

# Futurs énergétiques 2050 par RTE

Cas de la France

# Objet du document

- France représente 1% des émissions mondiales
  - Les émissions de la France par habitant demeurent au-dessus de la moyenne mondiale et ce constat est encore plus criant une fois pris en compte l'impact carbone des imports (« empreinte carbone »).
- Différentes options sont sur la table pour y parvenir. Elles présentent des points communs (baisse de la consommation d'énergie, augmentation de la part de l'électricité, recours aux énergies renouvelables) mais également des différences importantes en ce qui concerne le rythme d'évolution de la consommation et sa répartition par usage, le développement de l'industrie, l'avenir du nucléaire, le rôle de l'hydrogène
- un important effort de simulation et de calcul pour caractériser de manière rigoureuse une grande variété de systèmes électriques permettant d'atteindre la neutralité carbone en 2050

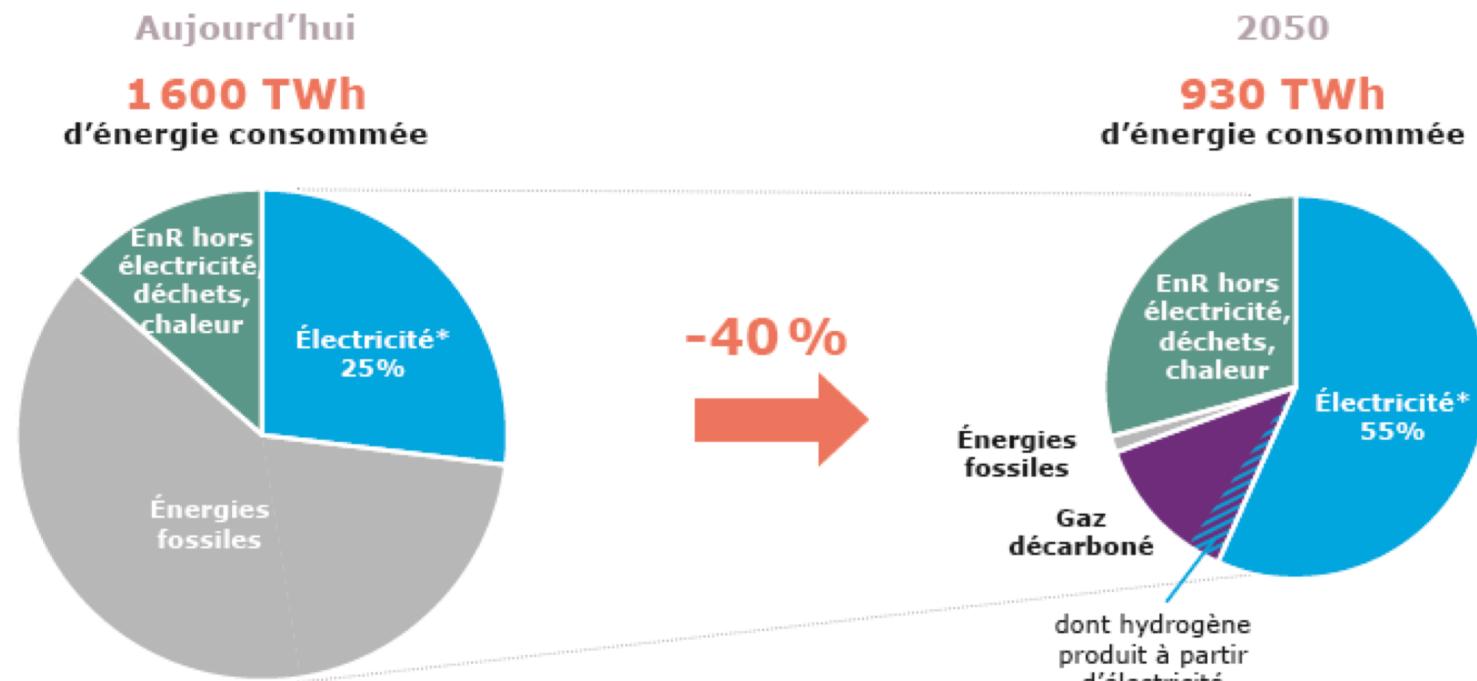
# 1. Sortir des énergies fossiles

- Les combustibles fossiles satisfont aujourd’hui une consommation finale de plus de 930 TWh par an, contre 430 TWh pour l’électricité.
- Or, si le nucléaire représente bien 70 % de l’électricité produite en France, il représente moins de 20 % de l’énergie finale utilisée par les français.

## 2. l'efficacité énergétique, l'électricité bas-carbone et le développement des usages de la biomasse

- La stratégie française pour atteindre la neutralité carbone est fixée par la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC), réévaluée tous les cinq ans.
- La dernière version de ce document, publiée en 2020, détermine le cadrage de référence des « Futurs énergétiques 2050 » de RTE.
- elle prévoit que la consommation d'énergie finale de la France diminue de 40 % en trente ans (niveau de la fin des années 60)
- exclut les imports massifs de gaz verts, de biomasse non durable ou de combustibles décarbonés
- la SNBC implique une mobilisation très poussée de la biomasse, énergie destinée à croître le plus dans la stratégie française

**Figure 2** Consommation d'énergie finale en France et dans la 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

### 3. Cible de production électrique et fermeture des centrales nucléaires

- Pour alimenter une consommation de 645 TWh d'électricité en 2050, la France dispose d'un atout : sa production d'électricité décarbonée avoisine déjà 500 TWh.
  - La « marche » à franchir est beaucoup moins haute que dans d'autres pays (l'Allemagne produit aujourd'hui environ 300 TWh d'électricité bas-carbone, le Royaume-Uni près de 200 TWh, l'Italie près de 100 TWh,
  - tous ces pays européens envisagent des consommations d'électricité de l'ordre de 600-800 TWh dans trente ans.
- Mais les centrales nucléaires sont / seront en fin de vie (40 ans prévu, 60 ans max).
- Remplacer une production annuelle de l'ordre de 380-400 TWh en 2050 ...
- « Ces choix apparaissent d'une ampleur similaire à ceux réalisés lors des chocs pétroliers dans les années 1970. »

## 4. Renouvelable + nucléaire ?

- Pour aborder ce défi, les options envisageables ne sont pas les mêmes qu'au lendemain du choc pétrolier.
- Puisque
  - les énergies fossiles ne sont plus une option,
  - que la solution du captage et stockage du carbone (CCS) n'est pas privilégiée pour des raisons de maturité technologique, d'acceptabilité et de disponibilité technique,
  - et que la France ne souhaite pas faire reposer l'atteinte de la neutralité carbone sur des imports massifs de combustibles verts,
- le débat sur la production d'électricité décarbonée porte largement sur la répartition entre énergies renouvelables et nouveaux réacteurs nucléaires.
- La discussion doit comparer le coût complet des différentes options (« coût système ») et non le coût individuel de chaque technologie.

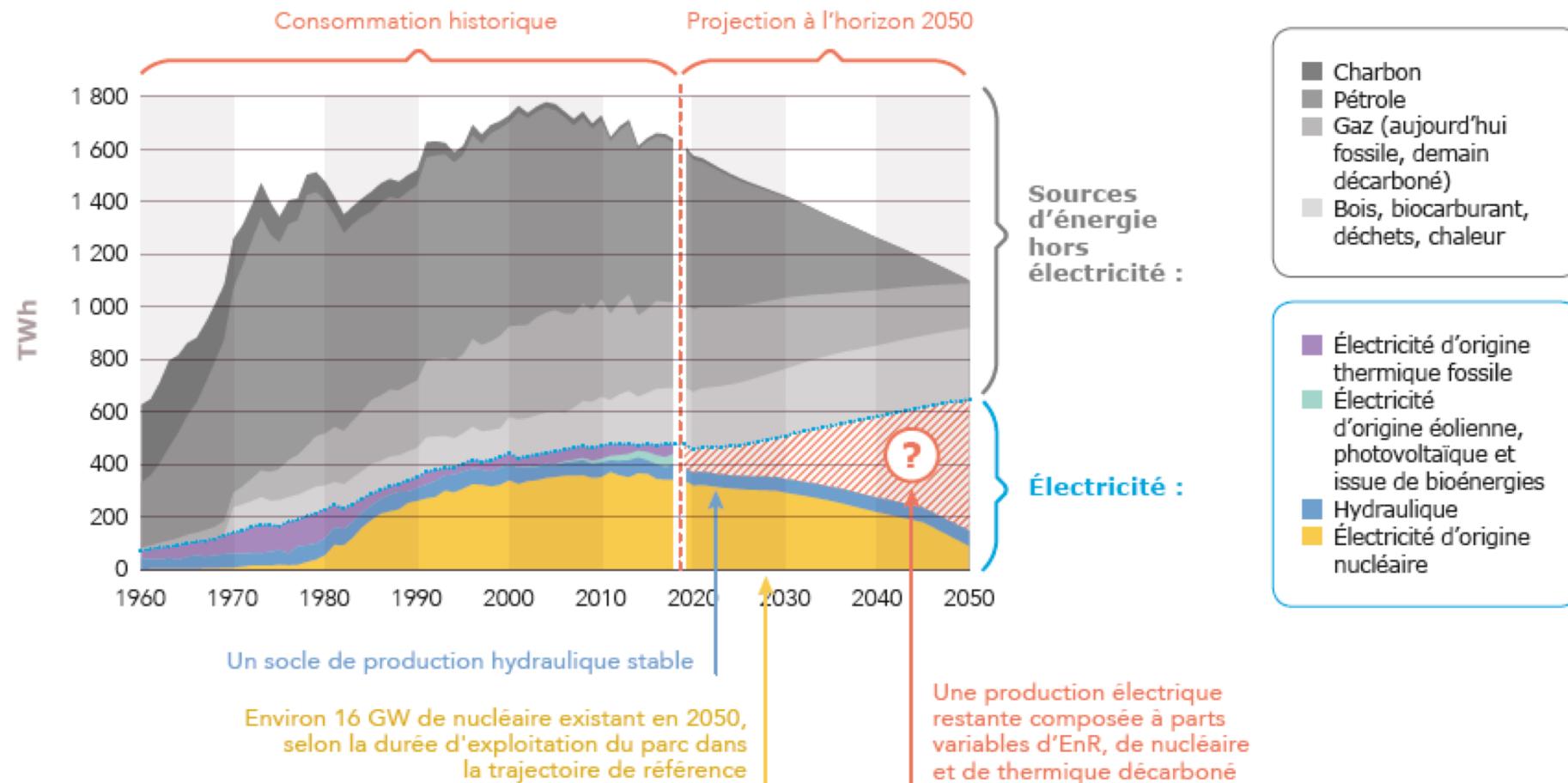
- RTE a publié en janvier 2021, conjointement avec l'Agence internationale de l'énergie, un rapport listant les prérequis techniques pour atteindre un système fondé sur une proportion importante de renouvelables, ouvrant donc la voie à la possibilité de systèmes 100 % renouvelables à terme.
- La concertation sur les « Futurs énergétiques 2050 » a mis en lumière que la France n'était dans tous les cas pas en capacité, à la date actuelle, de construire des réacteurs nucléaires au même rythme que durant les années 1980.

Le système électrique de demain sera nécessairement différent de celui d'aujourd'hui

- Deux familles de scenarios: 100% renouvelable (M), avec nucléaire (N).
- Qu'il soit 100 % renouvelable ou composé durablement de renouvelables et de réacteurs nucléaires fonctionnant de concert, ce système ne répondra pas aux principes de fonctionnement que nous connaissons depuis 30 ans et ne peut être pensé à la marge du système actuel.

**Figure 3**

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



## LES TRAJECTOIRES DE CONSOMMATION

### À L'HORIZON 2050

Consommation finale d'électricité par secteur :

Industrie  
Résidentiel

Tertiaire  
Transport

Hydrogène

#### SCÉNARIOS

##### HYPOTHÈSES

NIVEAU 2050

PRINCIPALES ÉVOLUTIONS

Électrification progressive (en substitution aux énergies fossiles) et ambition forte sur l'efficacité énergétique (hypothèse SNBC). Hypothèse de poursuite de la croissance économique (+1,3% à partir de 2030) et démographique (scénario fécondité basse de l'INSEE). La trajectoire de référence suppose un bon degré d'efficacité des politiques publiques et des plans (relance, hydrogène, industrie). L'industrie manufacturière croît et sa part dans le PIB cesse de se contracter. Prise en compte de la rénovation des bâtiments mais aussi de l'effet rebond associé.

645 TWh

Industrie	180 TWh
Résidentiel	134 TWh
Tertiaire	113 TWh
Transport	99 TWh
Hydrogène	50 TWh

Référence

+ 6 variantes

# Les 18 enseignements de l'étude

- CONSOMMATION
- TRANSFORMATION DU MIX
- SYSTÈME ET TECHNOLOGIES
- ESPACE ET ENVIRONNEMENT
- ÉCONOMIE
- GÉNÉRAL

# CONSOMMATION

- 1 **Baisse de la conso indispensable** : efficacité énergétique / sobriété
- 2 **Augmenter le % du vecteur électricité**
- 3 **Electricification de l'industrie** pour baisser le CO2

# TRANSFORMATION DU MIX

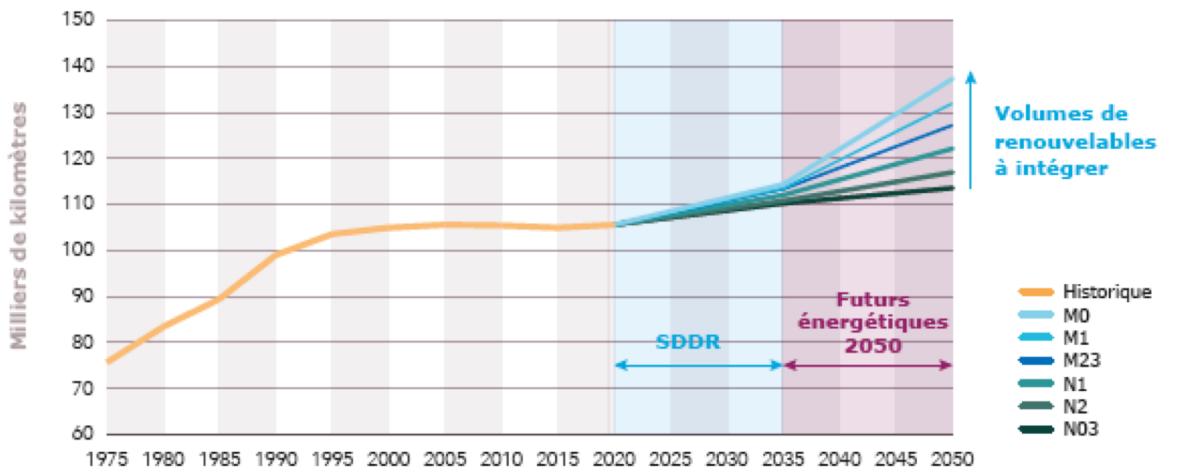
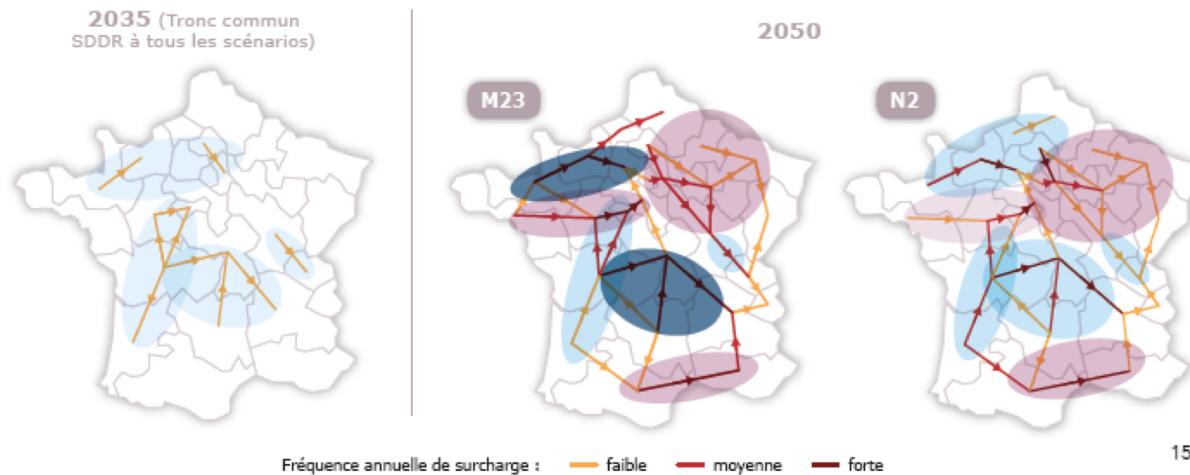
- 4 Nécessité des EnR pour la neutralité carbone
- 5 Pas de nucléaire => plus vite en renouvelable que les meilleurs de l'EU

# Economie

- 6 **Réacteurs nucléaires pertinent** (~40GW en 2050)
- 7 **Renouvelable compétitif** (grands parcs, en mer ou non)
- 8 Système a besoin de **flexibilité** (très variable selon les scénarios)
  - Conso
  - Interconnexion
  - Stockage (hydro et batterie)
  - Centrale thermiques à H2 si peu de nucléaire
-

# 9 Redimensionner les réseaux électriques

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



# SYSTÈME ET TECHNOLOGIES

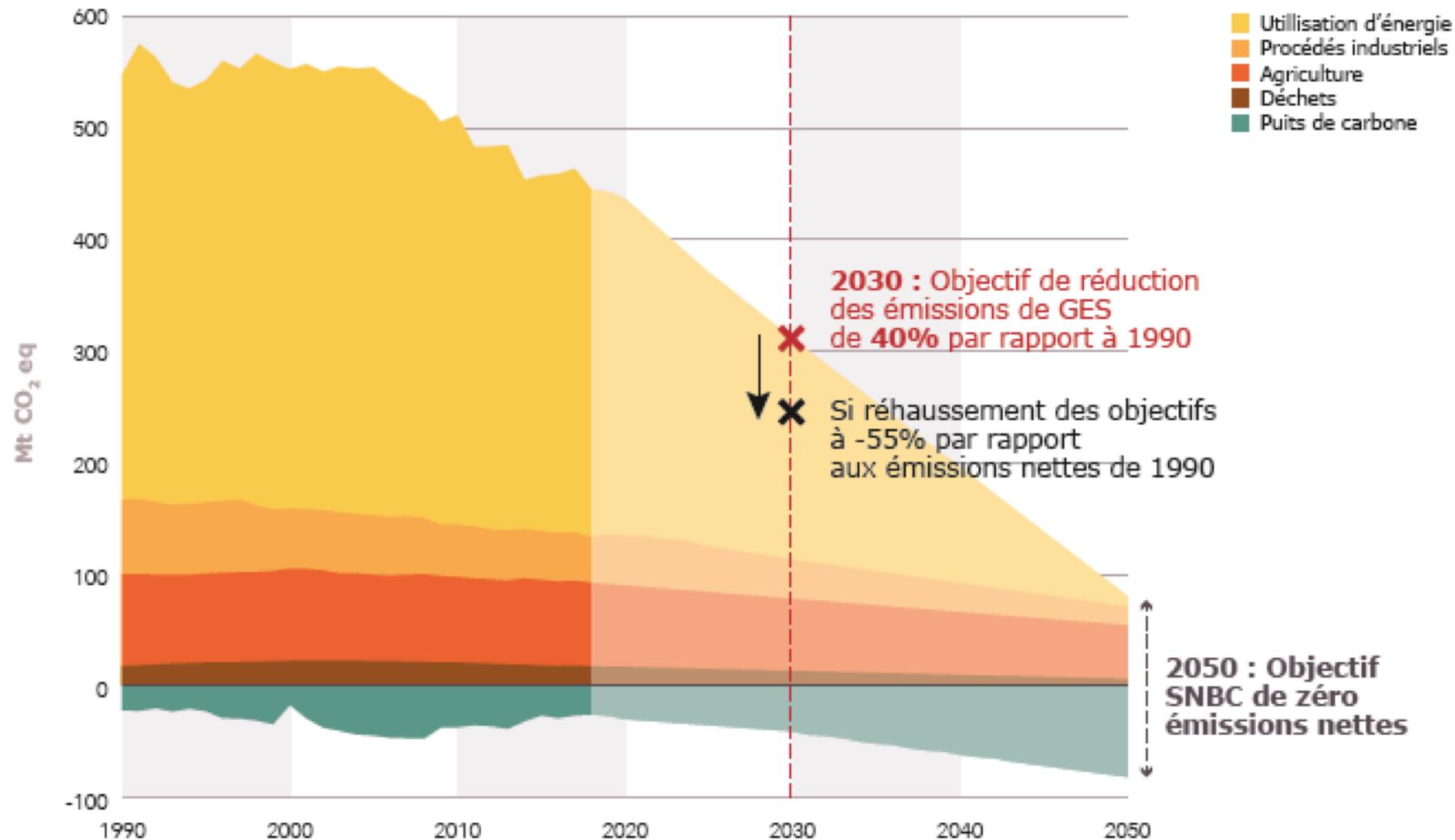
- 10 **Système hydrogène bas-carbone** pour les secteurs difficiles à électrifier (nécessaire dans les scénarios à haut taux d'EnR)
- 11 **Paris technologiques** lourds si tout aux EnR ou prolongation du Nucléaire existant > 60 ans
- 12 Intégrer les **conséquences du changement climatique** sur le réseau électrique (ressources en eau, chaleur, régimes de vent)

# ESPACE ET ENVIRONNEMENT

- 13 Développement des **EnR** 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**
- 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
- 15 **Anticiper** les tensions sur l'approvisionnement en **ressources minérales**, particulièrement pour certains métaux

# GÉNÉRAL

- 16 Pour 2050 : le système électrique de la neutralité carbone peut être atteint à un **coût maîtrisable** pour la France
- 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 »
- 18 Quel que soit le scénario choisi, il y a **urgence** à se mobiliser



(Source : SNBC)

