

FRANCE : QUEL BESOIN ÉLECTRIQUE POUR DEMAIN ?

1. INTRODUCTION

Avant de se poser des questions sur la fermeture des centrales nucléaires que certains pensent pouvoir remplacer par le développement des énergies renouvelables intermittentes, il est important de définir le besoin futur et à quelle échéance.

La projection de la consommation d'énergie électrique pour les années 2030 et 2050 repose sur des hypothèses d'évolution qui peuvent d'ailleurs évoluer dans le temps.

La démarche qui a été retenue afin de conduire à un modèle robuste est la suivante :

- Analyse sur une longue période de l'évolution de la consommation
- Définition des points et des zones critiques dans cette évolution
- Définition des points de référence pour la projection
- Choix des hypothèses de projection
- Consolidation des résultats

Les auteurs de cette fiche ont fait le choix de ne pas prendre en compte des hypothèses d'évolution du contexte énergétique qui seraient en rupture complète avec les tendances actuelles. Ceci pourrait concerner :

- des choix sociétaux majeurs, choisis ou subis, conduisant par exemple à la mise en place d'une sobriété énergétique très forte,
- une augmentation ou une baisse très forte des besoins,
- des contraintes excessives sur l'approvisionnement de certaines matières premières essentielles pour certains moyens de production
- des contraintes sévères sur les réseaux de distribution de l'électricité
- des ruptures technologiques majeures dans les domaines du stockage direct ou indirect de l'électricité, par exemple les batteries ou l'hydrogène
- des bouleversements majeurs dans la répartition des populations
- des bouleversements majeurs du climat impactant les moyens de production et les choix énergétiques

La prise en compte d'évolutions de telle nature fera ultérieurement l'objet d'une fiche spécifique.

2. ÉVOLUTION DU BESOIN D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE ENTRE 1970 ET 2022

L'estimation de la quantité d'électricité nécessaire dans le futur va s'appuyer d'une part sur l'historique et d'autre part sur des hypothèses d'évolution de la société dans les prochaines décennies. Mais cette extrapolation ne sera valable que s'il n'y a pas de rupture dans le processus de consommation comme le montre la situation actuelle.

L'analyse de la consommation électrique depuis les années 70, montre une augmentation rapide de 1973 à 1990 sur une pente de 11 TWh/an, une augmentation un peu moins rapide entre 1990 et 2004 avec une pente de 8 TWh/an et un net ralentissement entre 2004 et 2010 avec une pente moyenne de 2,8 TWh/an.

La courbe ci-après montre qu'à partir de 2004 les besoins ont été progressivement satisfaits et que l'on entre dans une phase où la croissance est liée à l'évolution normale de la société qui doit prendre en compte l'augmentation de la population et l'intégration inéluctable des progrès technologiques, ainsi que les évolutions des modes de vie et des usages.

On pouvait alors projeter l'avenir avec une progression de 0,06 % par an comme le prévoyait l'OCDE et que pour l'avenir on allait entrer dans un régime de croisière (cf. figures 1 et 3 en pages suivantes). C'est sur cette base qu'ont été effectuées les premières projections.

Les années 2010-2012 constituent un période charnière dans la consommation d'énergie électrique puisque la crise économique va remettre en cause cette projection.

Cette rupture est essentiellement liée à la crise économique qui a frappé l'Europe ainsi que les effets de la désindustrialisation et non à une réduction volontaire de la consommation comme d'aucuns le laissent croire.

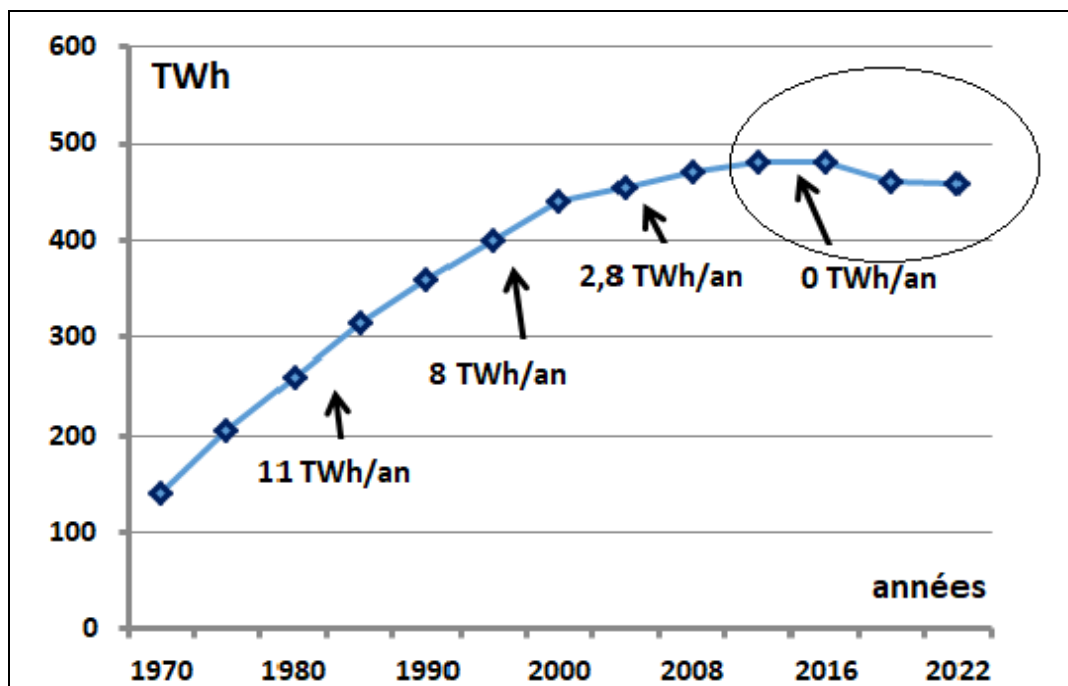


Figure 1 : Evolution de la consommation électrique entre 1970 et 2022

Cette décroissance, qui semblait vouloir se stabiliser en 2014, s'est poursuivie comme le montre la figure 2.

La crise économique a été suivie par une crise sanitaire qui a connu son paroxysme en 2020. La décroissance de la consommation est actuellement sur une pente négative de 2,5 TWh par an avec un minimum à 450 TWh en 2020.

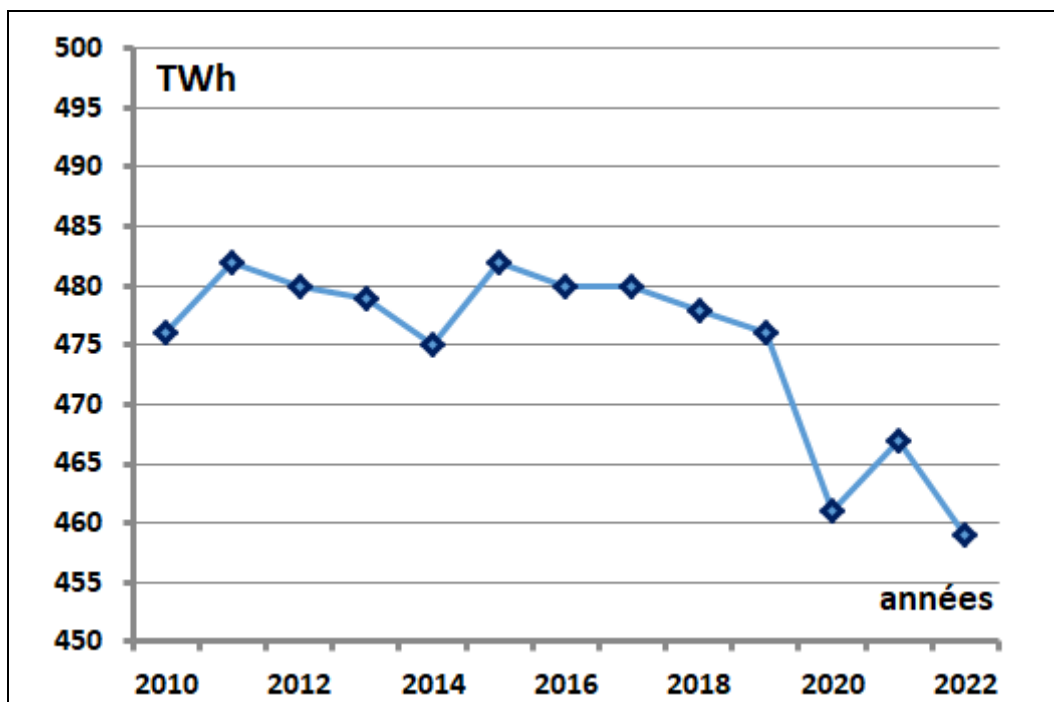


Figure 2 : Zoom sur l'évolution de la consommation électrique entre 2010 et 2022

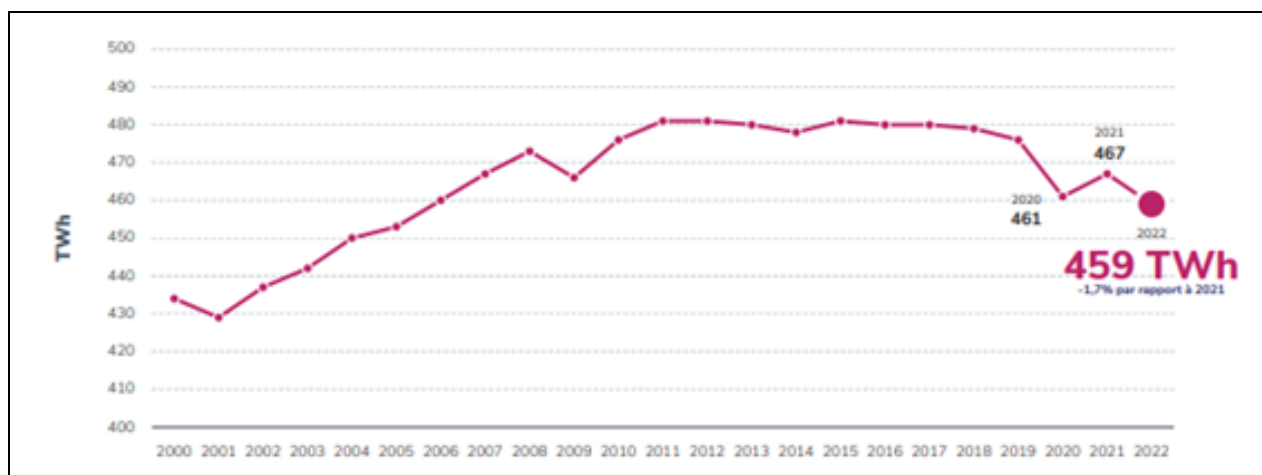


Figure 3 : Evolution depuis 2000 de la consommation électrique corrigée des effets météorologiques et calendaires

3. HYPOTHÈSES SUR L'ÉVOLUTION DU BESOIN ÉLECTRIQUE DANS LE FUTUR

3.1. HISTORIQUE DE L'ÉVOLUTION

Bien que sous-jacent depuis quelques années, l'accélération du réchauffement climatique oblige nos sociétés à un profond changement dans leur fonctionnement tout en gardant une consommation d'électricité conséquente qui est la marque de notre niveau de vie, sauf à envisager une baisse de ce niveau avec des conséquences sociétales majeures. Pour cela, il est nécessaire de réduire l'utilisation des énergies fossiles forte émettrices de CO₂, charbon et pétrole, et dans une moindre mesure le gaz, au profit d'énergies plus vertueuses, nucléaire, hydraulique et énergies renouvelables.

La France a fait l'erreur de s'engager dans une impasse en abandonnant des pans entiers de la richesse nationale à d'autres, sous prétexte que la main-d'œuvre était moins chère et que le coût du transport était négligeable.

Une autre erreur est de penser que l'on pouvait remplacer totalement l'électricité d'origine nucléaire par des énergies renouvelables intermittentes éoliennes et photovoltaïques qui nécessitent un apport complémentaire en gaz pour assurer la continuité du service.

Le tableau 1 ci-dessous ainsi que les figures 3 et 4 donnent la répartition des différentes sources d'énergie électrique pour les deux années 2012 et 2019 ayant quasiment la même production totale. On constate que la réduction de 4 % de la production nucléaire a été compensée par une augmentation de la production éolienne et photovoltaïque, ce qui était le but recherché, mais également par une augmentation du recours au gaz donc une augmentation des gaz à effet de serre. Le surplus de production par rapport à la consommation a permis à la France d'avoir un solde exportateur/importateur positif sur ces années là.

Energie (TWh)	Nucléaire	Hydraulique	Gaz	Eolien	Photovoltaïque	Divers	Total
Production 2012	75 %	11,7 %	4,6 %	2,8 %	0,7 %	5,1 %	539 TWh
Production 2019	71 %	11,0 %	7,0 %	6,3 %	2,3 %	2,5 %	535 TWh

Tableau 1 : Répartition de la production d'électricité sur les années 2012 et 2019

Energie (TWh)	Total		Total	
Consommation 2012	480 TWh		Solde export/import 2012	44 TWh
Consommation 2019	475 TWh		Solde export/import 2019	56 TWh

Tableau 2 : Répartition de la consommation et du solde des échanges transfrontaliers sur les années 2012 et 2019

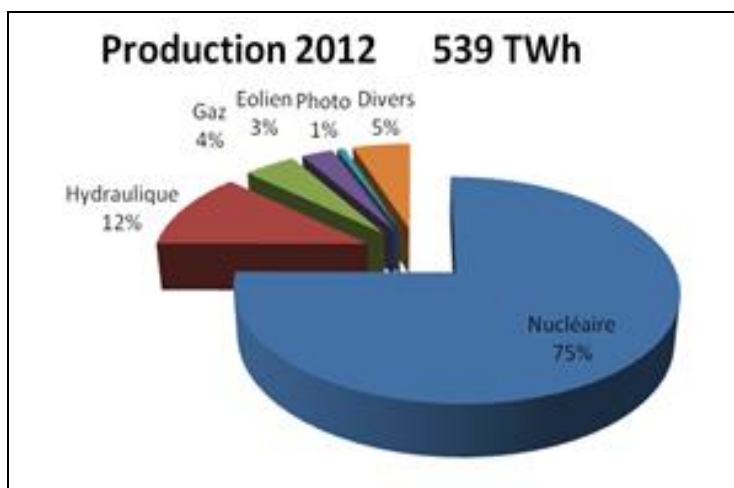


Figure 3 : Répartition de la production 2012 par secteur énergétique

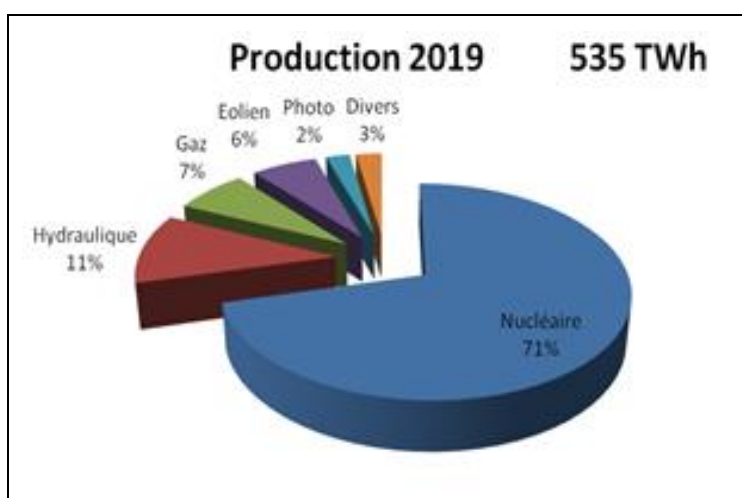


Figure 4 : Répartition de la production 2019 par secteur énergétique

3.2. MODÈLES DE PROJECTION

En suivant la répartition de la figure 1, les changements devraient essentiellement porter sur le résidentiel, le transport et l'industrie. La politique MDE (maîtrise de la demande en énergies) déjà largement entamée devrait aller dans le sens de la réduction de la consommation ; cependant de nouveaux besoins vont apparaître :

- En matière de **résidentiel** la politique d'isolation des bâtiments va se traduire essentiellement par la disparition du chauffage à énergie fossile (fuel, gaz naturel) l'électricité prenant principalement le relais avec une consommation raisonnée (électrique directe, pompe à chaleur, circulation de fluide caloporteur...). Cependant le réchauffement climatique va voir prospérer les climatiseurs.
- En matière de **transport** les recherches se développent rapidement autour du véhicule électrique. Le transport des marchandises actuellement assuré essentiellement par la route devrait migrer sur le rail. La plupart des grandes villes créent des réseaux de tramways et favorise le covoiturage. Tout ceci va conduire à une baisse importante de la consommation d'énergie fossile qui se reportera sur l'électricité.
- En matière **d'industrie**, la sidérurgie forte consommatrice d'énergie fossile a pratiquement disparue en France, mais subsiste l'industrie manufacturière qui elle est essentiellement consommatrice d'électricité.
- Il faut également tenir compte du développement de la recherche, qui est le point fort de la France, et le développement des techniques de l'information (développement de centres data) qui conduiront à l'augmentation de la consommation électrique partiellement compensée par le développement de technologies de moins en moins énergivores.
- Un autre point important est l'augmentation de la population due en partie aux flux migratoires liés au réchauffement climatique.
- Il convient également de noter les besoins d'interconnexion des réseaux nationaux au niveau européen, ce qui imposera la nécessité de disposer à certains moments de moyens de production supplémentaires pour injecter de l'électricité dans le réseau européen (i.e. Allemagne), ce qui imposera un besoin supplémentaire des capacités de production en plus de la consommation française.

Cette analyse succincte montre que le besoin électrique ne peut qu'augmenter ceci étant du en grande partie au transfert des usages mais partiellement compensé par la politique MDE. Les nouveaux scénarii prévus par RTE à l'horizon 2035 [Réf. 2] anticipent tous ces besoins supplémentaires.

Pour évaluer les besoins futurs nous retiendrons un modèle¹ qui traduit une augmentation régulière et constante de la consommation.

$$C^{2050} = C^{2020} (1+p)^a$$

C^{2050} = consommation évaluée pour 2050

C^{2020} = consommation réalisée en 2020

p = facteur de progression annuel

a = nombre d'années concernées

Pour évaluer le besoin sur les 30 prochaines années², on prendra comme référence les valeurs de l'année 2019 pour s'affranchir des problèmes de la crise sanitaire : [GAENA Statistique de production d'électricité](#). Le modèle est paramétré suivant cinq valeurs du taux de progression (voir tableau 3).

0,6 % correspond au taux représentant les années 2000/2004

1 % permet de retrouver les valeurs affichées par RTE [Réf. 1]³

1,2, 1,4 et 1,6 % Trois hypothèses de calcul. Le conseil scientifique table sur des valeurs allant de 700 à 900 TWh

Taux de progression annuel %	Consommation 2035 (TWh)	Consommation 2050 (TWh)	Commentaires
0,6		575	Taux années 2000
1	545	630	Projection RTE
1,2	562	672	Hypothèse 1
1,4	572	713	Hypothèse 2
1,6	576	756	Hypothèse 3

Tableau 3 : Evolution de la consommation électrique en 2035 et 2050

Attention : Ce sont les valeurs de consommation et non la production réelle qui ont été prises ici. Avant les problèmes techniques sur le nucléaire, un surplus de production de l'ordre de 60 TWh permettait à la France d'être exportatrice d'électricité, conformément aux engagements pris avec certains pays limitrophes.

3.3. EMISSION DE CO2 LIÉE À LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE

Avec l'objectif zéro carbone il ne faut pas avoir recours à des énergies de substitution trop pourvoyeuses en CO2, tout en étant conscient qu'il faut diversifier les sources de production.

Pour évaluer le bilan carbone de la production électrique sur la période 2020-2050 on a pris les hypothèses suivantes :

- Taux de progression annuel de l'électricité de 0,14 % modeste par rapport au besoin,
- Production d'énergie hydraulique 60 TWh. Invariable sachant que les possibilités sont quasiment toutes exploitées
- Le gaz de substitution à l'intermittence de certains moyens de production produit 450 kg de CO2/MWh
- Facteur de charge moyen des énergies intermittentes 22 %⁴

Le tableau 4 ci-dessous donne la production de CO2 pour les trois hypothèses 50 %, 70 % et 75 % de nucléaire.

¹ Modèle mathématique dit des intérêts composés. Ce modèle recoupe parfaitement les chiffres affichés par l'AIE

² Pour simplifier les calculs nous avons pris une période de 30 ans s'étendant de 2020 à 2050

³ Rapport RTE 2022.

⁴ Ne connaissant pas la part respective de l'éolien et du photovoltaïque on a pris la répartition donnée par le projet R0 du rapport de RTE donnée en énergie (1/4 photovoltaïque, 3 /4 éolien). A partir du facteur de charge respectif de l'éolien 24,4 % et 15 % photovoltaïque on en déduit le facteur de charge moyen des énergies intermittentes 22 %.

Besoin électrique (TWh)	% nucléaire	Nucléaire (TWh)	Hydro (TWh)	Intermittentes + complément (TWh)	Part du gaz complément (TWh)	Production CO2 (M tonnes)
713	50	356,5	60	296,5	231	104
713	70	499	60	154	120	54
713	75	535	60	117	91	41

Tableau 4 : Estimation de la production de CO2

Remarque sur les approximations de calcul : Afin de faire un premier dimensionnement du besoin futur, on a considéré que les énergies complémentaires au nucléaire et à l'hydraulique étaient fournies par l'éolien et le photovoltaïque, et dans une moindre mesure le gaz, nécessaire pour pallier les intermittences des énergies renouvelables (éolien + photovoltaïque).

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
% nuc	76	77	76	72,5	72	72	71	67	69

Tableau 5 : Evolution de la part du nucléaire

Notes concernant les tableaux 4 et 5 :

Le tableau 5 montre que la part du nucléaire, qui était en moyenne 75 % de la fourniture électrique jusqu'en 2015, est passé brusquement à 70 % suite à la désorganisation profonde du planning de maintenance liés au COVID, l'apparition en fin 2011 des problèmes de corrosion sous contrainte et les opérations de grand carénage destinées à prolonger la durée de vie du parc existant (voir [fiche argumentaire GAENA N° 67](#) : *Fonctionnement du parc nucléaire*). Il convient également de noter que, selon la loi française, le nucléaire constitue dorénavant la part variable et qu'il doit s'effacer devant les renouvelables intermittents.

Le tableau 4 met en évidence le fait que diminuer la part du nucléaire revient à augmenter la production des gaz à effet de serre. La volonté affichée par la France de pérenniser la production nucléaire, en prolongeant la durée de vie du parc existant et de relancer la construction de (6 + 8) EPR2 constitue un signe encourageant pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

4. CONCLUSION

Cette brève analyse nous montre que le besoin électrique ne peut que croître dans le futur, ne serait-ce que pour remplacer les énergies fossiles productrices de gaz à effet de serre. Le niveau de vie d'une société, étant fortement corrélé la consommation d'électricité ainsi qu'au produit intérieur brut (PIB), les économies d'énergie seront réinvesties dans d'autres domaines pour permettre à notre société de progresser.

Ce constat sur le bilan énergétique nous permet de conclure que l'objectif 0 carbone n'est pas réaliste sachant que les énergies renouvelables dans leurs utilisations actuelles nécessitent un apport non négligeable d'énergie fossile pour compenser les intermittences de l'éolien et du photovoltaïque et satisfaire au besoin global.

Une des solutions peut consister, dans la société future, à corréliser l'utilisation des énergies renouvelables intermittentes à la production par une réorganisation du travail et des modes de production, le développement du stockage de l'électricité et la production d'hydrogène et autres...

5. SOURCES

- OCDE** : Organisation de Coopération et de Développement Economique
- EIA** : Energy Information Administration (agence américaine)
- AIE** : Agence Internationale de l'Energie
- SOeS** : Service de l'Observatoire et des Statistiques
- EDF** : Electricité de France
- EHESS** : Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales
- UFE** : Union Française de l'Electricité
- Connaissance des énergies** : Fiches pédagogiques

[Réf. 1] : [Bilan électrique 2022 - Evolution de la consommation d'électricité | RTE \(rte-france.com\)](#)

[Réf. 2] : [RTE https://assets.rte-france.com/prod/public/2023-03/2023-03-01-bilan-previsionnel-2023-consultation-publique.pdf](https://assets.rte-france.com/prod/public/2023-03/2023-03-01-bilan-previsionnel-2023-consultation-publique.pdf)