



Le réseau
de transport
d'électricité

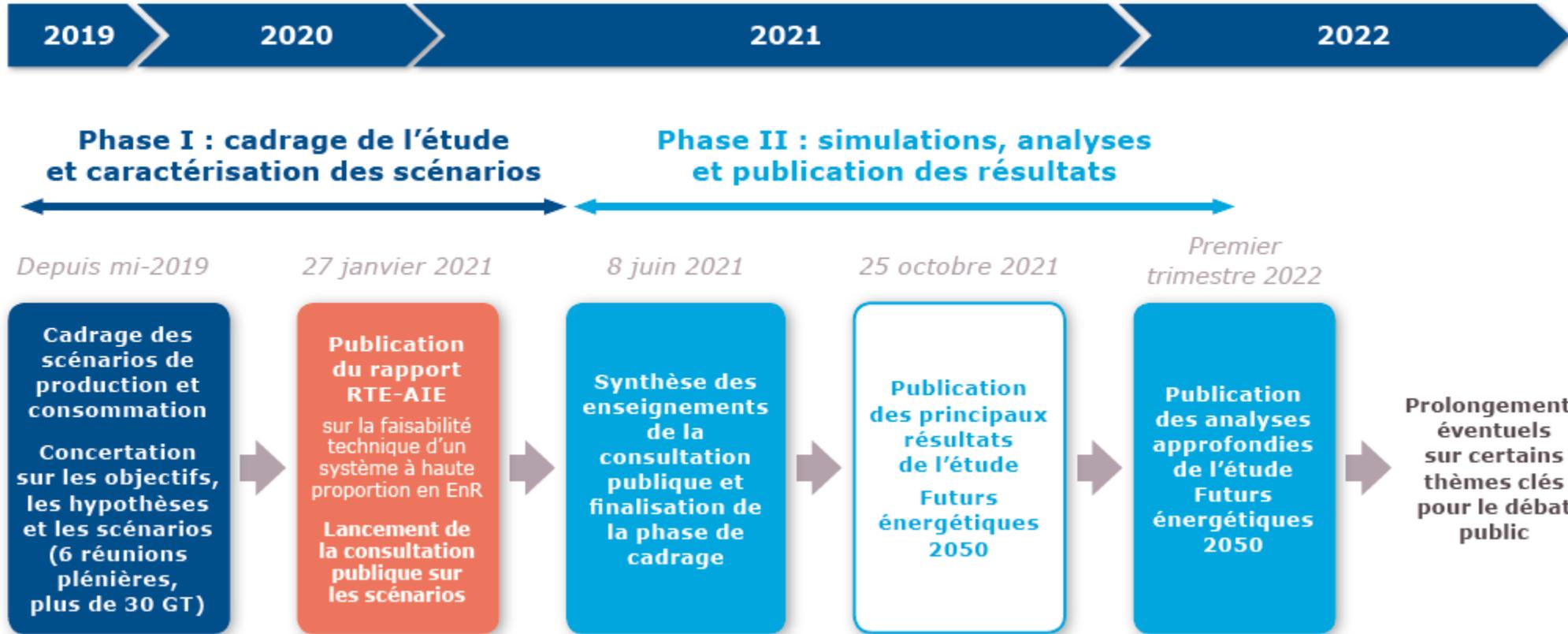
Futurs énergétiques 2050

Conférence de presse

25 octobre 2021



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



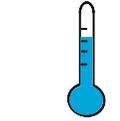
1500 pages de documents de cadrage produits pendant la concertation



4000 réponses reçues à la consultation publique



Les grands paramètres de l'étude



Evolution du climat

Trajectoires climatiques

Aléas climatiques extrêmes



Cadrage macro-économique

PIB

Démographie



Evolution de la consommation d'électricité

Part de l'industrie

Sobriété et modes de vie

Efficacité énergétique

Electrification des usages

Recours à l'hydrogène



Production d'électricité

Arrêts des réacteurs nucléaires existants

Développement du nouveau nucléaire

Production d'énergies renouvelables



Moyens de flexibilités

Développement des interconnexions

Flexibilités de la demande

Compétitivité des solutions de flexibilités



Contexte européen

Variantes sur l'évolution des mix des pays voisins



Composantes du chiffrage économique

Coûts unitaires des actifs de production

Taux d'actualisation

Coût du capital

Référence

RCP 4.5
GIEC

+ 1,3 %/an
A partir de 2030

69 M hbts
En 2050

Industrie manufacturière
10% du PIB

Dépend de chaque scénario

39 GW d'interconnexions

Transition réussie dans les pays voisins

Coût du capital
4% [1 – 7%]



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)



Modélisation du système énergétique dans l'étude

Hypothèses France et Europe

 **Référentiels climatiques**

 **Chroniques de disponibilité des moyens thermiques**

 **Chroniques de production des énergies renouvelables**

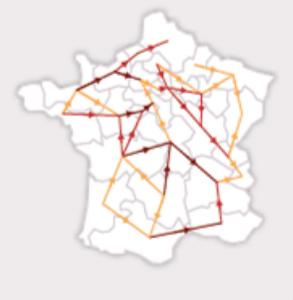
 **Chroniques de consommation**

 **Flexibilités et couplages sectoriels**

Simulations de l'équilibre offre-demande au pas horaire + bouclage économique



Étude des besoins réseaux



 **Volumes de réseau**

 **Volumes de flexibilités et bilans énergétiques**

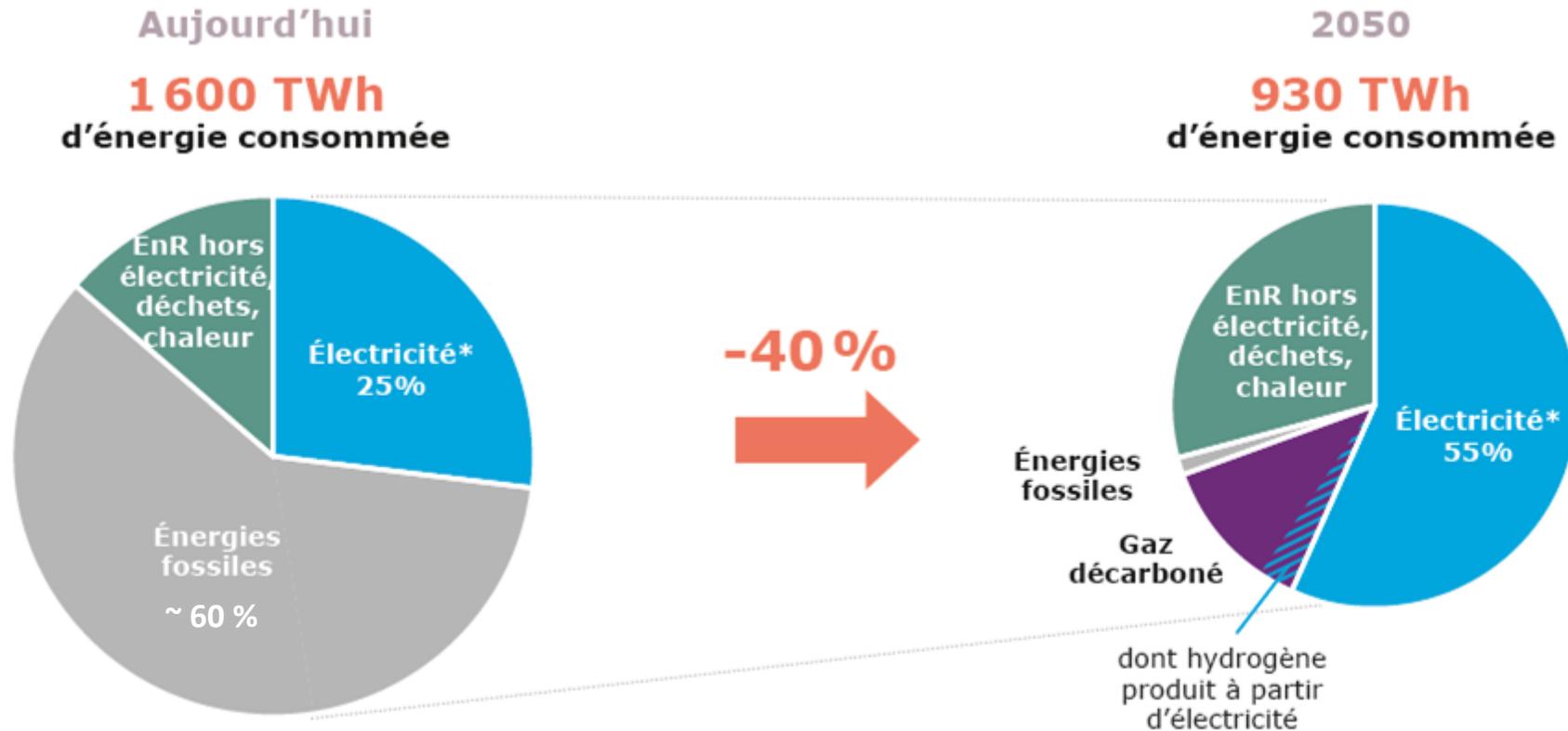
 **Coûts complets système, besoins d'investissement...**

 **Émissions de CO₂, consommation de matières, surfaces artificialisées, déchets nucléaires...**



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

Consommation d'énergie finale en France (SNBC)

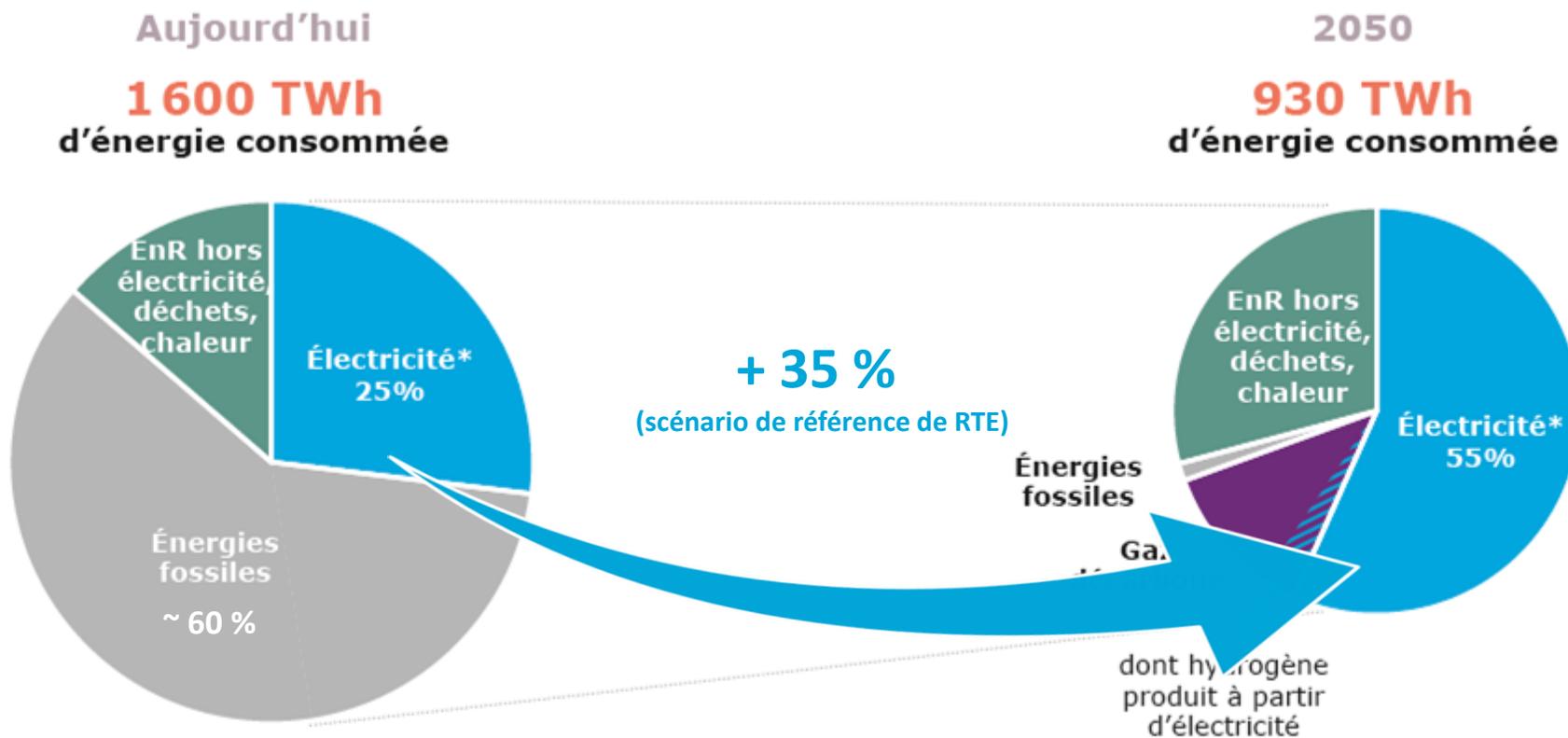


* Consommation finale d'électricité (hors pertes, hors consommation issue du secteur de l'énergie et hors consommation pour la production d'hydrogène)
Consommation finale d'électricité dans la trajectoire de référence de RTE = 645 TWh



Premier défi : augmenter la production d'électricité décarbonée

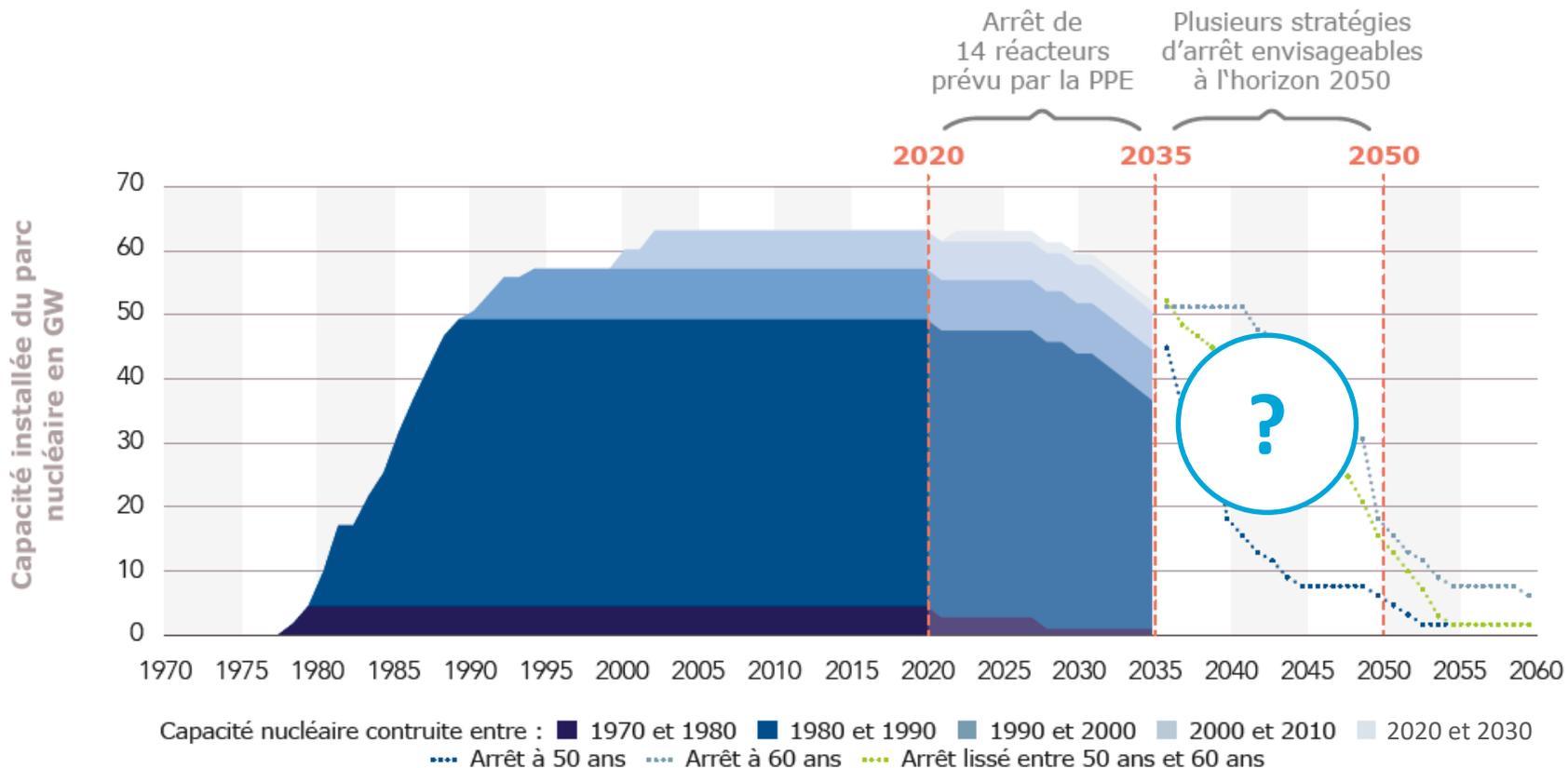
Consommation d'énergie finale en France (SNBC)



* 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

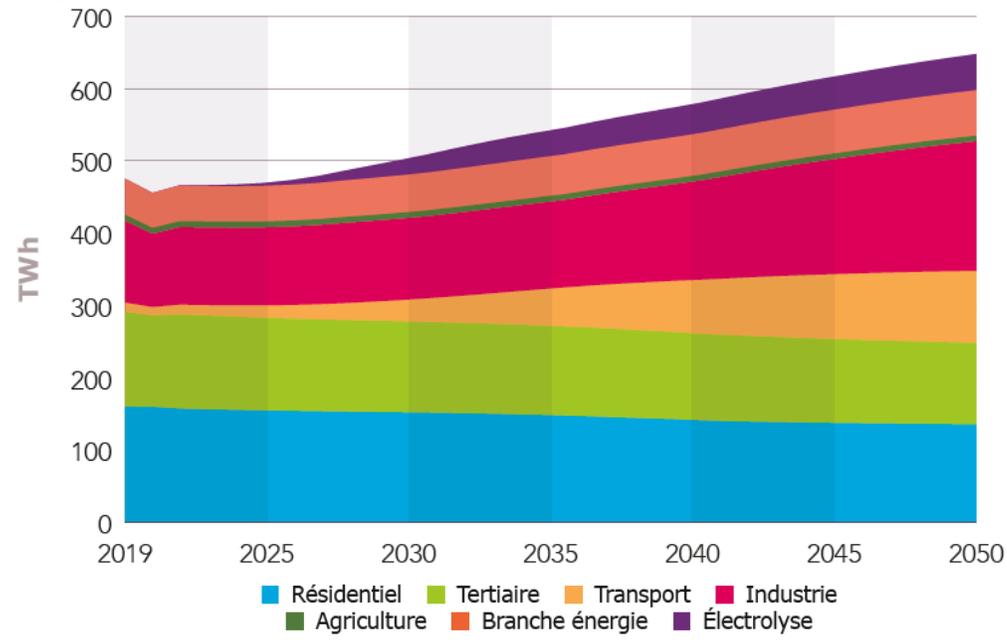


La consommation

.....

Futurs énergétiques 2050

1 Trajectoire de référence 645 TWh

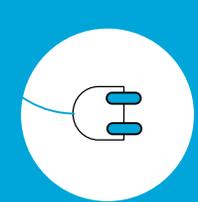


2 Scénario sobriété 555 TWh

- Habitat
- Déplacements
- Industrie
- Travail

3 Scénario de réindustrialisation profonde 755 TWh

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



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



M0
100 % EnR
en 2050

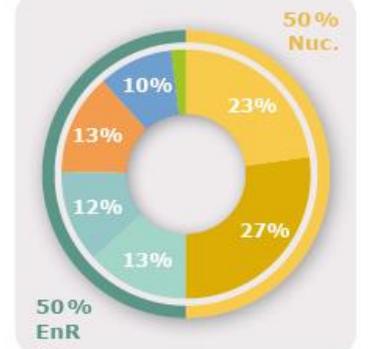
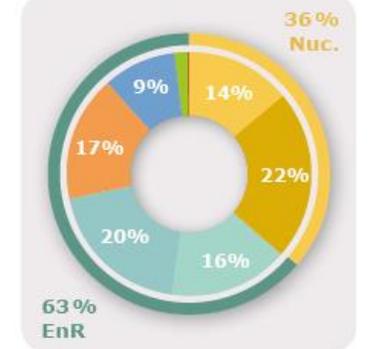
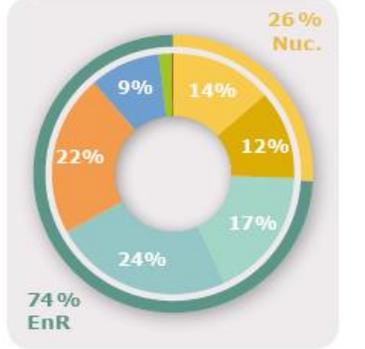
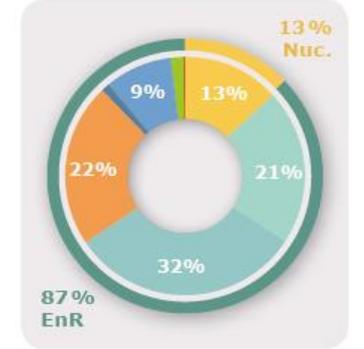
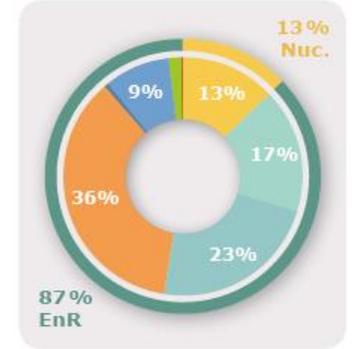
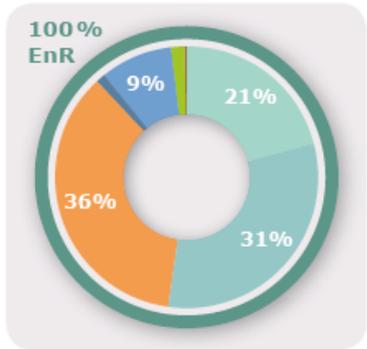
M1
EnR répartition
diffuse

M23
EnR grands parcs

N1
EnR + nouveau
nucléaire 1

N2
EnR + nouveau
nucléaire 2

N03
EnR + nouveau
nucléaire 3



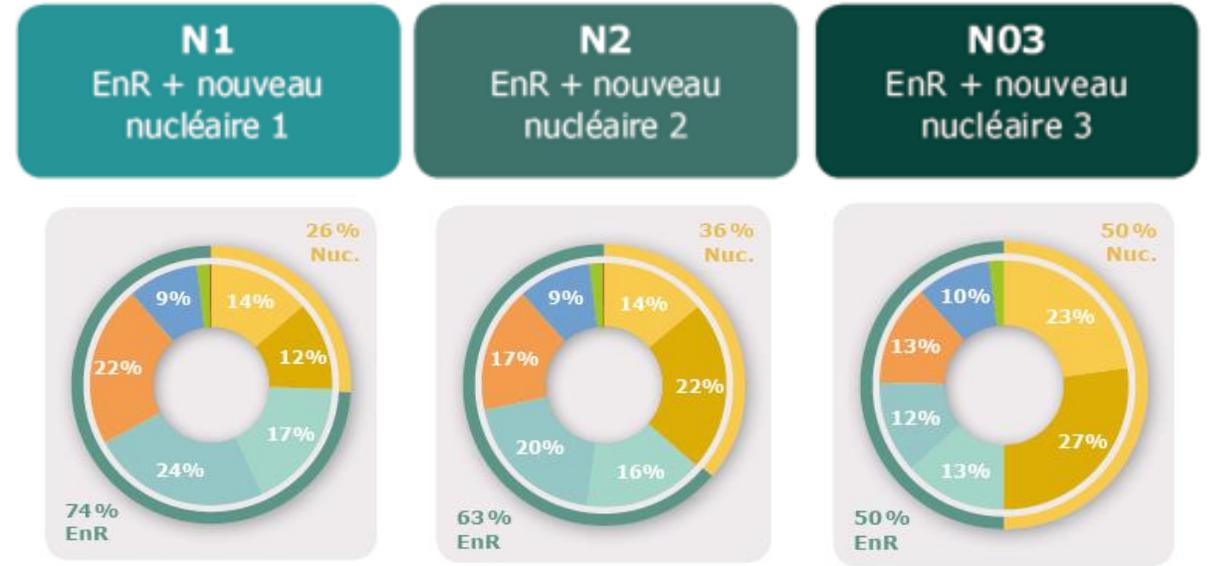
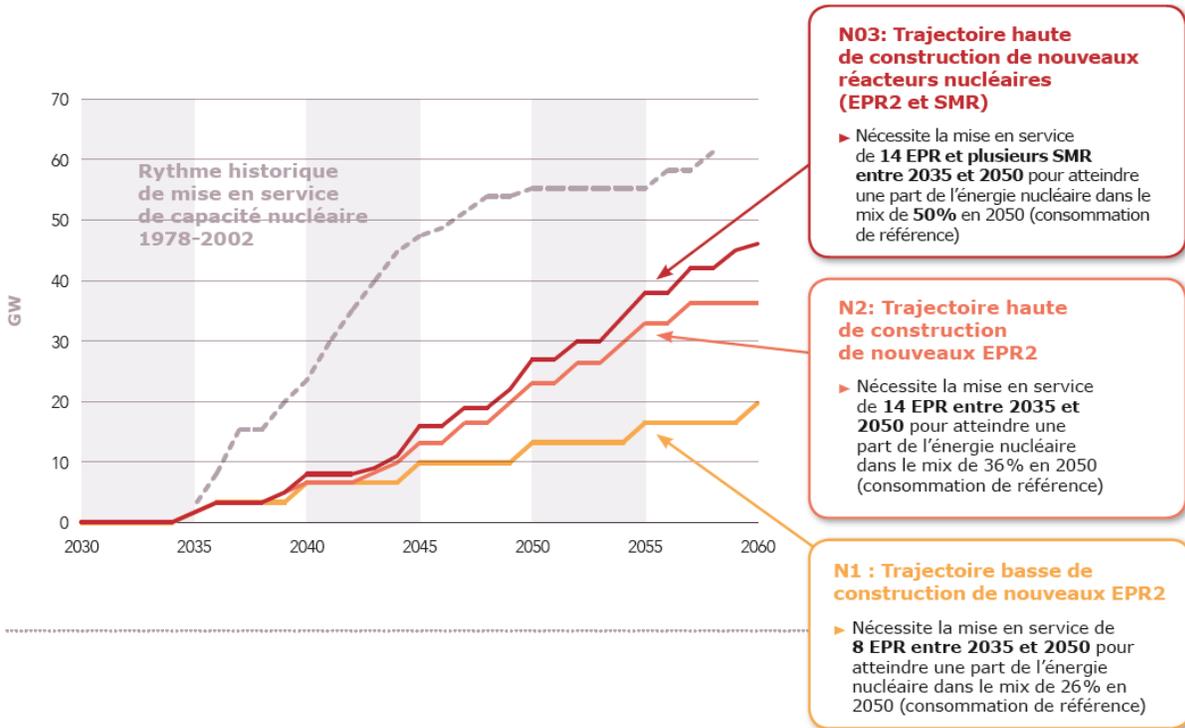
Les scénarios « M »

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

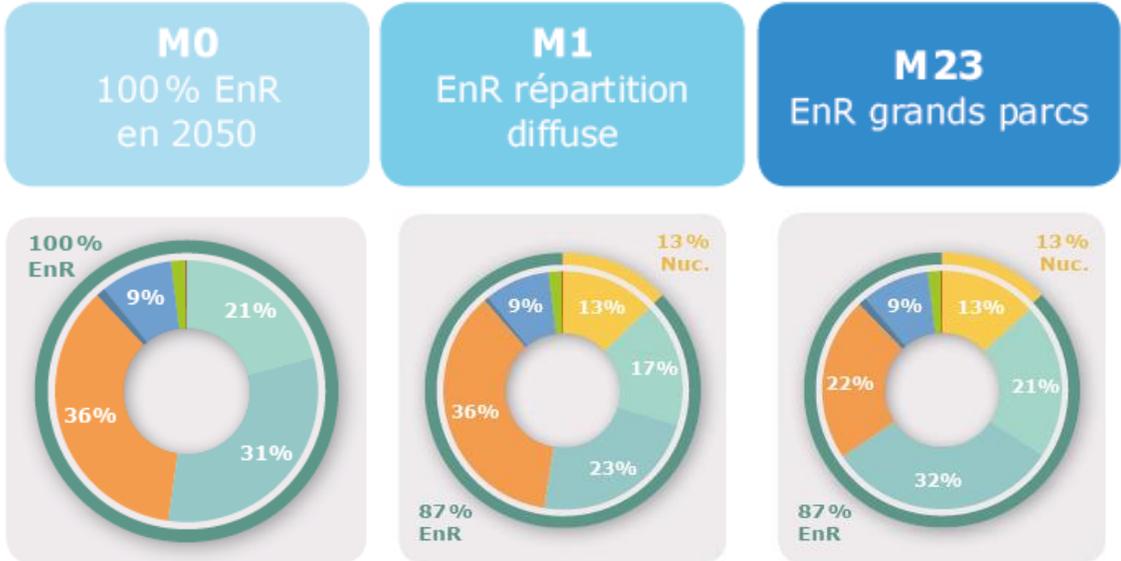
Les scénarios « N » Avec nouveau nucléaire



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

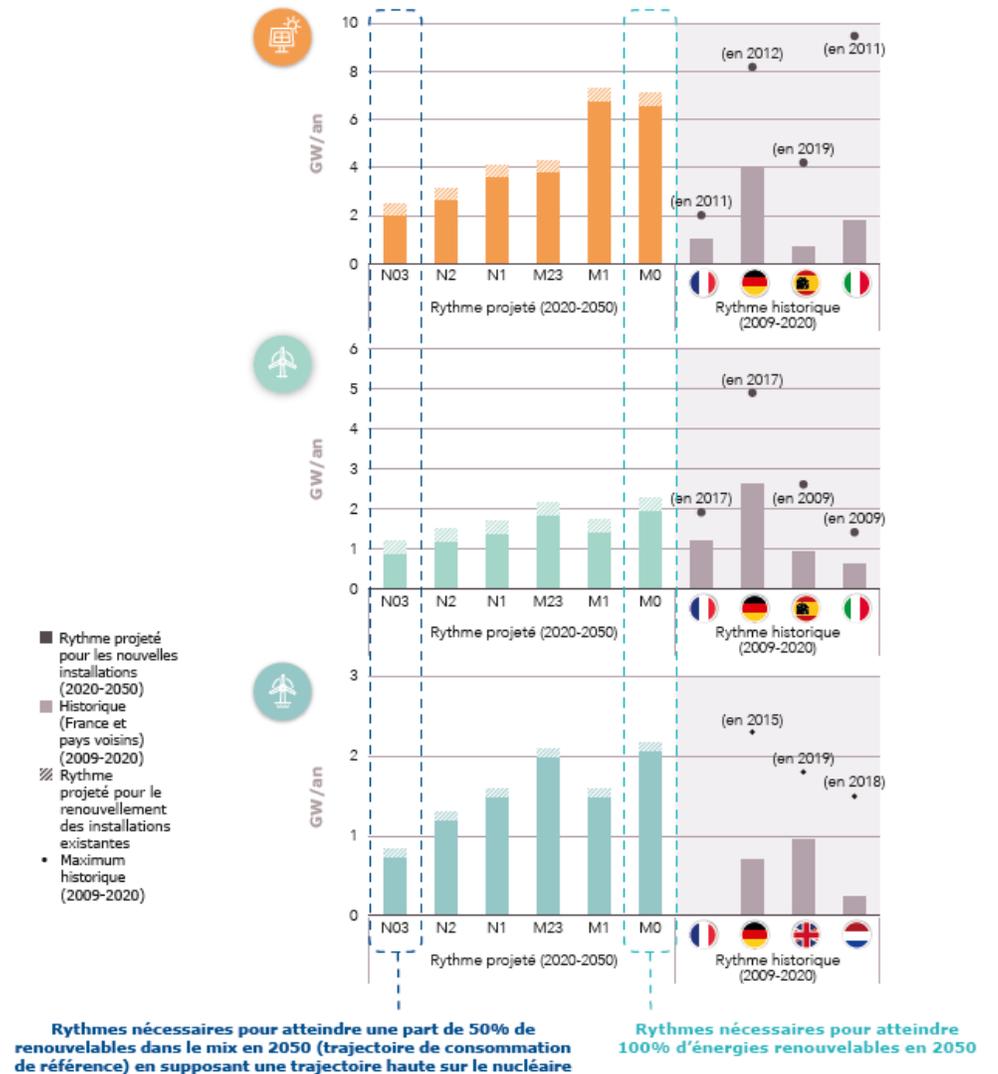


Les scénarios « N » Avec nouveau nucléaire



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

Rythmes nécessaires de développement des énergies renouvelables





4

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

5

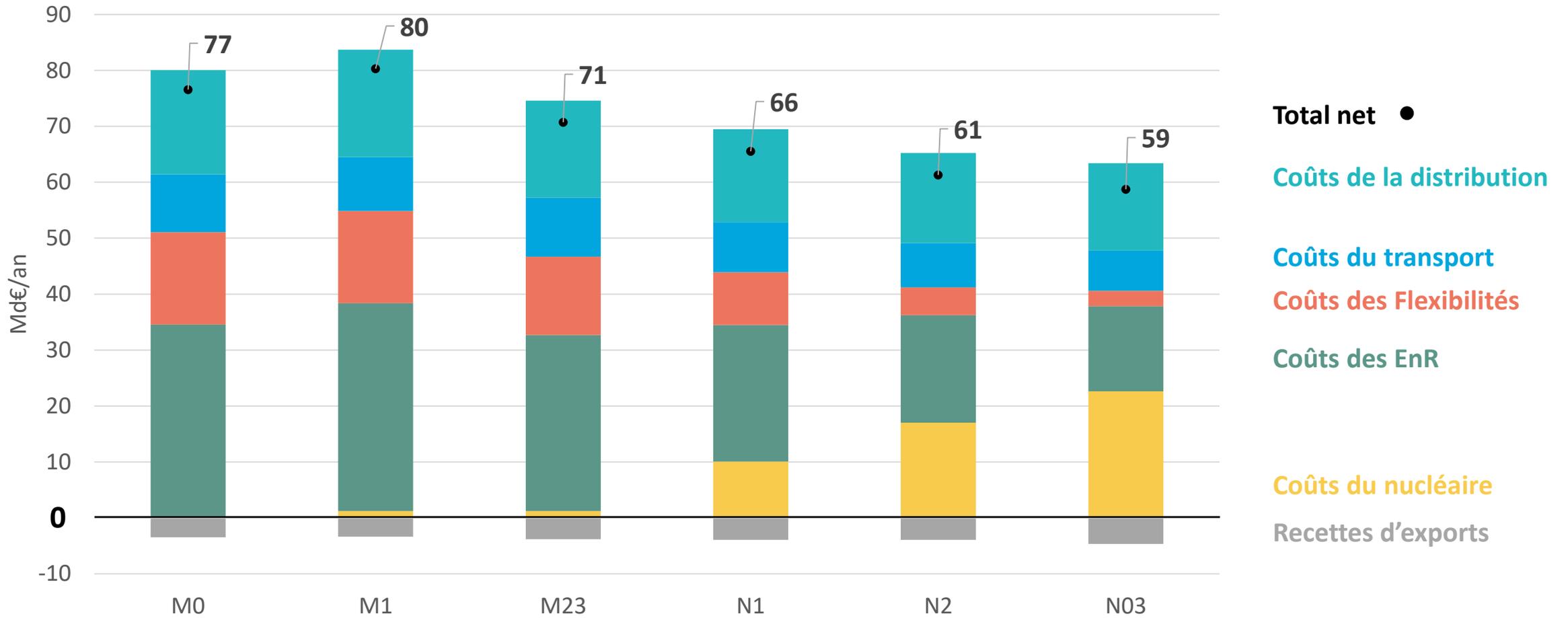
Se passer de nouveaux réacteurs nucléaires implique des rythmes de développement des énergies renouvelables plus rapides que ceux des pays européens les plus dynamiques

Economie

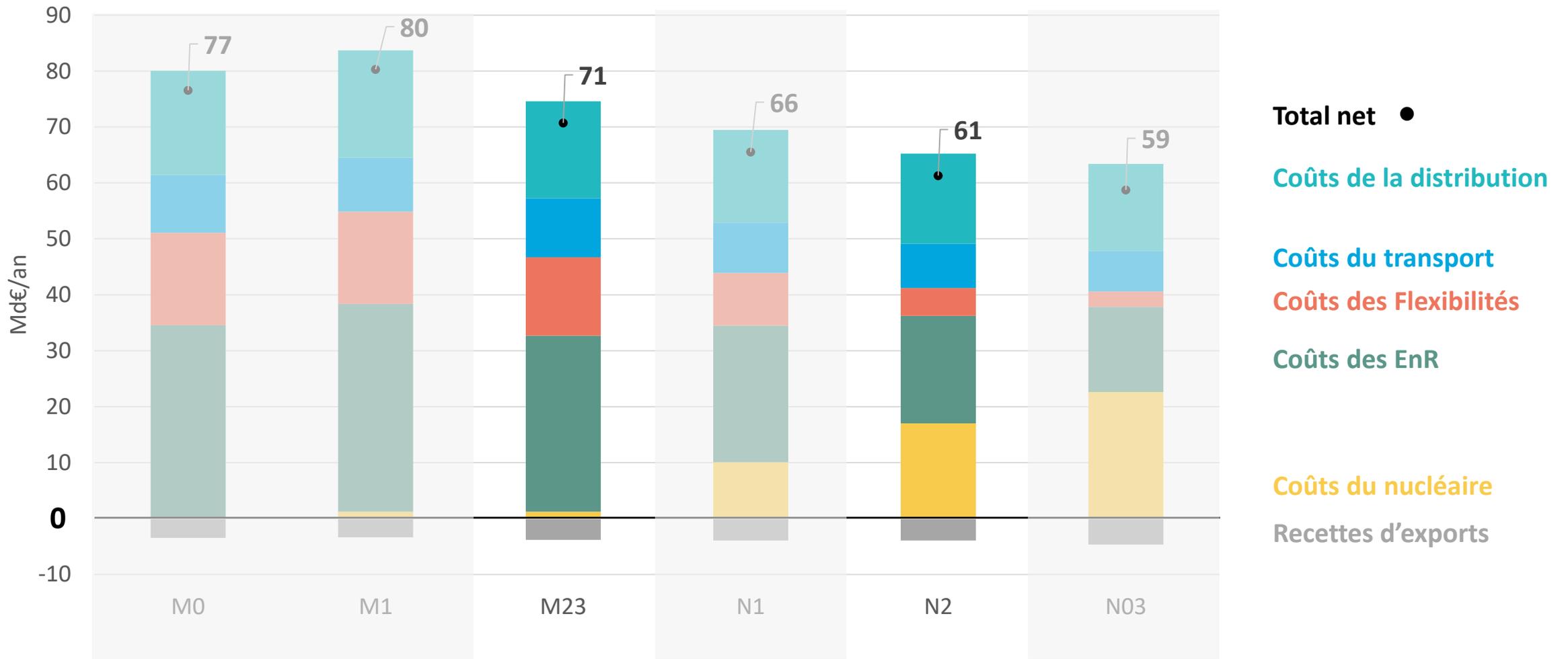
.....

Futurs énergétiques 2050 - principaux enseignements

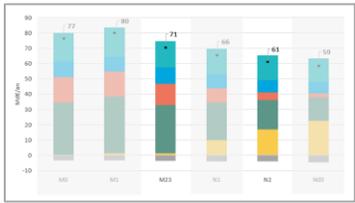
Coûts complets annualisés des scénarios à l'horizon 2060



Coûts complets annualisés des scénarios à l'horizon 2060

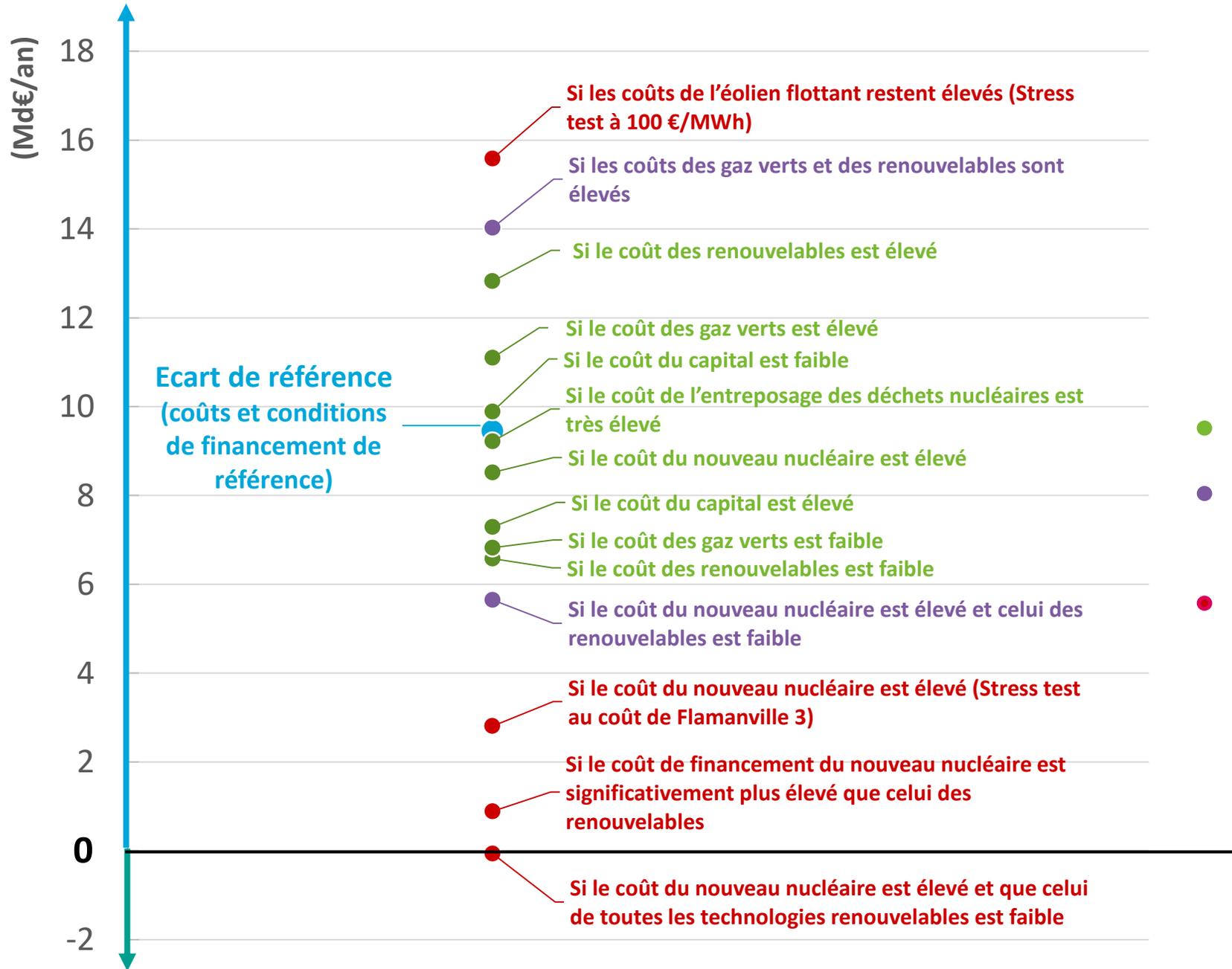


Evolution de l'écart de coûts complets annualisés entre les scénarios N2 et M23 (en Md€/an)



N2 moins cher que M23

N2 plus cher que M23



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



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



16

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

Systeme et technologies

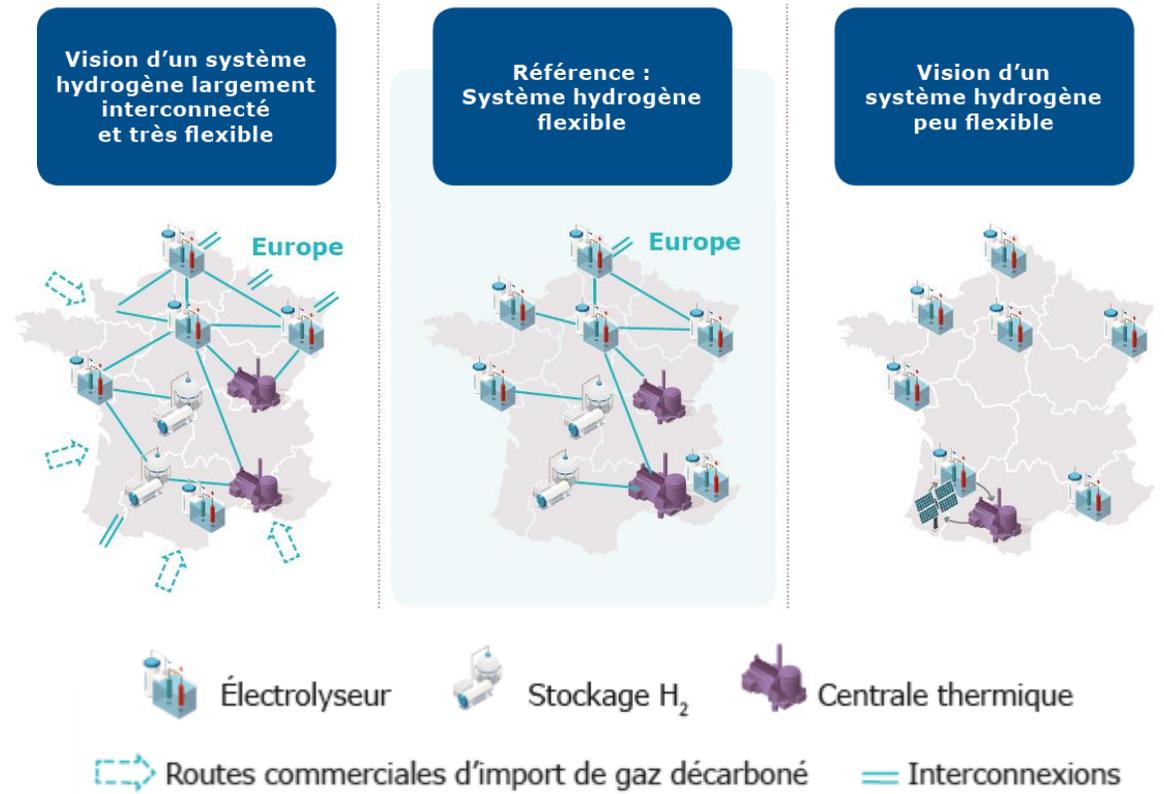
.....

Futurs énergétiques 2050 - principaux enseignements



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

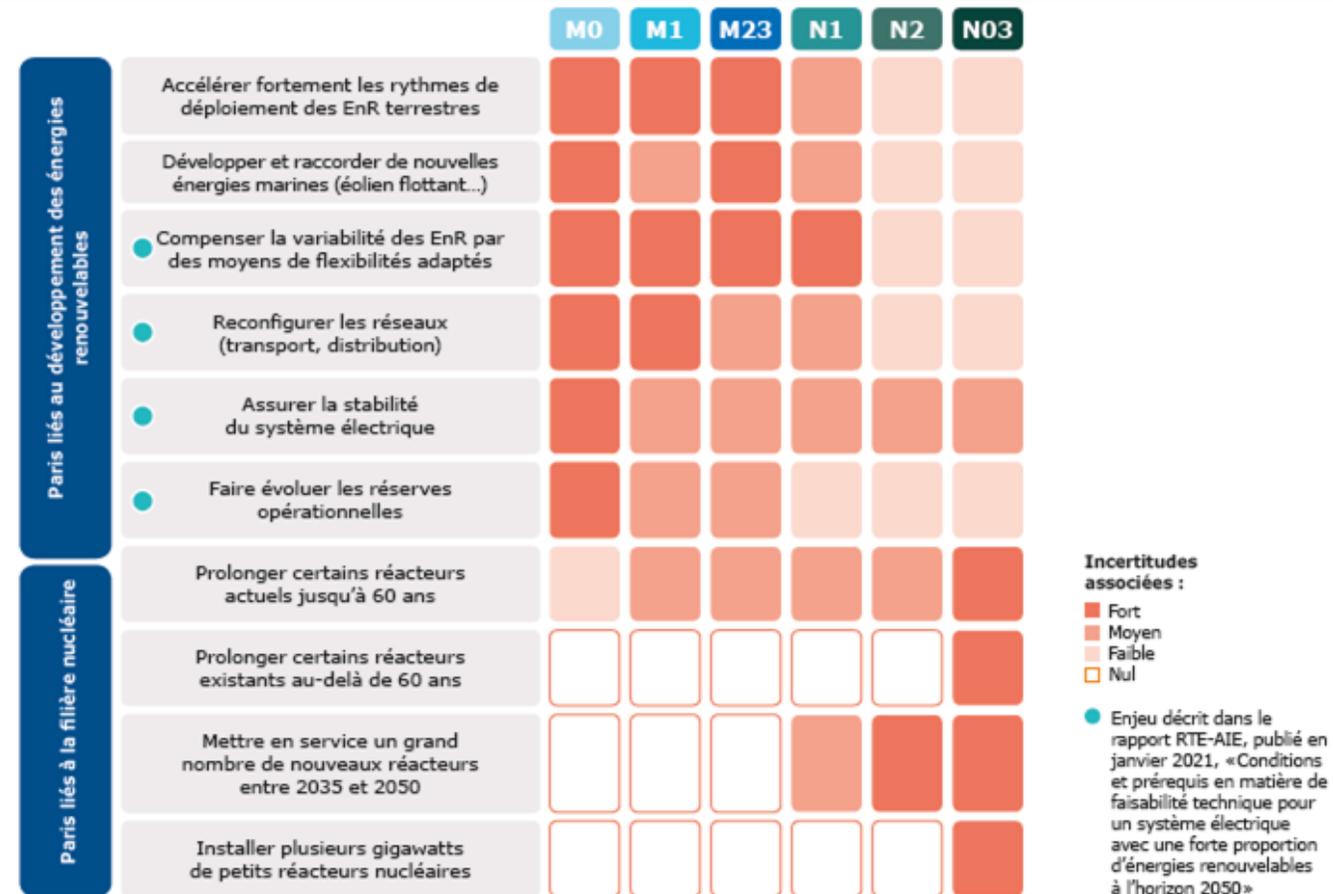




11

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

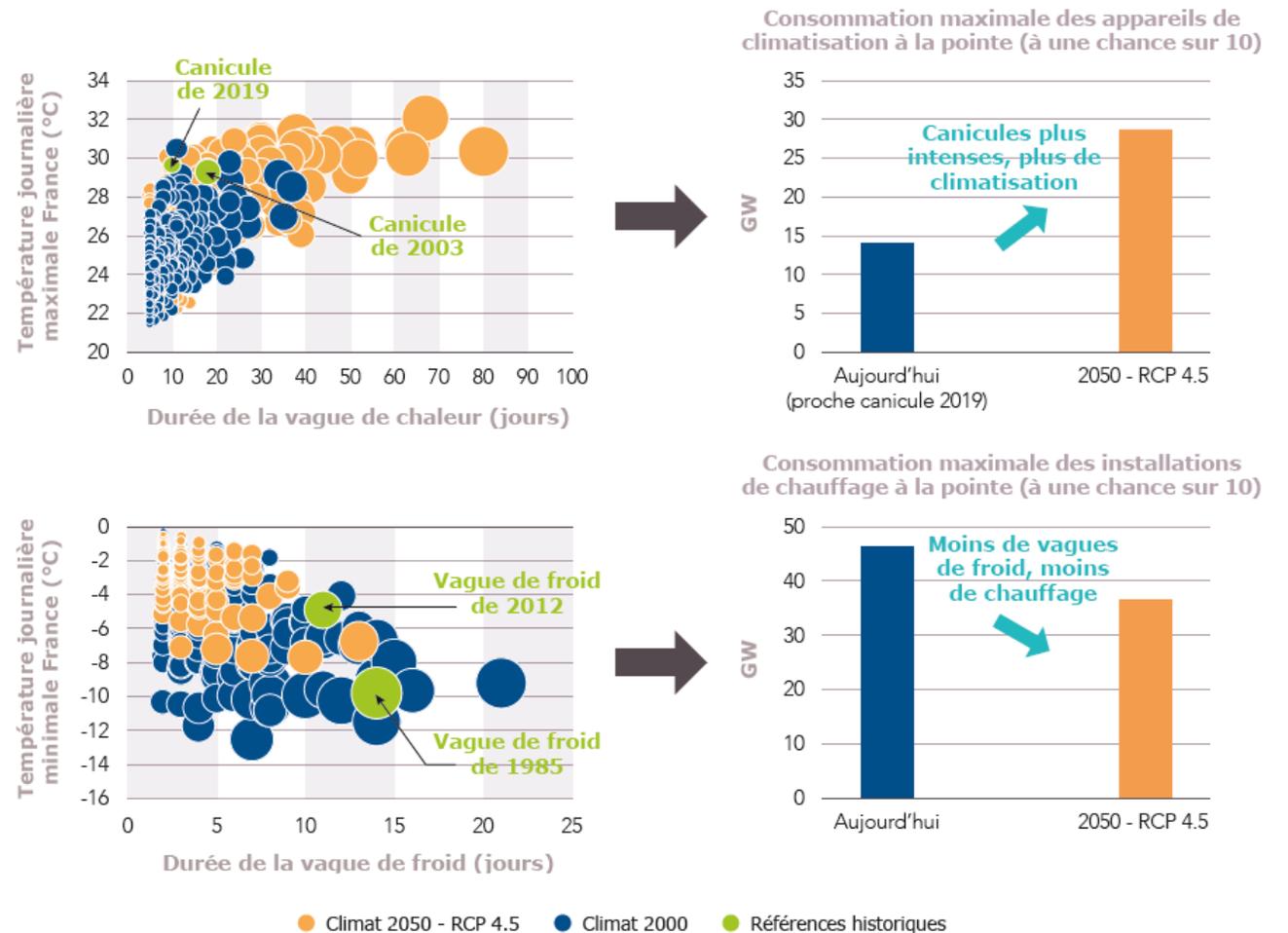




12

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

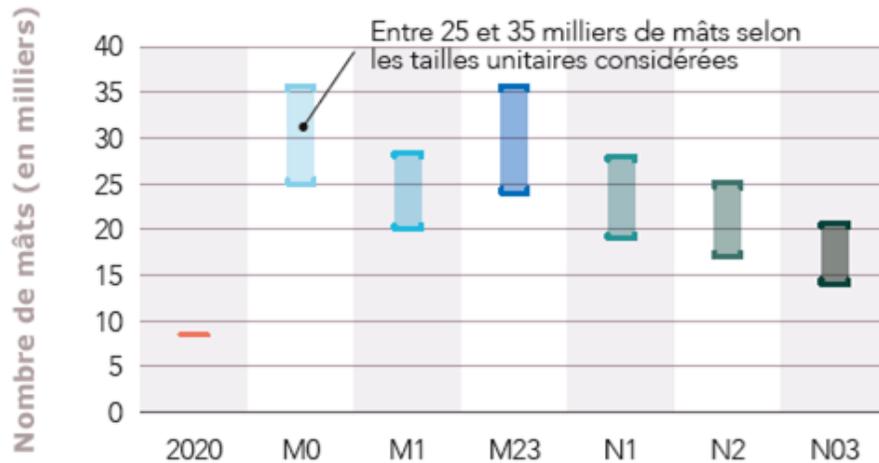
.....
Futurs énergétiques 2050 - principaux enseignements



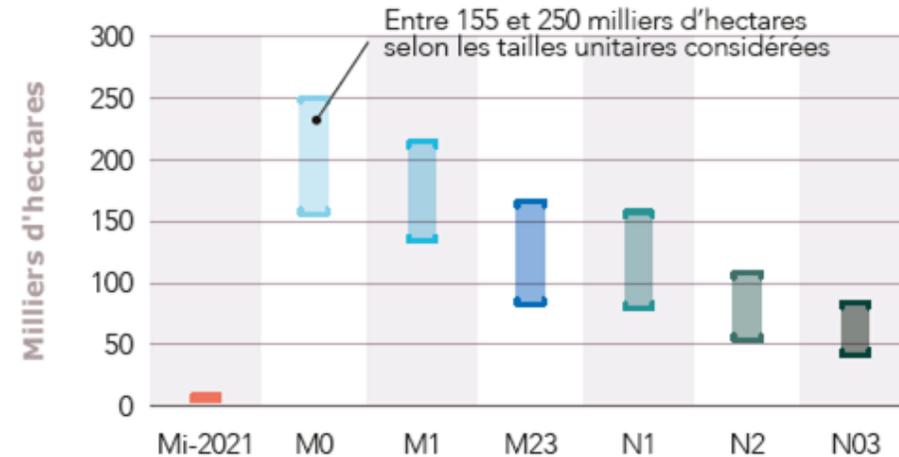
13

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

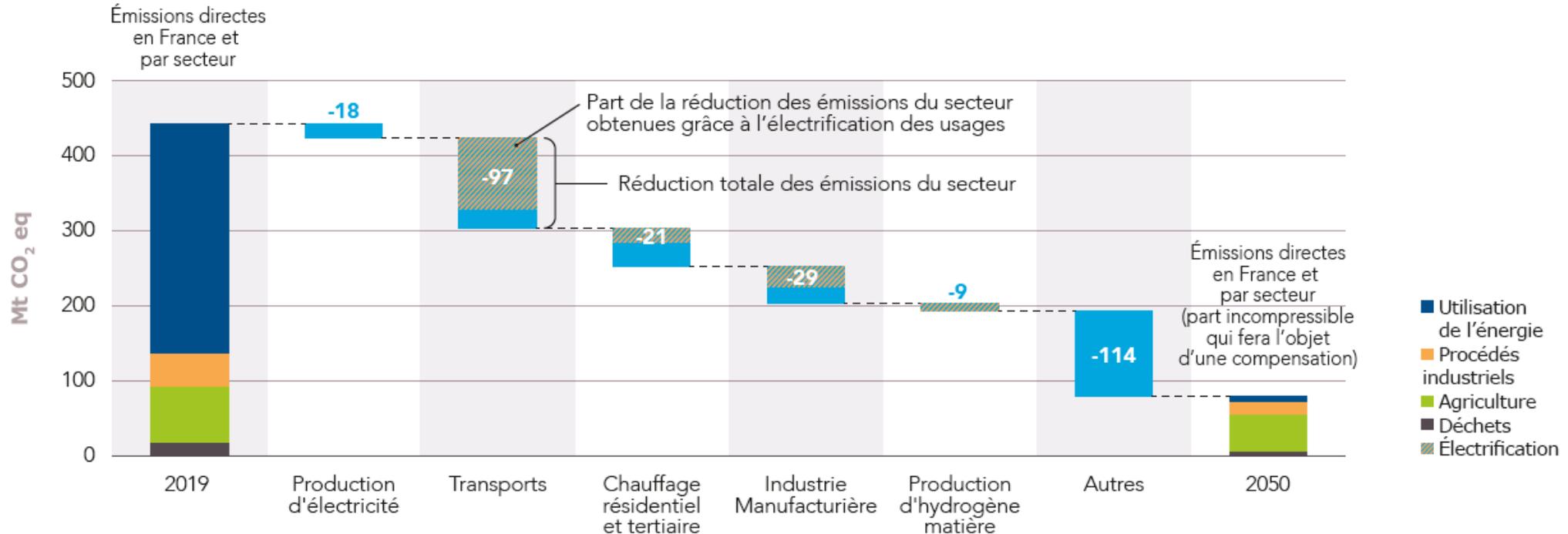




14

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





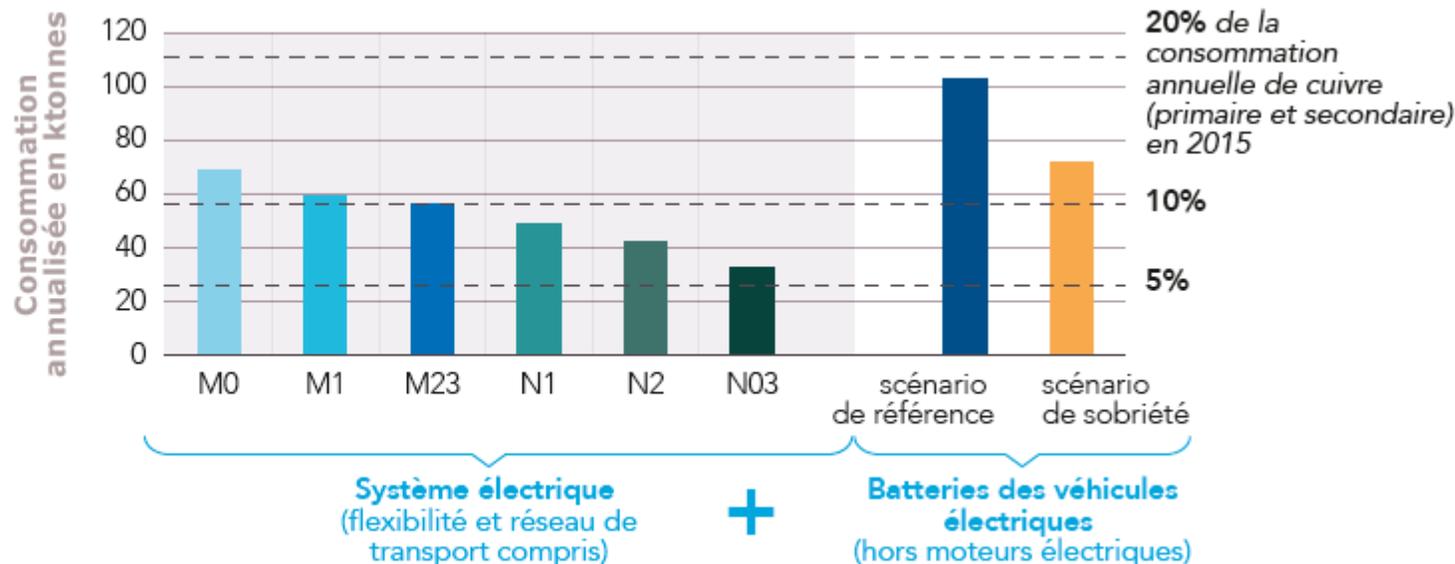
15

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
Manganèse
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

.....

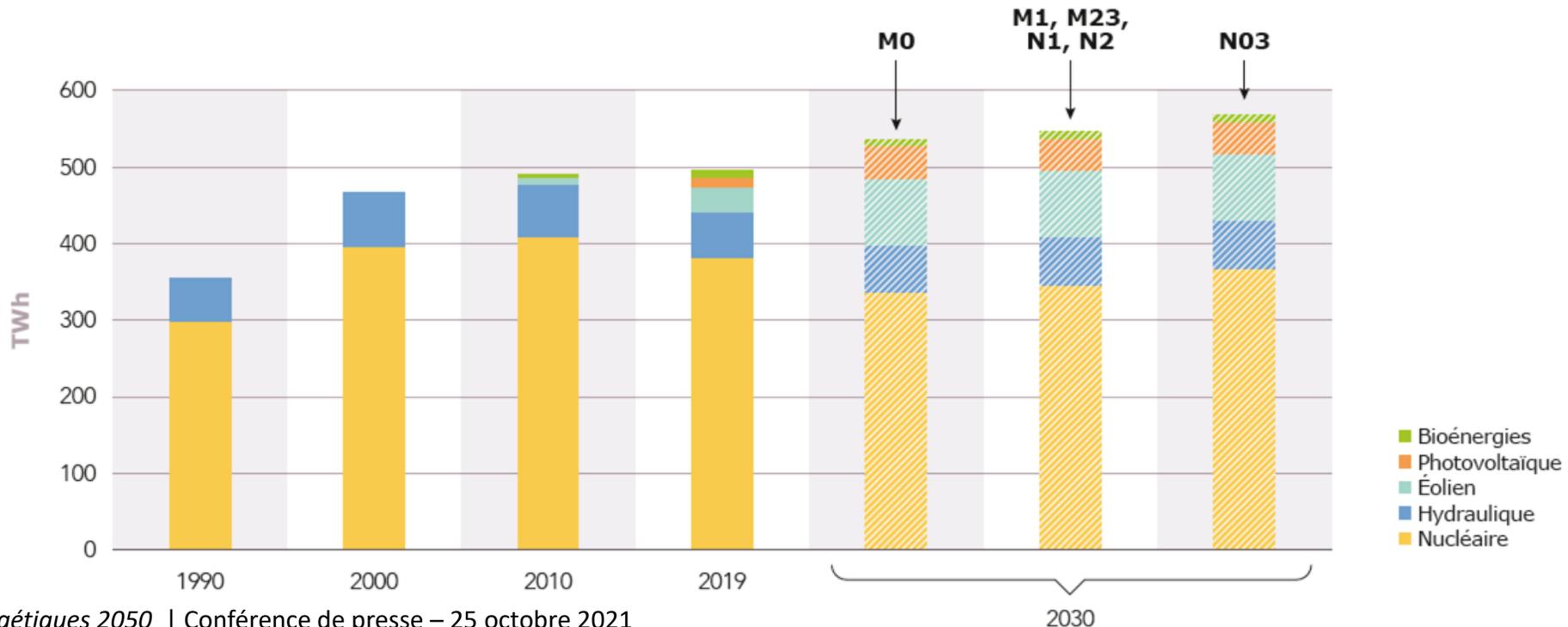
Futurs énergétiques 2050 - principaux enseignements



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 »

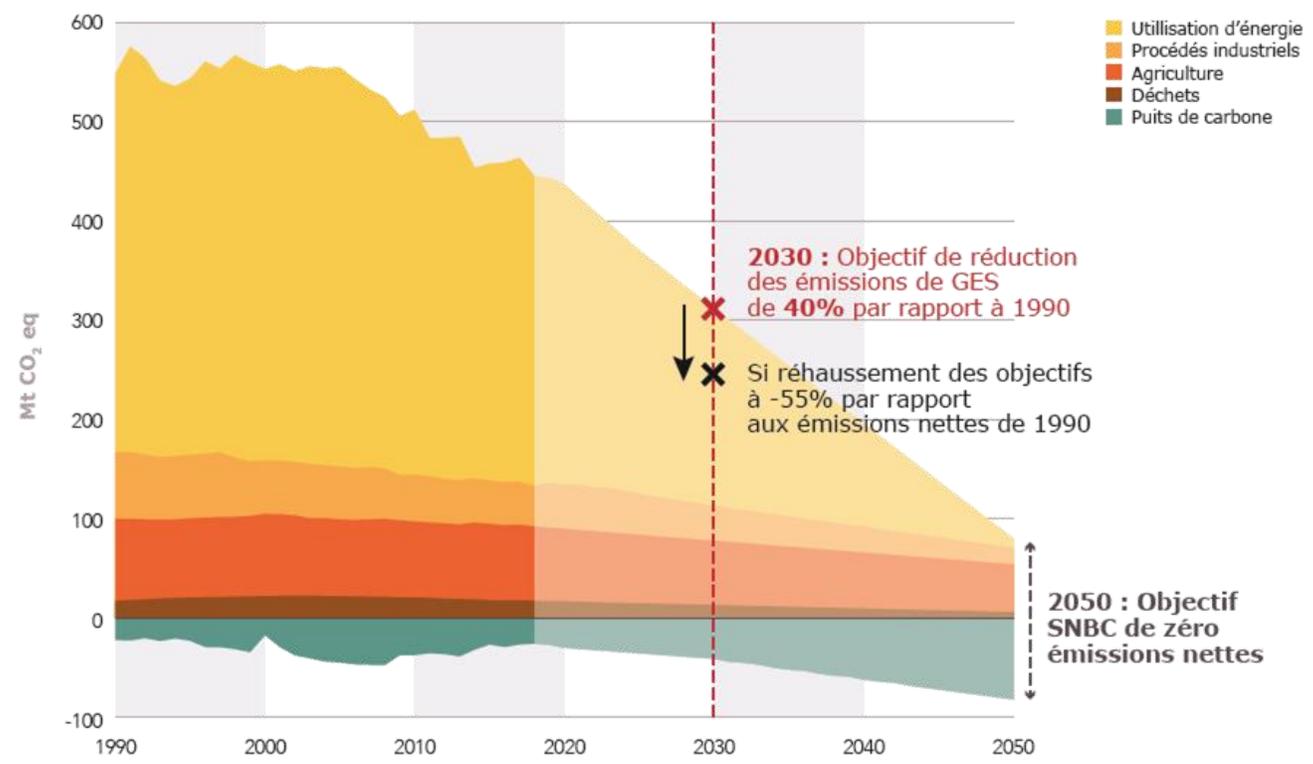
Production d'électricité bas-carbone en France (historique et projections 2030)



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)

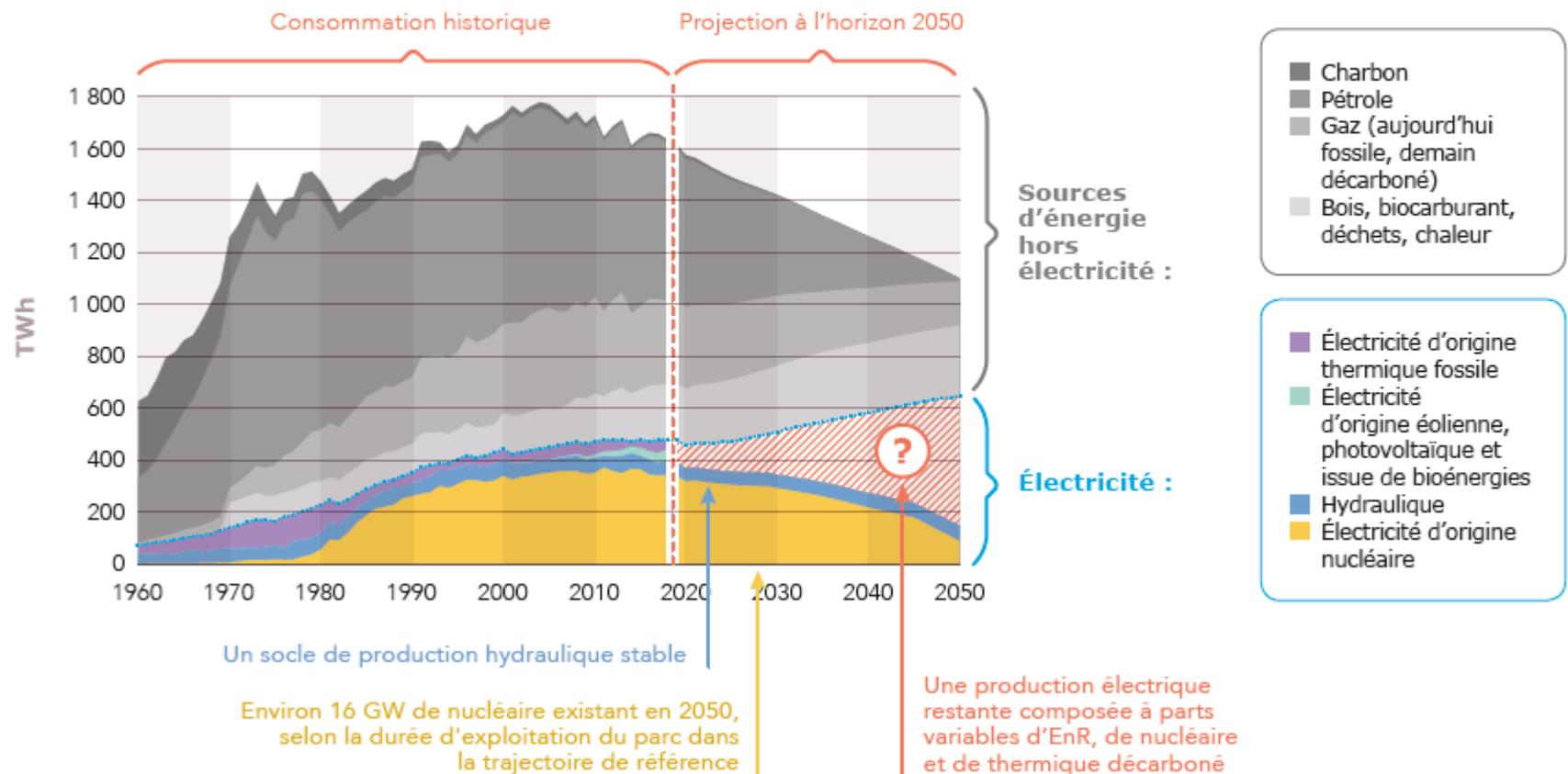


Le réseau
de transport
d'électricité

Annexes



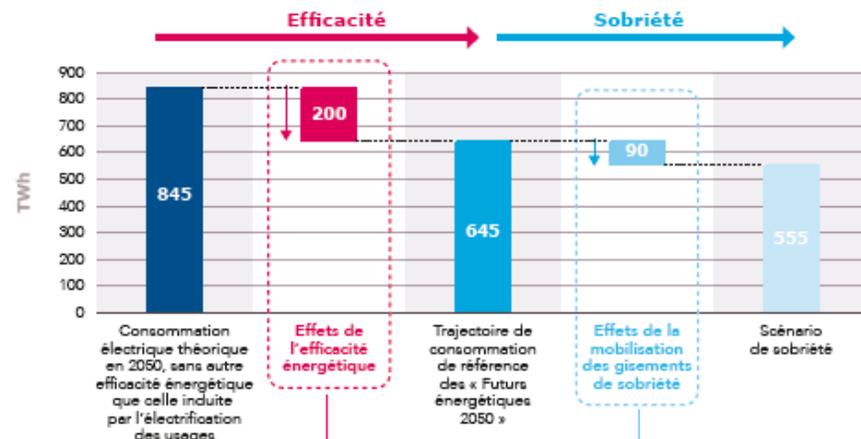
Évolution de la consommation totale d'électricité et de la consommation d'énergie finale pour les autres énergies en France





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.

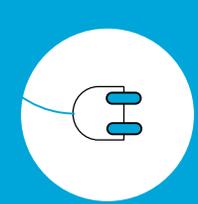
3 Renforcement mécanique de l'efficacité énergétique lors de l'électrification : véhicules électriques et pompes à chaleur offrent des performances énergétiques très supérieures à celles des véhicules thermiques ou des chaudières à combustibles fossiles.

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.

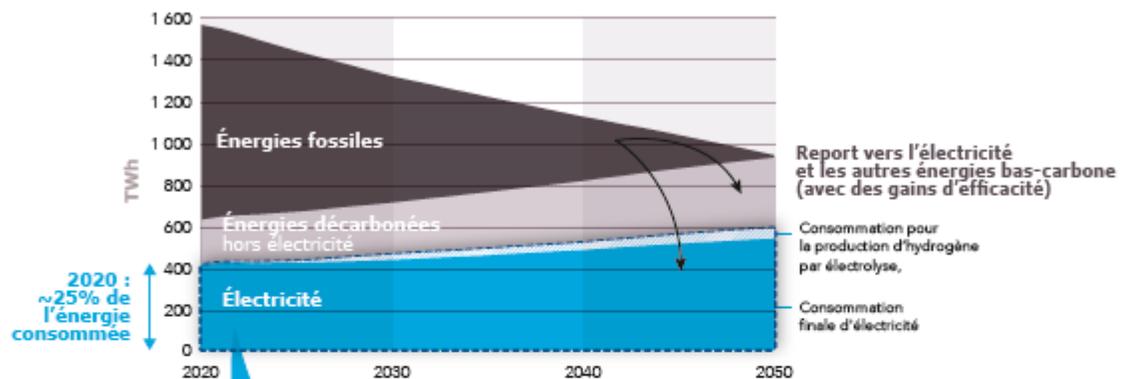
Activités industrielles : -20 TWh
réduction des besoins de l'industrie agro-alimentaire si adoption d'une alimentation moins transformée, réduction de la production de biens grâce à l'allongement de la durée de vie des équipements.



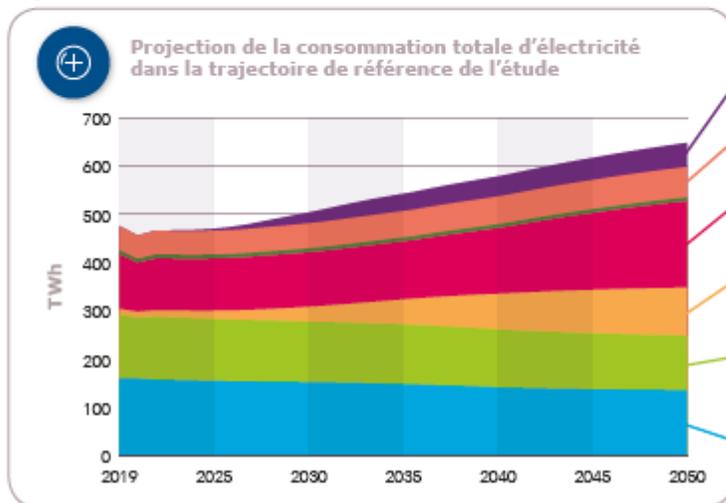
Enseignement n°2 : Evolution de la consommation

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

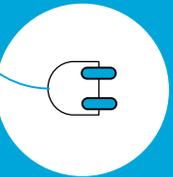
Projection de la consommation d'énergie finale en France dans la SNBC



Traduction en consommation totale d'électricité = consommation finale + pertes réseau + consommation du secteur énergie + consommation pour la production d'hydrogène



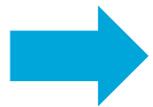
- Hydrogène bas-carbone (0 → 50 TWh) :** produit par électrolyse (besoins industriels et transport lourd)
- Énergie et pertes (50 → 60 TWh) :** corrélé à la demande d'électricité
- Industrie (115 → 180 TWh) :** électrification et croissance de la valeur ajoutée
- Transports (15 → 100 TWh) :** fin des ventes des véhicules thermiques en 2040 : en 2050, 94% des véhicules légers et 21% de camions sont électriques
- Tertiaire (130 → 110 TWh) :** croissance de la consommation des data centers (~x3), compensée par l'amélioration de l'efficacité énergétique dans d'autres usages
- Résidentiel (160 → 135 TWh) :** développement du chauffage électrique par pompes à chaleur, compensé par la rénovation des bâtiments et des équipements électriques plus efficaces



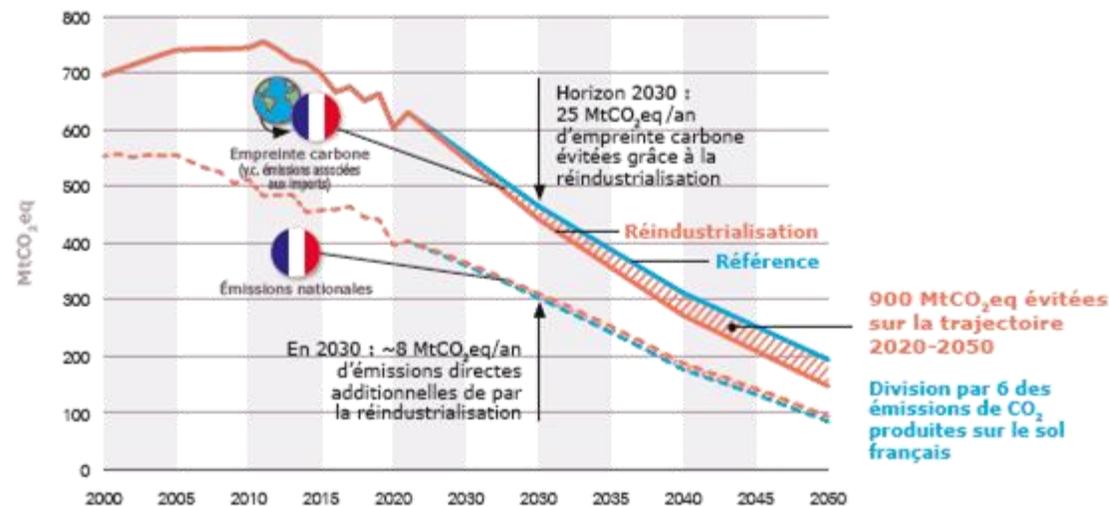
Enseignement n°3 Effets d'une réindustrialisation profonde sur la consommation d'électricité en France et sur l'empreinte carbone



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

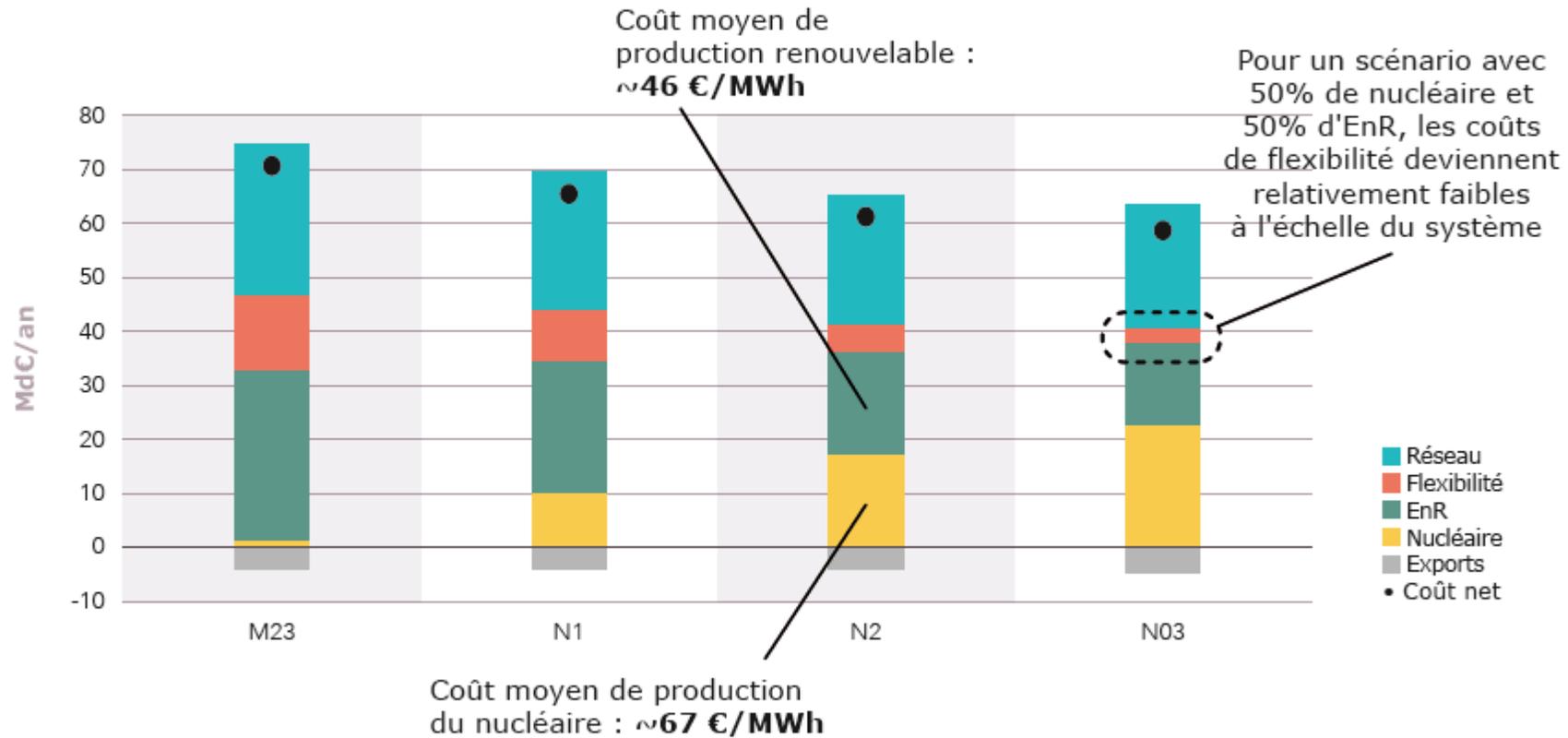




Enseignement n°7 : Energies renouvelables compétitives

Enseignement n°7

Coûts complets annualisés à l'horizon 2060

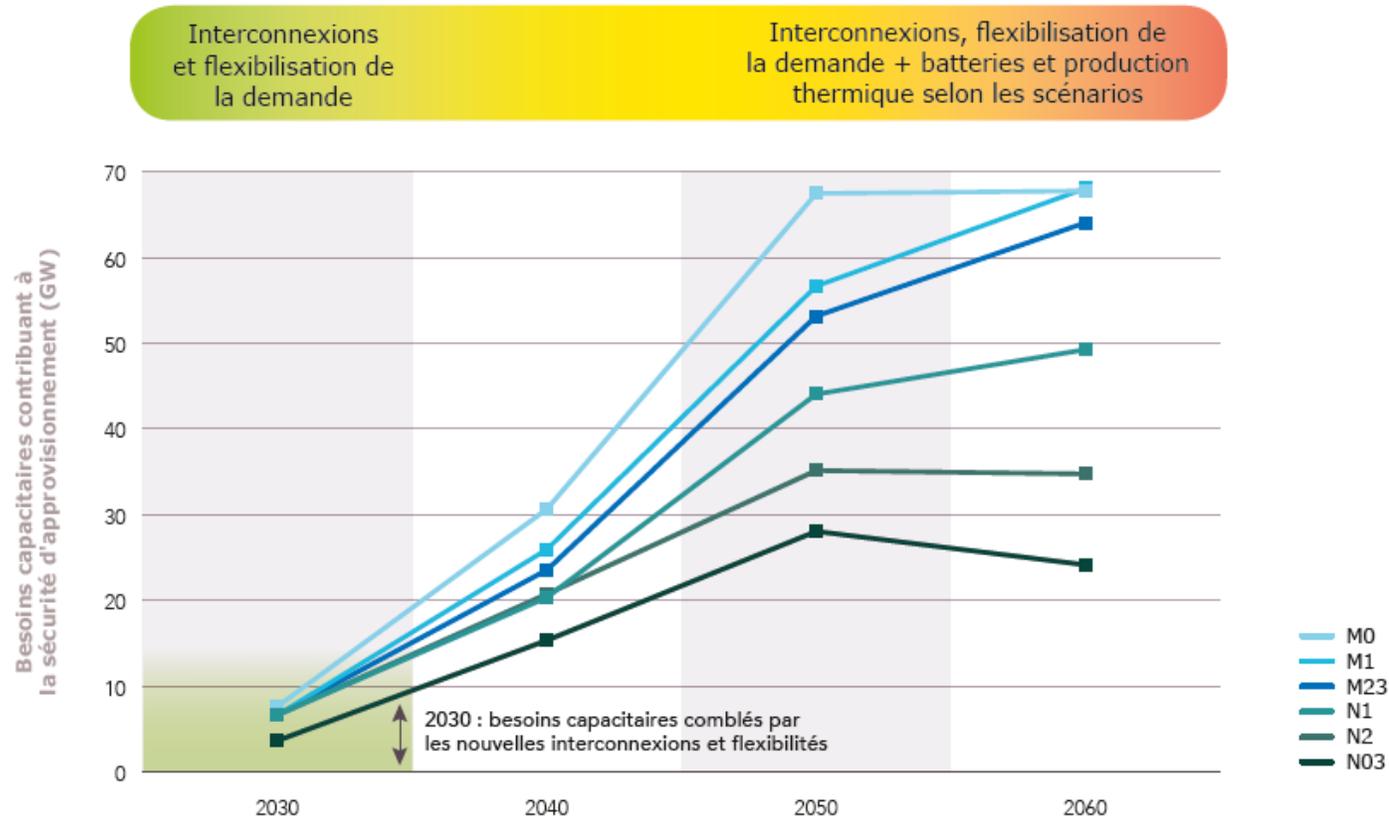


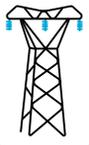
* Hypothèse centrale du coût des technologies et coût du capital à 4%



Enseignement n°8

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)

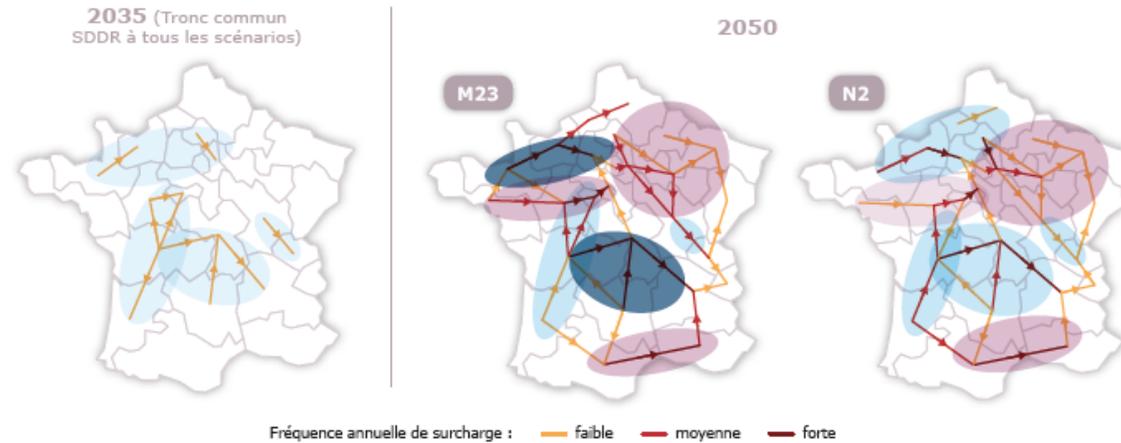




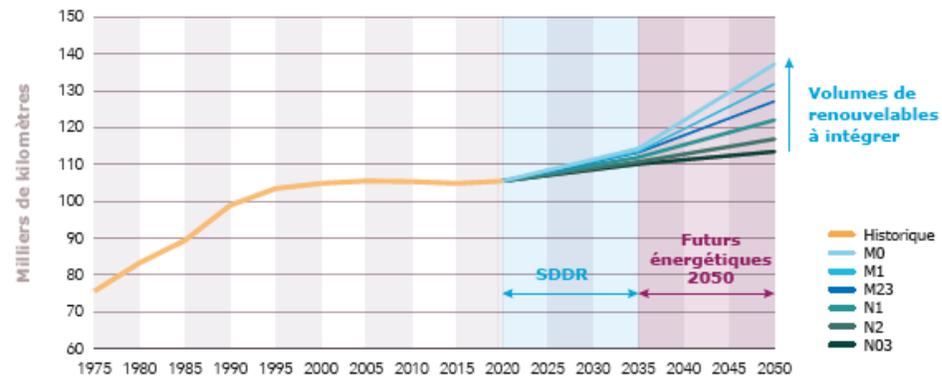
Enseignement n°9

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

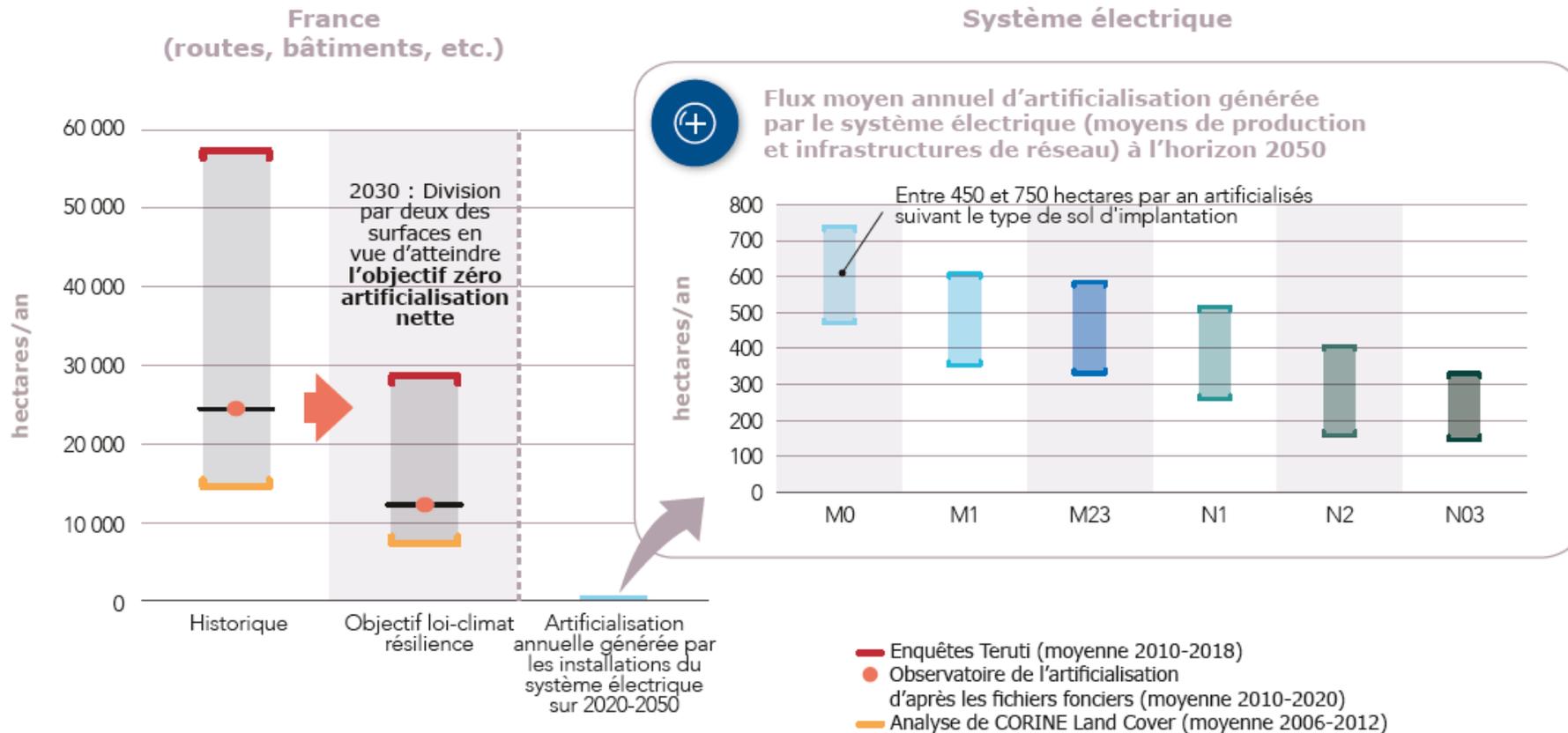




Enseignement n°13 : Flux d'artificialisation

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

