

### Sommaire

**LES ENSEIGNEMENTS DES  
ETUDES RTE ET ADEME P 1**

**RETOUR SUR LE NUCLEAIRE  
FRANÇAIS P 3**

### Notre prochain webinaire

Mardi 15 mars

[La fin des moteurs thermiques  
dans l'automobile : un objectif à  
atteindre "quoi qu'il en coûte" ?](#)

[En raison de l'épidémie du coronavirus,  
nos prochaines conférences se font sous  
forme de « webinaire »](#)

Informations et Inscriptions sur notre site  
internet  
[www.centrale-energies.fr](http://www.centrale-energies.fr)

Comité de relecture :  
Christiane DREVET  
Guy MOREAU

## LES ENSEIGNEMENTS DES ETUDES RTE ET ADEME

*Alain Argenson (ECN 62)*

La transition énergétique passera en grande partie par le développement de l'électricité décarbonée.

RTE a modélisé ce que pourrait être la consommation en 2050, en chiffrant les coûts des scénarios proposés. L'ADEME s'est intéressé à tous les aspects de l'atteinte de la neutralité carbone en 2050 et a aussi modélisé la consommation électrique, mais n'a pas encore publié de scénarios économiques.

### RTE

L'étude consiste en un travail technique de grande ampleur, qui s'est appuyé sur 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.

Les trajectoires modélisées dans l'étude conduisent, à l'horizon 2050, à évaluer la consommation électrique dans une plage de plus ou moins 100 TWh autour de la trajectoire de référence, s'échelonnant entre 555 TWh et 755 TWh en 2050. Néanmoins avec davantage de configurations qui seraient orientées plus à la hausse qu'à la baisse l'on pourrait alors dépasser la barre des 800 TWh en 2050.

### ADEME

L'exercice de l'ADEME est plus ambitieux que celui de RTE puisqu'il s'intéresse à tous les aspects du réchauffement climatique. Quatre scénarios ont été étudiés et couvrent les secteurs du bâtiment, de la mobilité des voyageurs et du transport de marchandises, de l'alimentation, de l'agriculture, des forêts, de l'industrie, des déchets et des services énergétiques (fossiles, bioénergies, gaz, hydrogène, chaleur et électricité). Dans tous les scénarios, l'électricité devient le vecteur énergétique principal compte tenu de sa capacité à décarboner les usages. En 2050, la consommation totale d'électricité augmente par rapport à 2015 (507TWh) dans tous les scénarios sauf dans S1 (408TWh). Elle croît de S2 (535TWh) à S4 (835TWh) en raison d'une part de l'augmentation des demandes directes (industrie, bâtiment, transports...) et indirectes (production d'hydrogène notamment) et d'autre part, dans S4, de la nécessité de mettre en place des puits technologiques et des procédés de captage et de stockage du carbone importants eux-mêmes très énergivores. Ainsi, S4, s'approche de la neutralité carbone en donnant une place importante aux technologies de séquestration du carbone.

## Quels sont les enseignements que l'on peut tirer de ce 2 études :

1. La consommation d'électricité va augmenter sauf dans le scénario S1 de l'ADEME
2. Agir sur la consommation grâce à l'efficacité énergétique, voire la sobriété (S1), est indispensable pour atteindre les objectifs climatiques. Atteindre la neutralité repose donc sur des paris forts, aussi bien sur le plan humain (changements de comportements) que technologique (puits de carbone en particulier).
3. L'adaptation des forêts et de l'agriculture qui sont des puits de carbone devient absolument prioritaire pour lutter contre le changement climatique.
4. Atteindre la neutralité carbone en 2050 est impossible sans un développement significatif des énergies renouvelables avec ou sans nucléaire selon RTE. Les énergies renouvelables électriques sont devenues des solutions compétitives.
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. (Est-ce possible ?).
6. Dans tous les scénarios, les réseaux électriques doivent être rapidement redimensionnés pour rendre possible la transition énergétique
7. 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.
8. Les réacteurs en service devront être arrêtés avant 2050 si l'exploitation est poursuivie jusqu'à **60 ans**. Il faudra de toute façon installer de nouveaux moyens de production d'électricité.
9. Que la production soit nucléaire ou renouvelable cela aura un impact sur l'environnement au sens large.

Pour avoir une idée des moyens de production à installer d'ici 2050 le tableau ci-dessous les donne pour 3 des scénarios de RTE.

		Solaire	Éolien Terrestre	Éolien maritime	Nucléaire historique	Nucléaire nouveau	Thermique décarboné	Batteries ou Hydrogène	Hydraulique STEP
M0 100% ENR en 2050	Sortie du nucléaire en 2050	208GW surface de panneaux 1 040km <sup>2</sup>	74GW 18 000 éoliennes de 4MW	62GW 6 200 éoliennes de 10MW	0	0	29GW	26 GW	25,5GW 8GW
N1 ENR+nouveau nucléaire	Développement des énergies renouvelables afin de compenser le déclassement des réacteurs historiques	118GW surface de panneaux 590km <sup>2</sup>	58GW 15 000 éoliennes de 4MW	45GW 4 500 éoliennes de 10MW	16GW	13GW	11GW	9GW	25,5GW 8GW
N03 ENR + nouveau nucléaire	Le mix de production repose à part égale entre les ENR et le nucléaire	70GW surface de panneaux 350km <sup>2</sup>	43GW 10 000 éoliennes de 4MW	22GW 2 200 éoliennes de 10MW	24GW	27GW	0	1GW	25,5GW 8GW
30/09/21	Situation des moyens de production d'électricité	12,3GW	18,5GW env 8 000 éoliennes	0	60,6GW	0	2,2GW	0	25,5GW 8GW

Le tableau ci-dessus, quelle que soit la solution choisie, montre que l'on est face à un énorme défi industriel et sociétal. *C'est aussi une opportunité pour réduire notre déficit commercial qui est égal à nos importations pétrolières.*

RTE estime dans son étude que de nouvelles centrales nucléaires (EPR2 ou SMR) ne peuvent pas être opérationnelles avant 2035, avec en plus une incertitude technique et financière.

Le solaire et l'éolien sont techniquement au point et leurs coûts sont connus. Les défis se situent du côté de l'acceptabilité, du réseau électrique et du stockage.

Le réseau électrique et le stockage étant liés, il faut les confier à une seule entité probablement RTE.

En terme de programmation je pense qu'il faut commencer par booster les renouvelables et pousser la mise au point de petits réacteurs nucléaires.

## Que faire ?

Il faut un débat national pour susciter une prise de conscience de nos concitoyens sur l'enjeu de la transition énergétique.

La campagne présidentielle n'est pas le bon moment pour un débat serein mais l'on pourrait demander que les candidats s'engagent à un débat national à la télévision avant la fin 2022,

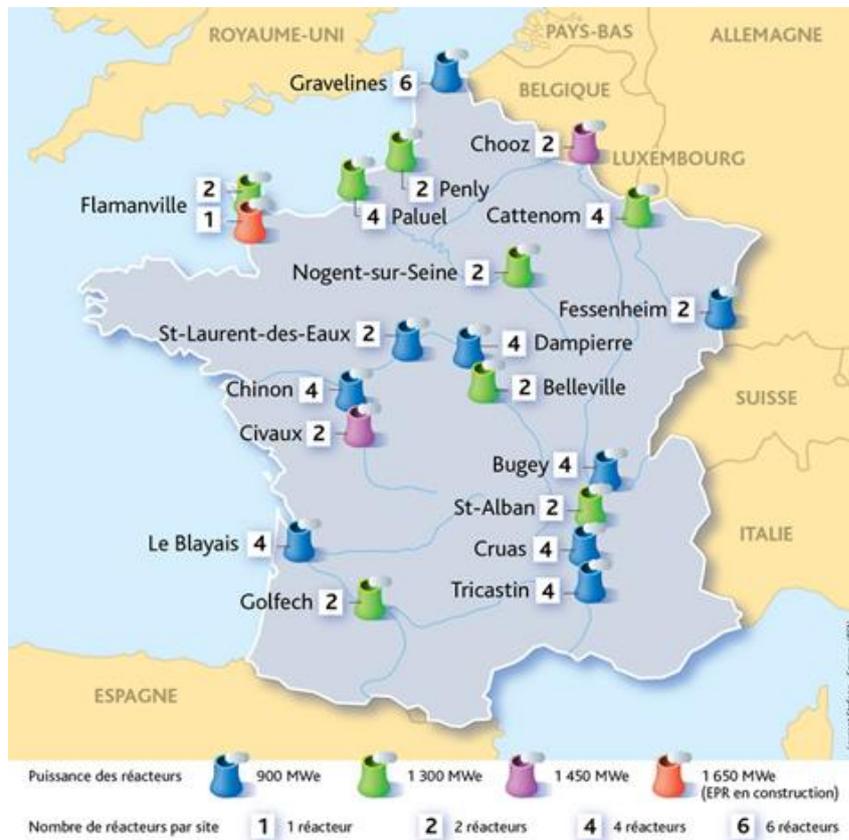
Nota : il faut probablement revoir la libéralisation du marché et le fonctionnement du marché européen de l'électricité

## RETOUR SUR LE NUCLEAIRE FRANÇAIS

*Christiane Drevet (ECN 65)*

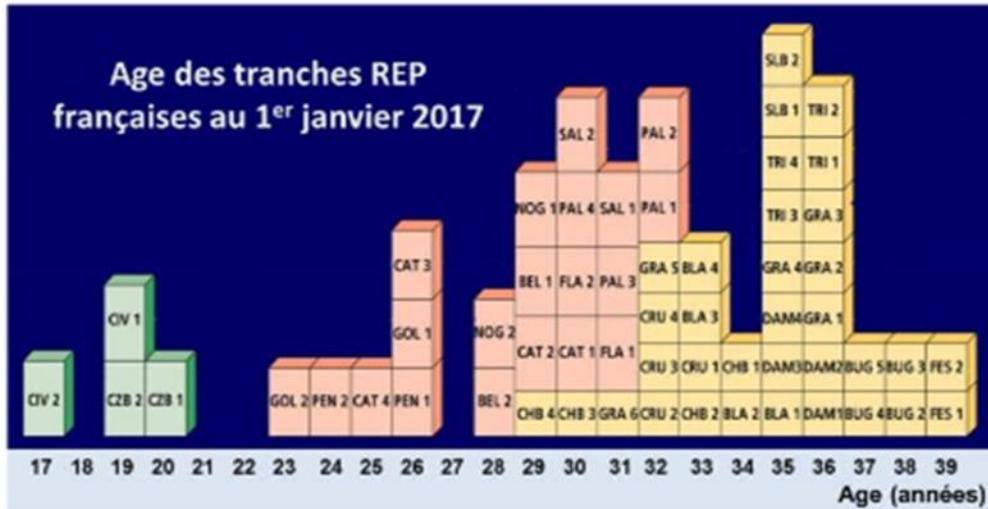
Nous revenons sur le parc nucléaire français actuel, en termes de localisations, puissances, dates de construction et sur les perspectives à 2050 des scénarios de mix électrique de RTE - [rapports d'octobre 2021 et février 2022](#) et article *LES ENSEIGNEMENTS DES ETUDES RTE ET ADEME* d'Alain Argenson (ECN 62) ci-dessus.

- 1) La localisation des centrales françaises, avec leurs puissances respectives, est représentée ci-dessous



SOURCE : IRSN.fr

2) Jean-Pierre Hutin (ECN 73), lors de sa [conférence devant Centrale-Energies en janvier 2017](#), nous a présenté l'âge des différentes centrales françaises. Nous en reportons le graphique ci-dessous :



3) Nous pouvons maintenant dresser le tableau de ces différentes centrales afin de se faire une idée plus précise de la date où elles atteindront 50 puis 60 ans, voire 70 ans, à supposer que l'ASN (Autorité de Sûreté Nucléaire) ait donné son aval à la prolongation de 10 ans pour chacune d'elles à la 4ème visite décennale (âge de 40 ans), puis à la cinquième visite (âge de 50 ans), voire à la sixième visite (60 ans), comme nous allons le voir.

900 MW – 32 centrales = 28,8 GW

2 Fessenheim en 1978 arrêtées	2 Bugey	2 Bugey								
			3 Gravelines	1 Gravelines			1 Gravelines	1 Gravelines		
			2 Tricastin	2 Tricastin						
			2 Dampierre	2 Dampierre						
				2 Saint-Laurent						
				1 Blayais	1 Blayais	2 Blayais				
					1 Chinon	1 Chinon			1 Chinon	1 Chinon
						1 Cruas	3 Cruas			
Total : 32 (+2) centrales	2	2	7	8	2	4	4	1	1	1
Année construction	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Age en 2017	38 ans	37	36	35	34	33	32	31	30	29
Age en 2022	43 ans	42	41	40	39	38	37	36	35	34
2035	56 ans	55	54	53	52	51	50	49	48	47
2050	71 ans	70	69	68	67	66	65	64	63	62

## 1300 MW – 20 centrales = 26 GW

	2 Paluel		1 Paluel	1 Paluel					
		1 Flamanville	1 Flamanville						
			1 Cattenom	1 Cattenom		1 Cattenom	1 Cattenom		
		1 Saint-Alban	1 Saint Alban						
				1 Belleville	1 Belleville				
				1 Nogent	1 Nogent				
						1 Penly		1 Penly	
						1 Golfech			1 Golfech
Total : 20 centrales	2	3	3	4	2	3	1	1	1
Année de construction	1985	1986	1987	1988	1989	1991	1992	1993	1994
Age en 2017	32	31	30	29	28	26	25	24	23
Age en 2022	37	36	35	34	33	31	30	29	28
Age en 2035	50	49	48	47	46	44	43	42	41
Age en 2050	65	64	63	62	61	59	58	57	56

## 1 450 MW – 4 centrales - palier N4 = 5,8 GW + 1 650 MW- 1 EPR

	1 Chooz	1 Chooz		1 Flamanville
		1 Civaux	1 Civaux	
Total : 4 centrales	1	2	1	1
Année de construction	1997	1998	2000	en construction en 2022
Age en 2017	20 ans	19	17	
Age en 2022	25	24	22	
Age en 2035	38	37	35	
Age en 2050	53	52	50	

Ce calendrier est remarquable, car la France a été capable de construire en un temps record de 20 ans, 58 centrales, soit 3 centrales par an en moyenne, dont les 56 en service et les deux de Fessenheim fermées aujourd'hui.

L'ensemble des 56 centrales en service représente  $28, 8 + 26 + 5,8 = 60,6$  GW.

4) Afin de mieux comprendre ce que les scénarios de RTE impliqueraient en terme d'énergie nucléaire pour le futur, nous rappelons ici certains faits récents :

- « *La loi-énergie-climat du 8 novembre 2019* », inscrivait l'objectif de neutralité carbone en 2050 pour répondre à l'urgence climatique et à l'Accord de Paris, avec la sortie des énergies fossiles. A l'époque, pour y répondre, une voie importante était le développement des énergies renouvelables. Par ailleurs, conformément aux engagements du Président de la République, confirmés à l'occasion de la présentation de « *la Stratégie française pour l'énergie et le climat de novembre 2018* », les deux réacteurs de la centrale nucléaire de Fessenheim devaient être arrêtés d'ici l'été 2020 (cela a maintenant été fait). Le ministère de la Transition écologique et solidaire avait par ailleurs signé un projet de territoire pour Fessenheim afin d'accompagner cette transition. La diversification du mix électrique, dans le cadre d'une stratégie de réduction lissée et pilotée des capacités nucléaires existantes, devait être poursuivie pour atteindre 50 % de la production en 2035 ([réponse d'EDF aux actionnaires en mai 2021](#)).
- A ce jour, il n'y aurait plus d'objectifs de fermetures de centrales du parc actuel, ce qui pourrait être réévalué lors du débat parlementaire sur la PPE de 2023, compte tenu des futures décisions à prendre sur le mix électrique à 2050 liées à l'objectif d'atteinte à cette date de la neutralité carbone (abandon **total** des énergies fossiles, charbon, pétrole et gaz). Notons que les premières prolongations de 10 ans des réacteurs ayant atteint 40 ans ont été effectuées avec succès à fin 2021, impliquant 8 réacteurs de 900 MW les plus anciens (cf tableau page 4 et [réponse d'EDF aux actionnaires en mai](#)

2021). Les décisions de prolongation pour 10 ans sont prises au cas par cas par l'ASN sur présentation d'un dossier instruit par EDF.

- Il est bien apparu dans l'étude RTE d'octobre 2021, reprise en février 2022, que la France aura besoin des deux types d'énergie, renouvelables et nucléaire, pour répondre à l'objectif de décarbonation du mix électrique Ceci semble justifié, compte tenu de la nécessité de beaucoup plus d'électricité à cette échéance. Il est proposé ainsi par RTE 6 scénarios de mix électrique, dont deux conservent des réacteurs du parc actuel dit *nucléaire historique* et 3 autres y ajoutent du *nouveau nucléaire*, des EPR2. Dans le résumé qui en est fait par Alain Argenson, il est repris 3 de ces scénarios :

M0 : 100% ENR

N1 : ENR, à 74% du mix + (*nucléaire historique* + *nouveau nucléaire*), à 26% du mix

N03 : ENR, à 50% du mix + (*nucléaire historique* + *nouveau nucléaire*), à 50% du mix.

#### 5) Le parc nucléaire français en 2050 selon RTE :

Reprenons les énergies nucléaires nécessaires dans les deux scénarios N1 et N03, et déduisons-en l'âge des *réacteurs historiques* qui seraient à conserver :

En 2050	Pour la neutralité Carbone				Ages		Ages
Scénario N1 26% de nucléaire	13 GW nouveau	8 EPR	16 GW historique	4 (1450 MW)	50 à 53 ans	8 (1300 MW)	6 de 56 à 60 ans 2 de 61 à 63
Scénario N03 50 % de nucléaire	27 GW nouveau	16 EPR	24 GW historique	4 (1450 MW)	50 à 53 ans	14 (1300 MW)	8 de 61 à 63 6 de 56 à 59

Dans les deux cas, des réacteurs nucléaires du parc actuel devront avoir été prolongés au-delà de 50 ans, et il faudra conserver quelques réacteurs ayant eu l'autorisation de l'ASN de dépasser 60 ans. Des situations intermédiaires sont évidemment possibles. La construction d'autres réacteurs SMR pourraient remplacer ces réacteurs ayant dépassé 60 ans (cf. point 6). Les autres réacteurs du parc actuel (tous ceux de 900 mW et les autres de 1300 MW) seront à l'arrêt, à moins que l'autorisation de dépasser 60 ans pour certains d'entre eux n'ait été donnée par l'ASN, en fonction des besoins. Sinon, ils devront à terme avoir été démantelés. Notons que les quatre plus anciens réacteurs du parc actuel, à Bugey, auront atteint 70 et 71 ans en 2050.

#### 6) Annonce récente de Mr Macron sur le nucléaire

L'annonce de Mr Macron de 6 EPR2, avec en option 8 autres EPR2 (cf. « *M Macron confirme le virage nucléaire français* » le Monde du 12 février 2022), correspond approximativement aux scénarios N1 et N03 du rapport RTE. Les 2 premiers seraient mis en service en 2035, avec début de la construction en 2028, après un débat national. Le coût en serait pour le lot de 6 de l'ordre de 50 milliards d'euros (par effet de série et de simplification de la construction). Le financement du *nouveau nucléaire* fera l'objet d'un article à paraître. Notons également le financement à hauteur de 500 millions d'euros du 1er projet Nuward (Small Modular Reactor, SMR) pour 2035, soit 2 réacteurs de 170 MW chacun (cf. la [conférence de Centrale-Energies sur ce sujet en janvier 2020](#)). Un autre bouquet de 500 millions d'euros pourrait aussi être affecté à l'étude de nouveaux projets SMR.

En 2035, 29 des 32 réacteurs de 900 MW auront atteint 50 ans et EDF devra avoir demandé à l'ASN l'autorisation de leur prolongation de 10 ans au-delà de 50 ans, en fonction des besoins en énergie électrique à cette date et du chemin de montée en puissance qu'auront pris les 2 EPR2 et les ENR.

#### 7) Concernant les ENR

Le déploiement en masse des ENR dans tous les scénarios de RTE (y compris dans le N03 correspondant à 50% de nucléaire), et particulièrement de grands champs de solaire et d'éoliennes en mer, constitue une gageure, compte tenu du retard que la France a déjà pris par rapport à ses objectifs.