Le réseau de transport d'électricité

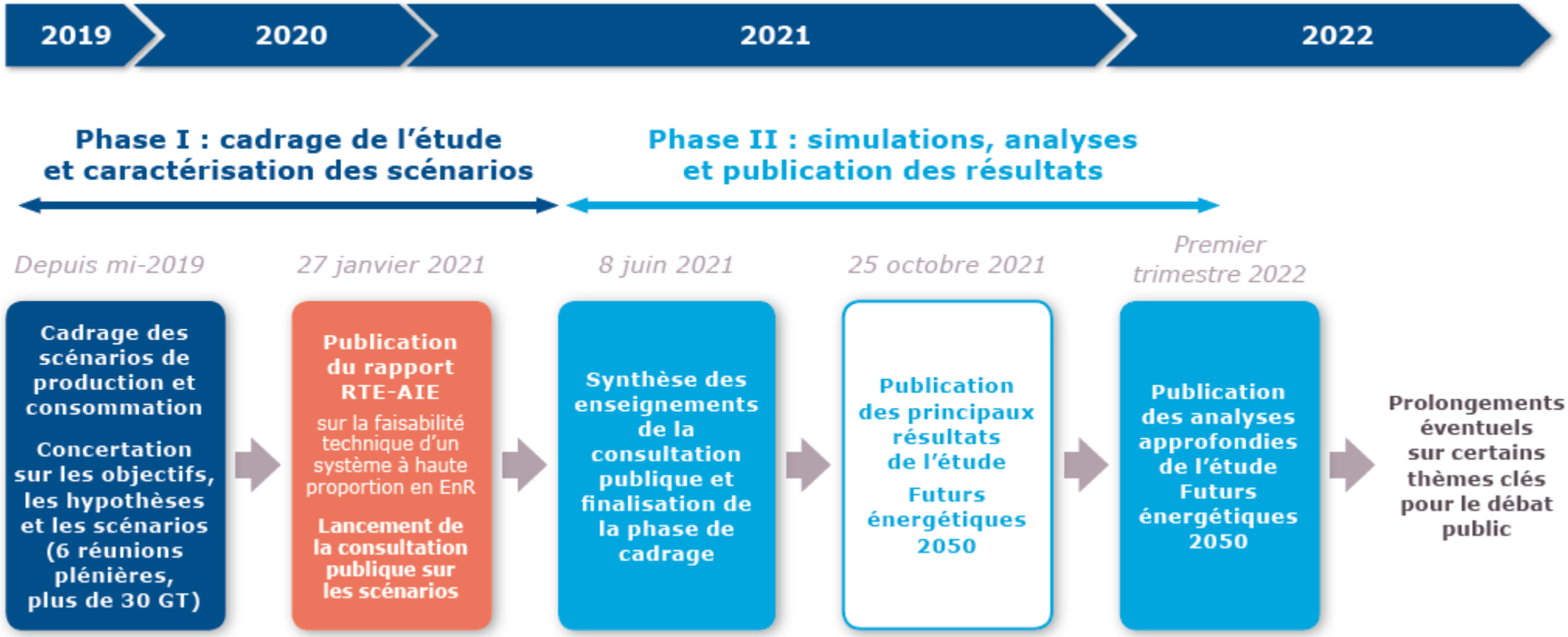
Futurs énergétiques 2050

Conférence de presse

25 octobre 2021

Copyright RTE – 2021. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Électricité (RTE)

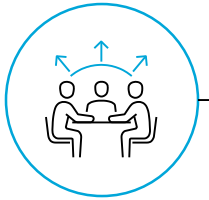
Futurs énergétiques 2050 : une étude dans la continuité des missions de service public de RTE



Un dispositif de concertation inédit



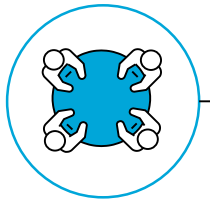
7 réunions plénières



9 groupes de travail



120 organisations représentées



40 réunions techniques



1500 pages de documents de cadrage produits pendant la concertation



4000 réponses reçues à la consultation publique

Les grands paramètres de l'étude

						Référence
Evolution du climat	Trajectoires climatiques	Aléas climatiques extrêmes				**RCP 4.5** *GIEC*
Cadrage macro-économique	PIB	Démographie				**+ 1,3 %/an** *A partir de 2030* ; **69 M hbts** *En 2050*
Evolution de la consommation d'électricité	Part de l'industrie	Sobriété et modes de vie	Efficacité énergétique	Electrification des usages	Recours à l'hydrogène	*Industrie manufacturière* **10% du PIB**
Production d'électricité	Arrêts des réacteurs nucléaires existants	Développement du nouveau nucléaire	Production d'énergies renouvelables			Dépend de chaque scénario
Moyens de flexibilités	Développement des interconnexions	Flexibilités de la demande	Compétitivité des solutions de flexibilités			39 GW d'interconnexions
Contexte européen	Variantes sur l'évolution des mix des pays voisins					Transition réussie dans les pays voisins
Composantes du chiffrage économique	Coûts unitaires des actifs de production	Taux d'actualisation	Coût du capital			*Coût du capital* **4%** [1 – 7%]

Le contenu de la publication du 25 octobre

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

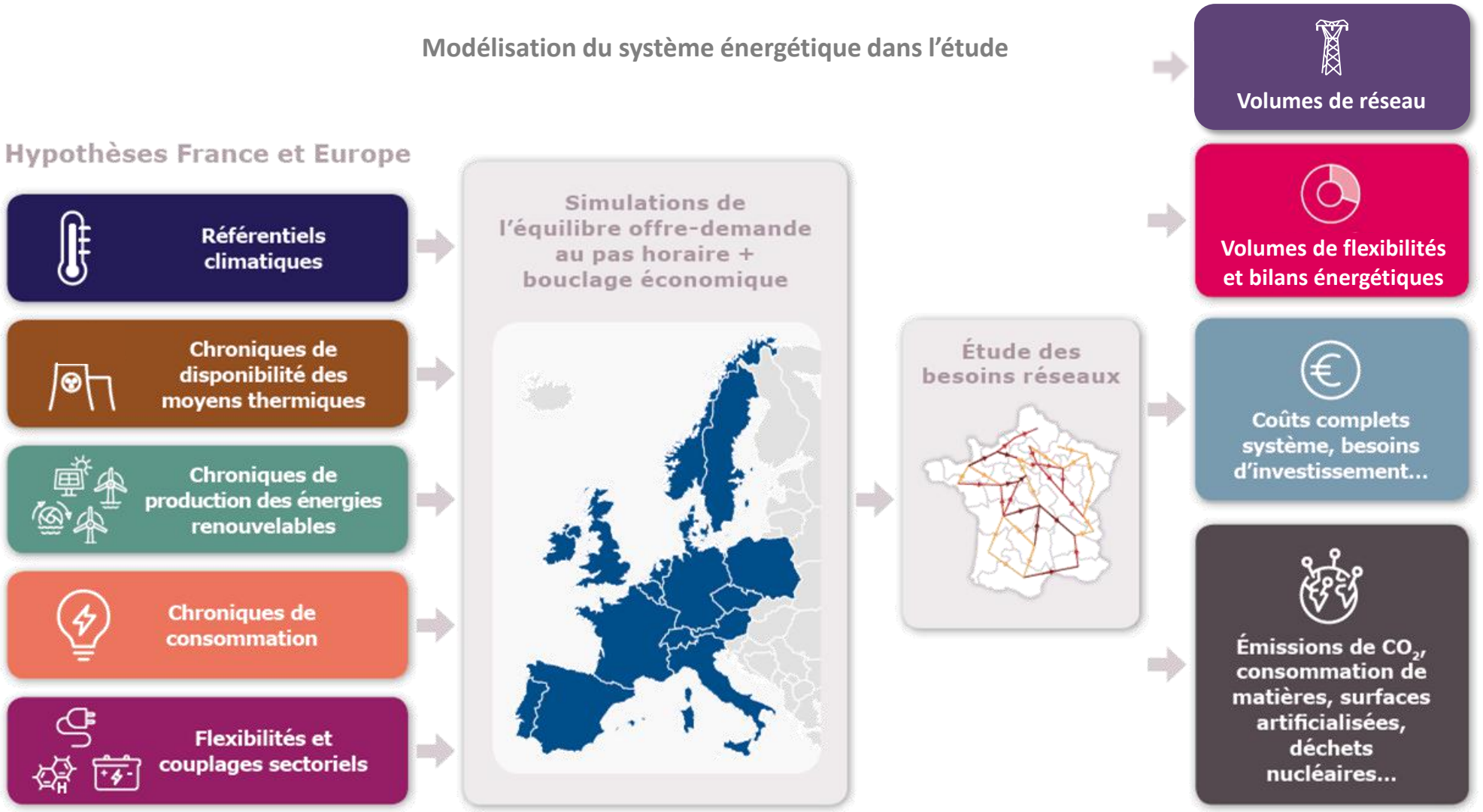
- Problématisation des implications sur les modes de vie et conditions de validité des scénarios (télétravail *vs* mobilité, consommation d'électricité, niveau de sobriété souhaité *vs* requis, niveau de flexibilité des usages)

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



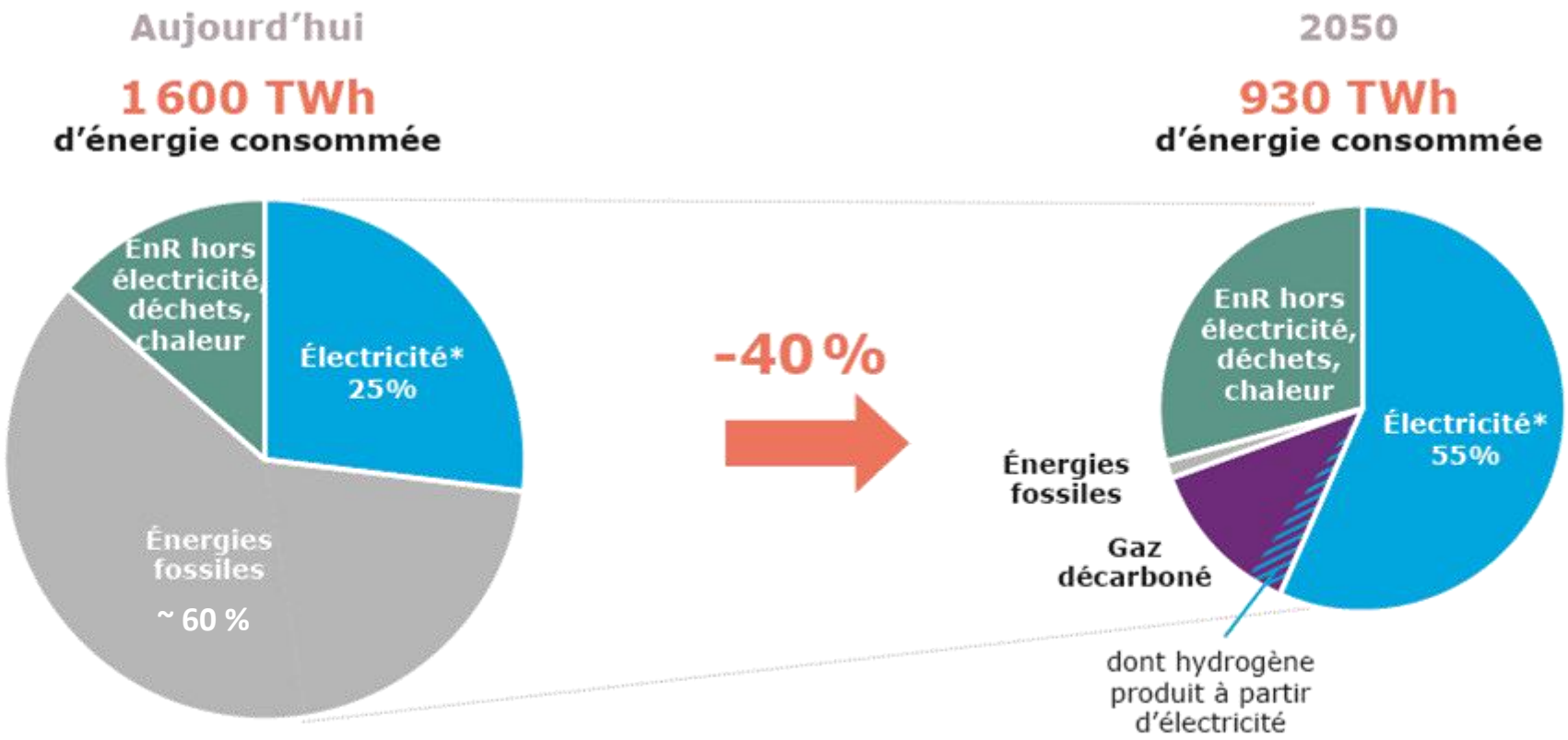
Un résumé exécutif **&** **Un rapport de présentation des principaux résultats** (environ 650 pages)

Le fonctionnement du modèle utilisé



L'univers de l'étude : la SNBC pour sortir des énergies fossiles

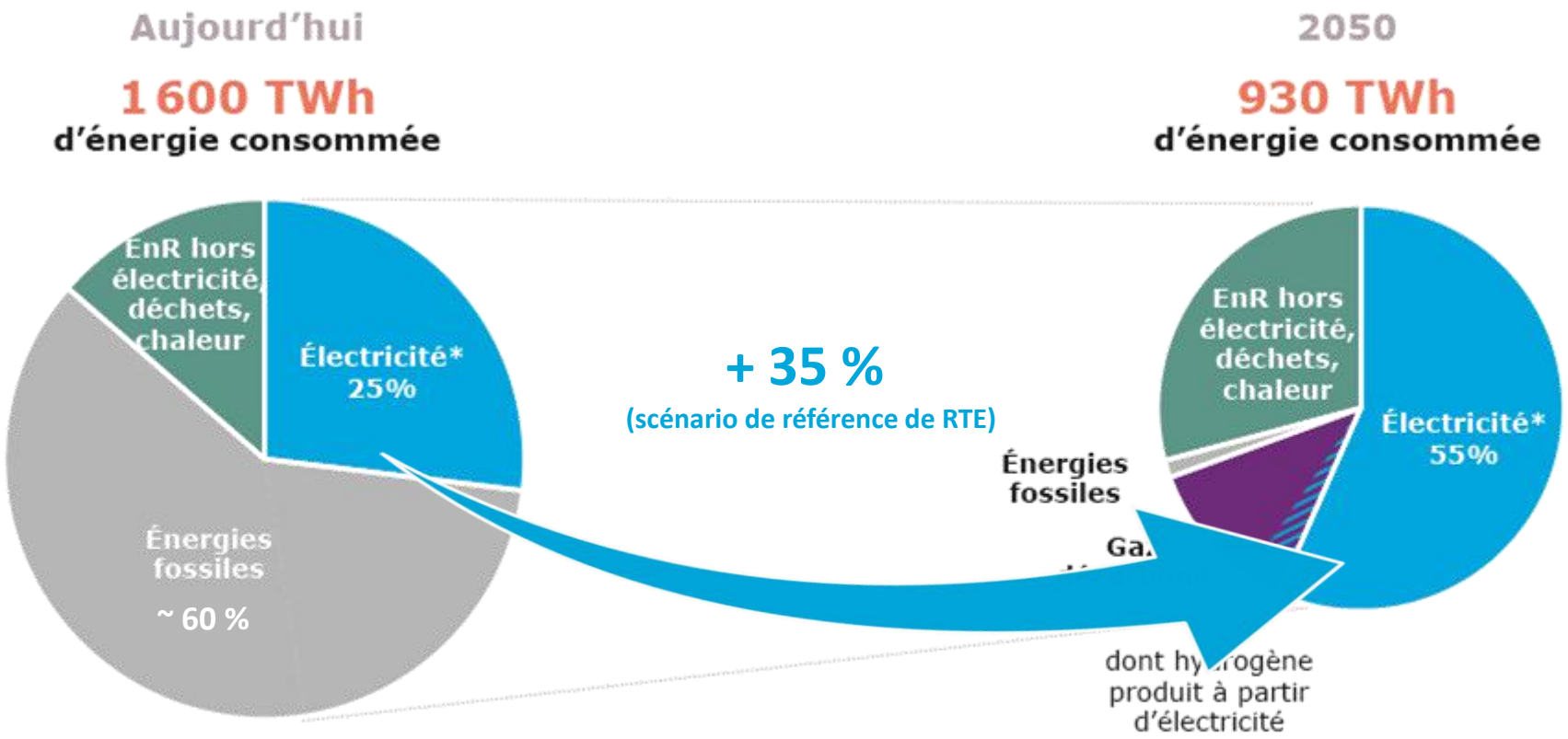
Consommation d'énergie finale en France (SNBC)



* Consommation finale d'électricité (hors pertes, hors consommation issue du secteur de l'énergie et hors consommation pour la production d'hydrogène)
Consommation finale d'électricité dans la trajectoire de référence de RTE = 645 TWh

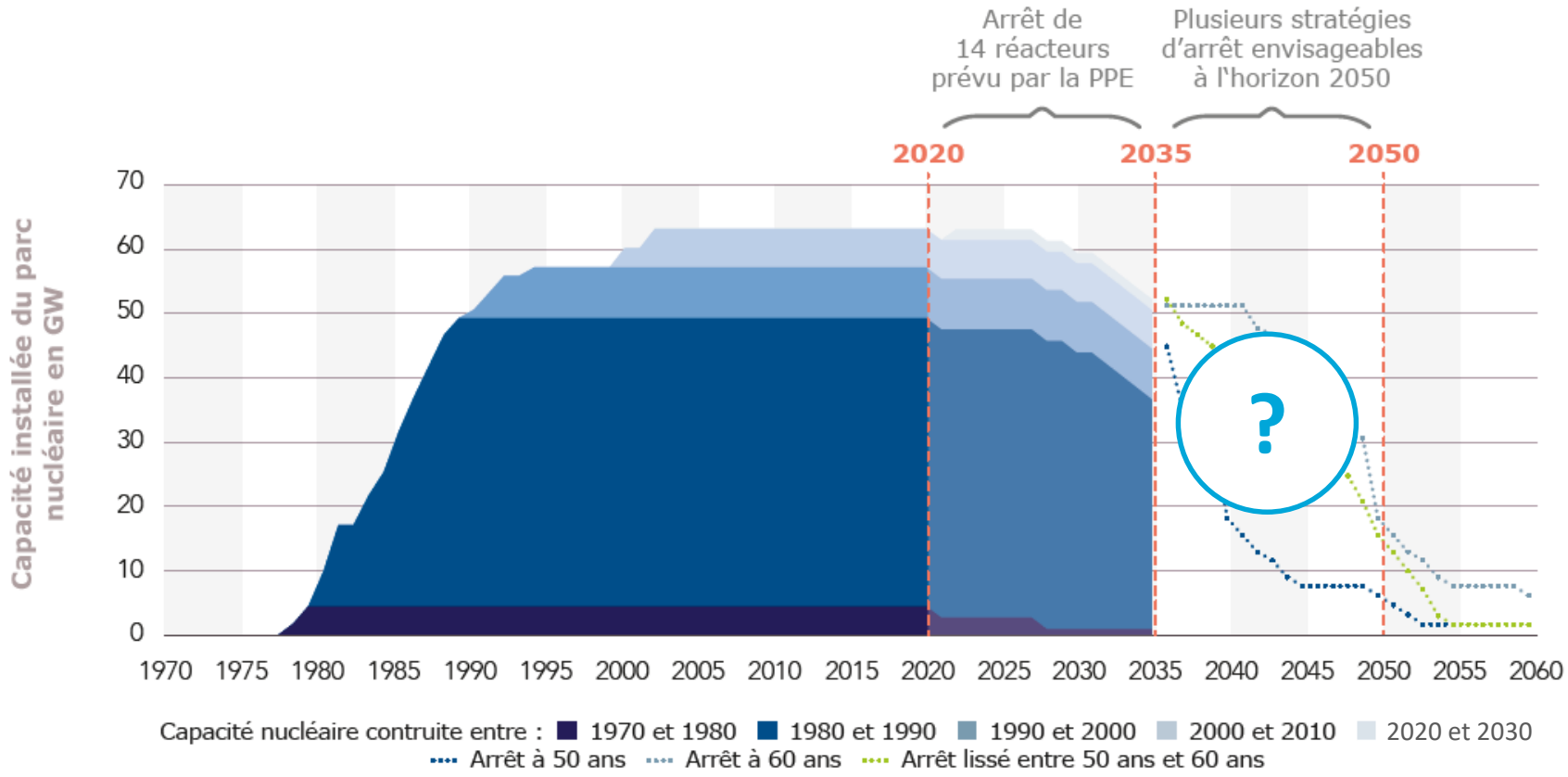
Premier défi : augmenter la production d'électricité décarbonée

Consommation d'énergie finale en France (SNBC)



* Consommation finale d'électricité (hors pertes, hors consommation issue du secteur de l'énergie et hors consommation pour la production d'hydrogène)
Consommation finale d'électricité dans la trajectoire de référence de RTE = 645 TWh

Second défi : remplacer le parc nucléaire de seconde génération



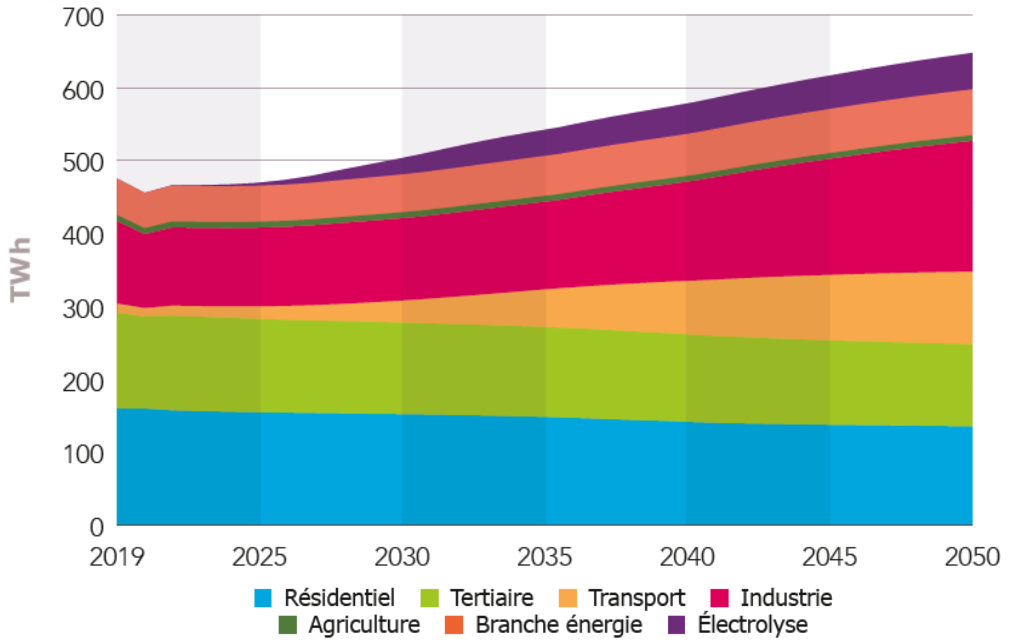
La consommation

Futurs énergétiques 2050

Un dispositif complet autour de la trajectoire de référence

1 Trajectoire de référence

645 TWh



2 Scénario sobriété

555 TWh

Habitat

Déplacements

Industrie

Travail

3 Scénario de réindustrialisation profonde

755 TWh

Part de l'industrie manufacturière dans le PIB à 12-13%

Les enseignements sur la consommation

1. **Agir sur la consommation grâce à l'efficacité énergétique, voire la sobriété est indispensable pour atteindre les objectifs climatiques**

2. **La consommation d'énergie va baisser mais celle d'électricité va augmenter pour se substituer aux énergies fossiles**

3. **Accélérer la réindustrialisation du pays, en électrifiant les procédés, augmente la consommation d'électricité mais réduit l'empreinte carbone de la France**

La transformation du mix

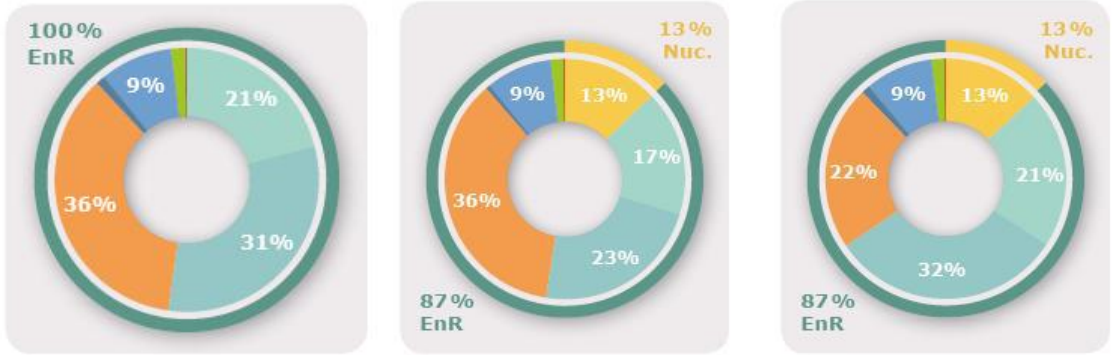
Futurs énergétiques 2050

Les six scénarios de mix

M0
100 % EnR en 2050

M1
EnR répartition diffuse

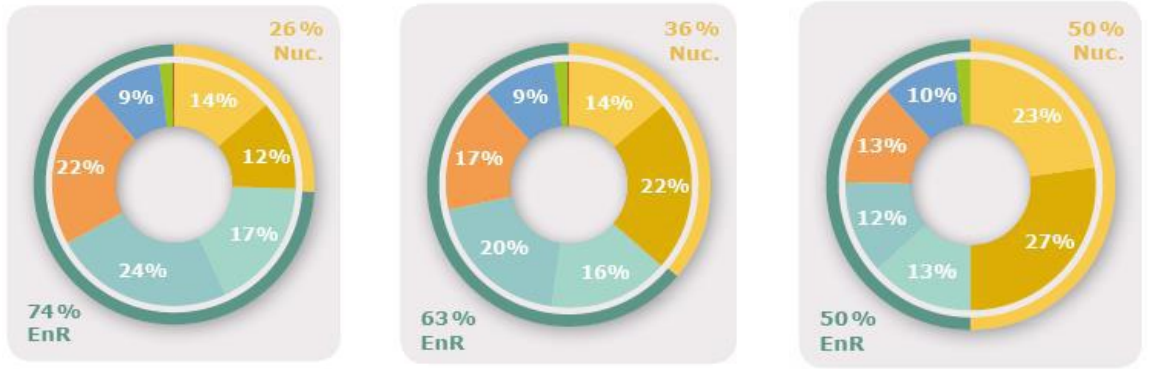
M23
EnR grands parcs



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

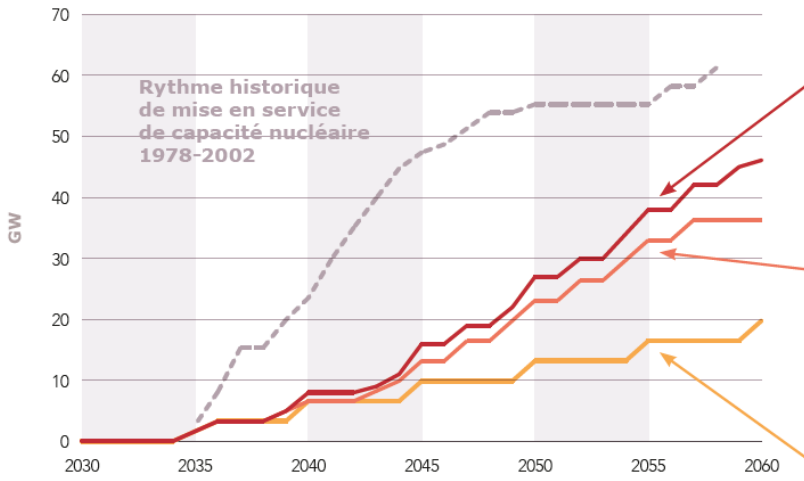
Les scénarios « N »

Avec nouveau nucléaire

Hydrau. | Solaire | Éolien terrestre | Éolien en mer | Nucléaire historique | Nouveau nucléaire

Les six scénarios de mix

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



N03: Trajectoire haute de construction de nouveaux réacteurs nucléaires (EPR2 et SMR)

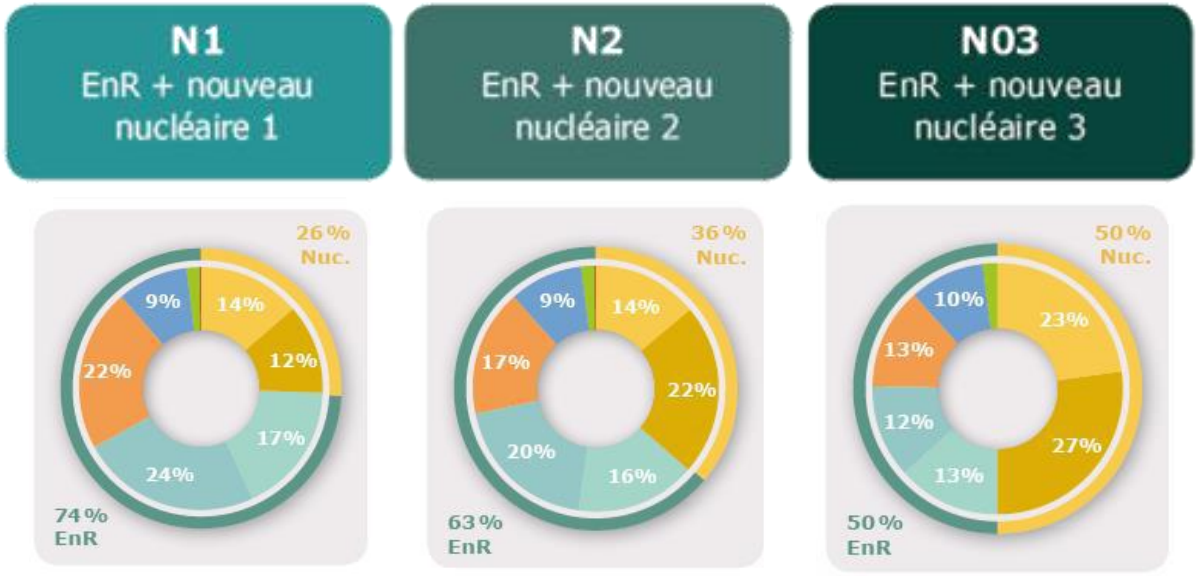
- Nécessite la mise en service de **14 EPR et plusieurs SMR entre 2035 et 2050** pour atteindre une part de l'énergie nucléaire dans le mix de **50%** en 2050 (consommation de référence)

N2: Trajectoire haute de construction de nouveaux EPR2

- Nécessite la mise en service de **14 EPR entre 2035 et 2050** pour atteindre une part de l'énergie nucléaire dans le mix de 36% en 2050 (consommation de référence)

N1 : Trajectoire basse de construction de nouveaux EPR2

- Nécessite la mise en service de **8 EPR entre 2035 et 2050** pour atteindre une part de l'énergie nucléaire dans le mix de 26% en 2050 (consommation de référence)



Les scénarios « N »
Avec nouveau nucléaire

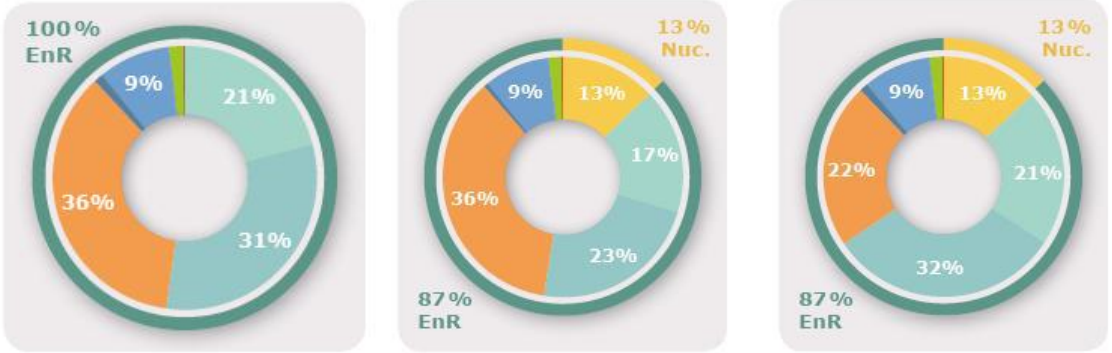
Hydrau. | Solaire | Éolien terrestre | Éolien en mer | Nucléaire historique | Nouveau nucléaire

Les six scénarios de mix

M0
100 % EnR
en 2050

M1
EnR répartition
diffuse

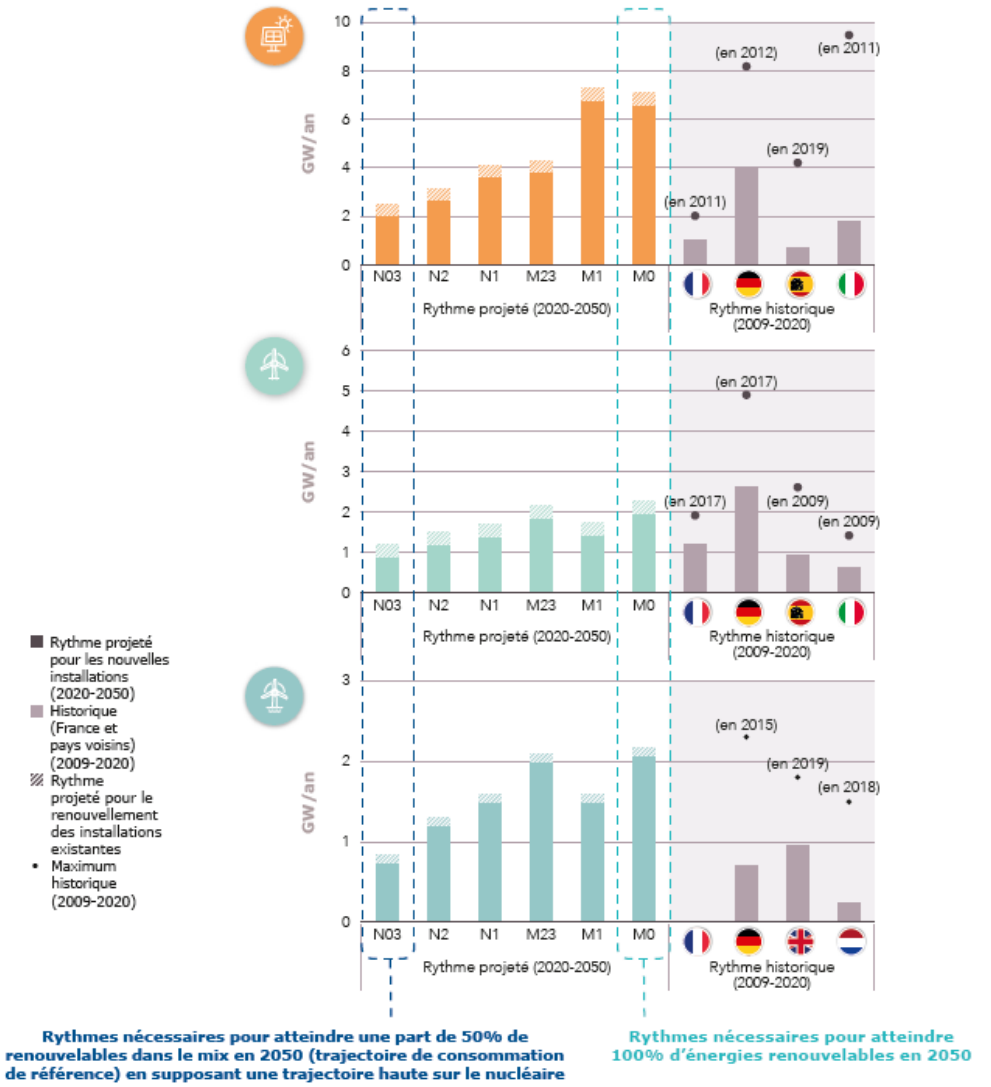
M23
EnR grands parcs



Les scénarios « M »

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

Rythmes nécessaires de développement des énergies renouvelables



Rythmes nécessaires pour atteindre une part de 50% de renouvelables dans le mix en 2050 (trajectoire de consommation de référence) en supposant une trajectoire haute sur le nucléaire

Rythmes nécessaires pour atteindre 100% d'énergies renouvelables en 2050

Les enseignements sur la transformation du mix

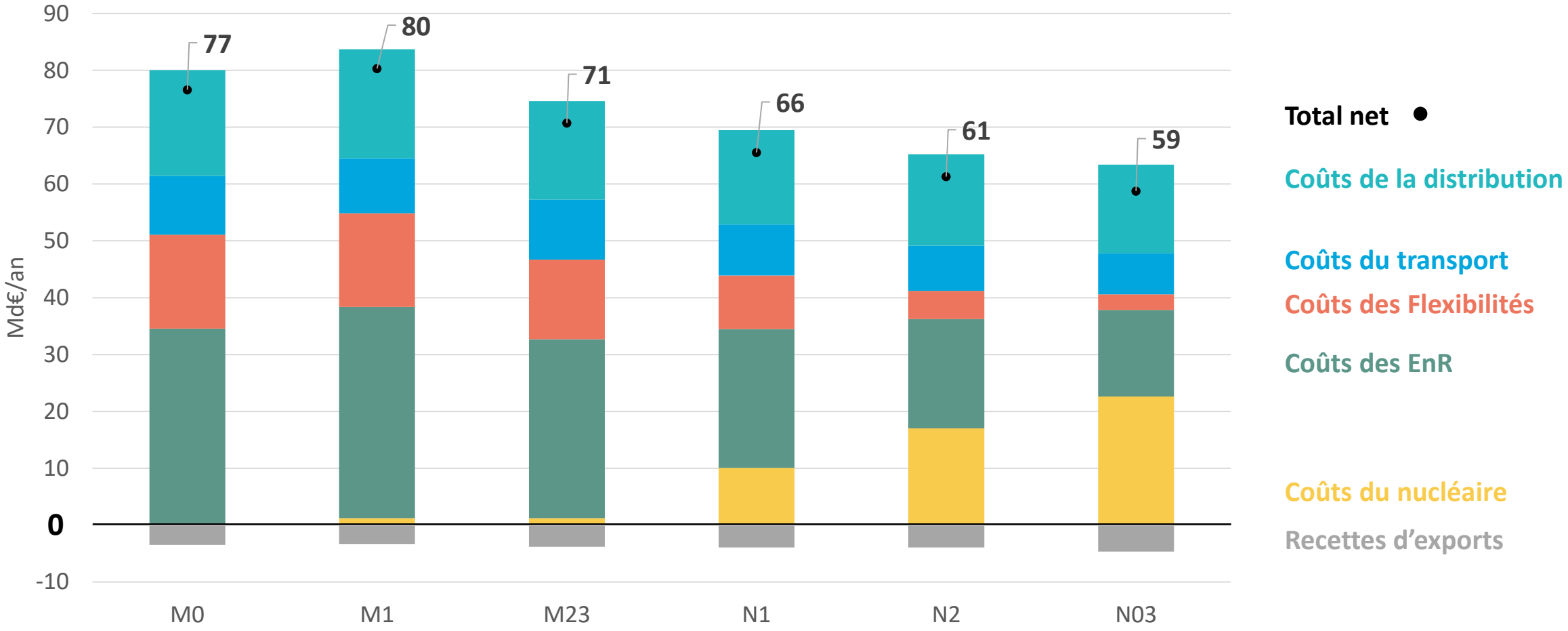
4 **Atteindre la neutralité carbone en 2050 est impossible sans un développement significatif des énergies renouvelables**

5 **Se passer de nouveaux réacteurs nucléaires implique des rythmes de développement des énergies renouvelables plus rapides que ceux des pays européens les plus dynamiques**

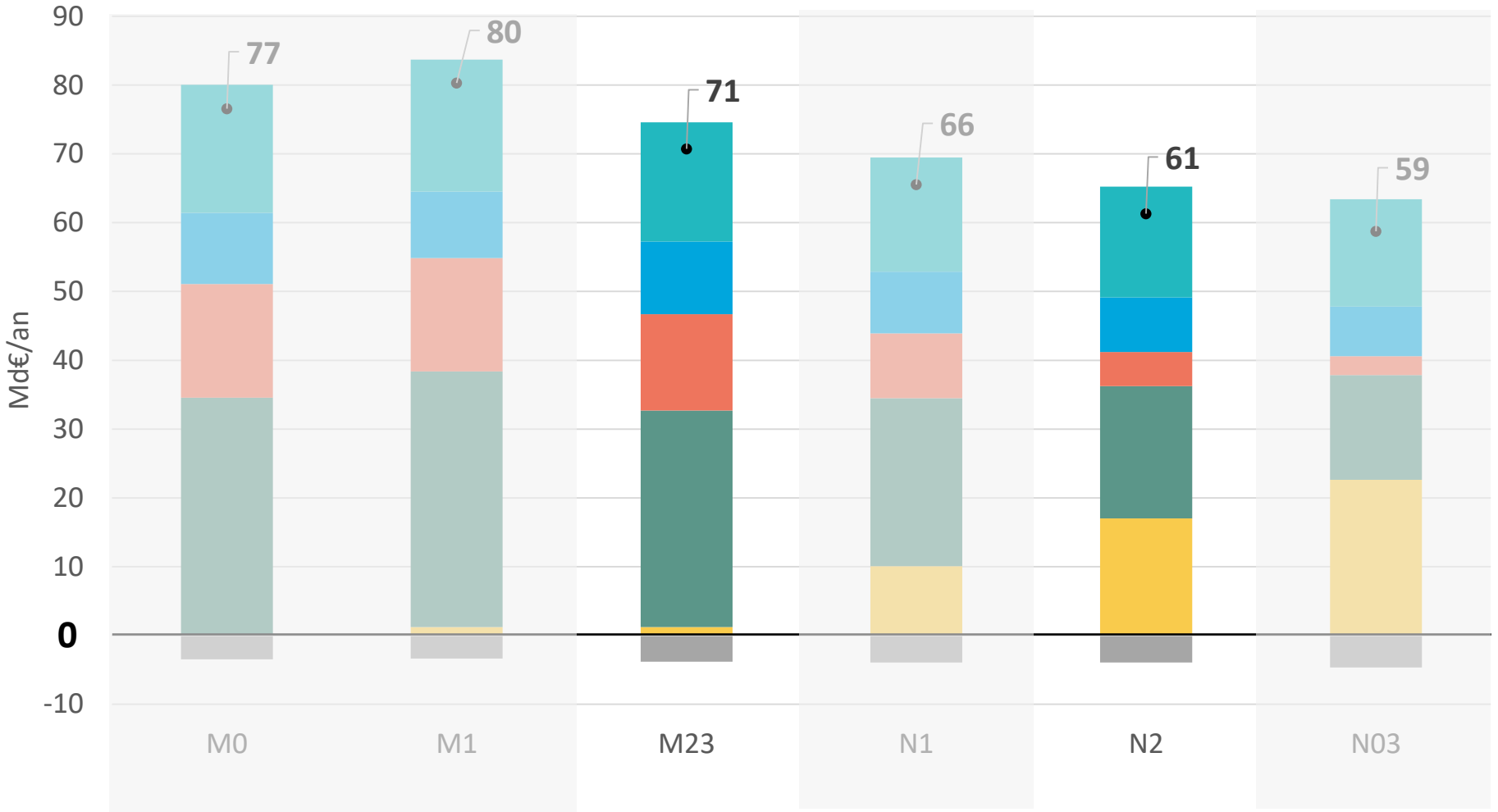
Economie

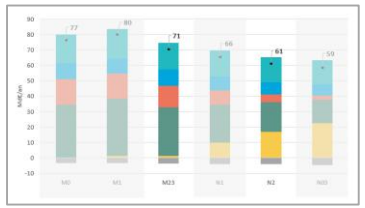
Futurs énergétiques 2050 - principaux enseignements

Coûts complets annualisés des scénarios à l'horizon 2060



Coûts complets annualisés des scénarios à l'horizon 2060





Evolution de l'écart de coûts complets annualisés entre les scénarios N2 et M23 (en Md€/an)

N2 moins cher que M23

N2 plus cher que M23

(Md€/an)

18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
-2

Ecart de référence (coûts et conditions de financement de référence)

Si les coûts de l'éolien flottant restent élevés (Stress test à 100 €/MWh)

Si les coûts des gaz verts et des renouvelables sont élevés

Si le coût des renouvelables est élevé

Si le coût des gaz verts est élevé

Si le coût du capital est faible

Si le coût de l'entreposage des déchets nucléaires est très élevé

Si le coût du nouveau nucléaire est élevé

Si le coût du capital est élevé

Si le coût des gaz verts est faible

Si le coût des renouvelables est faible

Si le coût du nouveau nucléaire est élevé et celui des renouvelables est faible

Si le coût du nouveau nucléaire est élevé (Stress test au coût de Famanville 3)

Si le coût de financement du nouveau nucléaire est significativement plus élevé que celui des renouvelables

Si le coût du nouveau nucléaire est très élevé et que celui de toutes les technologies renouvelables est faible

- Variation d'un paramètre
- Variation d'une combinaison de paramètres
- Stress test

Les enseignements sur l'analyse économique

6 **Construire de nouveaux réacteurs nucléaires est pertinent du point de vue économique, *a fortiori* quand cela permet de conserver un parc d'une quarantaine de GW en 2050 (nucléaire existant et nouveau nucléaire)**

7 **Les énergies renouvelables électriques sont devenues des solutions compétitives. Cela est d'autant plus marqué dans le cas de grands parcs solaires et éoliens à terre et en mer**

8 **Les moyens de pilotage dont le système a besoin pour garantir la sécurité d'approvisionnement sont très différents selon les scénarios. Il existe un intérêt économique à accroître le pilotage de la consommation, à développer des interconnexions et le stockage hydraulique, ainsi qu'à installer des batteries pour accompagner le solaire. Au-delà, le besoin de construire de nouvelles centrales thermiques assises sur des stocks de gaz décarbonés (dont l'hydrogène) est important si la relance du nucléaire est minimale et il devient massif – donc coûteux – si l'on tend vers 100% renouvelables.**

9 **Dans tous les scénarios, les réseaux électriques doivent être rapidement redimensionnés pour rendre possible la transition énergétique**

Les enseignements sur l'analyse économique

16 Pour 2050 : le système électrique de la neutralité carbone peut être atteint à un coût maîtrisable pour la France

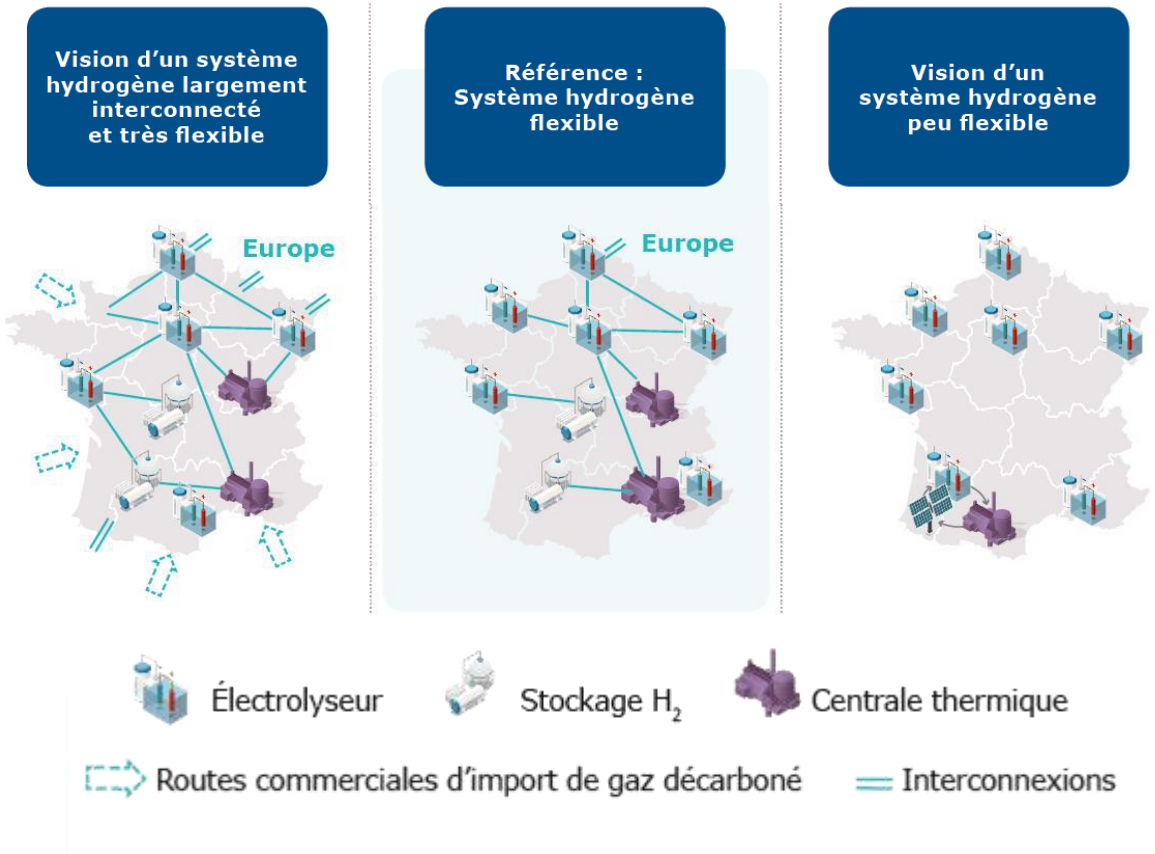
Système et technologies

Futurs énergétiques 2050 - principaux enseignements

Les enseignements sur le système et les technologies

10

Créer un « système hydrogène bas-carbone » performant est un atout pour décarboner certains secteurs difficiles à électrifier, et une nécessité dans les scénarios à très fort développement en renouvelables pour stocker l'énergie

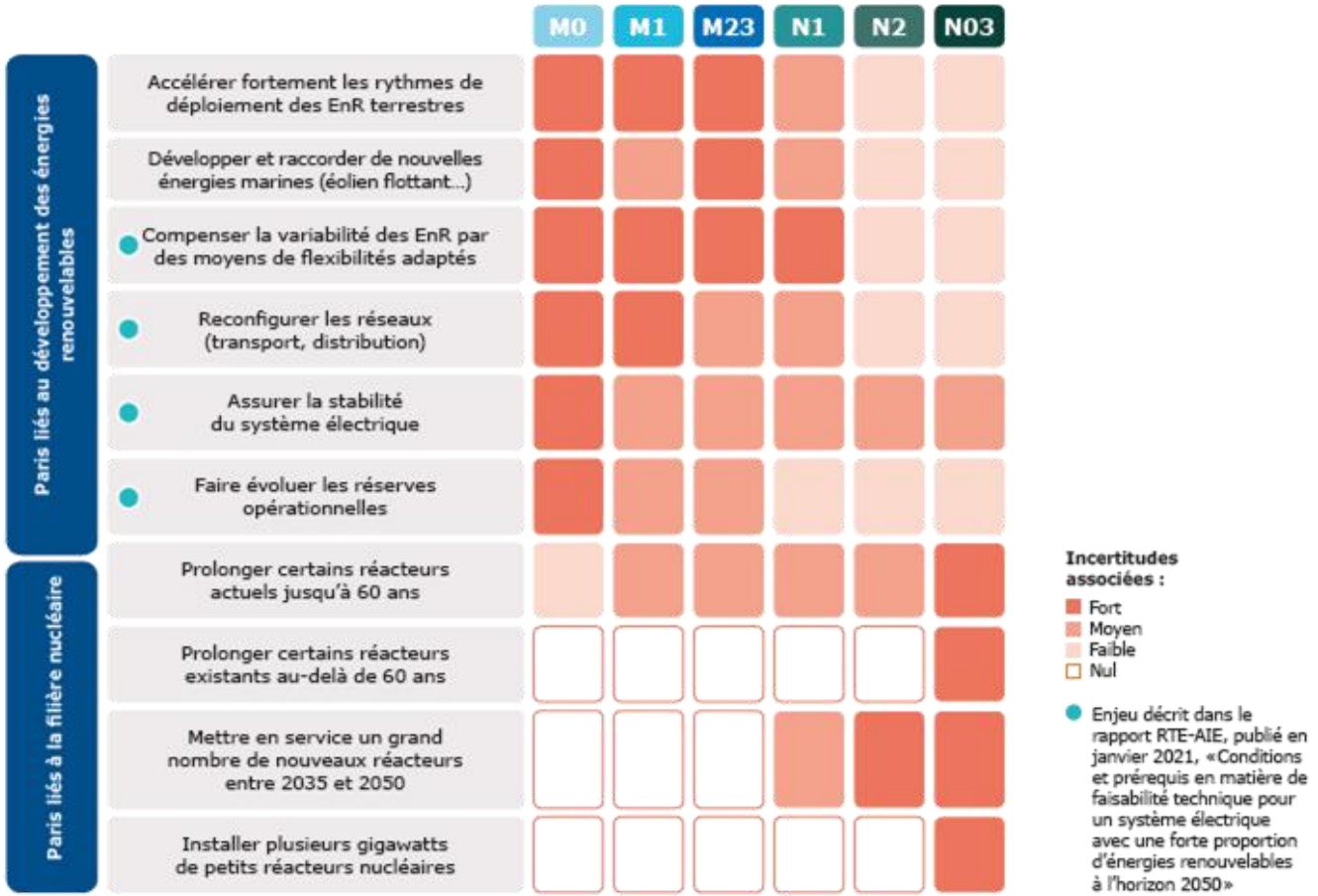


Les enseignements systèmes et technologies

11

Les scénarios à très hautes parts d'énergies renouvelables, ou celui nécessitant la prolongation des réacteurs nucléaires existants au-delà de 60 ans, impliquent des paris technologiques lourds pour être au rendez-vous de la neutralité carbone en 2050

Prérequis technologiques et industriels associés aux différents scénarios et incertitudes

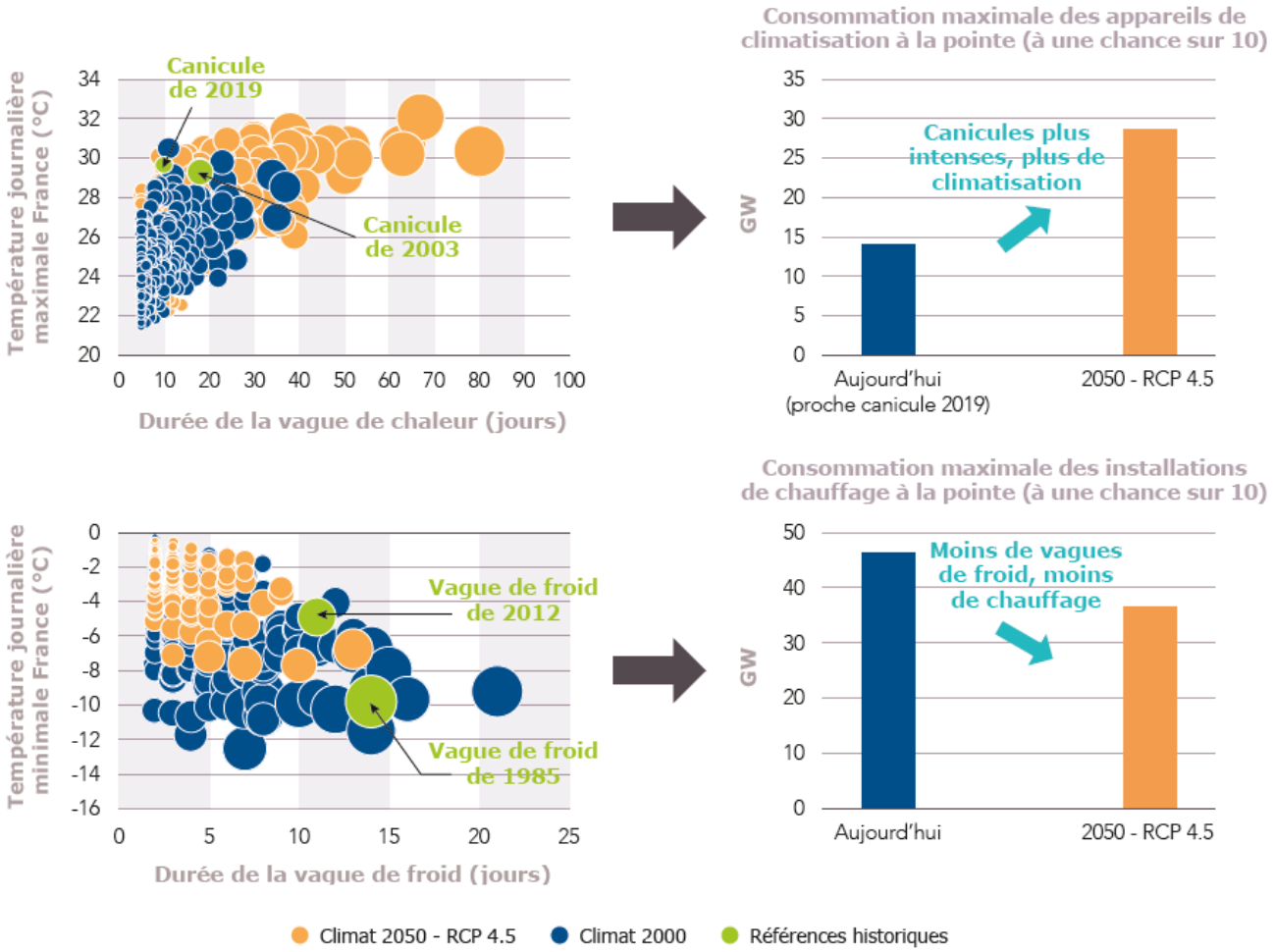


Les enseignements sur le système et les technologies

12

La transformation du système électrique doit intégrer dès à présent les conséquences probables du changement climatique, notamment sur les ressources en eau, les vagues de chaleur ou les régimes de vent

Evolution de la fréquence des canicules et vagues de froid et incidence sur les appels de puissance pour la climatisation et le chauffage



Espace et environnement

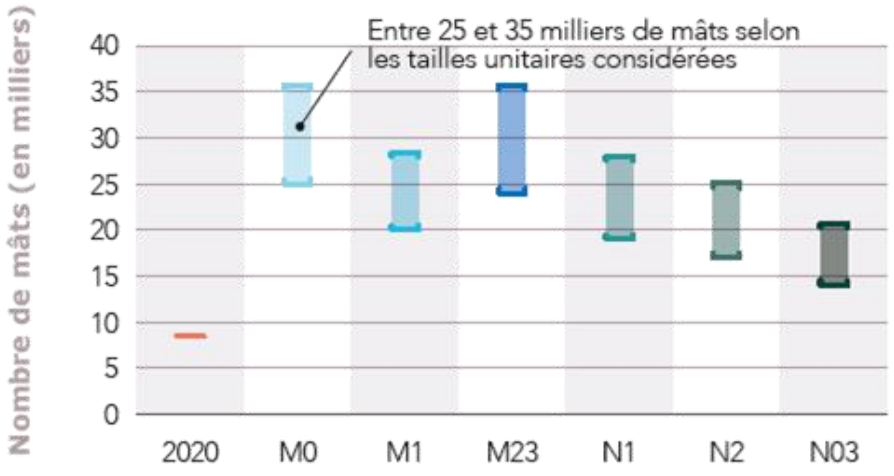
Futurs énergétiques 2050 - principaux enseignements

Les enseignements sur l'analyse environnementale

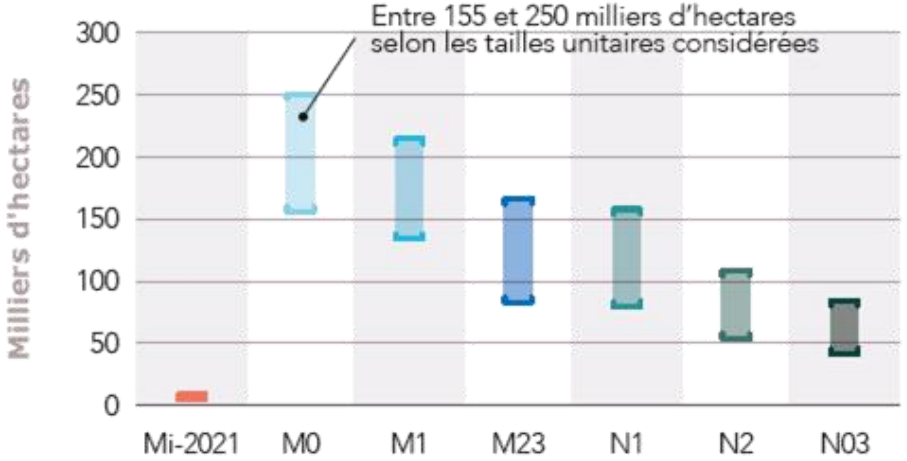
13

Le développement des énergies renouvelables soulève un enjeu d'occupation de l'espace et de limitation des usages. Il peut s'intensifier sans exercer de pression excessive sur l'artificialisation des sols, mais doit se poursuivre dans chaque territoire en s'attachant à la préservation du cadre de vie

Projection du nombre de mâts d'éoliennes terrestres à l'horizon 2050



Projection du nombre d'hectares occupés par des panneaux photovoltaïques au sol à l'horizon 2050

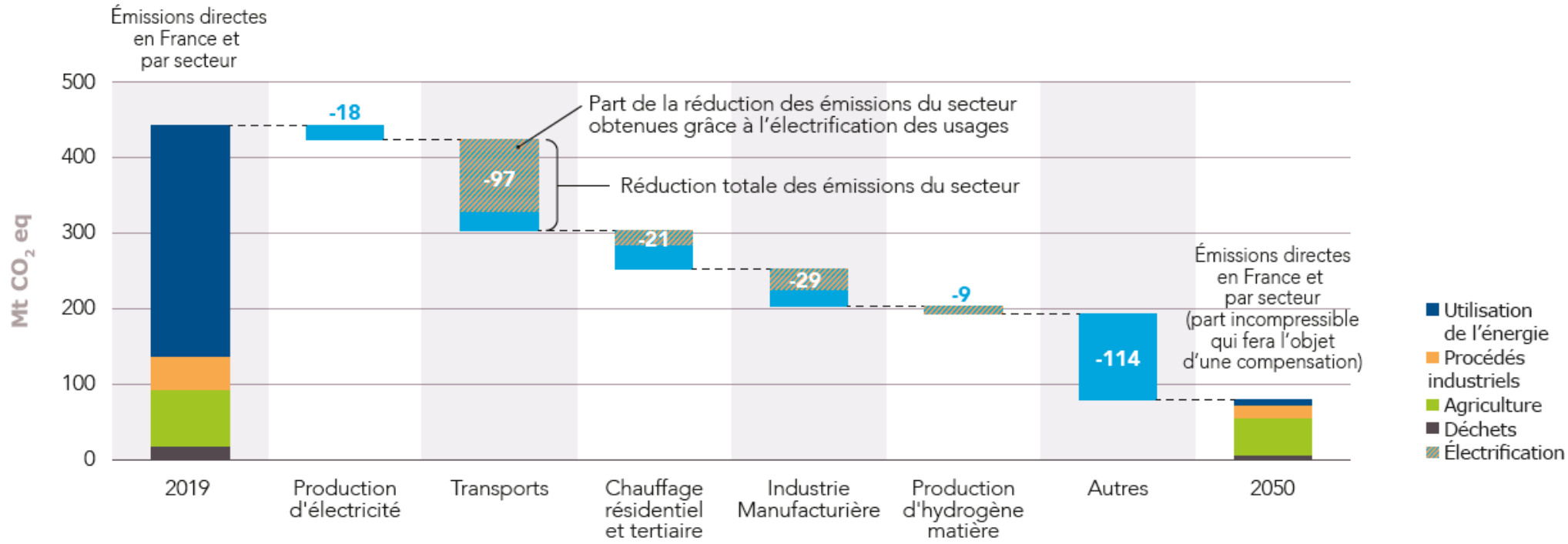


Les enseignements sur l'analyse environnementale

14

Même en intégrant le bilan carbone complet des infrastructures sur l'ensemble de leur cycle de vie, l'électricité en France restera très largement décarbonée et contribuera fortement à l'atteinte de la neutralité carbone en se substituant aux énergies fossiles

Trajectoire d'émissions de gaz à effet de serre et effets de l'électrification



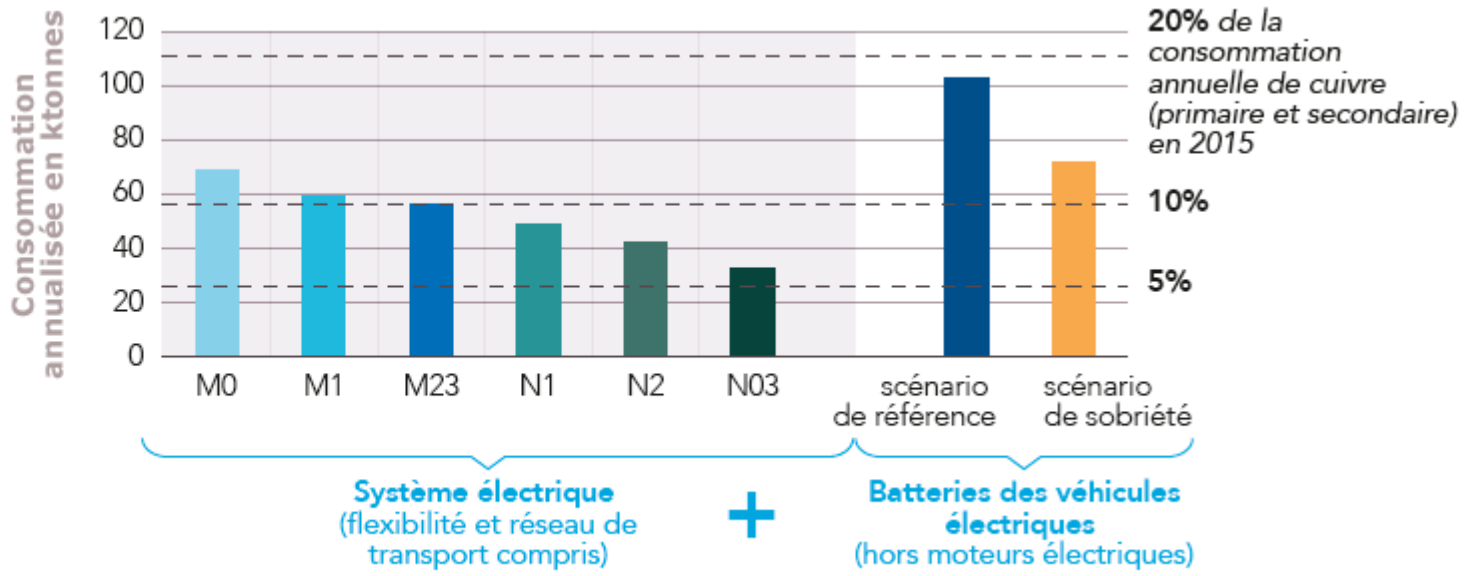
Les enseignements sur l'analyse environnementale

15 L'économie de la transition énergétique peut générer des tensions sur l'approvisionnement en ressources minérales, particulièrement pour certains métaux, qu'il sera nécessaire d'anticiper

Consommation annuelle de cuivre projetée à 2050 dans les scénarios et pour les batteries de véhicules

Aluminium
Cuivre
Acier
Béton
Terres rares
Argent
Silicium
Uranium
Zirconium
Graphite
Lithium
Cobalt
Manganese
Nickel
Chrome
Zinc

Exemple pour le cuivre dont l'approvisionnement est aujourd'hui jugé critique du fait d'une demande en forte croissance et de réserves qui pourraient devenir insuffisantes



Général

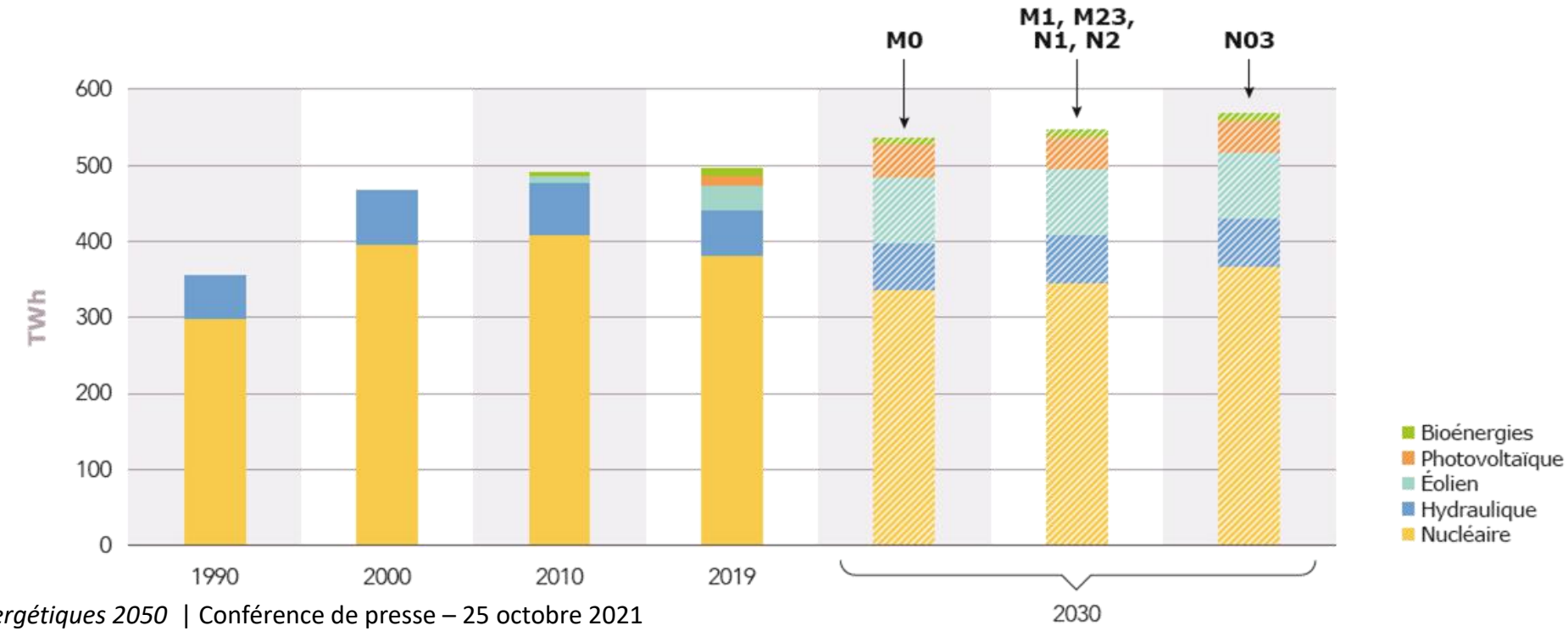
Futurs énergétiques 2050 - principaux enseignements

Les enseignements à court terme

17

Pour 2030 : développer les énergies renouvelables le plus rapidement possible et prolonger les réacteurs nucléaires existants dans une logique de maximisation de la production bas-carbone augmente les chances d'atteindre la cible du nouveau paquet européen « -55 % net »

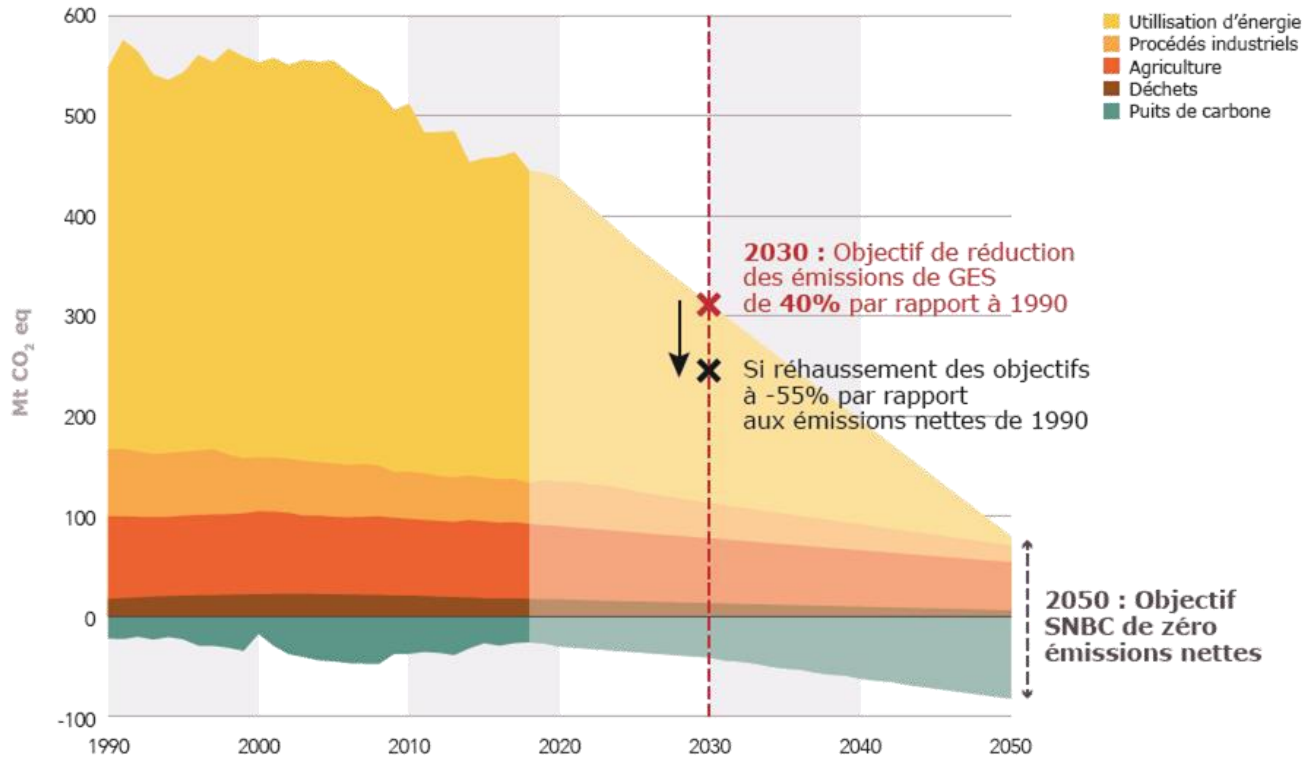
Production d'électricité bas-carbone en France (historique et projections 2030)



Les enseignements à court terme

18 Quel que soit le scénario choisi, il y a urgence à se mobiliser

Evolution des émissions et des puits de gaz à effet de serre (historique et objectifs)



(Source : SNBC)

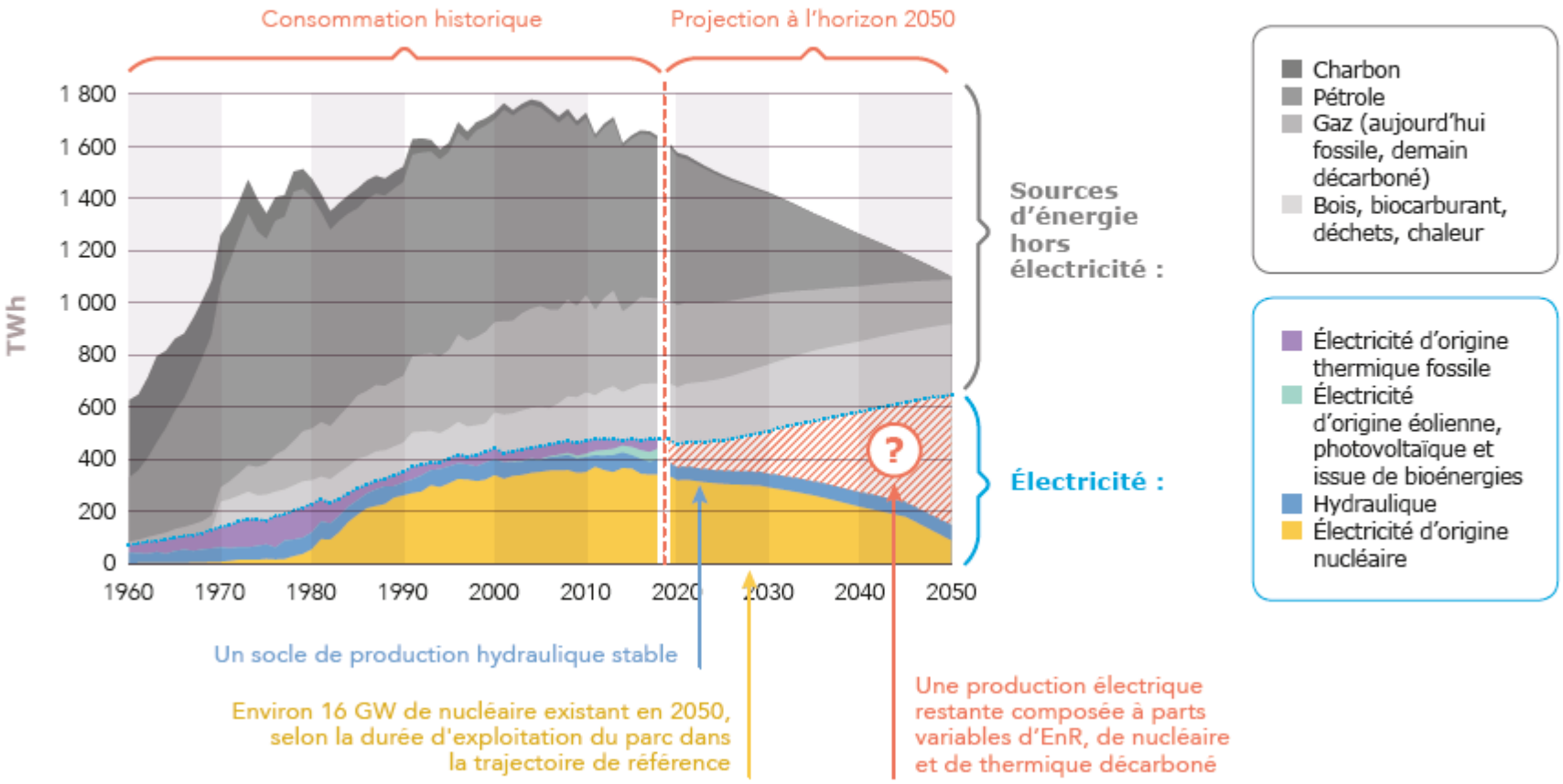
Le réseau de transport d'électricité

Annexes

Copyright RTE – 2021. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Électricité (RTE)

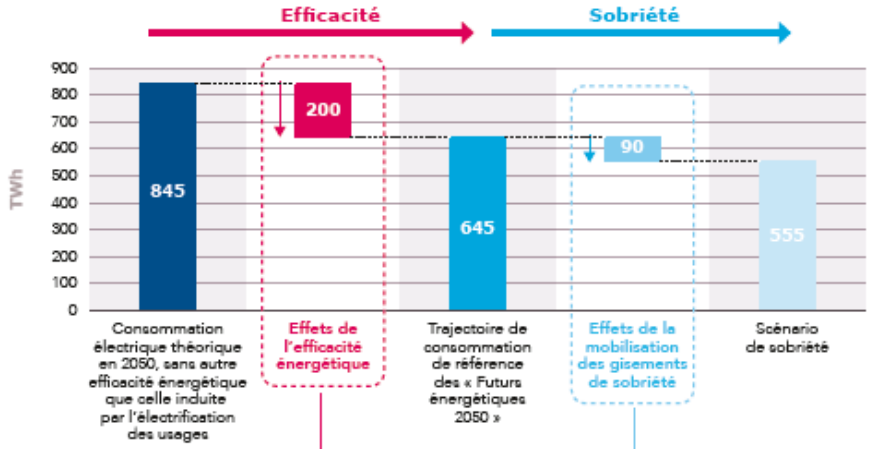
La problématique générale

Évolution de la consommation totale d'électricité et de la consommation d'énergie finale pour les autres énergies en France



Enseignement n° 1 : Efficacité énergétique et sobriété

Enseignement n° 1 Effets attendus de l'efficacité énergétique et effets potentiels de la sobriété sur le niveau de consommation (par rapport à la trajectoire de référence)



1. **Réduction des consommations unitaires des équipements :** électroménager, éclairage, informatique.
2. **Mise en œuvre de politiques publiques volontaristes :** rénovation thermique des bâtiments (doublement du rythme de rénovations), normes sur les nouveaux bâtiments (RE 2020), décret tertiaire, utilisation privilégiée des pompes à chaleur.
3. **Renforcement mécanique de l'efficacité énergétique lors de l'électrification :** véhicules électriques et pompes à chaleur offrent des performances énergétiques très supérieures à celles des véhicules thermiques ou des chaudières à combustibles fossiles.

Habitat : -23 TWh
augmentation de l'habitat partagé, limitation volontaire de la consommation de chauffage (-1° C) et d'eau chaude.

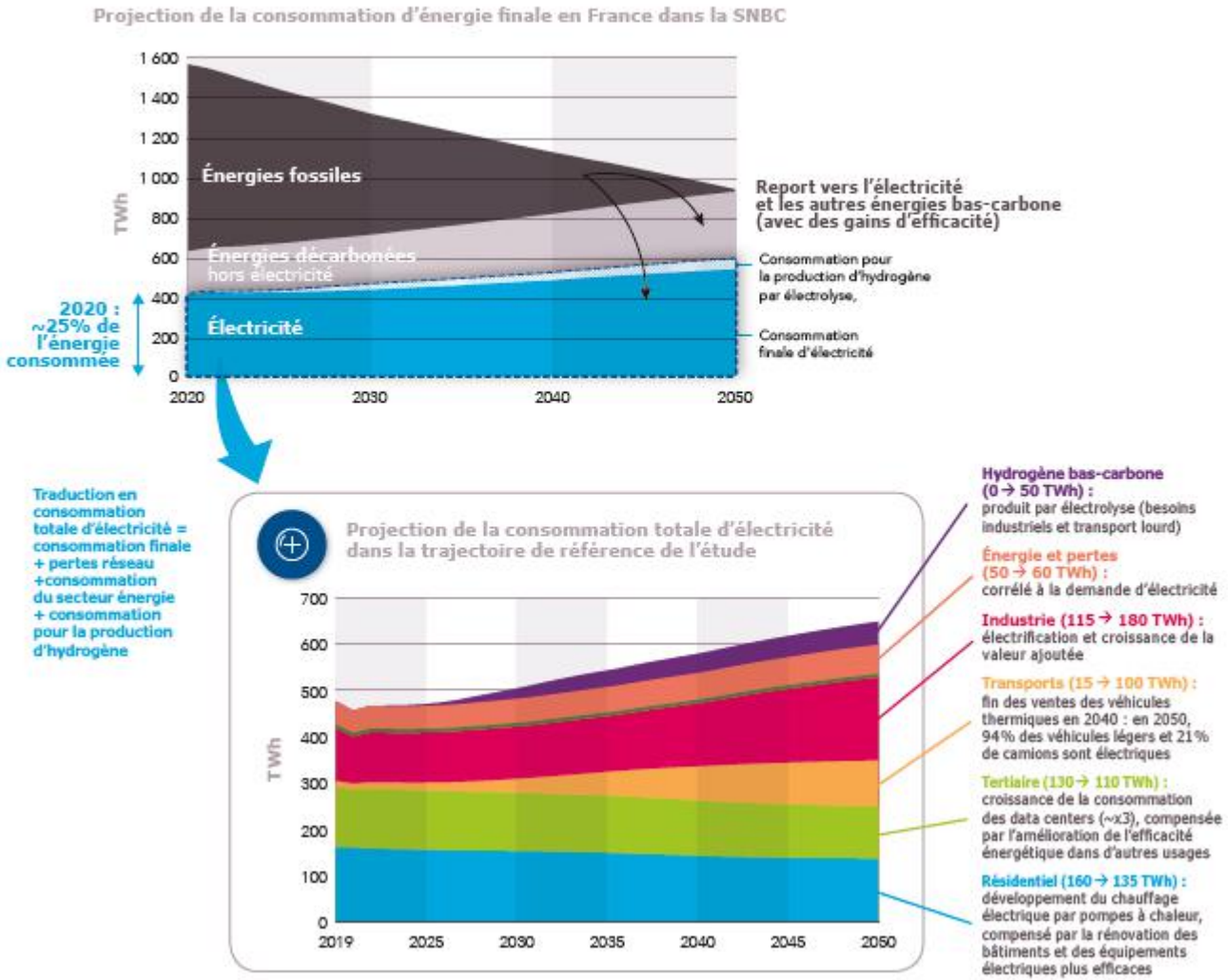
Travail et commerces : -18 TWh
recours au télétravail associé à une limitation des surfaces de bureaux, moindre équipement en matériel informatique.

Déplacements : -22 TWh
diminution des transports individuels au profit du covoiturage, réduction de la vitesse moyenne de circulation et de la taille des véhicules.

Activités industrielles : -20 TWh
réduction des besoins de l'industrie agro-alimentaire si adoption d'une alimentation moins transformée, réduction de la production de biens grâce à l'allongement de la durée de vie des équipements.

Enseignement n°2 : Evolution de la consommation

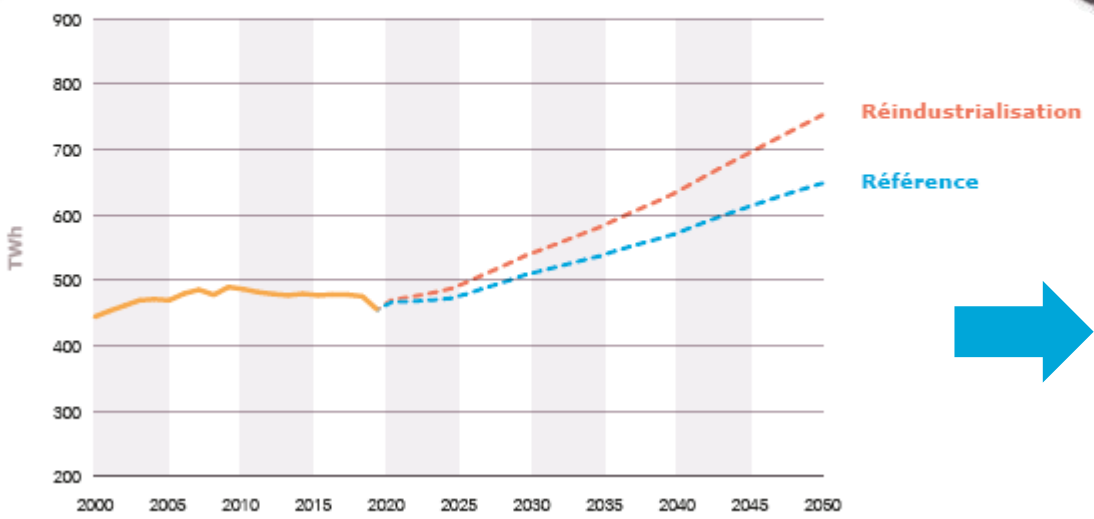
Enseignement n°2 Évolution de la consommation d'énergie et d'électricité dans une perspective de neutralité carbone



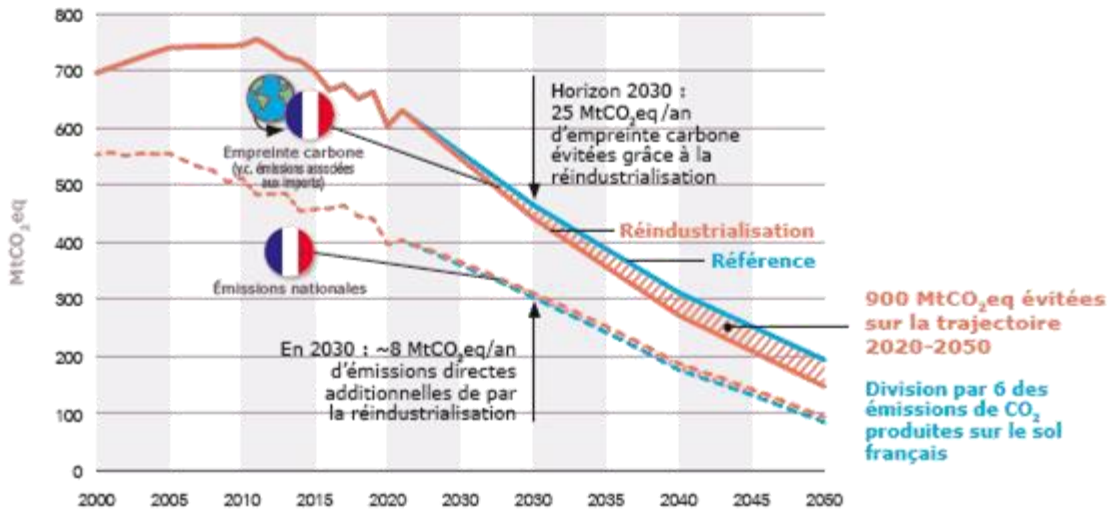
Enseignement n°3 : Réindustrialisation

Enseignement n°3 Effets d'une réindustrialisation profonde sur la consommation d'électricité en France et sur l'empreinte carbone

Projection de la consommation d'électricité en France avec ou sans réindustrialisation profonde



Effets du scénario de réindustrialisation profonde sur les émissions territoriales et l'empreinte carbone de la France

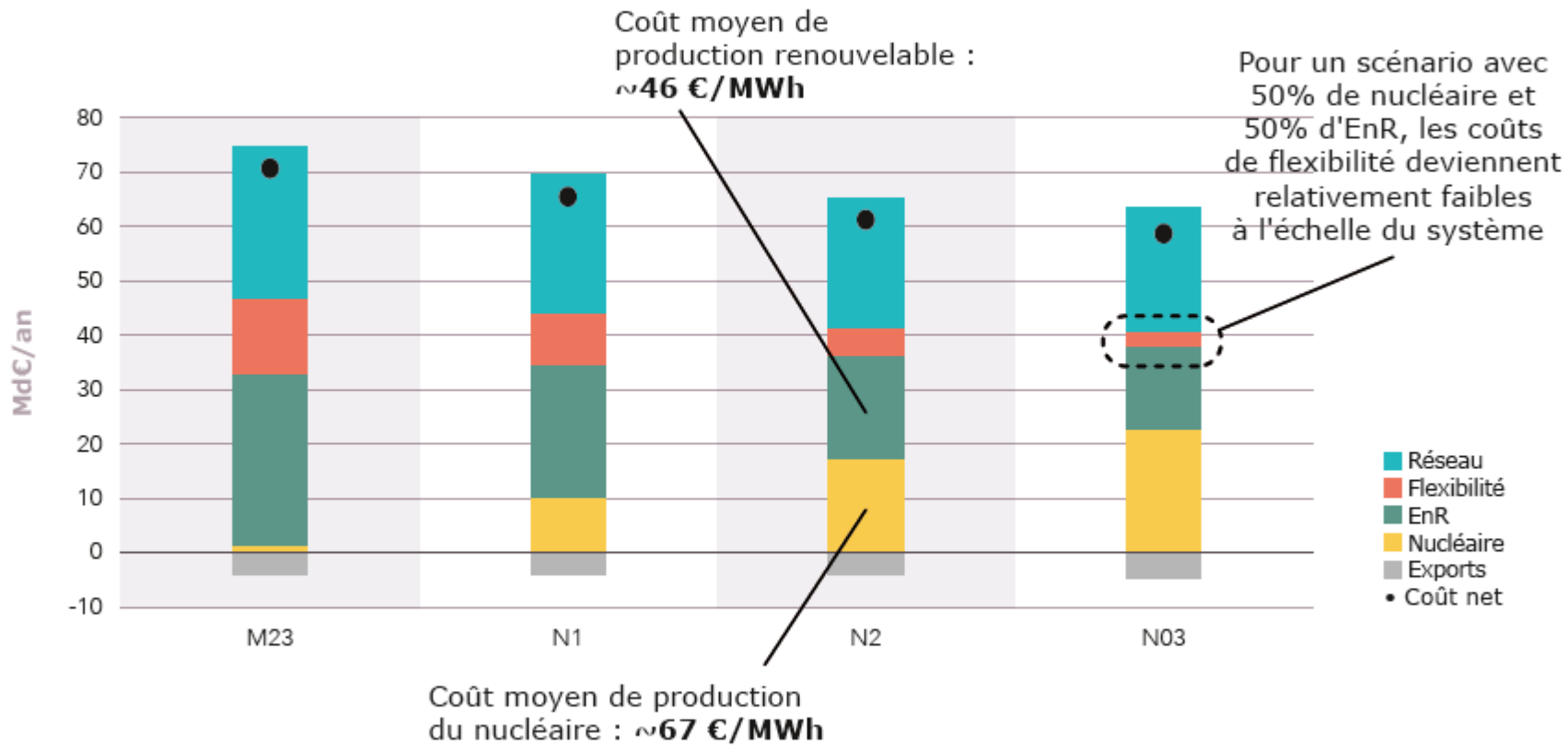


900 $MtCO_2eq$ évitées sur la trajectoire 2020-2050

Division par 6 des émissions de CO_2 produites sur le sol français

Enseignement n°7 : Energies renouvelables compétitives

Enseignement n° 7 Coûts complets annualisés à **l'horizon 2060**

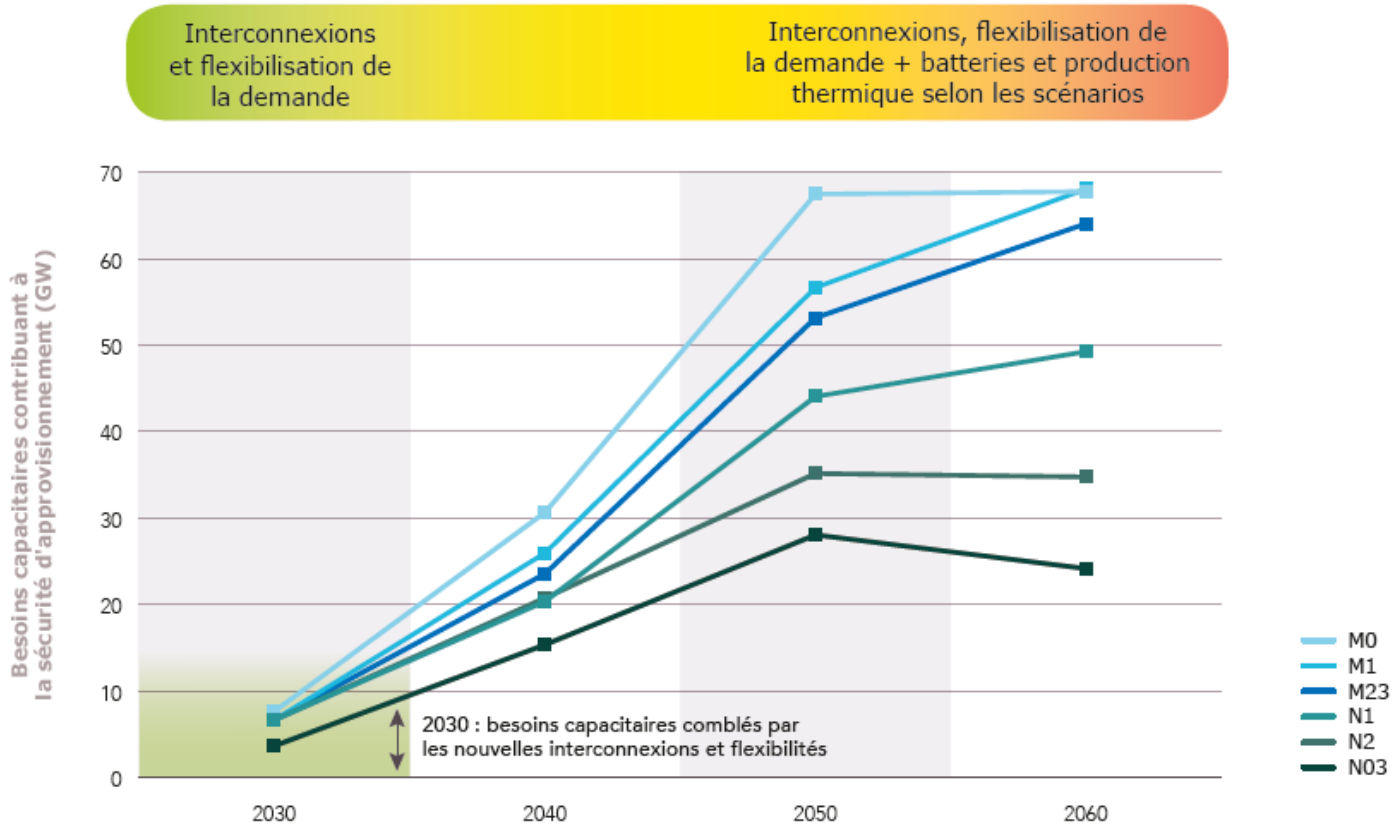


* Hypothèse centrale du coût des technologies et coût du capital à 4%

Enseignement n°8 : Flexibilités

Enseignement n°8

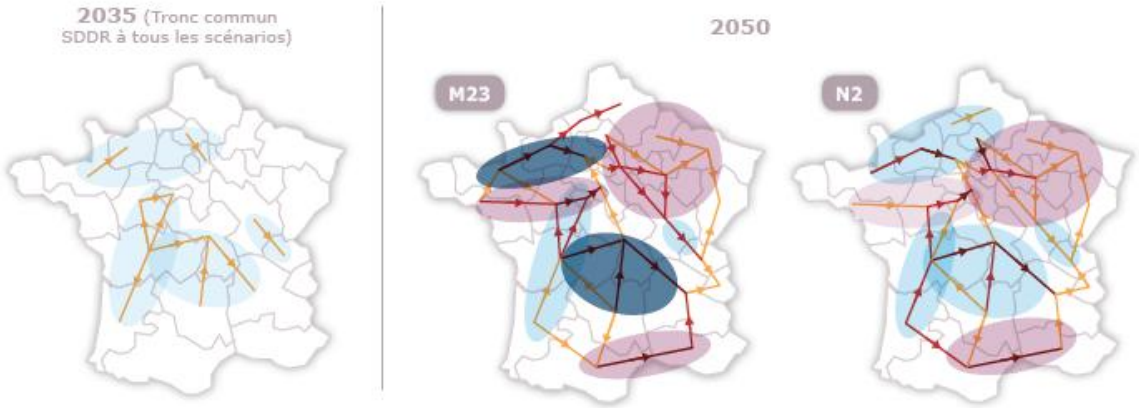
Évolution des besoins de nouvelles capacités flexibles contribuant à la sécurité d'approvisionnement (en plus de la flexibilité intrinsèque des installations de production nucléaires et renouvelables)



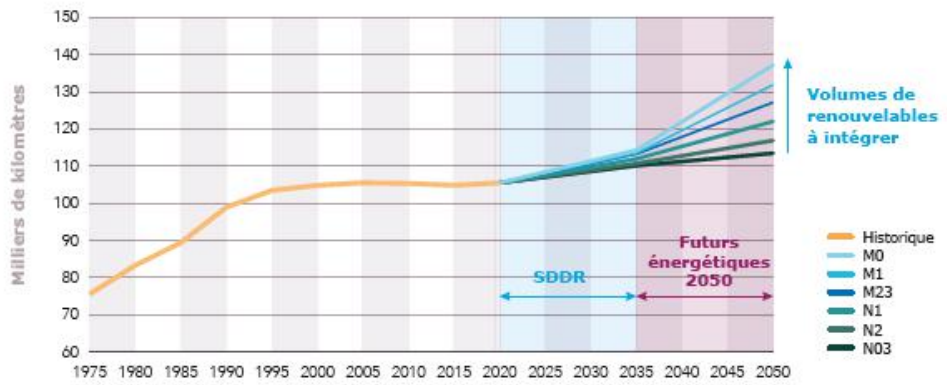
Enseignement n°9 : Réseaux

Enseignement n° 9 Perspectives d'adaptations du réseau public de transport selon les scénarios

Évolution des zones de fragilité du SDDR dans les scénarios M23 et N2

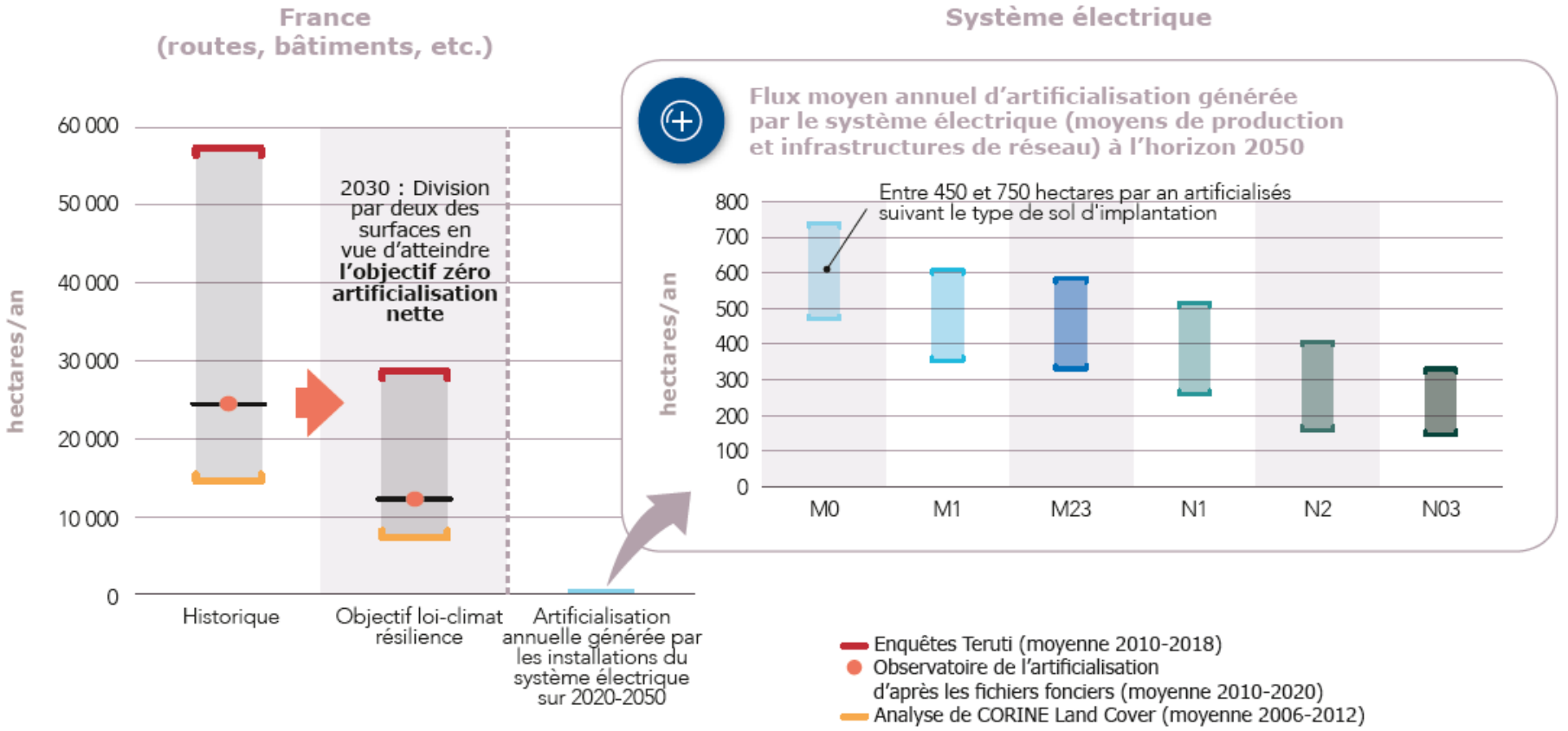


Évolution de la longueur des réseaux régionaux et grand transport



Enseignement n°13 : Flux d'artificialisation

Enseignement n° 13 Flux d'artificialisation projeté à 2050 dans les scénarios et à l'échelle de la France (historique et objectif 2030)



Source : CEREMA, 2021, «Les déterminants de la consommation d'espaces».
Nota bene : le volume d'artificialisation varie selon la méthode d'évaluation (fichiers fonciers, enquêtes par sondage).
Conformément à la convention prévue par la loi climat et résilience, la surface sous les panneaux photovoltaïques n'est ici pas comptabilisée dans les surfaces artificialisées.

Enseignement n°14 : Bilan carbone

Enseignement n° 14 Émissions de gaz à effet de serre en cycle de vie du système électrique

