cérémé
L'ÉNERGIE DE LA RAISON

Roland Berger

Scénario alternatif aux Futurs énergétiques 2050

Conférence de presse

Paris, le 16 mars 2022

Un mix électrique à forte composante nucléaire semble le plus performant pour 2050, sécurisant l'approvisionnement en électricité à des coûts et émissions de CO_2 faibles

Synthèse des résultats clés

Les scénarios officiels actent une relance du nucléaire mais laissent ouvertes des incertitudes sur la sécurité d'approvisionnement et sur la décarbonation

- **Le scénario N03 de RTE**, qui sert de base aux annonces du Président de la République dans son discours de Belfort, **ouvre une relance du nucléaire**
- Ces scénarios comportent de larges capacités intermittentes dont la disponibilité est incertaine, en particulier à la pointe, **fragilisant les objectifs d'indépendance énergétique et de décarbonation**

Un mix alternatif reposant sur un rôle plus important du nucléaire remédie aux points faibles du scénario N03 de RTE et du scénario de Belfort

- **Les hypothèses du Cérémé dessinent un mix dont le nucléaire serait la colonne vertébrale avec 98,6 GW installés** en 2050 (sur 200,9)
- **Ce mix permet de…**
  - **couvrir la pointe de demande en 2050,** même face à des conditions météorologiques défavorables
  - **réduire de 80% les émissions de CO_2** du système électrique **par rapport à 2019** en les ramenant à un **niveau comparable à celles du scénario N03** et **évitables via recours gérable au biogaz**
  - **proposer une électricité plus compétitive** que celle des scénarios N03 et Belfort, grâce à des **investissements inférieurs de 20% à 35%**

Un mix fortement nucléaire permettrait aussi de répondre à une demande plus élevée, qui correspond à l'ambition industrielle de la France

- **La réindustrialisation et la décarbonation de l'économie peuvent entraîner une demande plus forte,** atteignant 836 TWh en 2050 (635 TWh pour N03)
- **Le mix Cérémé répond à cette demande avec une production décarbonée à 95% en 2050** – la performance du mix N03 est incertaine pour ce niveau de demande

En conclusion : face aux défis qui pèsent sur le système électrique, une relance ambitieuse et immédiate d'un programme électronucléaire à grande échelle apparaît comme une option sans regret

Source : Cérémé, Roland Berger

cérémé
L'ÉNERGIE DE LA RAISON

Roland Berger

Le contexte actuel est favorable à une relance ambitieuse du nucléaire

Le renforcement de l'indépendance nationale et la décarbonation seront des tendances fortes des décennies à venir, notamment au regard des crises récentes

Contexte et ambitions de l'étude

Contexte

Un contexte favorable à la relance du nucléaire

- **Crise climatique et objectif de neutralité carbone en 2050 :**
  - hausse attendue de la demande en électricité (notamment : industrie, mobilité)
  - nécessité d'en décarboner la production
- **Tensions géopolitiques et limites de la mondialisation** : mise en lumière récente des dangers de la dépendance au gaz fossile étranger (Covid-19 : interruption des chaines logistiques, forte volatilité des prix ; Ukraine)
- **Limites apparentes des mix de production reposant sur d'importantes capacités intermittentes :**
  - incertitude liée aux conditions météorologiques maintenant une dépendance de fait au gaz fossile en "back-up" (donc impact climatique et dépendance à l'étranger pour ce gaz)
  - interrogations sur l'acceptabilité des parcs, notamment pour l'éolien onshore

Un revirement progressif dans le débat public

- **Dans son rapport Futurs Energétiques 2050, RTE propose un scénario N03 :**
  - présentant la meilleure performance en termes de coûts, d'indépendance nationale et d'émissions de CO_2
  - s'affranchissant partiellement de la PPE en prolongeant l'essentiel des réacteurs à 60 ans et certains au-delà
  - restant sous le plafond de 50% d'électricité d'origine nucléaire dans la production en 2050
- **Dans son discours de Belfort du 10 février 2022, le Président de la République s'inspire du scénario N03 pour ouvrir la voie à une relance du nucléaire :**
  - actant la construction de 6 EPR 2, potentiellement suivis de 8 autres
  - ouvrant la porte à une prolongation du parc existant

Ambitions et objectifs de l'étude

Tester un scénario poussant plus loin la logique ouverte par les annonces de Belfort

- **Construire un mix de production alternatif :**
  - permettant de **faire face à la demande attendue pour 2050**, notamment dans un contexte de **réindustrialisation**
  - s'appuyant sur une **relance ambitieuse du nucléaire**, **s'affranchissant totalement de la PPE** et allant jusqu'à **80% d'électricité d'origine nucléaire**
- **Etudier la performance de ce mix :**
  - **en terme :**
    - de sécurité d'approvisionnement
    - climatique
    - économique
  - **en comparaison avec :**
    - le scénario N03 de RTE
    - les annonces de Belfort

Source : Cérémé, Roland Berger

cérémé
L'ÉNERGIE DE LA RAISON

Roland Berger

Les scénarios officiels actent une relance du nucléaire mais laissent ouvertes des incertitudes sur la sécurité d'approvisionnement et sur la décarbonation

Le scénario N03 de RTE, qui sert de base aux annonces du Président de la République dans son discours de Belfort, ouvre une relance du nucléaire

Capacités installées en 2050	Scénario RTE N03 [GW]	Scénario Belfort [GW]	
Nucléaire historique	24,0	24,0	
Nouveau nucléaire	27,0	25,0[1]	
Hydraulique – fil de l'eau	13,6	13,6	
Hydraulique – de pointe	8,5	8,5	
Hydraulique – STEP	8,0	8,0	
Solaire	70,0	108,6	
Eolien onshore	43,0	37,0	
Eolien offshore	22,0	40,0	
Batteries & V2G	2,7	2,7	
Biogaz et autres bioénergies[2]	2,5	2,5	*Thermique*
Gaz hist. & gaz/biogaz additionnel[3]	0,0	0,0	
Total – hors interconnexions	**221,3**	**269,9**	
Interconnexions	*39,0*	*39,0*	

Le scénario RTE N03 et le scénario "Belfort", construit à partir du discours du 10 février 2022 du Président de la République et inspiré du **scénario N03 de RTE :**

- **proposent une relance du nucléaire** qui tranche avec les politiques menées sur les 15 dernières années
- **ouvrent la porte à la remise en cause de la PPE** en proposant la prolongation des réacteurs nucléaires existants jusqu'à 60 ans (et plus pour certains)
- **restent néanmoins sous le plafond de 50%** de la production d'électricité d'origine nucléaire

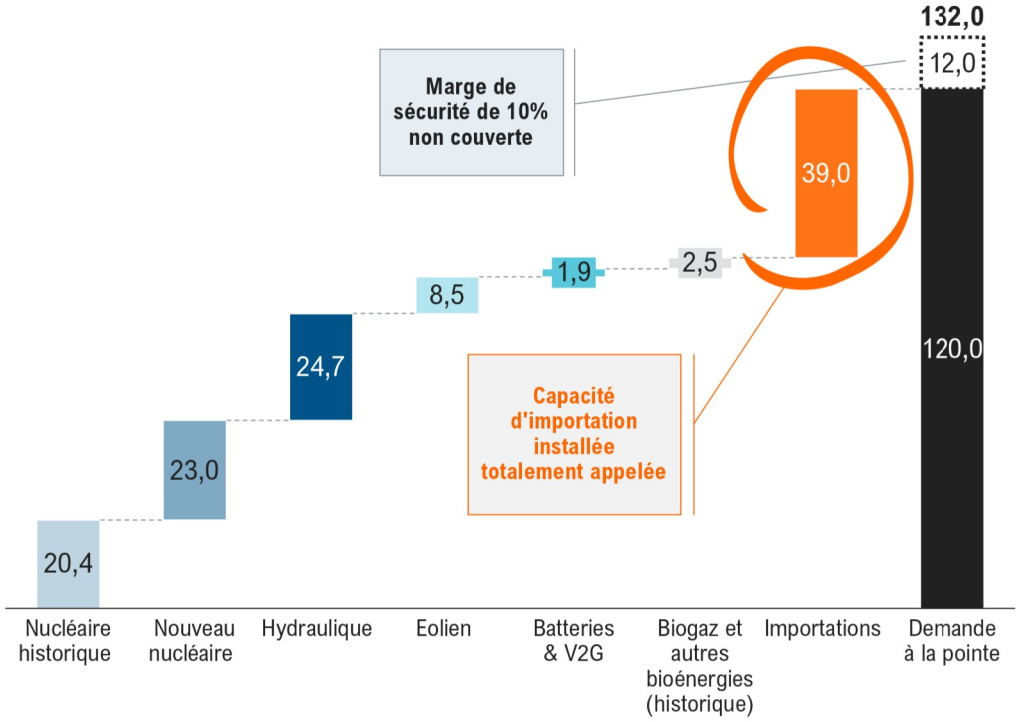
1) Dont 4 GW de SMR pour N03, 2 GW pour Belfort ; 2) Capacités historiques et communes à tous les scenarios de RTE ; 3) Dont capacités historiques et capacités additionnelles

Source : RTE, Cérémé, Roland Berger

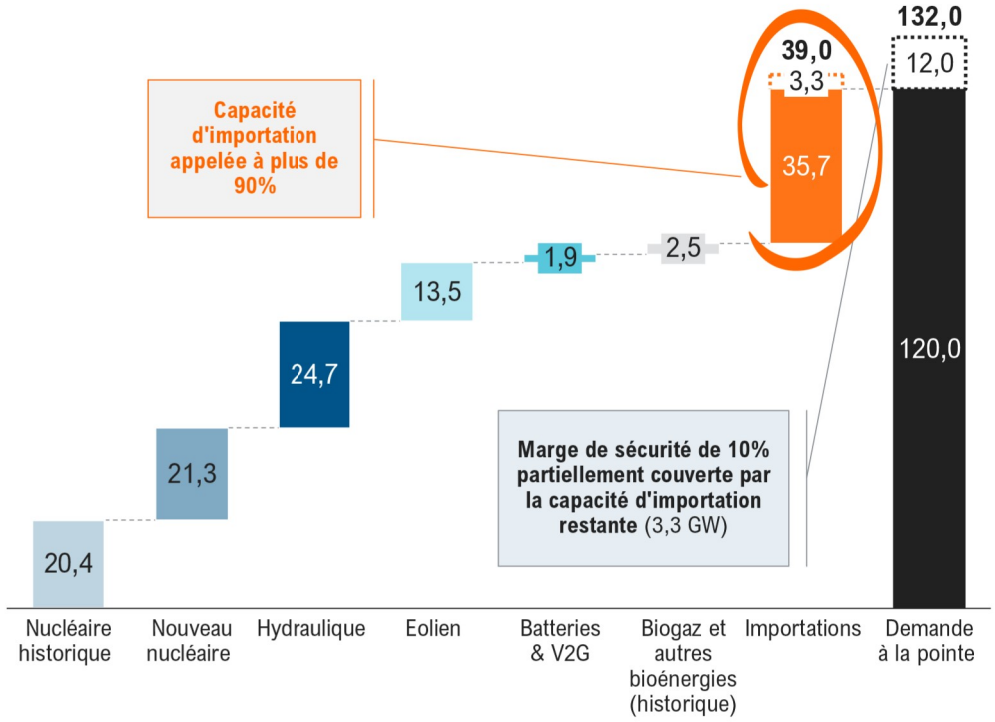
Ces scénarios comportent de larges capacités intermittentes dont la disponibilité est incertaine, fragilisant les objectifs d'indépendance et de décarbonation

Capacités disponibles à la pointe, en **condition météorologiques défavorables**, selon les scenarios à l'étude [**Demande de référence RTE** ; 19h00, Hiver, 2050 ; GW]

Scénario RTE N03



Scénario Belfort



Note : la capacité disponible est calculée par application du taux de disponibilité sur les capacités installées. Ainsi, avec un taux de disponibilité de 85% à l'hiver 2050, la capacité disponible du nucléaire historique est de 20,4 GW. Idem, la capacité disponible des installations solaires est nulle à 19h00 en hiver (nuit)

Source : RTE, Cérémé, Roland Berger

cérémé
L'ÉNERGIE DE LA RAISON

Roland Berger

Un mix alternatif reposant sur un rôle plus important du nucléaire remédie aux points faibles des scénarios présentés par RTE dans son rapport Futurs énergétiques 2050

Les hypothèses du Cérémé mènent à définir un mix dont le nucléaire serait la colonne vertébrale avec 98,6 GW installés en 2050 sur un total de 200,9 GW

Capacités installées en 2050	Scénario Cérémé [GW]	Scénario RTE N03 [GW]	Scénario Belfort [GW]
Nucléaire historique	59,0	24,0	24,0
Nouveau nucléaire	39,6	27,0	25,0[1]
Hydraulique – fil de l'eau	13,6	13,6	13,6
Hydraulique – de pointe	8,5	8,5	8,5
Hydraulique – STEP	8,0	8,0	8,0
Solaire	49,6	70,0	108,6
Eolien onshore	0,0	43,0	37,0
Eolien offshore	0,0	22,0	40,0
Batteries & V2G	0,0	2,7	2,7
Biogaz et autres bioénergies[2]	2,5	2,5	2,5
Gaz hist. & gaz/biogaz additionnel[3]	20,1	0,0	0,0
Total – hors interconnexions	**200,9**	**221,3**	**269,9**
Interconnexions	*15,0*	*39,0*	*39,0*

Principales hypothèses de construction du scénario Cérémé

- **Mobilisation des moyens** pilotables décarbonés **existants**
- **Relance ambitieuse du nucléaire** autour de la prolongation du parc historique à 70 ans et de la construction de 24 nouveaux EPR2
- **Limitation du développement et du renouvellement des EnR** au seul solaire diffus
- **Maintien de la capacité d'interconnexion** actuelle
- **Maintien et installation de capacités thermiques** permettant de **sécuriser le passage des pointes de demande**

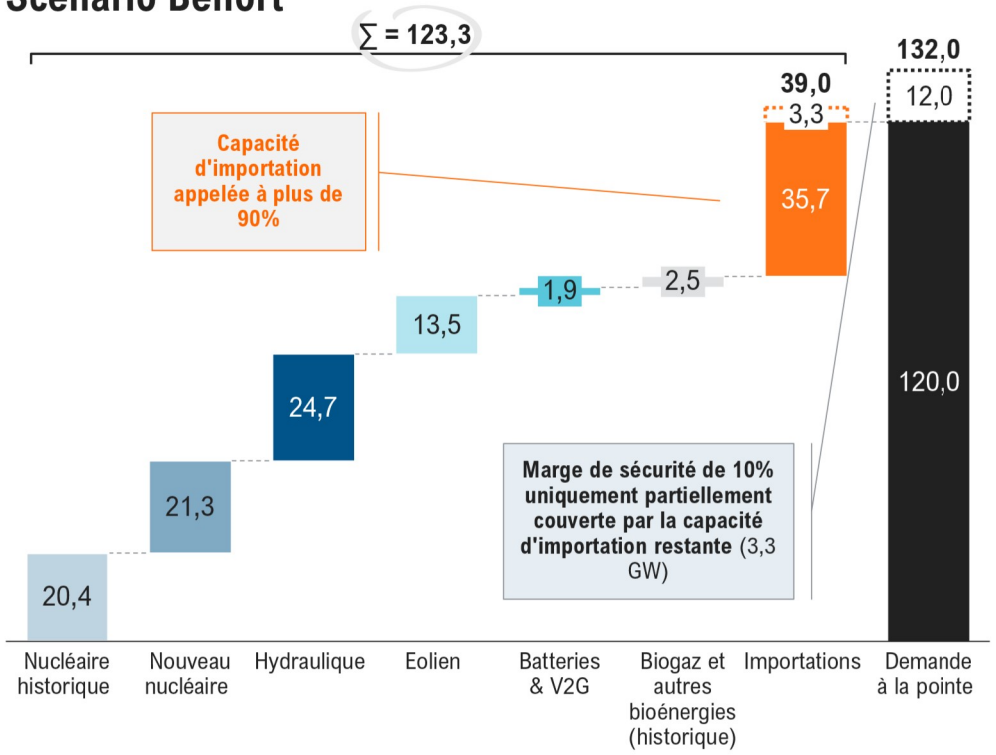
1) Dont 4 GW de SMR pour N03, 2 GW pour Belfort ; 2) Capacités historiques et communes à tous les scenarios de RTE ; 3) Dont 7,8 GW de capacité gaz historiques et 12,3 GW de capacités gaz/biogaz additionnelles

Source : RTE, Cérémé, Roland Berger

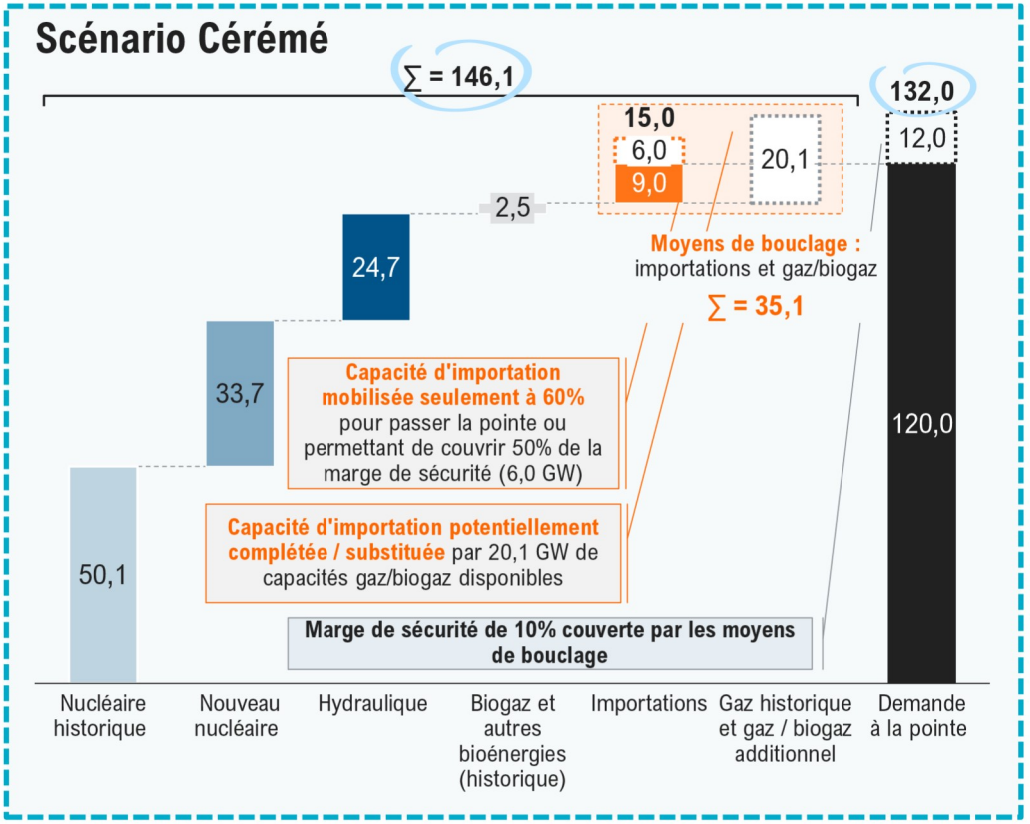
Ce mix proposé permet de disposer d'une capacité de 146,1 GW à la pointe en 2050 en conditions défavorables, dépassant la demande et la marge de sécurité de 10%

Capacités disponibles **à la pointe**, en **condition météorologiques défavorables**, selon les scenarios Belfort et Cérémé [**Demande de référence RTE** ; 19h00, Hiver, 2050 ; GW]

Scénario Belfort



Scénario Cérémé



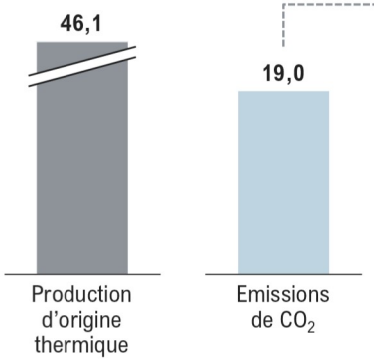
Source : RTE, Cérémé, Roland Berger

2 Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 du mix Cérémé seraient de 2,8 m tonnes, en baisse de plus de 80% par rapport à 2019, comparables à N03 et évitables via le recours au biogaz

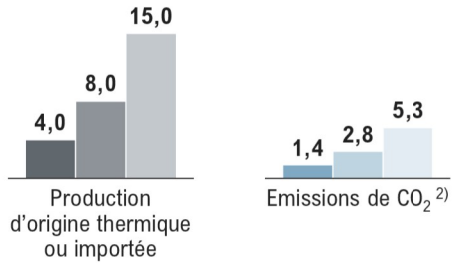
Emissions de CO_2 de la production par des moyens thermiques ou importations, par scénario [Demande de référence RTE]

Mix France 2019
[2019; TWh ; m t CO_2]



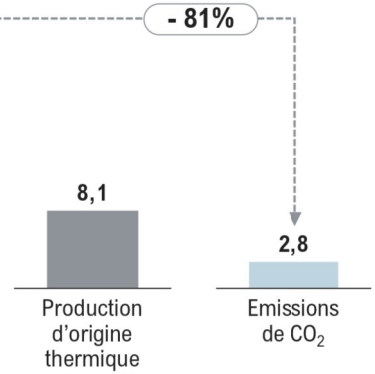
Note : Production réalisée à partir de moyens thermiques et consommée en France uniquement

Mix RTE N03 2050
[2019; TWh ; m t CO_2]



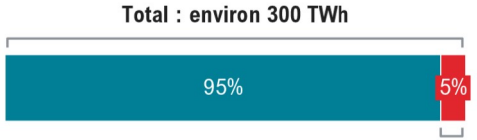
Note : Estimations Roland Berger basse, moyenne et haute – *voir détails en page suivante*

Mix Cérémé 2050
[2019; TWh ; m t CO_2]



Potentiel de décarbonation
[2050]

Potentiel de production domestique de biogaz [TWh thermiques]



Besoins pour assurer la production de 8,1 TWh d'électricité : **16,2 TWh thermiques (5% du total)**

Avec un rendement de 50% (CCG), la mobilisation d'environ **5% du total du biogaz disponible** permettrait de **couvrir et décarboner la production** des **8,1 TWh** d'électricité d'origine thermique

Les **émissions de CO_2** découlant de la mise en place du **mix Cérémé** sont :
inférieures de 80% à celles de 2019, alignées avec les **estimations moyennes** concernant le **scénario RTE N03** et **potentiellement évitables** via un recours au **biogaz**

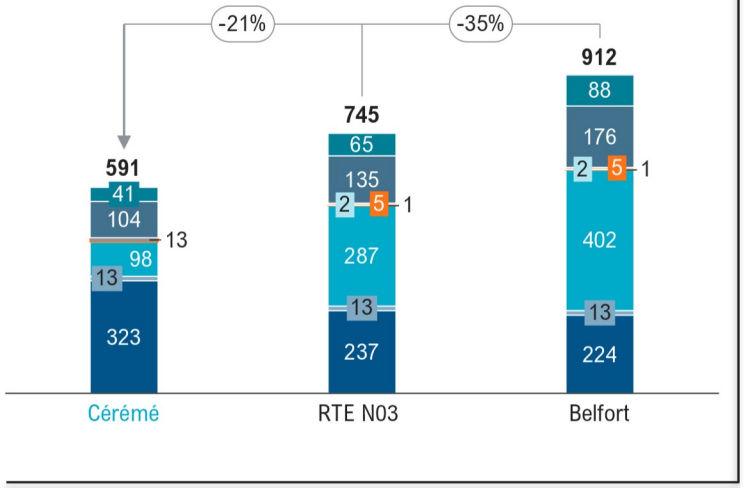
1) Production à partir de moyens thermiques consommée en France uniquement ; 2) Pour 2050, émissions de CO_2 des TWh importés ou produits à partir de sources thermiques estimées à 350 g / kWh (équivalent aux émissions des CCG)

Source : RTE, Ademe, GRDF, GRTgaz, Cérémé, Roland Berger

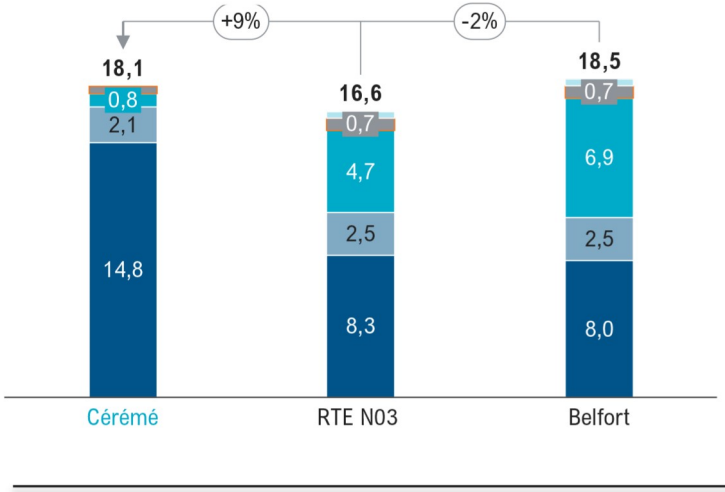
Le mix Cérémé offrirait aux consommateurs français une électricité moins chère que les scénarios officiels, notamment en raison d'investissements inférieurs de 20 à 35%

Investissement cumulés et coûts d'exploitation **selon les hypothèses de coûts Roland Berger, pour la demande de référence de RTE**

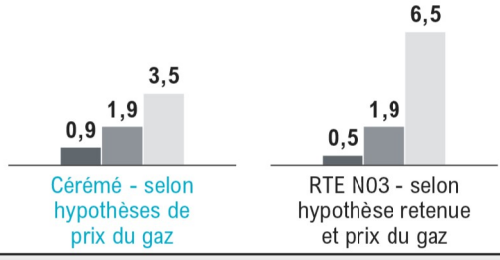
Investissements cumulés
[2019 – 2050; Md €]



Coûts fixes d'exploitation
[2050; Md €]



Coûts annuels de gaz
(en substitution des importations)
[2050; Md €]



Avec des **investissements plus faibles de l'ordre de 20 à 35%,** des **coûts fixes d'exploitation proches** et un **coût annuel de gaz** (en substitution des importations) **comparable ou plus faible,** le mix **Cérémé pourrait conduire à une électricité plus compétitive que les mix N03 et Belfort**

- Nucléaire
- Hydraulique
- Energies renouvelables (solaire & éolien)
- Thermique (dont gaz, biogaz et bioénergies)
- Batteries
- Interconnexions
- Maintenance, renouvellement, renforcement réseau
- Raccordements

Source : RTE, Lazard, IEA, Cérémé, Roland Berger

cérémé
L'ÉNERGIE DE LA RAISON

Roland Berger

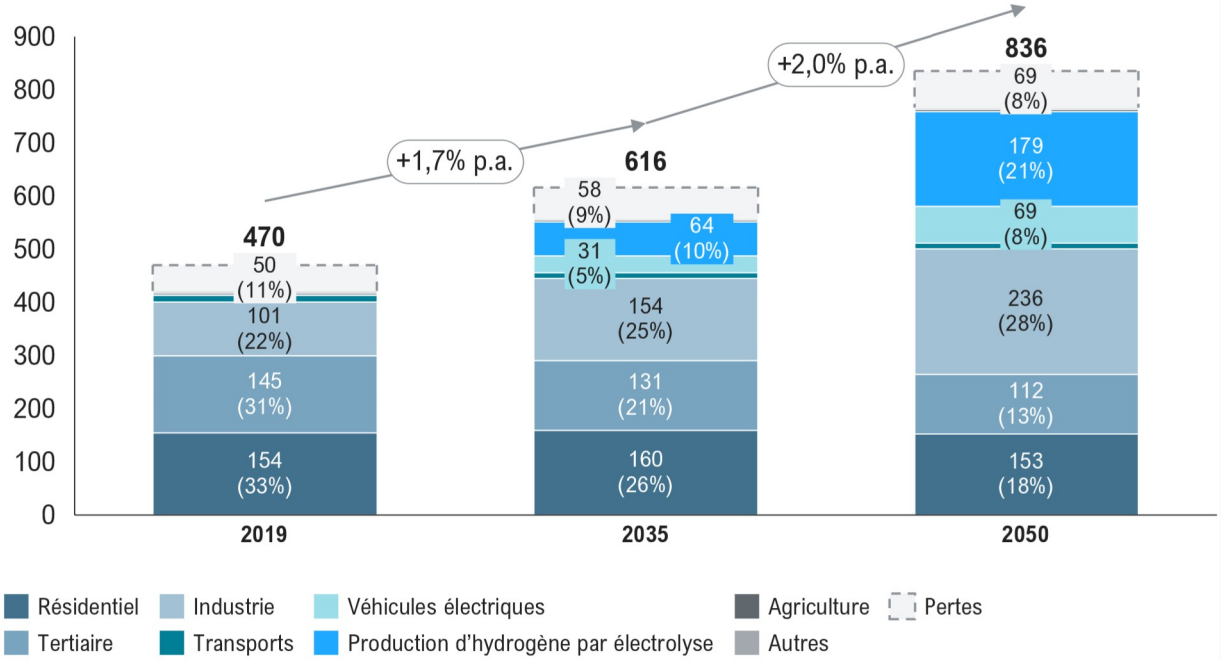
Un mix fortement nucléaire permettrait aussi de répondre à une demande plus élevée, qui correspond à l'ambition industrielle de la France

Des plans ambitieux de réindustrialisation et de décarbonation entraineront une demande de 836 TWh, en ligne avec les scénarios hauts de RTE et de l'ADEME

Projections de demande en électricité à horizon 2050 [TWh]

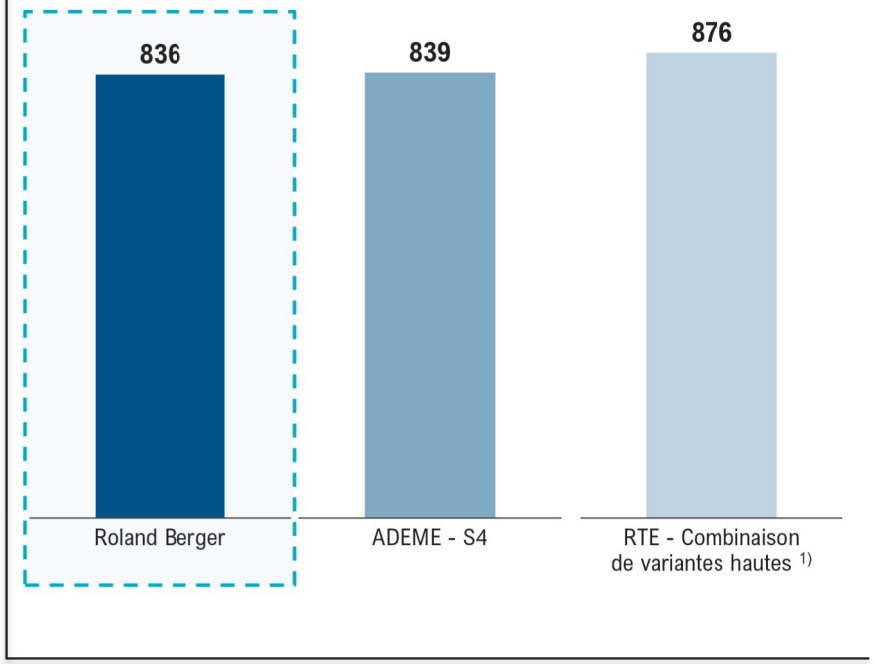
Projections Roland Berger

Demande projetée, par segment
[2019 – 2050; TWh]



Comparaisons des différents scénarios pour 2050

Demande projetée, par scénario
[2050; TWh]

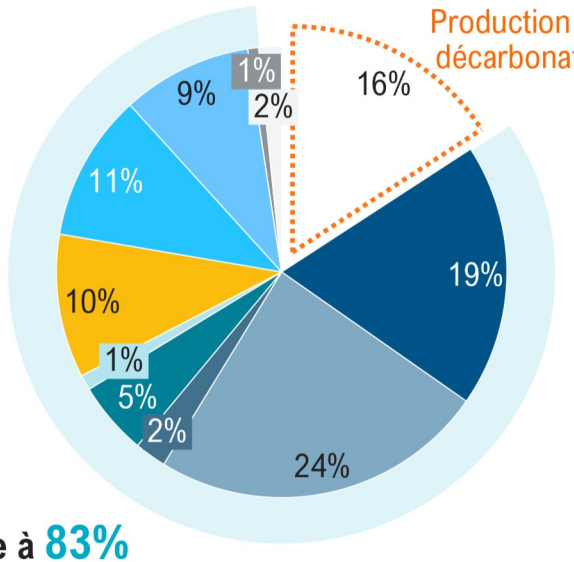


1) Combinaison du scénario réindustrialisation et des variantes : efficacité énergétique réduite et électrification +
Source : RTE, Ademe, Cérémé, Roland Berger

En 2050, le mix Cérémé répond à une demande de 836 TWh avec une production décarbonée à 95% – Performance du mix N03 incertaine pour ce niveau de demande

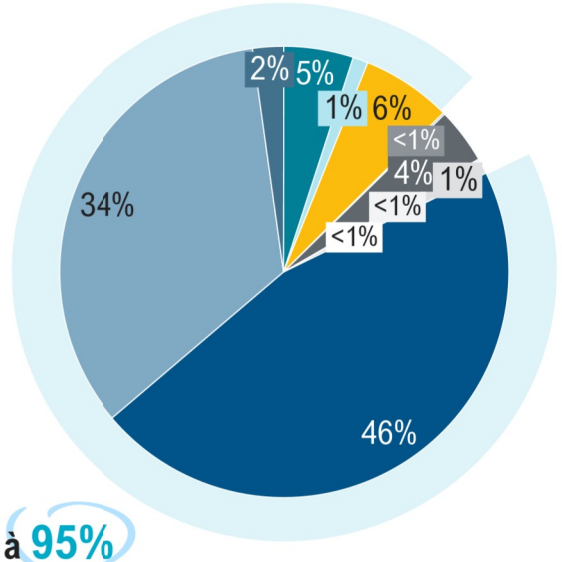
Production d'électricité par type de moyen [2050; **Demande Roland Berger**; hors exportations; %]

Mix RTE N03 – Production maximale, estimée à partir des taux de disponibilités annuels moyens et des capacités installées



Production décarbonée à 83%

Mix Cérémé – Production projetée



Production décarbonée à 95%

∑ = 836 TWh

Nucléaire (Historique) · Nucléaire (Nouveau) · Hydraulique (Pointe) · Hydraulique (Fil de l'eau) · Hydraulique (STEP) · Solaire · Eolien onshore · Eolien offshore · Biogaz · Gaz · Autres bioénergies · Importations · Non identifié

Source : RTE, Cérémé, Roland Berger

En conclusion : face aux défis qui pèsent sur le système électrique, une relance ambitieuse de la filière nucléaire apparait comme une option sans regret

Conclusion

Face à la demande attendue par RTE (645 TWh en 2050) :

- **les scénarios officiels** (RTE N03, Belfort) soumettent le système électrique à de **fortes tensions en 2050**
- un mix comportant une **forte part de nucléaire** présente des **performance supérieures du point de vue de la sécurité d'approvisionnement, des émissions de CO_2 et des coûts**

Face à une demande plus forte (835 TWh en 2050), tirée par des plans volontaires de réindustrialisation et décarbonation :

- **des tensions sont attendues pour 2035,** notamment en raison d'un manque de capacités pilotables à cet horizon
- un mix comportant une **forte part de nucléaire** permettrait de répondre à la demande attendue pour 2050 avec une électricité décarbonée à 95% et à des coûts maitrisés
- **la performance des scénarios officiels face à ce niveau de demande est incertaine**

- **La prolongation du parc nucléaire existant et un plan ambitieux de construction de nouveaux EPR 2 apparaissent indispensables**
- **Toute mesure permettant d'accélérer la construction des nouveaux réacteurs apparaît rationnelle** du point de vue de l'équilibre du système électrique
- Si la demande devrait être plus faible que projetée dans la modélisation Roland Berger, **un tel plan permettrait à la France de conserver son statut de grand exportateur d'électricité décarbonée**
- **La faisabilité d'un programme électronucléaire de cette ampleur reste à investiguer.** Elle demandera certainement un travail important sur l'organisation industrielle actuelle de la filière, afin d'améliorer sa capacité à relever les défis techniques et managériaux d'une telle politique

Source : RTE, Cérémé, Roland Berger

cérémé
L'ÉNERGIE DE LA RAISON

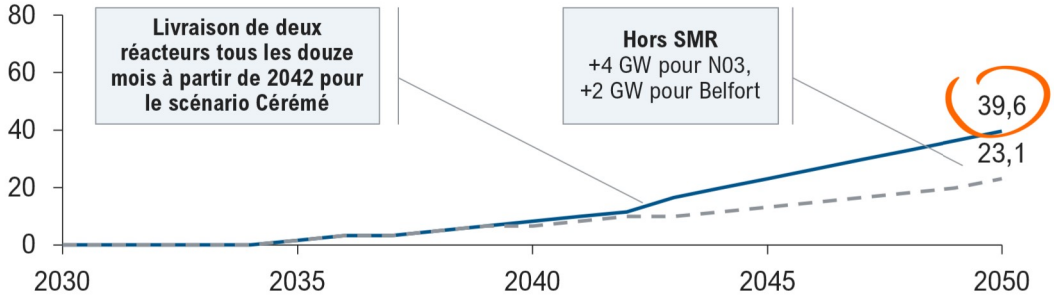
Roland Berger

Annexes

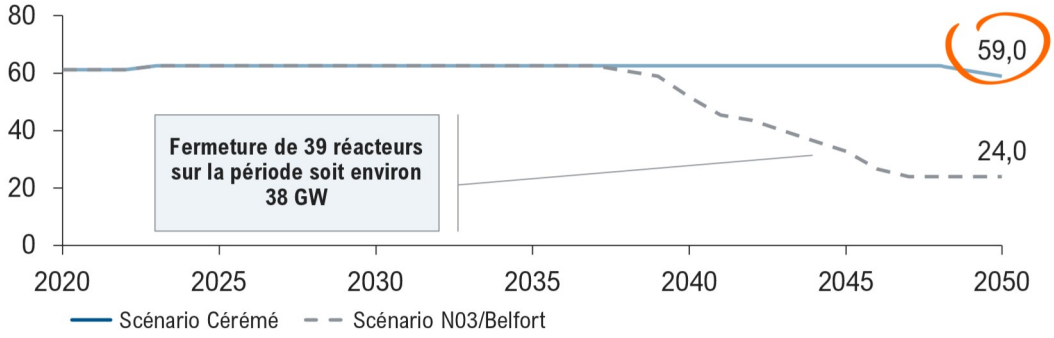
La prolongation du parc nucléaire existant à 70 ans et la construction de 24 réacteurs EPR 2 permettent de disposer de 98,6 GW de capacité nucléaire en 2050

Evolutions du parc nucléaire selon les scenarios étudiés [2020-2050 ; GW]

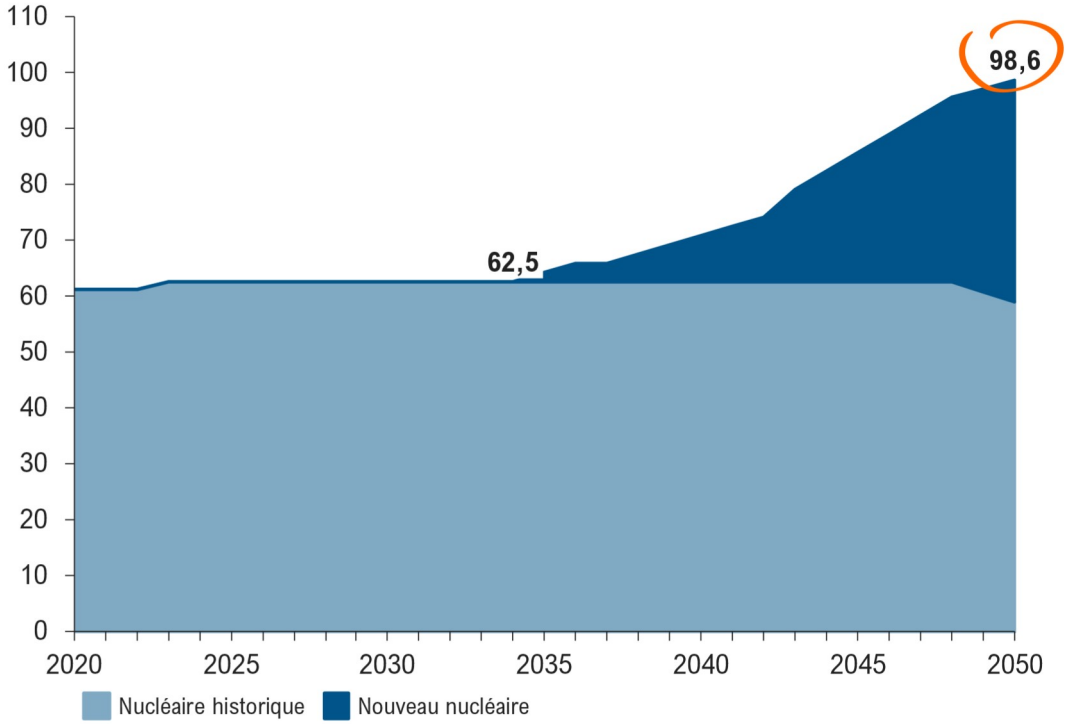
Evolution du nouveau parc nucléaire, selon le rythme de construction



Evolution du parc nucléaire historique, selon prolongation de la durée de vie



Evolution du parc nucléaire total dans le scénario retenu par le Cérémé



Note : la capacité de la filière à tenir un tel rythme de construction n'est pas l'objet de cette étude et sera ici tenue pour acquise

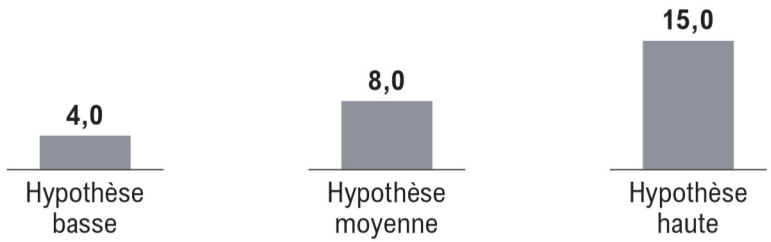
Source : RTE, Cérémé, Roland Berger

Le mix N03 proposé par RTE semble reposer sur des importations (ou une production thermique) représentant 4 à 15 TWh, dont les coûts peuvent varier fortement

Estimation des coûts induits par le recours aux importations du mix RTE N03 [**Demande de référence RTE**]

Estimation des besoins en production par des moyens thermiques ou importations pour le mix N03

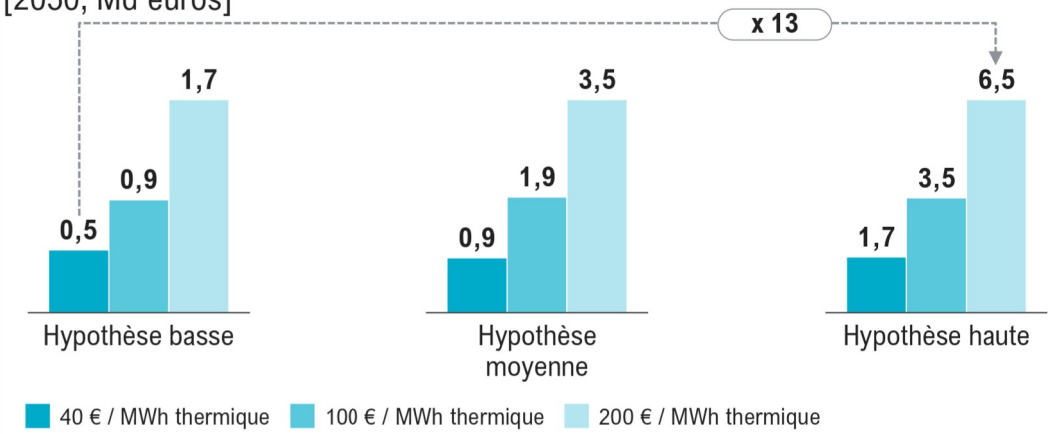
[2050; TWh]



- **Dans sa variante "France isolée"**, RTE anticipe l'appel de capacités thermiques pour une production d'environ **4 TWh sur l'année 2060** pour le mix N03
- **Un épisode de vent faible sur une durée de 7 semaines** à l'hiver 2050 entrainerait un **déficit de production d'environ 15 TWh** (perte de 12,8 GW de capacité disponible sur 1150 heures)

Sensibilité du mix N03 au variations de prix du gaz, selon les hypothèses de besoins en production thermique ou importations

[2050; Md euros]



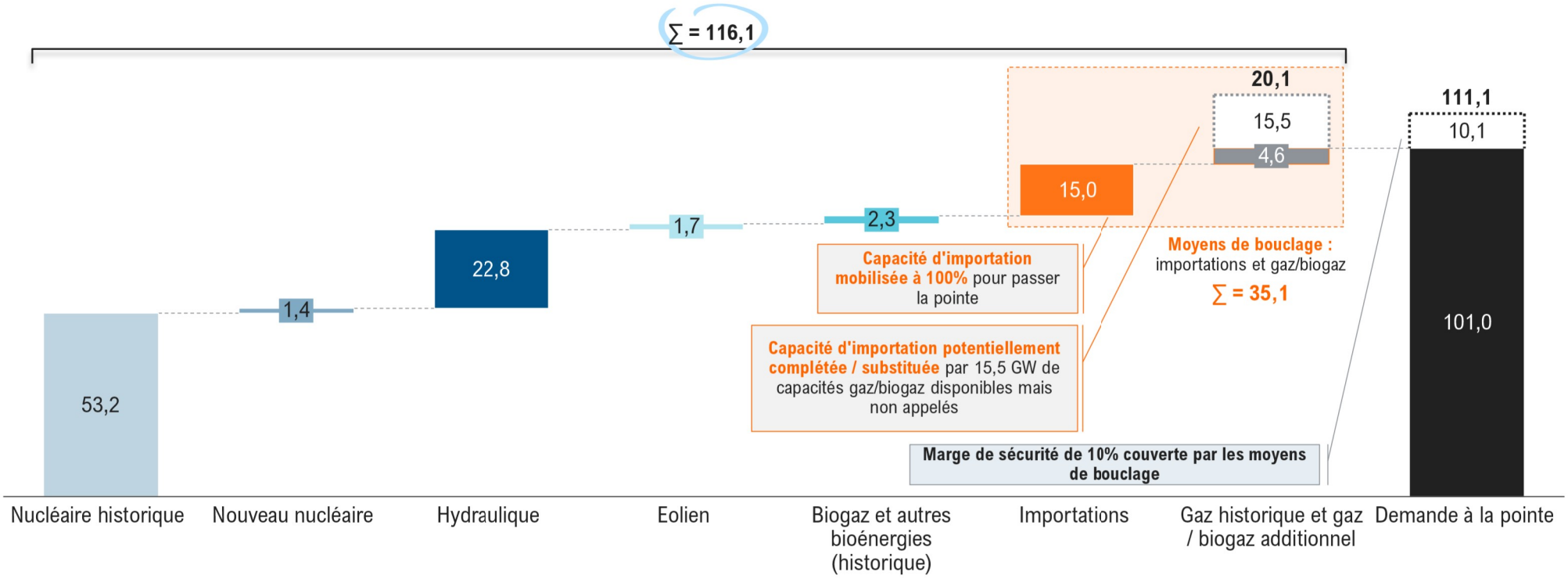
- **Les fluctuations du prix du gaz**, combinées à l'incertitude découlant du **caractère intermittent de la production éolienne et solaire** pourraient engendrer une **instabilité** notable sur les **coûts variables des importations (ou de la production thermique) dans le scenario N03**

Note : Coût du CO_2 inclus dans le calcul du coût du gaz (hypothèses retenues : 100 € / tonne équivalent CO_2; 0,350 t de CO_2 par MWh produit avec un CCG)

Source : RTE, Cérémé, Roland Berger

En attendant la montée en puissance du nouveau nucléaire, des capacités de pointe devront être mises en place dans le scénario de plus forte demande pour passer 2035

Capacité disponible en conditions défavorables à la pointe par moyen de production
[Mix Cérémé ; **Demande Roland Berger** ; **19h00**, Hiver, 2035 ; GW]

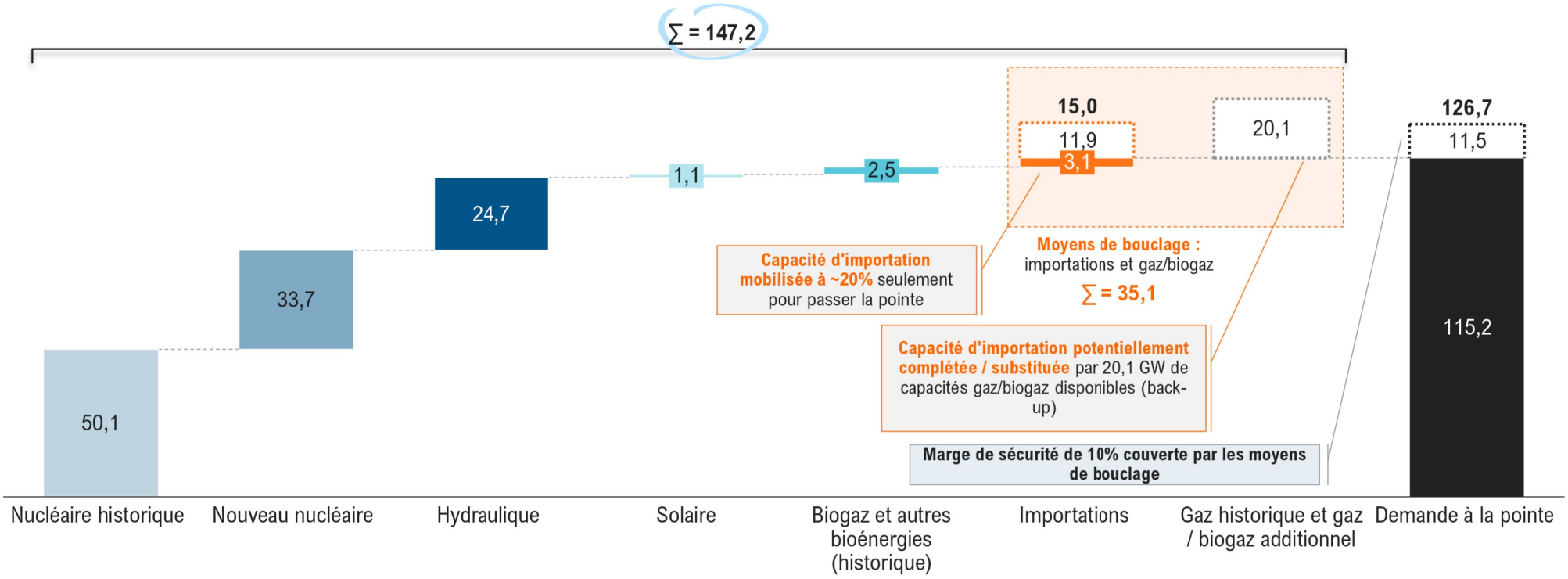


Note : capacité solaire disponible nulle à 19h00 en hiver

Source : Cérémé, Roland Berger

Le mix Cérémé permet de passer la pointe dans l'hypothèse de plus forte demande en 2050 avec un recours limité aux importations et sans mobilisation des moyens gaz

Capacité disponible en conditions défavorables à la pointe par moyen de production
[Mix Cérémé ; **Demande Roland Berger** ; **09h30**, Hiver, 2050 ; GW]



Source : Cérémé, Roland Berger

cérémé

L'ÉNERGIE DE LA RAISON

Roland Berger