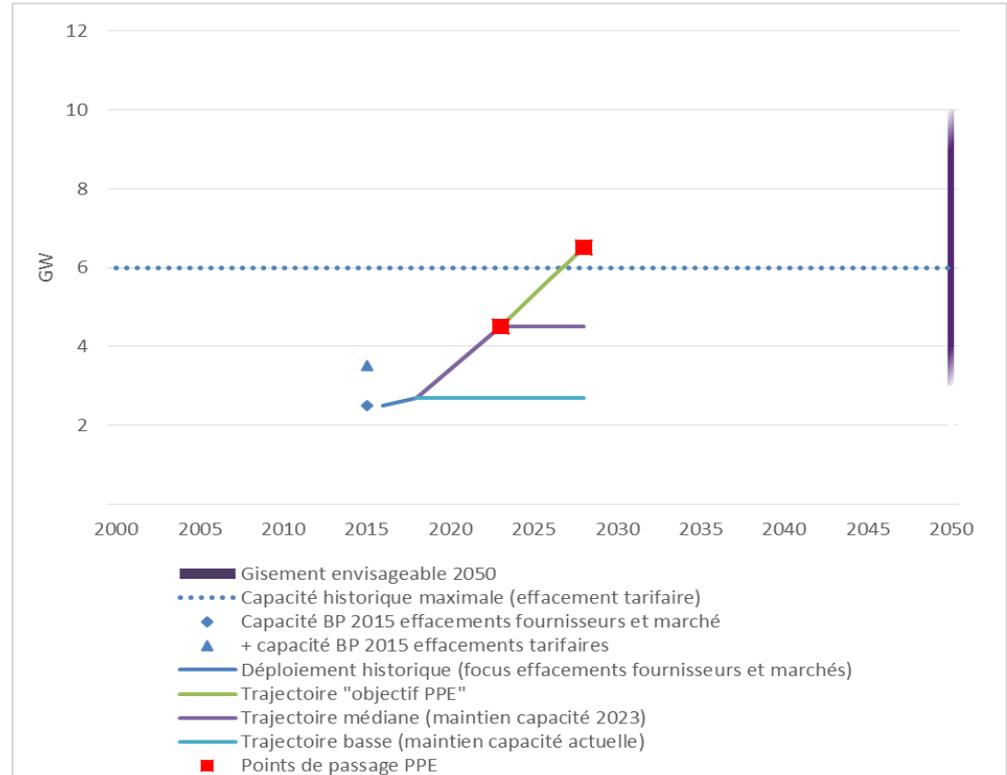
- De nombreuses flexibilités envisageables : stockage, hydrogène, flexibilités sur la consommation...
- L'étude réalisée en 2019 sur l'électromobilité montre que **les véhicules électriques même faiblement pilotés sont susceptibles d'offrir un volume important de flexibilité** au système électrique
- Ces valeurs seront affinées à l'aide d'**hypothèses plus précises et de modélisations détaillées, notamment dans le cadre du groupe de travail « flexibilités » début 2020**

*Illustration - Capacité de stockage des véhicules électriques dans les scénarios décrits dans les principaux résultats des enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique publiés par RTE*



# Trajectoire de capacités d'effacement, projection PPE et gisement envisagé

- La **PPE** prévoit que la capacité d'effacement progresse de 2,7 GW actuellement jusqu'à **4,5 GW en 2023** et **6,5 GW en 2028**
- Le **gisement total d'effacement** est estimé de l'ordre de **10 GW** à l'heure actuelle
- Afin de mettre en perspective tant les objectifs de PPE à l'horizon 2028 que la capacité envisageable à plus long terme, il est utile de rappeler que **les effacements tarifaires ont représenté jusqu'à 6 000 MW de capacité dans les années 1990**



# Les paramètres d'interconnexions, de consommation et de mix électriques à l'échelle européenne différenciant et définissant les scénarios

Paramètres de consommation	Hypothèse retenue dans les projets de la SNBC ou de la PPE	Proposition de fourchettes de valeurs
Echanges aux interconnexions	Objectif 2050 non précisé, supposément nuls Les échanges aux interconnexions résultent de l'équilibre entre les mix de production et de consommation à l'échelle européenne, heure par heure et dépendent donc des parcs nationaux et des capacités d'interconnexions	A préciser
Consommation électrique en Europe	Non précisée	En cohérence avec les hypothèses retenues pour la France dans le cadre de donné par d'autres scénarios p. ex. ceux d'ENTSO-E et ENTSG présentés dans un atelier technique <i>ad hoc</i>
Mix européen	Objectif 2050 non précisé, supposément nuls Les échanges aux interconnexions résultent de l'équilibre entre les mix de production et de consommation à l'échelle européenne, heure par heure et dépendent donc des parcs nationaux et des capacités d'interconnexions	A préciser