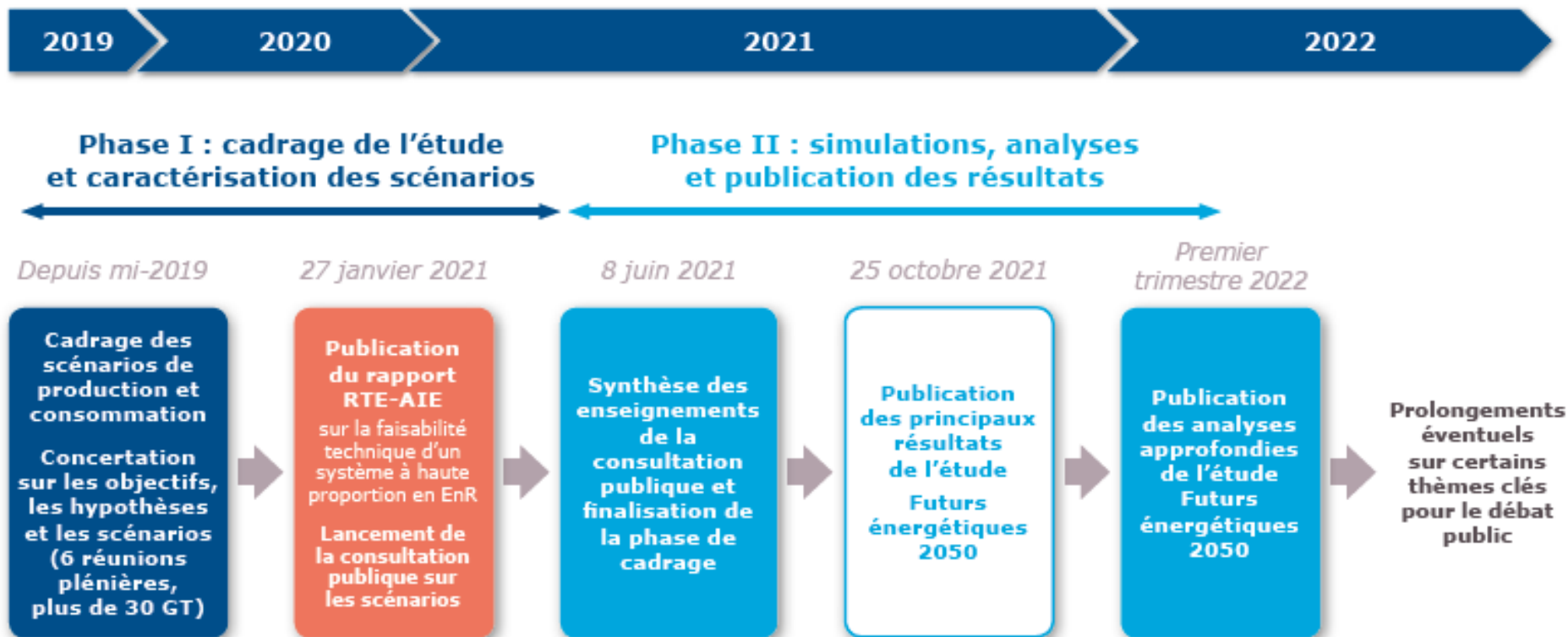


Rapport RTE

UNE DESCRIPTION ET UNE ANALYSE DES OPTIONS
DE TRANSITION DU SECTEUR ÉLECTRIQUE
POUR ÉCLAIRER LE DÉBAT PUBLIC

**Etude de référence,
support d'aide à la
décision ou étude
biaisée sur commande ?**

Calendrier de l'étude RTE



Références

- Rapports du GIEC
- Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte (LTECV),
- Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC)
- OCDE / AIE (Agence Internationale de l'Energie)
- ADEME: rapport “*transition 50, choisir maintenant, agir pour le climat*”

Contexte de l'étude RTE

■ Objectifs

- Simuler les divers scénarios d'évolution du système électrique
- Approche scientifique de l'aide à la décision

■ Critères majeurs d'évaluation:

- Décarbonation
- Sécurité énergétique
- Efficience du système électrique
- Compétitivité économique
- Faisabilité financière

Axes d'évaluation

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)

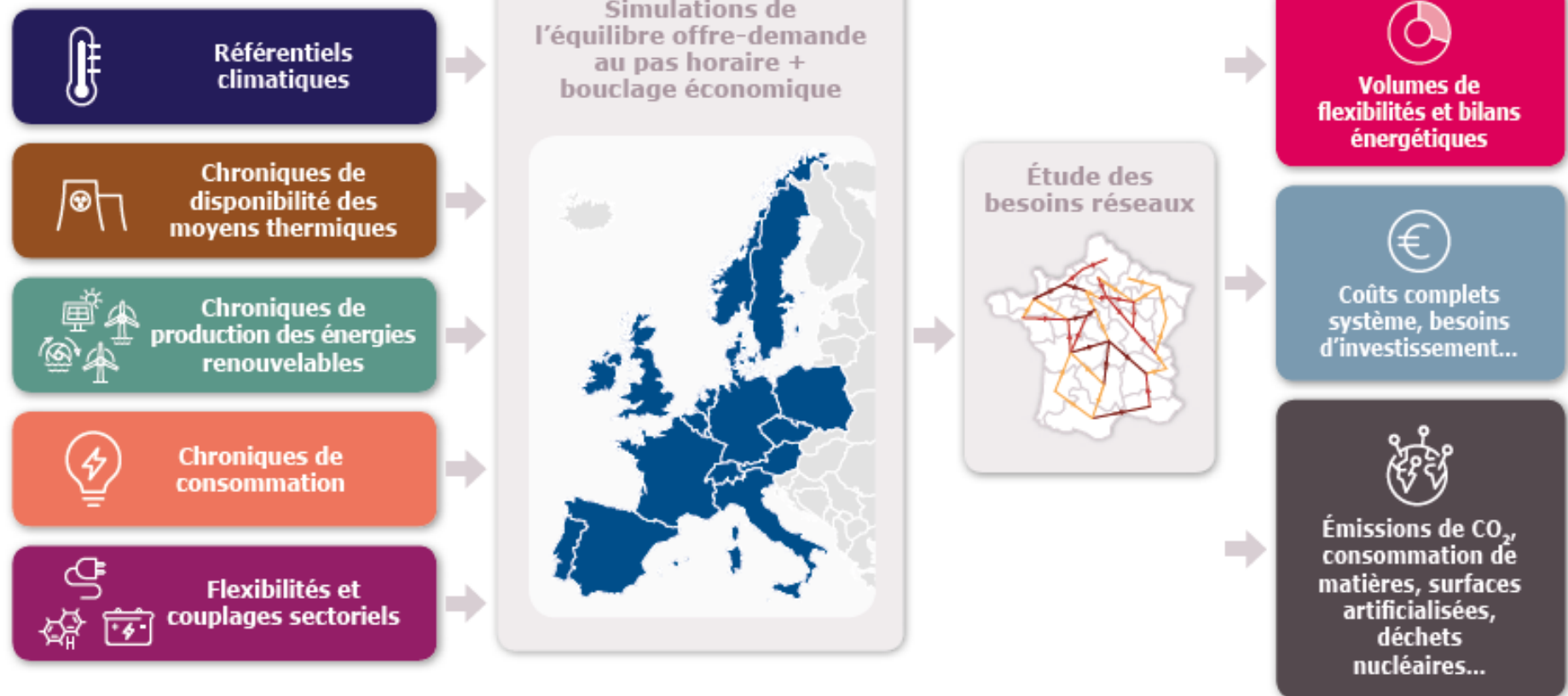


Les Futurs énergétiques 2050 ne se prononcent pas sur la désirabilité de ces dimensions

Démarche systémique

Figure 2.8 Modélisation du système énergétique dans l'étude

Hypothèses France et Europe



Nombreux outils informatiques utilisés

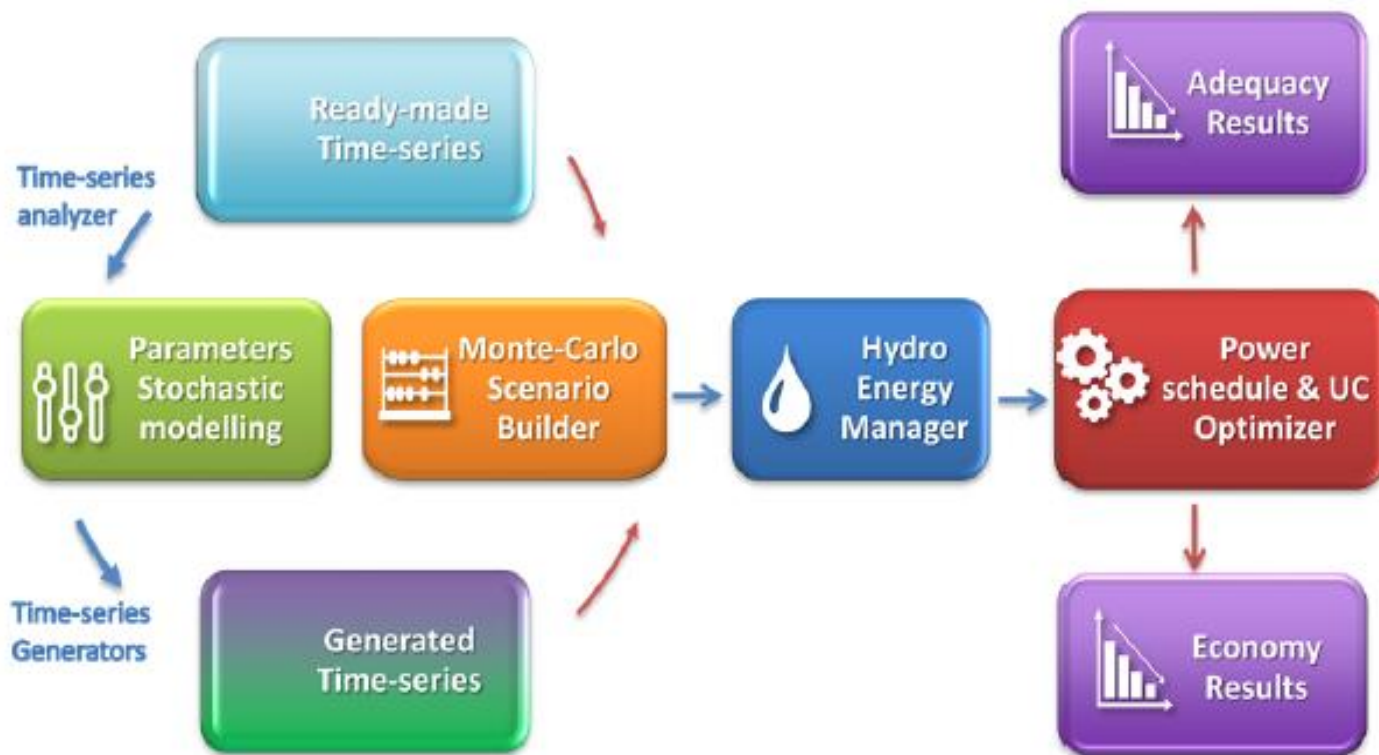
Elle repose également sur l'utilisation d'une modélisation du système électrique à travers l'outil *Antarès*, qui simule le *dispatching* horaire des moyens de production de sorte à minimiser le coût d'exploitation du système (à capacités installées données), et le module complémentaire *Xpansion* qui intègre les coûts d'investissement en vue d'une optimisation économique du parc à un horizon ou sur une trajectoire donnée.

Le coût d'exploitation issu du *dispatching* horaire est le résultat d'une approche stochastique sur 1000 chroniques annuelles d'aléas quant aux paramètres climatiques et aux disponibilités des centrales thermiques.

L'optimisation sous *Xpansion* procède par itérations en fonction de l'équilibre économique des différents moyens (production, stockage, effacement, interconnexions) et intègre des contraintes d'ordre politique (sur les capacités de certaines filières) et industriel (sur le rythme d'installation de nouveaux moyens selon les filières).

Outil de simulation: **Antares**

Logiciel pour tester des combinaisons d'aléas météorologiques et techniques et observer leurs impacts sur l'équilibre entre production et consommation d'électricité.



Variante: principaux paramètres



Les 6 scénarios

1

Périmètre de référence
6 scénarios de mix principaux

M0

M1

M23

N1

N2

N03

Avec trajectoire de consommation de référence

2

**Variantes sur la consommation,
à croiser avec les mix de production**

2 scénarios :

« Sobriété »
« Réindustrialisation profonde »

Analyses de sensibilité

« Électrification + »
« Efficacité énergétique moindre »
« Consommation accrue d'hydrogène »
...

3

Tests de sensibilité
sur la production
(rythme de
déclassement,
répartitions filières...)

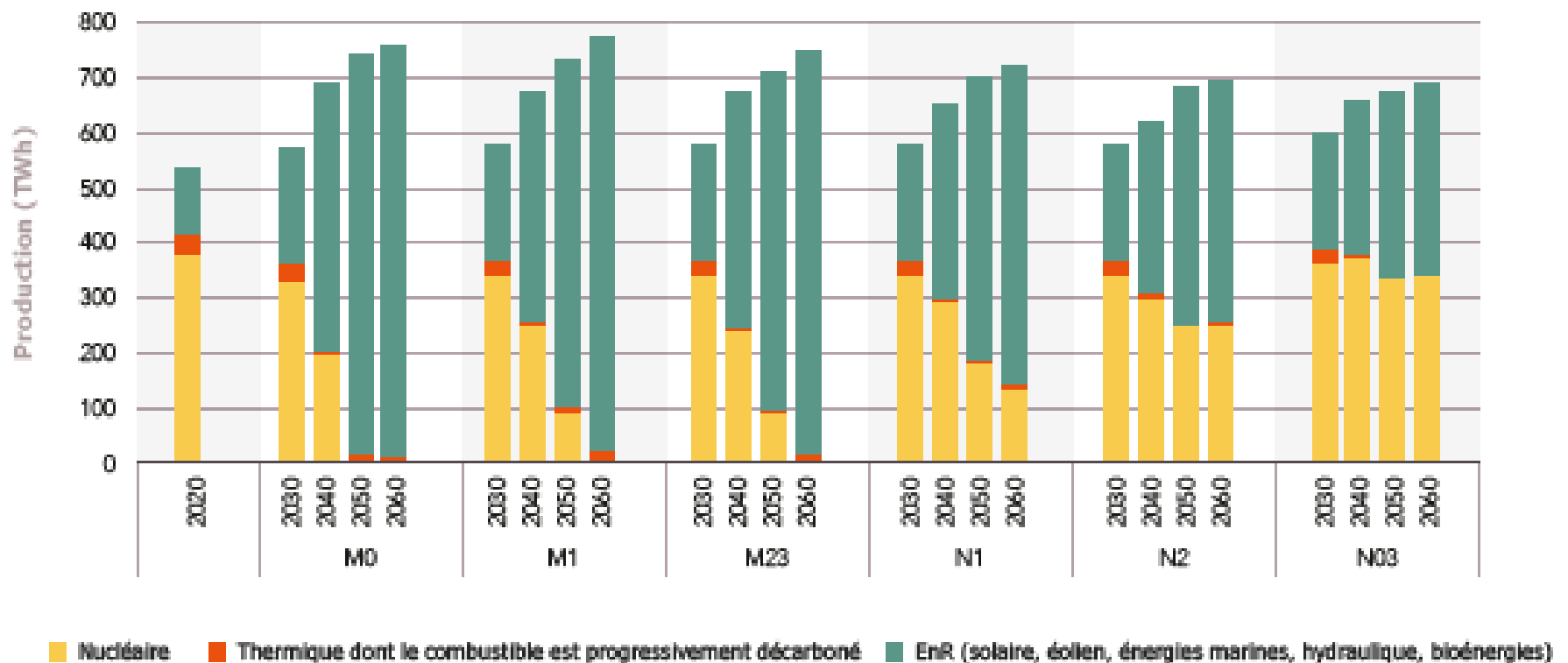
4

**Configurations
alternatives**

(sortie rapide
du nucléaire, moratoire
sur les énergies
renouvelables...)

Les 6 scénarios

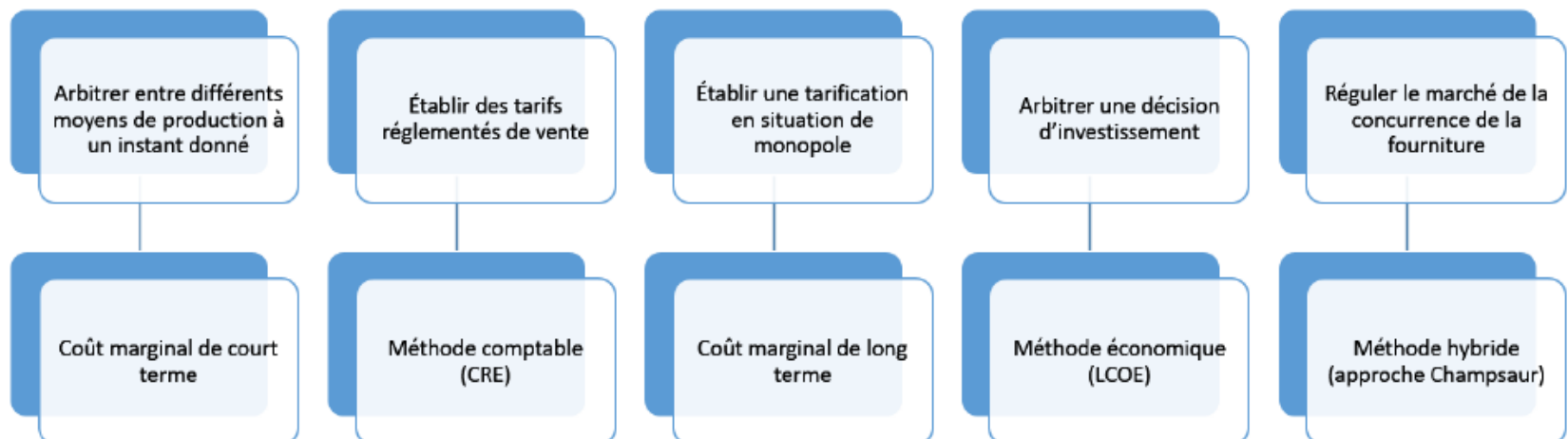
Figure 5.2 Évolution de la répartition EnR et nucléaire dans le mix de production des six scénarios et dans le mix actuel (2020)



Méthodes d'analyse économique

Plusieurs objectifs recherchés (pas de méthode absolue) :

- Comparaison de plusieurs scenarios
- Approche financière: besoins de financement
- Outil pour la régulation



Le LCOE

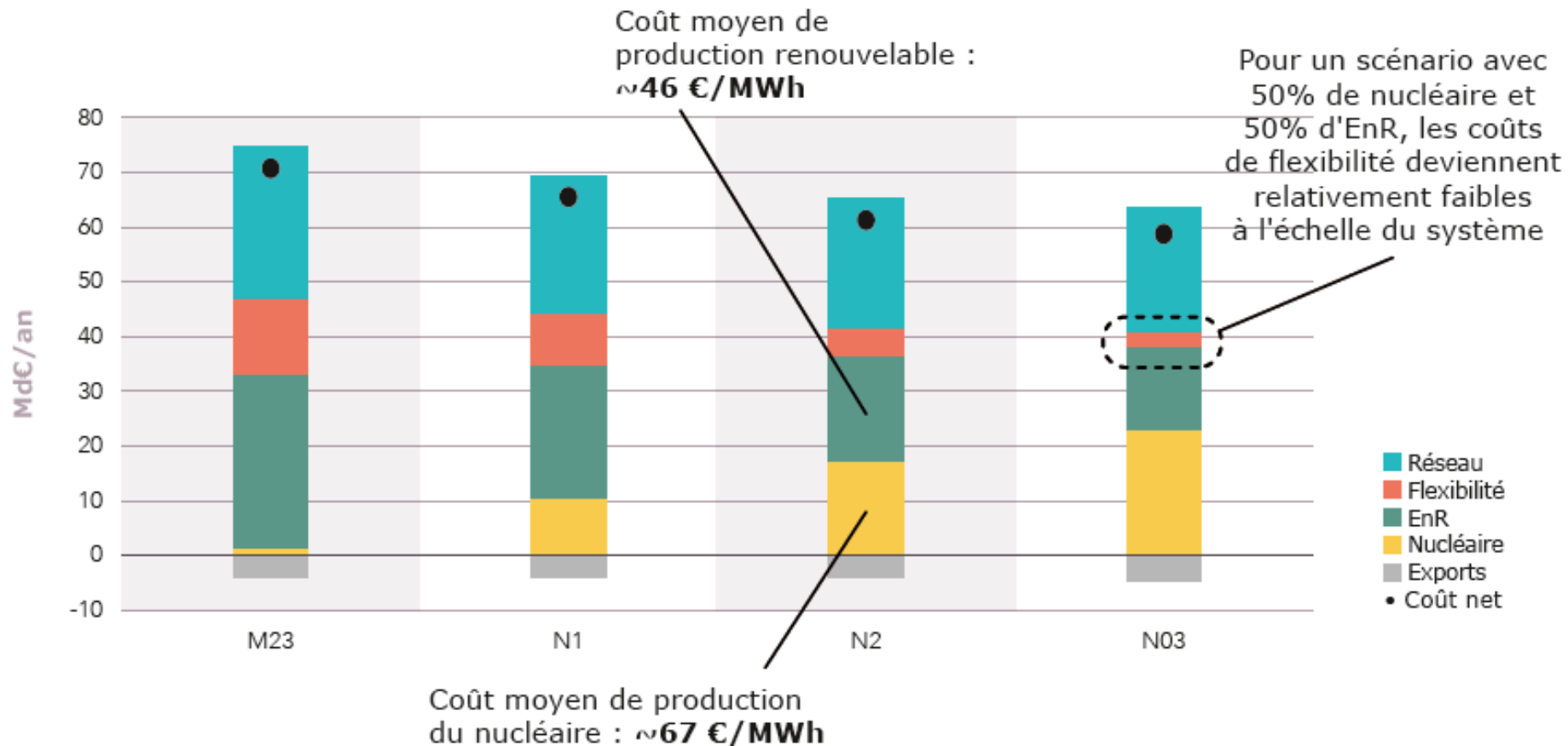
- « LCOE » est l'acronyme de « **Levelized Cost Of Energy** », soit en français le « **coût actualisé** de l'énergie ».
- Méthode classique d'évaluation économique
- Permet de calculer le prix actualisé du kWh sur une longue période:
$$\frac{(\sum \text{actualisé de dépenses (OPEX et CAPEX)})}{(\sum \text{Total actualisé des kWh produits})}$$
- Outil permettant de comparer plusieurs scénarios sur une longue période

Le LCOE

$$\text{LCOE} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

- n durée en années ($t= 1$ à n)
- E_t en kWh
- r est le taux d'actualisation, dépendant du coût du capital, mais pas que...
- C_t : comprend les coûts OPEX et CAPEX

LCOE: estimation des scenarios



Le LCOE

Limites de la méthode:

- **Sensibilité au taux d'actualisation r**
- **Un outil d'estimation préalable, complémentaire d'une approche plus comptable et financière**
- **Atténue le poids des coûts long terme**
Par exemple, avec 4%, 40 ans, les coûts de fin de vie d'une centrale nucléaire sont divisés par 4,8

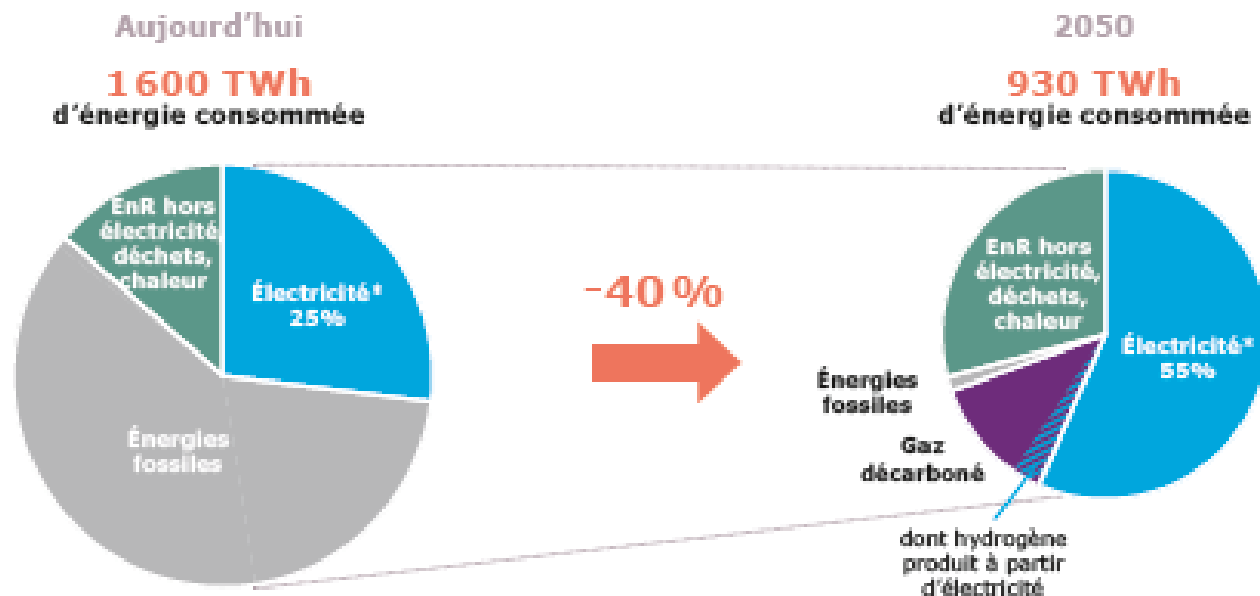
Etude RTE: critiques entendues

Suspicion de « rapport sur ordre »:

- **Bernard Laponche**: biaisé car sous estimant les coûts du nucléaire (incertitudes EPR, démantèlement et stockage déchets)
- **Jacques Roger Machard**: économies d'énergie irréalistes
- Non prise en compte de la situation industrielle du nucléaire

Décroissance: hypothèse contestée

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 intérieure d'électricité dans la trajectoire de référence de RTE = 645 TWh

De nombreuses études alternatives

Etudes invoquées par les politiques.

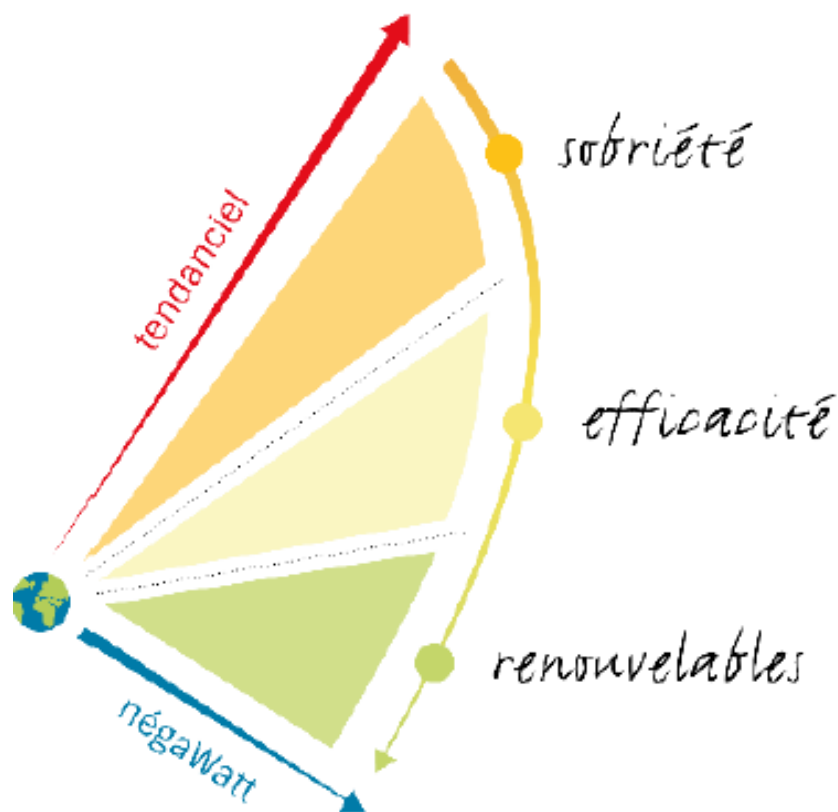
Principales options:

1. Sobriété et efficacité énergétique

2. % Nuke vs % EnR

- <https://transitions2050.ademe.fr/>
- <https://theshiftproject.org/>
- <https://cereme.fr/>
- <http://www.centre-cired.fr/le-cired/>
- <https://negawatt.org/>
- <https://www.global-chance.org/>
- <https://www.irena.org/>

➤ La démarche négaWatt



Prioriser les besoins
énergétiques essentiels

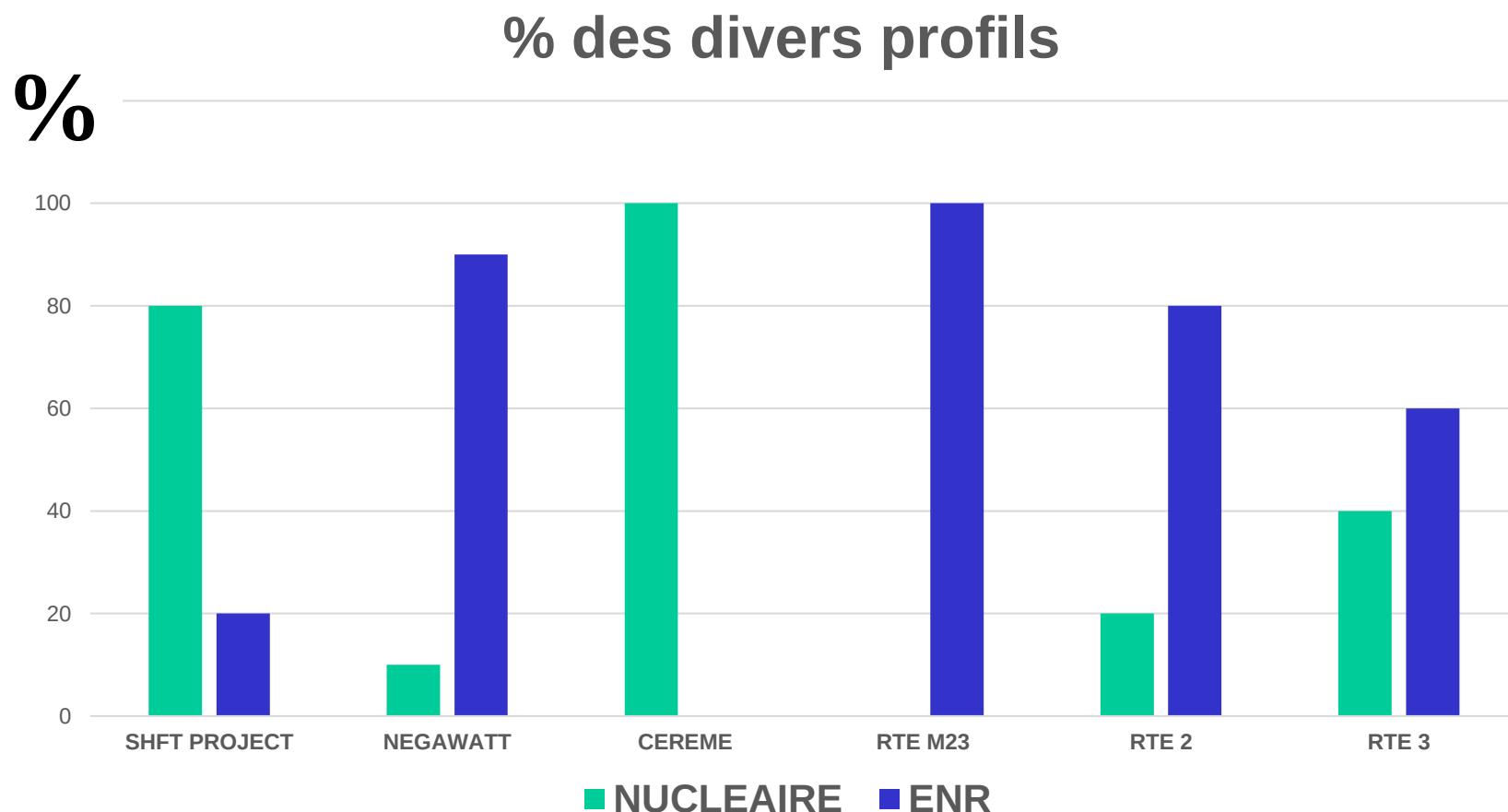
Réduire la quantité
d'énergie nécessaire à la
satisfaction d'un même
besoin

Privilégier les énergies
renouvelables

Demande d'énergie

Production

Profils comparés: RTE, SHIFT, NEGAWATT



Réserve

Quelques termes

■ Energie

- Pilotable
- Acheminable
- Renouvelable
- Primaire, Secondaire

Energie finale et secondaire

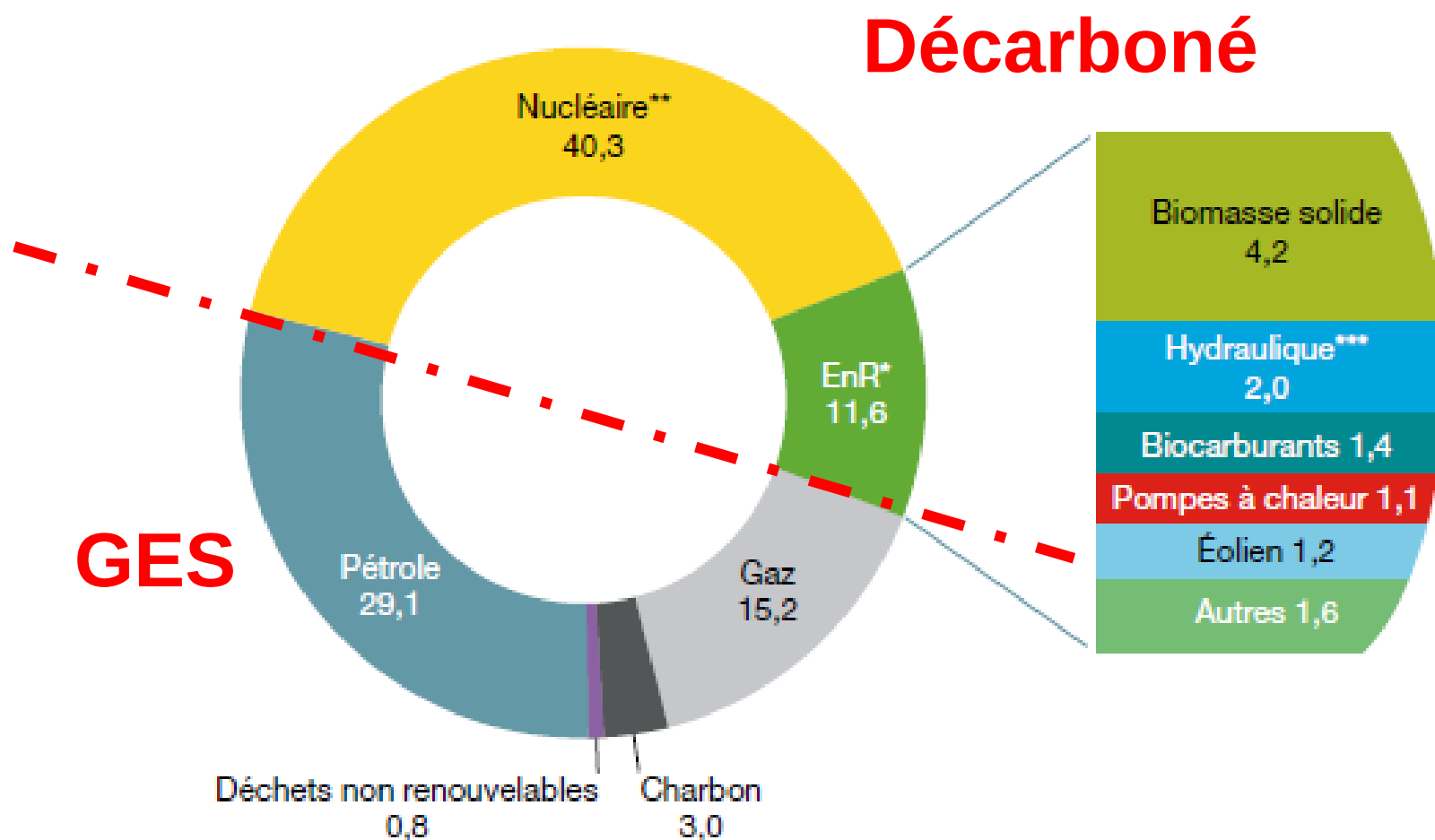
- L'**énergie primaire** est l'énergie contenue dans les ressources naturelles, avant une éventuelle transformation
- L'**énergie finale** est la quantité d'énergie consommée et facturée à son point d'utilisation
- En France, le coefficient de conversion pour l'électricité entre énergie primaire et énergie finale est de 2,58. Autrement dit, plus de 60 % de l'énergie primaire est perdue lors de la production et le transport de l'énergie électrique. Ce coefficient est de 1 pour l'ensemble des autres énergies (en l'absence de transformation)

Sources primaires d'énergie

RÉPARTITION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE EN FRANCE

TOTAL : 245 Mtep en 2019 (données brutes)

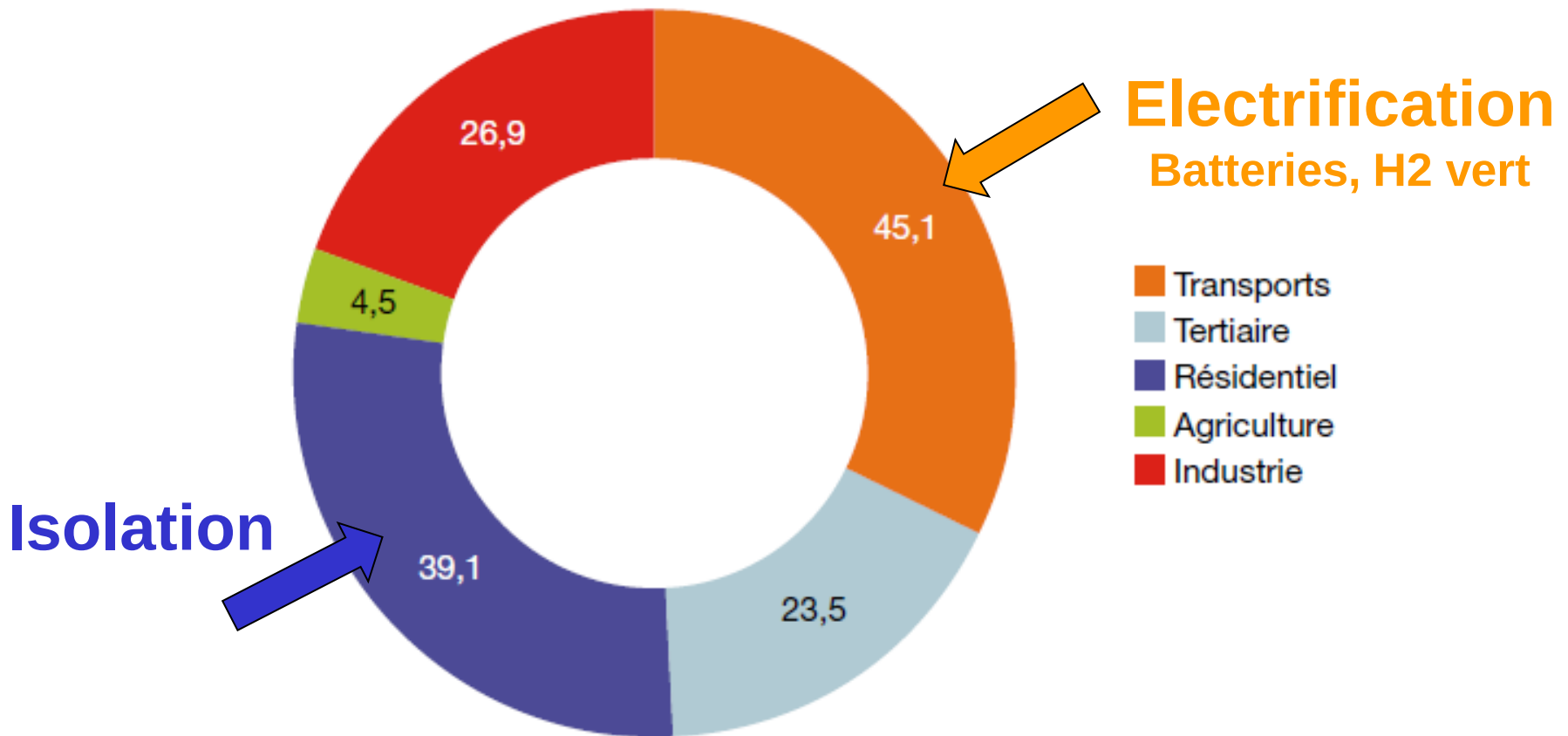
En % (données non corrigées des variations climatiques)



Consommation d'énergie par secteur

CONSOMMATION FINALE ÉNERGÉTIQUE PAR SECTEUR EN FRANCE

TOTAL en 2019 : 139,1 Mtep (données réelles, non corrigées des variations climatiques)



Visions contrastées du monde



Les 6 scénarios

M0 100% EnR en 2050	Sortie du nucléaire en 2050 : le déclasserement des réacteurs nucléaires existants est accéléré, tandis que les rythmes de développement du photovoltaïque, de l'éolien et des énergies marines sont poussés à leur maximum.	N1 EnR + nouveau nucléaire 1	Lancement d'un programme de construction de nouveaux réacteurs, développés par paire sur des sites existants tous les 5 ans à partir de 2035. Développement des énergies renouvelables à un rythme soutenu afin de compenser le déclasserement des réacteurs de deuxième génération.
M1 Répartition diffuse	Développement très important des énergies renouvelables réparties de manière diffuse sur le territoire national et en grande partie porté par la filière photovoltaïque. Cet essor sous-tend une mobilisation forte des acteurs locaux participatifs et des collectivités locales.	N2 EnR + nouveau nucléaire 2	Lancement d'un programme plus rapide de construction de nouveaux réacteurs (une paire tous les 3 ans) à partir de 2035 avec montée en charge progressive. Le développement des énergies renouvelables se poursuit mais moins rapidement que dans les scénarios N1 et M.
M23 EnR grands parcs	Développement très important de toutes les filières renouvelables, porté notamment par l'installation de grands parcs éoliens sur terre et en mer. Logique d'optimisation économique et ciblage sur les technologies et les zones bénéficiant des meilleurs rendements et permettant des économies d'échelle.	N03 EnR + nouveau nucléaire 3	Le mix de production repose à parts égales sur les énergies renouvelables et sur le nucléaire à l'horizon 2050. Cela implique d'exploiter le plus longtemps possible le parc nucléaire existant, et de développer de manière volontariste et diversifié le nouveau nucléaire (EPR 2 + SMR)