



Le réseau  
de transport  
d'électricité

# Futurs énergétiques 2050

---

Journée de la chaire MPDD – Séminaire scénarios d'une France « renouvelable » de 0 à 100%

10 juin 2022

# Cadrage de l'étude

.....

*Futurs énergétiques 2050*



# Futurs énergétiques 2050 : une étude dans la continuité des missions de service public de RTE, s'appuyant sur un dispositif de concertation inédit



**Phase I : cadrage de l'étude et caractérisation des scénarios**

**Phase II : simulations, analyses et publication des résultats**

Depuis mi-2019

27 janvier 2021

8 juin 2021

25 octobre 2021

Premier trimestre 2022

**Cadrage des scénarios de production et consommation**  
Concertation sur les objectifs, les hypothèses et les scénarios (6 réunions plénières, plus de 30 GT)

**Publication du rapport RTE-AIE**  
sur la faisabilité technique d'un système à haute proportion en EnR  
Lancement de la consultation publique sur les scénarios

**Synthèse des enseignements de la consultation publique et finalisation de la phase de cadrage**

**Publication des principaux résultats de l'étude Futurs énergétiques 2050**

**Publication des analyses approfondies de l'étude Futurs énergétiques 2050**

Prolongements éventuels sur certains thèmes clés pour le débat public

**7** réunions plénières

**9** groupes de travail

**120** organisations représentées

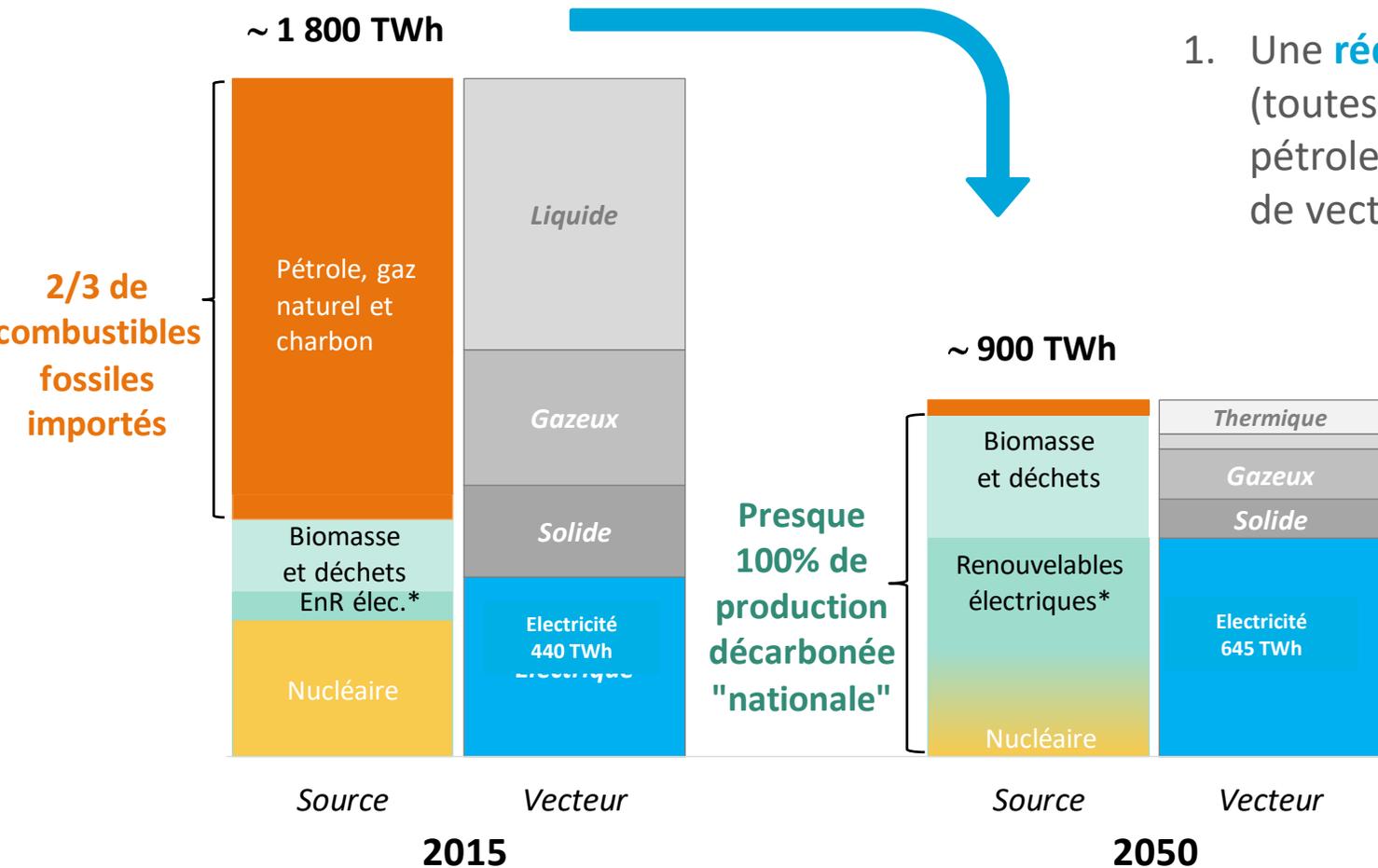
**40** réunions techniques

**1500** pages de documents de cadrage

**4000** réponses reçues à la consultation publique



# Le cadrage de la SNBC : la réduction de la consommation d'énergie et le recours à des productions décarbonées nationales



1. Une **réduction de notre consommation énergétique** (toutes sources confondues : nucléaire, biomasse, gaz, pétrole, ...) par l'efficacité énergétique, les transferts de vecteur, ...

2. Le recours à des sources décarbonées nationales, conduisant à une **augmentation importante de l'utilisation d'électricité**

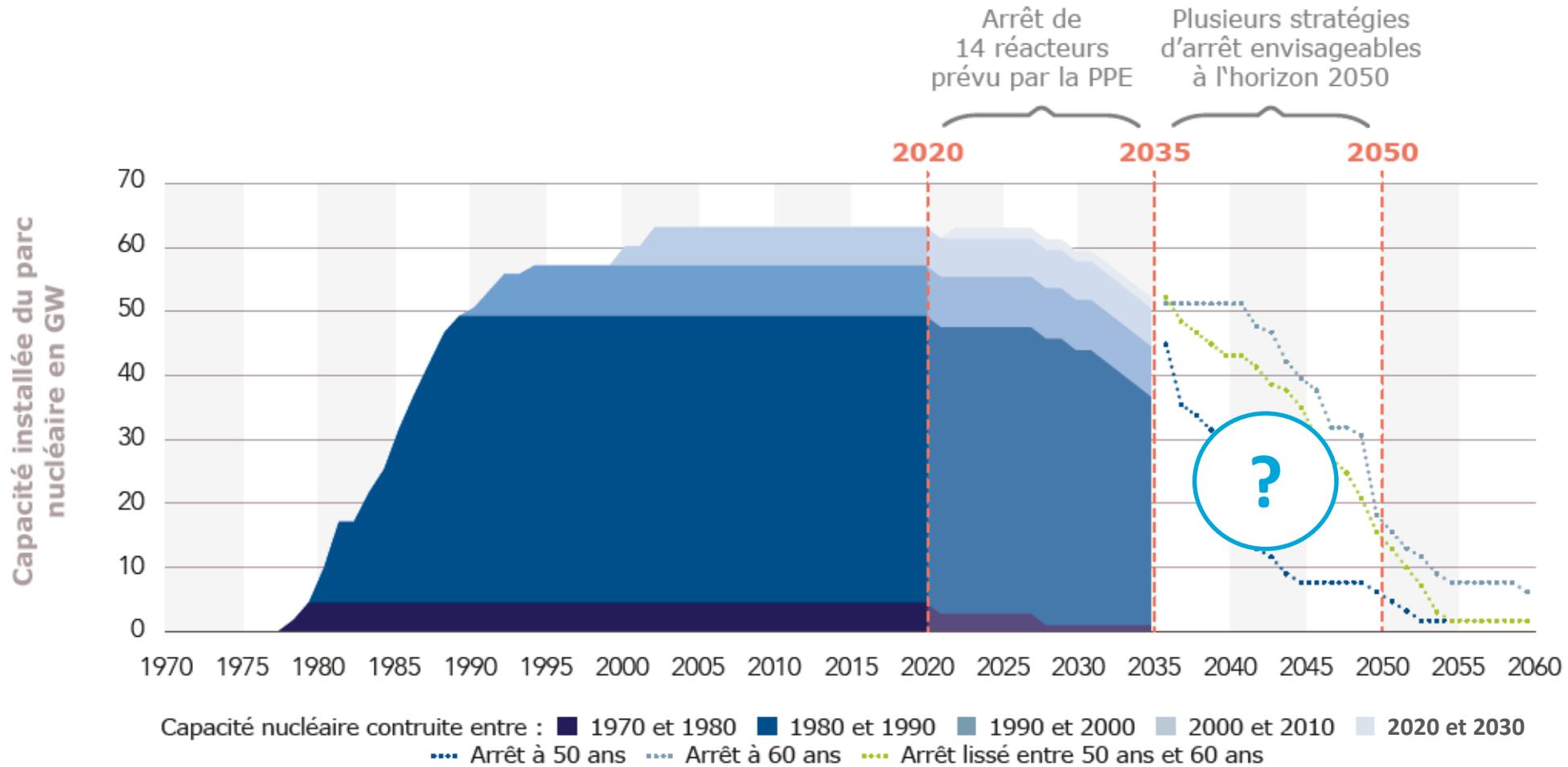


La SNBC ne décrit cependant pas le mix de production d'électricité en 2050

\* Energies renouvelables électriques : hydraulique, éolien terrestre et offshore, photovoltaïque, hydrolien



# Le parc nucléaire existant, élément structurant de la trajectoire du mix de production d'électricité

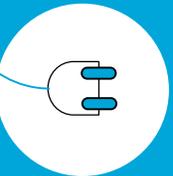


Des contraintes fortes associées à la durée d'exploitation du parc nucléaire existant

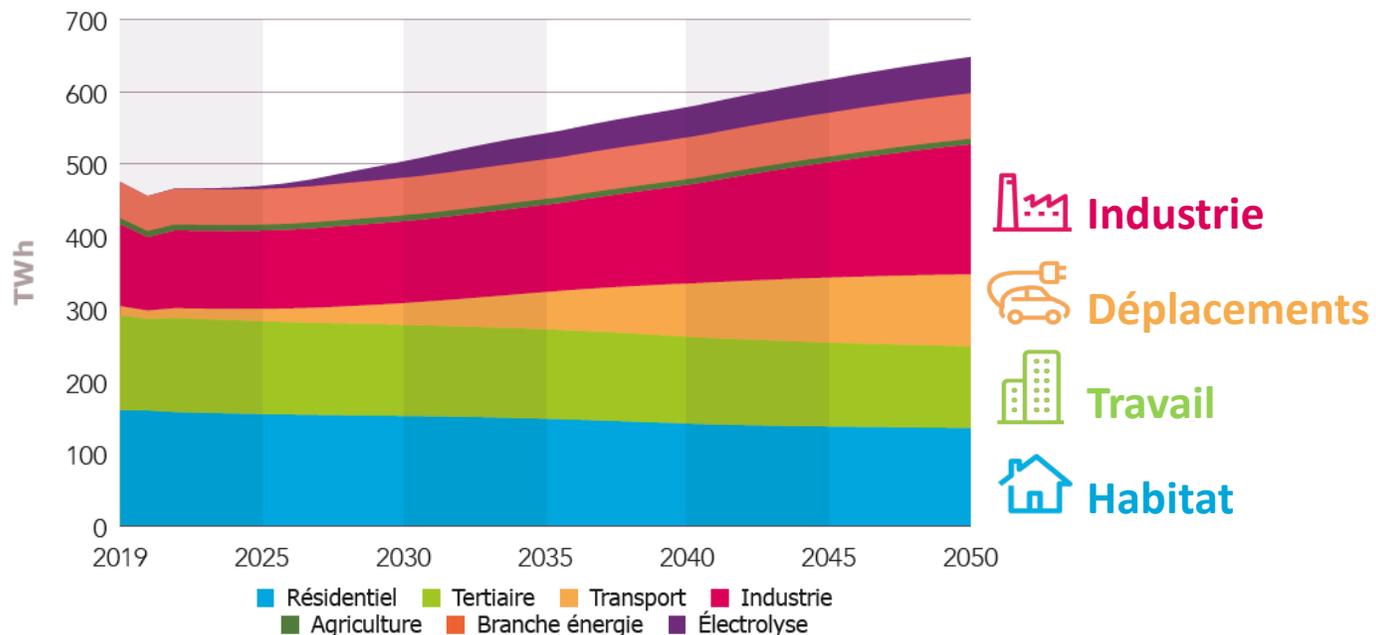
# Consommation et production

.....

*Futurs énergétiques 2050*



# Une trajectoire de consommation d'électricité en profonde évolution



## Trajectoire de référence : 645 TWh

Deux autres scénarios de consommation ont été étudiés : un scénario « sobriété » (555 TWh) et un scénario « ré-industrialisation profonde » (755 TWh)

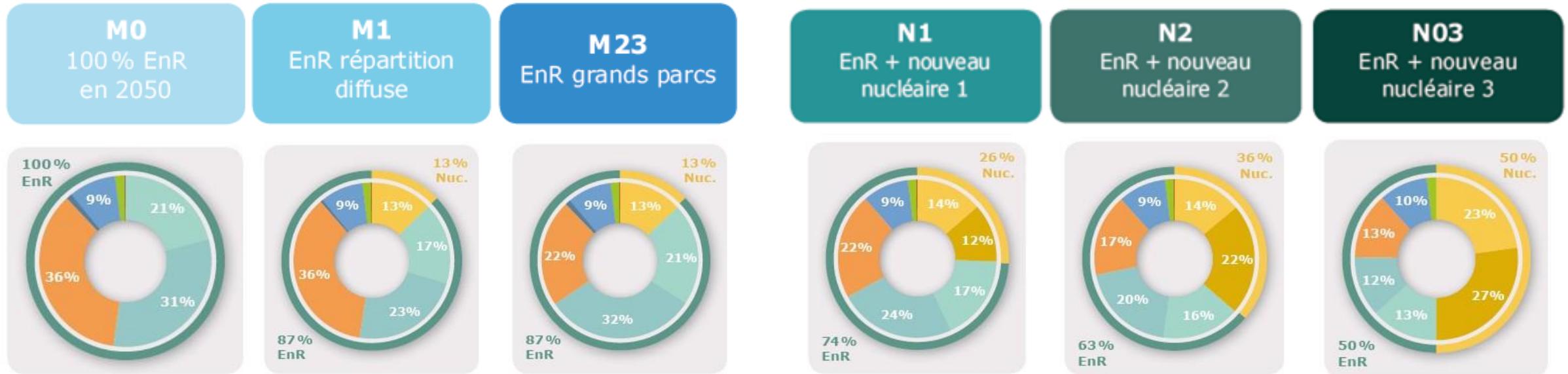
Pour assurer une production par des sources décarbonées, **le vecteur électricité devra se substituer à d'autres vecteurs** alimentés aujourd'hui par des sources fossiles pour certains usages : mobilité, industrie, chauffage, ...

**La consommation d'électricité est donc en augmentation**, malgré des actions très ambitieuses en matière d'efficacité énergétique (performance des équipements, isolation des logements, ...) ou de sobriété (changement de comportement)

*La modélisation des consommations électriques intègre l'évolution des usages de l'énergie : évolution de la démographie, km.passager, taux de cohabitation,, productions industrielles, thermo-sensibilités, ... Ces paramètres sont traduits en courbes de charges sectorielles horaires en fonction des chroniques météorologique*



Les scénarios de mix ne découlent pas d'un processus d'optimisation : ils sont élaborés *a priori*, reflétant différents choix industriels, sociétaux, géopolitiques, ... et qualifiés et évalués *a posteriori* suivant différents indicateurs



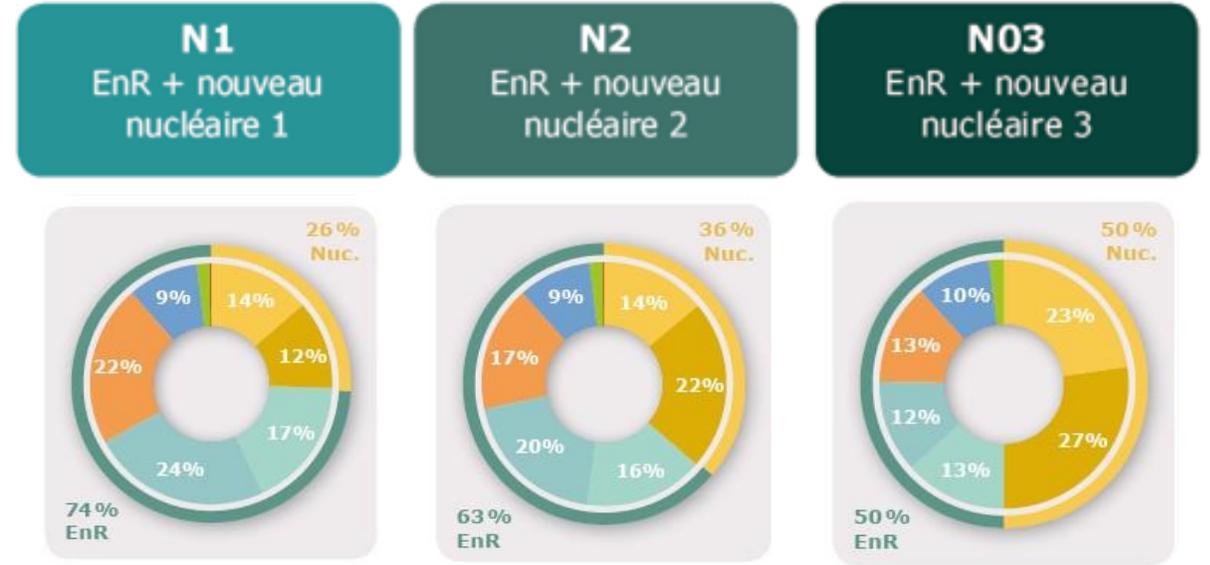
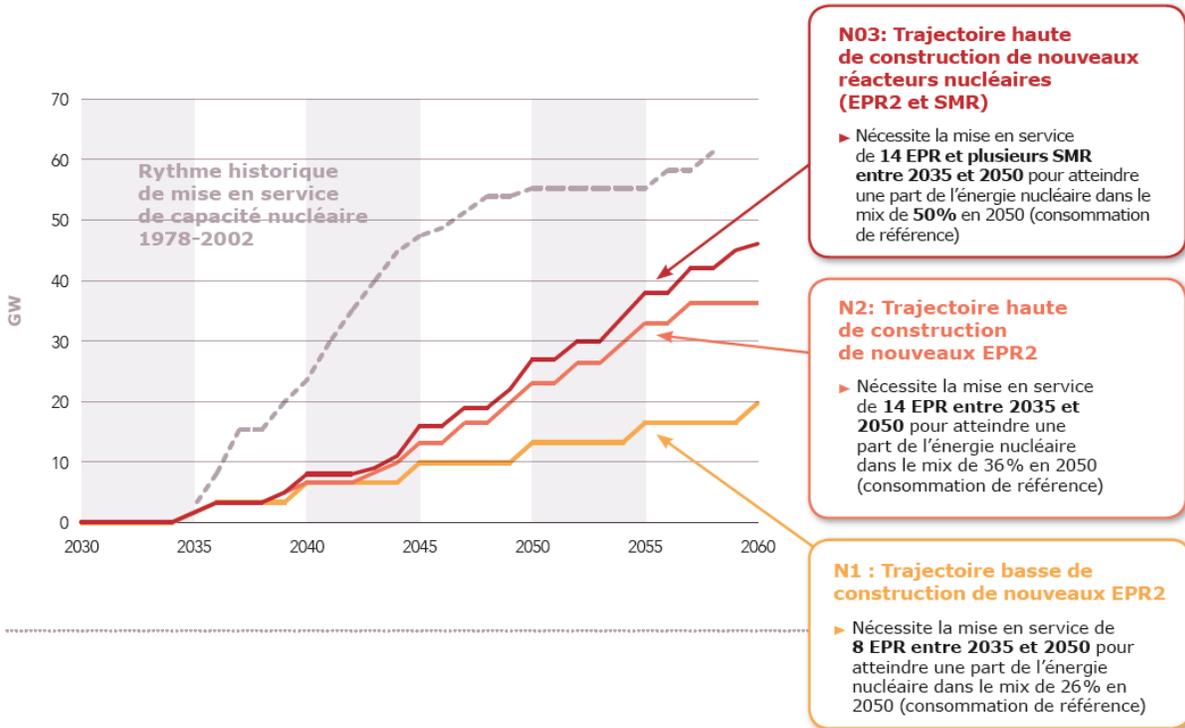
**Les scénarios « M »**  
Sans nouveau nucléaire, atteinte du 100% renouvelable en 2050 ou 2060

**Les scénarios « N »**  
Avec nouveau nucléaire



# Les six scénarios de mix : 3 scénarios avec nouveau nucléaire

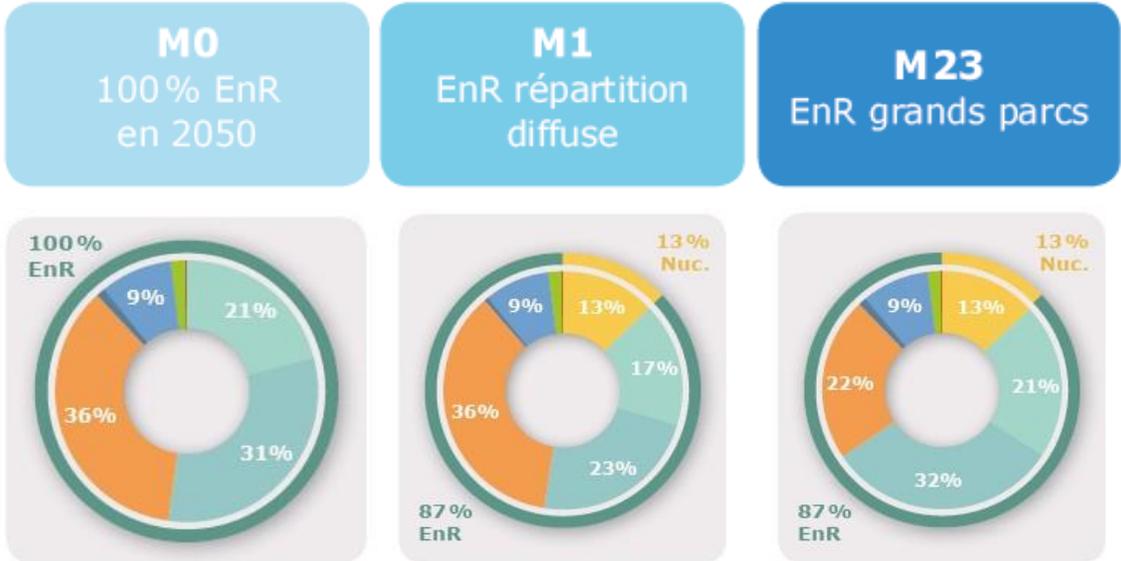
Trajectoires de développement de nouveaux réacteurs nucléaires envisagés dans l'étude



## Les scénarios « N » Avec nouveau nucléaire



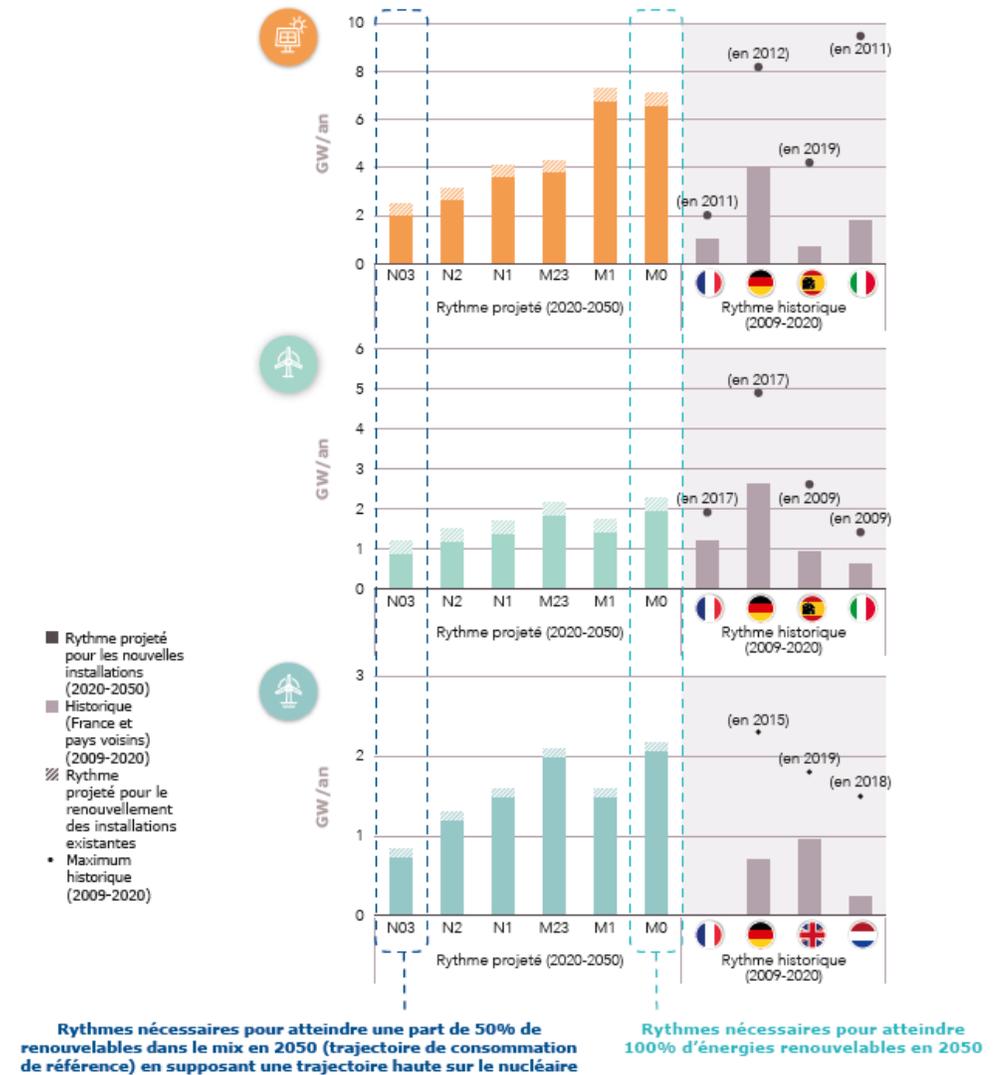
# Les six scénarios de mix : 3 scénarios sans nouveau nucléaire



## Les scénarios « M »

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

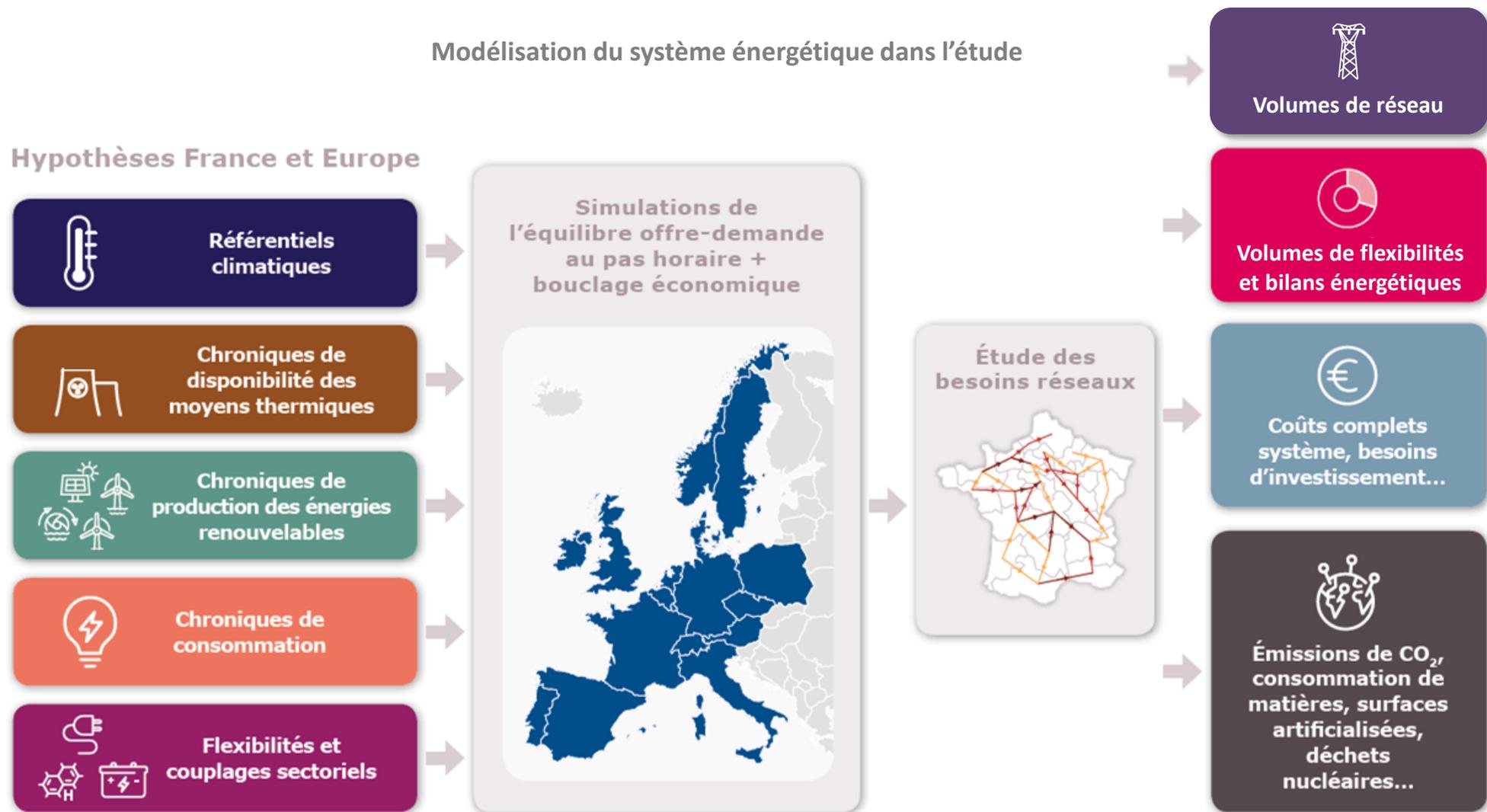
## Rythmes nécessaires de développement des énergies renouvelables



# L'analyse des scénarios

.....

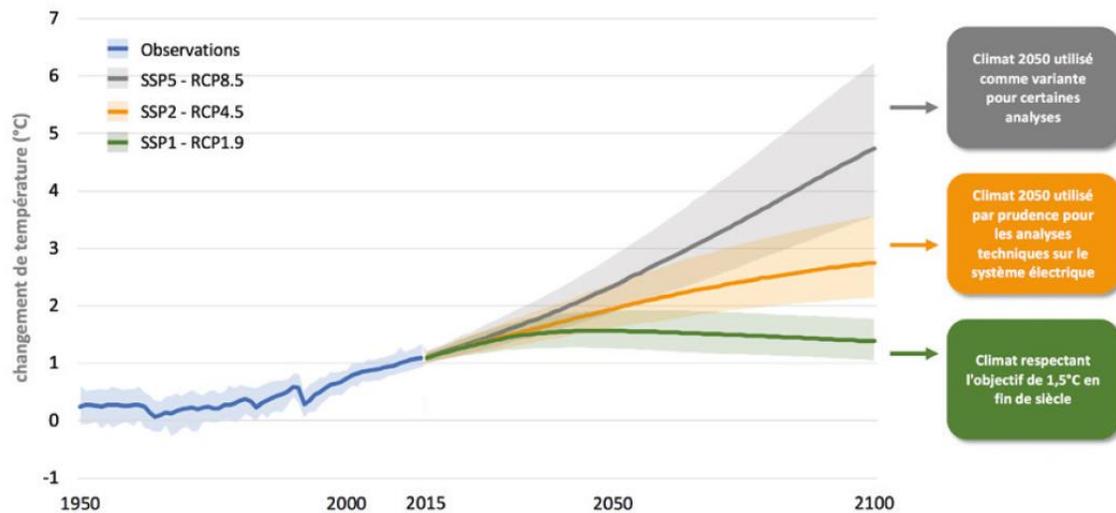
*Futurs énergétiques 2050*





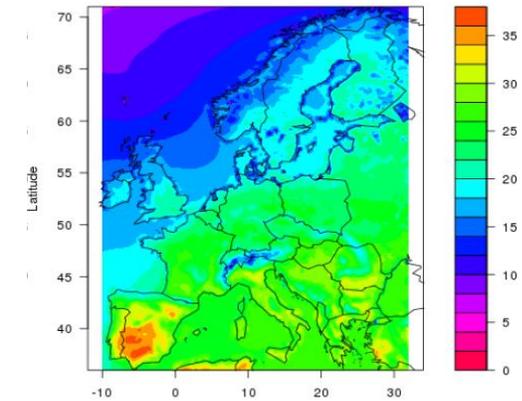
# La modélisation du changement climatique dans les analyses

- La représentation des aléas climatiques est déterminante dans l'analyse, notamment pour tenir compte des corrélations spatiales et temporelles des paramètres météorologiques dont dépendent les productions et consommation : température, vent, rayonnement, nébulosité, précipitations, ...
- Un travail de modélisation spécifique a été mené, notamment en collaboration avec Météo-France, pour traduire les effets de scénarios de changement climatiques en 200 chroniques horaires des paramètres déterminants



Évolution des températures de surface (moyenne globale, par rapport à 1850-1900) observée de 1950 à 2015 puis projetée jusqu'à 2100 selon différentes trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre. Meilleures estimations et intervalles de confiance à 90 %. (Graphique reproduit à partir des données du sixième rapport d'évaluation du GIEC<sup>5</sup>)

Les données des simulations sont disponibles sur plus de 37 000 points couvrant l'Europe



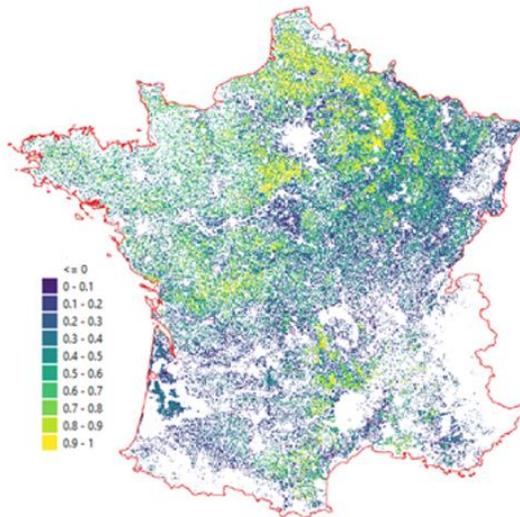
- Les effets du changement climatique se font ressentir en particulier sur les **températures** (vagues de chaud et de froid, canicules) et sur les **apports hydrauliques** (distribution temporelle)
- Les effets sur le vent et le rayonnement sont moindres



# Les analyses de réseaux : une localisation nécessaire des consommations et des productions

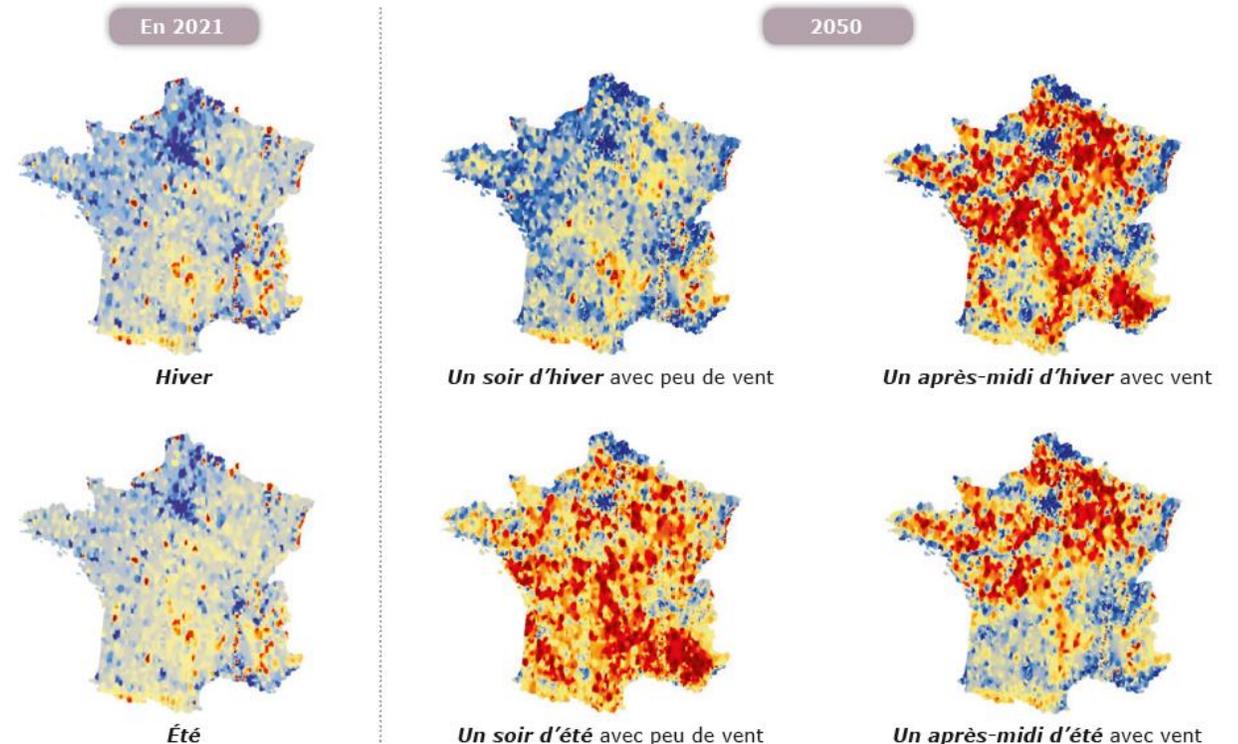
- Pour analyser l'effets de la transition sur les besoins de réseaux électriques, une localisation des productions est nécessaire
- Des outils de cartographie permettent de tenir compte des contraintes pesant sur ces localisations (distances aux habitations, zones de protection de la faune, radars militaires, zones UNESCO, ...)

Ex : Part des surfaces accessibles pour l'éolien terrestre après prise en compte des contraintes naturelle, environnementale et patrimoniale



Ces localisations sont traduites, à partir des scénarios météorologiques horaires, en productibles éolien, photovoltaïque, hydraulique, permettant de quantifier les évolutions des flux de puissances associés aux mix

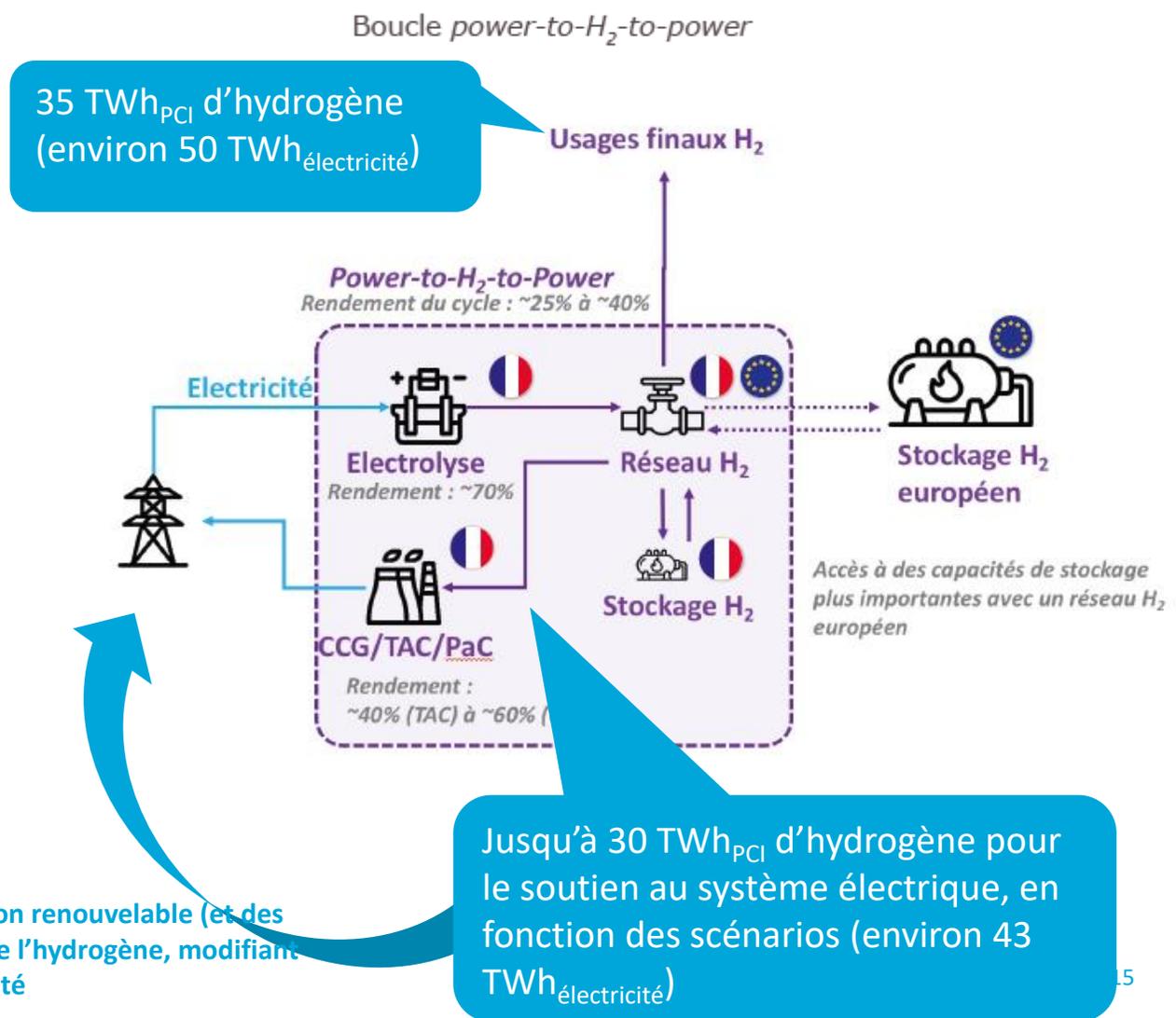
Illustration de la variabilité temporelle de la production et de la consommation d'électricité, en 2021 et 2050. Le rouge indique un solde producteur, le bleu un solde consommateur.





# Les « boucles gaz » hydrogène et/ou méthane de synthèse

- Une partie de la flexibilité requise par le système est assurée par des productions thermiques décarbonées à partir de « gaz verts »
- Plusieurs sources de « gaz verts » peuvent être envisagées, importées ou nationales
  - Les productions de **biogaz / biométhane**, à partir de produits agricoles, déchets, ... (méthanisation, pyrogazéification, ...).
  - **L'hydrogène** produit par électrolyse de l'eau alimentée par de l'électricité décarbonée
  - Le **méthane de synthèse**, produit à partir d'hydrogène et de CO<sub>2</sub>
- Dans le scénario de référence de l'étude, l'équilibrage du système électrique est assurée à partir d'hydrogène (des alternatives sont considérées dans des variantes). Le parc de production d'électricité renouvelable est calé en conséquence



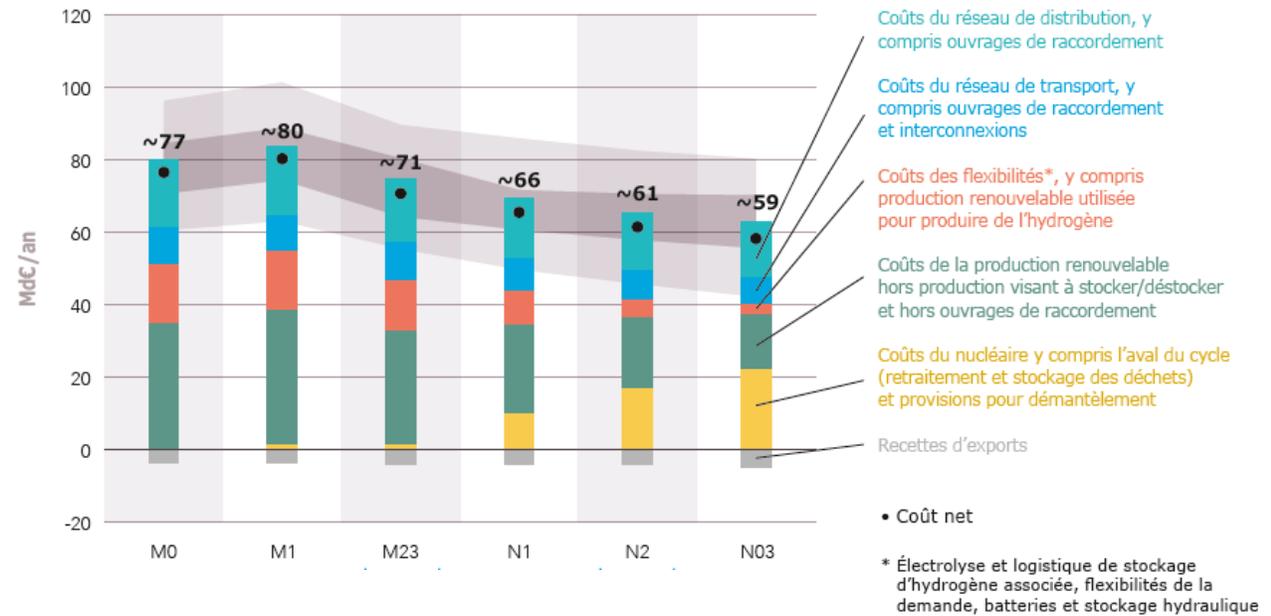
Un recalage du parc de production renouvelable (et des réseaux) est requis pour produire l'hydrogène, modifiant à son tour les besoins de flexibilité



# L'analyse économique : une approche en « coût complet » du système électrique

- L'analyse économique s'appuie sur deux indicateurs principaux : le **besoin de financement des investissements** nécessaires sur la trajectoire et le **coût complet annualisé** du système électrique
- Le **périmètre** est celui du système électrique : production + réseaux + flexibilités
- Le **point de vue** est celui de la collectivité (aux bornes des acteurs du système électrique) on parle de coût et non du prix, indépendamment du qui-paie-quoi
- L'analyse intègre, suivant **différentes hypothèses soumises à la concertation**
  - Les CAPEX
  - Les OPEX fixes de maintenance et d'exploitation
  - Les OPEX variables (combustibles)
  - Les coûts de financement

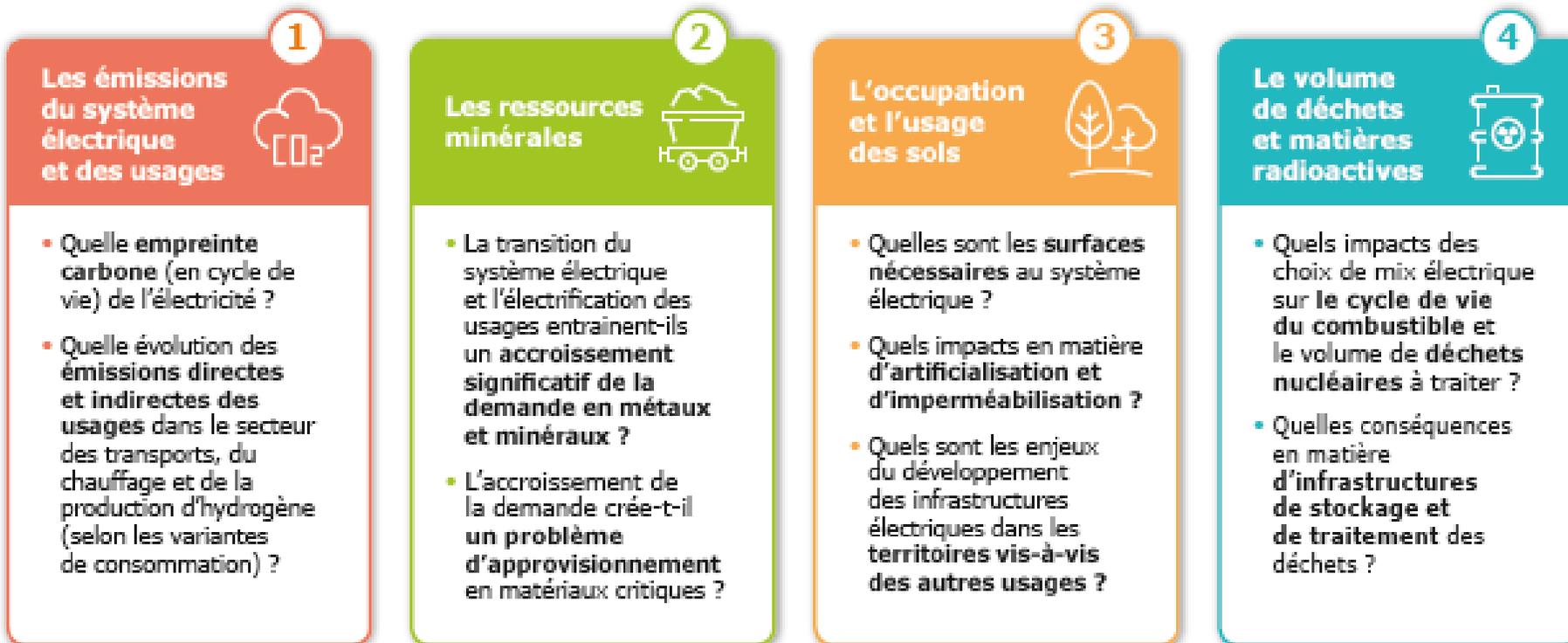
Coûts complets annualisés des scénarios à l'horizon 2060





# L'analyse environnementale : gaz à effet de serre, ressources minérales, emprise au sol, déchets nucléaires

- Une méthode de référence : l'analyse de cycle de vie

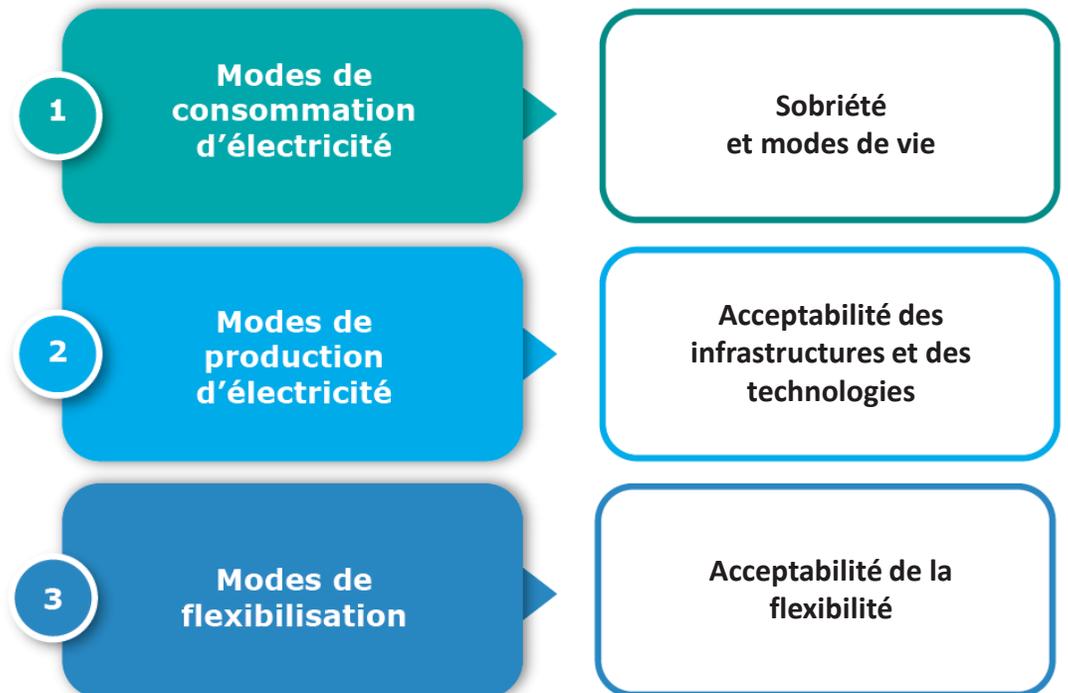




🎯 L'ensemble des scénarios étudiés dans le cadre des *Futurs énergétiques 2050* impliquent des ruptures : en particulier le scénario *sobriété*, qui va au-delà de l'efficacité énergétique, repose sur des changements majeurs, et en partie contre-tendanciers, des modes de vies

🎯 Au-delà d'une somme d'actions individuelles, la réussite de ce scénario repose sur une approche systémique et organisée à l'échelle de la société. Ses mécanismes de déploiement supposent des incitations économiques et/ou des réglementations contraignantes.

*Axes approfondis suite aux débats en concertation*





### 1 Technique



- Description complète du système (production – réseau – consommation), en énergie et en puissance, en 2030, 40, 50, 60
- Projections avec les scénarios RCP 4.5 et 8.5 du GIEC et analyse de résilience avec stress-tests climatiques (canicule – sécheresse – grand froid – absence de vent en Europe continentale)

### 2 Économique



- Coût complet pour la collectivité
- Analyses de sensibilité aux différents paramètres, notamment le coût du capital
- Volet spécifique sur la faculté de chaque scénario à intégrer des perspectives de relocalisation/ réindustrialisation

### 3 Environnemental



- Empreinte carbone le long de la trajectoire, en intégrant le cycle de vie des matériels
- « Bilan matières » pour chaque scénario (en lien avec les enjeux de criticité)
- Occupation des sols (réseau + production)
- Volume de déchets et polluants

### 4 Sociétal



- Problématisation des implications sur les modes de vie et conditions de validité des scénarios (télétravail vs mobilité, consommation d'électricité, niveau de sobriété souhaité vs requis, niveau de flexibilité des usages)



Les Futurs énergétiques 2050 ne se prononcent pas sur la désirabilité de ces dimensions



Un résumé exécutif & Un rapport complet (environ 1000 pages)

L'ensemble des documents de la concertation et de la consultation publique sont par ailleurs disponibles

# Merci pour votre attention !

.....

*Futurs énergétiques 2050*

