

**Le nucléaire:
un mal nécessaire
face à l'urgence
climatique ?**

GREENPEACE

Greenpeace est une organisation internationale qui agit selon les principes de non-violence pour protéger l'environnement et la biodiversité et promouvoir la paix.
Elle est indépendante de tout pouvoir économique et politique et s'appuie sur un mouvement de citoyennes et citoyens engagés pour construire un monde durable et équitable.

Publié en novembre 2020 par Greenpeace France

Greenpeace France
13 rue d'Enghien, 75010 Paris

Sommaire

INTRODUCTION ET RÉSUMÉ

Il y a urgence climatique

Quel rôle pour le nucléaire ?

En résumé

CHAPITRE 1.

LE NUCLÉAIRE, BAS-CARBONE MAIS TROP LENT ET TROP LIMITÉ FACE À L'URGENCE CLIMATIQUE

Le nucléaire fait partie des options bas-carbone... mais ça ne suffit pas à en faire une solution réaliste, efficace et acceptable

Le nucléaire joue un rôle marginal en 2020

Des perspectives d'avenir du nucléaire très limitées

En attendant la « solution nucléaire », les émissions de CO2 vont s'accumuler dans l'atmosphère.

Non, le GIEC ne prescrit ni ne promeut le nucléaire

Le rapport du GIEC relativise le potentiel développement du nucléaire

CHAPITRE 2.

LE NUCLÉAIRE, INCOMPATIBLE AVEC LES RISQUES CLIMATIQUES, NATURELS ET GÉOPOLITIQUES

Les centrales nucléaires, des installations à haut risque

Le nucléaire face au stress hydrique, au réchauffement des cours d'eau et à l'augmentation des températures

Le nucléaire face aux inondations et à la montée des océans

Le nucléaire face au risque sismique

Le nucléaire, c'est aussi une arme, une cible et un risque

CHAPITRE 3.

LE NUCLÉAIRE, UN DÉSASTRE ÉCOLOGIQUE

Le nucléaire n'a rien de vert

Le nucléaire produit à chaque étape des déchets non valorisables

Ces déchets toxiques ne sont pas du tout biodégradables

Un désastre écologique démesuré en cas d'accident nucléaire

Les déchets nucléaires font gonfler la facture

CHAPITRE 4.

LE NUCLÉAIRE, TROP CHER

Le coût de production de l'électricité nucléaire augmente. Celui des énergies renouvelables diminue

Le nucléaire « neuf » est encore moins compétitif face aux énergies renouvelables en France et dans le monde

Les énergies renouvelables, plus compétitives aussi que le charbon et le gaz ?

CHAPITRE 5.

LES VRAIES SOLUTIONS SONT AILLEURS

Par quoi remplacer le nucléaire ?

Remplacer le nucléaire et les énergies fossiles par un mix complémentaire d'énergies renouvelables

À terme, produire une électricité 100 % bas-carbone et renouvelable, c'est possible

Les énergies renouvelables prennent leur essor partout dans le monde et contribuent à évincer les énergies fossiles

Miser sur les économies d'électricité et d'énergie

CONCLUSION

La France face à un tournant énergétique

À quand un choix démocratique ?

INTRODUCTION

ET RÉSUMÉ

Il y a urgence climatique

L'urgence climatique est bien là. L'accord signé à Paris fin 2015 engage les États à stabiliser le réchauffement bien en deçà de 2 °C, voire 1,5 °C, conformément aux préconisations scientifiques. Malheureusement, selon le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), les engagements pris par les États en 2018 conduisent à une hausse des températures de 3,2 °C d'ici 2100¹. Ces trajectoires, déjà trop élevées, ne sont même pas respectées ; si les émissions de CO₂ continuent au rythme actuel, le scénario du pire prévoit une hausse des températures de 6,5 °C à 7 °C d'ici 2100².

Selon le rapport du PNUE, pour stabiliser le réchauffement climatique en deçà d'1,5 °C, il faut réduire nos émissions de 7,6 % chaque année entre 2020 et 2030. L'essentiel se joue dans les 10 prochaines années pour éviter une accumulation de CO₂ trop importante dans l'atmosphère et des conséquences irréversibles à long terme. Ces efforts drastiques devront se poursuivre bien au-delà de 2030. Dans ces conditions, que faire ? De quels leviers la planète dispose-t-elle pour faire face à l'urgence climatique ?

Quel rôle pour le nucléaire?

L'urgence climatique nous impose-t-elle d'investir dans le nucléaire et de construire de nouvelles centrales en France et partout dans le monde ? En France, pays le plus nucléarisé au monde par habitant, on entend de plus en plus parler du rôle incontournable du nucléaire face à l'urgence climatique française, européenne et mondiale : pour certains, c'est une solution qui relève du progrès scientifique, pour d'autres, le nucléaire serait un mal nécessaire ou un fait accompli contre lequel nous ne pouvons rien. Beaucoup aussi n'arrivent pas à se positionner, principalement parce qu'il peut sembler difficile de s'approprier la question.

Le débat sur le nucléaire a été réduit à peau de chagrin : que ce soit sur les réseaux sociaux ou dans les communications officielles, toute critique à l'égard du nucléaire est systématiquement écartée au motif qu'il s'agit d'une énergie bas-carbone. Selon ses défenseurs, qui dit bas-carbone dit vert, vertueux, bon et indispensable pour le climat. Les opposants au nucléaire seraient donc des opposants à la lutte contre les changements climatiques.

Cette stratégie de communication très offensive du gouvernement et de la filière nucléaire appelle une réponse détaillée de notre part. Heureusement, malgré les apparences de complexité et d'impérieuse nécessité, tout le monde est en droit et en capacité de se faire un avis éclairé sur le nucléaire et sur le rôle qu'il pourrait jouer ou non pour répondre à l'urgence climatique.

¹ Programme des Nations Unies pour l'Environnement, [Rapport 2019 sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction des émissions](#), 2019.

² CNRS, CEA, Météo France, [Changements climatiques: les résultats des nouvelles simulations françaises](#), conférence de presse du 17 septembre 2019.

C'est l'objet de ce document qui tente de resituer la question du nucléaire dans le temps et dans l'espace afin d'évaluer sa contribution actuelle et potentielle à la lutte contre la crise climatique. Il étudie le nucléaire sous différents angles : faisabilité industrielle et économique, résilience climatique, soutenabilité écologique, comparaison avec les autres leviers bas-carbone. Nous en concluons que le nucléaire est certes bas-carbone mais que cela n'en fait pas pour autant une solution réaliste et efficace contre les dérèglements climatiques. Pire, il est trop lent à déployer face à l'urgence climatique, trop vulnérable aux impacts du réchauffement climatique et aux aléas naturels, trop dangereux pour être développé massivement aux quatre coins de la planète, trop coûteux par rapport aux autres options bas-carbone dont nous disposons pour réduire rapidement les émissions de gaz à effet de serre dans le monde. Très nucléarisée, la France ne fait pas figure d'exception : la poursuite entêtée du nucléaire et la construction de nouveaux réacteurs ne sont pas le moyen le plus rapide, le moins coûteux et le plus soutenable d'atteindre la neutralité climatique et nous détournent des vrais enjeux et investissements climatiques.

En résumé

Le nucléaire et le climat dans le monde...

Le nucléaire est loin d'être une solution climatique clé en main pour la planète. Il produit environ 10 % de l'électricité mondiale, soit seulement 2 à 3 % de l'énergie totale consommée dans le monde. Actuellement, il permet d'éviter l'équivalent de 2,5 % des émissions de gaz à effet de serre (si l'on considère qu'il se substitue à un mix moyen hors nucléaire). En l'état, le nucléaire joue un rôle très limité face à la crise climatique. Pour que le nucléaire permette d'éviter 10 % des émissions mondiales dans 20 ans, il faudrait démarrer environ un nouveau réacteur par semaine d'ici là.

Le nucléaire est trop lent, trop lourd et trop coûteux à mettre en place face à l'urgence climatique. Selon les recommandations du PNUE pour limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C, les émissions de gaz à effet de serre doivent être réduites de 7,6 % chaque année entre 2020 et 2030. Dit autrement, l'essentiel se joue dans les 10 ans qui viennent. Or, en moyenne, un projet nucléaire met entre 10 et 19 ans à voir le jour (d'après le GIEC), le nombre de projets est très faible et de nombreux chantiers accusent de lourds retards. Les investissements sont en fort déclin et ne représentaient plus que 3,8 % des investissements dans l'énergie en 2019, étant donné que les nouveaux réacteurs coûtent d'ores et déjà bien plus cher que les énergies renouvelables et les économies d'énergies. Un plan de relance mondial du nucléaire apparaît à la fois irréaliste et plus que compromis.

Le nucléaire est une technologie vulnérable face à un climat qui change car elle est très gourmande en eau : cela la rend très sensible au stress hydrique, aux hausses de températures, aux événements extrêmes liés à l'élévation du niveau de la mer. En prime, le nucléaire et les risques naturels, notamment sismiques, ne font pas bon ménage. Ces aléas climatiques et naturels sont des contraintes et des facteurs de risque supplémentaires à prendre en compte qui limitent le déploiement potentiel de la technologie.

Le nucléaire, c'est aussi une arme et une cible. Les sites nucléaires sont vulnérables aux actes terroristes, aux chutes d'avion de ligne, aux cyberattaques, aux vols de matières dangereuses. Étant donné les conséquences environnementales et sanitaires en cas d'accident ou de prolifération, le nucléaire nécessite une surveillance étroite et des autorités de contrôle très puissantes. Il y a de nombreux pays situés dans des zones géopolitiquement instables où il serait clairement inenvisageable et irresponsable de construire des centrales nucléaires.

Heureusement, le nucléaire n'a rien d'obligatoire. Les solutions pour réduire nos émissions de gaz à effet de serre sont ailleurs. Dans cette course à la « décarbonation de l'économie » et la « neutralité climatique », il faut surtout transformer notre modèle agricole très émetteur, nos modes de transport, isoler les bâtiments et investir dans les économies d'énergies — autant de solutions plus rapides et plus agiles, et qui ne produisent pas de déchets dangereux. Le rapport du GIEC étudiant les trajectoires pour stabiliser le réchauffement climatique en deçà de 1,5 °C met l'accent sur ces politiques et mesures plus faciles à déployer et plus soutenables. Il évalue que le nucléaire est la politique bas-carbone la moins compatible avec les objectifs de développement durable des Nations unies. Il souligne également que le rôle du nucléaire dans les efforts pour rester en deçà de 1,5 °C de réchauffement varie énormément d'un scénario à un autre : de 1 à 39 % de la production d'électricité en 2050. Plus de la moitié des scénarios étudiés par le GIEC estiment que la part du nucléaire va diminuer (et représentera moins de 9 % de la production d'électricité en 2050).

Le nucléaire et le climat en France...

La France est le pays le plus nucléarisé au monde par habitant, et de loin : le nucléaire fournit 70 % de notre électricité. Historiquement, depuis les années 1980, le parc nucléaire français a contribué à réduire l'intensité carbone et les émissions de gaz à effet de serre de la France. Depuis quelques années, ce sont les énergies renouvelables qui prennent le relais en permettant la fermeture des dernières centrales à charbon. Ceci étant dit, chaque Français émet encore entre 6 et 11 tonnes de CO₂ par an³ car même décarbonée, l'électricité ne fait pas tout : le nucléaire représente moins de 25 % de l'énergie finale consommée en France et son impact sur les émissions de CO₂ concerne uniquement l'électricité (10 % environ des émissions de gaz à effet de serre en France).

Aujourd'hui, le parc nucléaire est sur le déclin : les centrales sont vieillissantes, de plus en plus fragiles, de moins en moins disponibles, et de plus en plus coûteuses à entretenir. Leur empreinte écologique augmente chaque année puisqu'elles produisent toujours plus de déchets dangereux et non recyclables. Les centrales ne sont pas éternelles, et se pose la question de l'après : faut-il construire de nouveaux réacteurs ou investir dans un autre système énergétique bas-carbone ?

La construction de nouveaux réacteurs nucléaires interroge étant donnée l'évolution des températures, des prévisions en matière de stress hydrique, de vagues de chaleur qui, déjà, affectent les réacteurs nucléaires existants. Il faut également tenir compte de l'élévation du niveau de la mer qui viendra accentuer le risque d'inondation et d'événements extrêmes sur les zones

³ Selon qu'on tienne compte des émissions CO₂ « importées » ou non.

côtières, où des responsables politiques se sont portés volontaires pour accueillir de nouveaux EPR.

La construction de nouveaux réacteurs interroge également étant donné les retards et surcoûts observés sur tous les chantiers de réacteurs type EPR (en Finlande, au Royaume-Uni, en Chine et en France). Le coût du chantier de l'EPR à Flamanville est désormais estimé à 19 milliards d'euros, et son retard à plus de 10 ans. En comparaison, les projets d'énergies renouvelables d'aujourd'hui permettent de produire une électricité à un coût deux à trois fois moins élevé et d'éviter des gaz à effet de serre. Les sommes colossales investies dans l'EPR (et que les consommateurs et contribuables vont devoir supporter) auraient pu permettre de financer des politiques et mesures bien plus efficaces sur le plan climatique : par exemple, la rénovation thermique des bâtiments aurait permis de réduire la consommation d'énergie, la précarité énergétique, le mal logement et massivement la facture des ménages.

Plusieurs études ont démontré qu'il serait possible en France, d'ici 2050 ou 2060, de produire une électricité bas-carbone 100 % renouvelable. Elles ont également calculé que même en intégrant les coûts de stockage et d'adaptation du réseau, un système électrique 100 % renouvelable en 2050 ne coûtera pas plus cher qu'un système qui comprend six EPR ou plus.

Ce qui fait défaut aujourd'hui, c'est une orientation politique et une stratégie d'investissement étatique claire : la fermeture des vieux réacteurs est trop peu anticipée, trop floue, les budgets publics pour la R&D continuent de favoriser le nucléaire (68 %) au détriment des énergies renouvelables (23 %) et le gouvernement souhaite investir « en même temps » dans le nucléaire et les énergies renouvelables. Ce non-choix coûte cher aux contribuables et aux consommateurs, et freine la transition vers un système moins énergivore.

CHAPITRE 1.

**LE NUCLÉAIRE,
BAS- CARBONE MAIS
TROP LENT ET
TROP LIMITÉ
FACE À L'URGENCE
CLIMATIQUE**

Le nucléaire fait partie des options bas-carbone... mais ça ne suffit pas à en faire une solution réaliste, efficace et acceptable

Évacuons immédiatement toute ambiguïté : ce qui pose problème dans le nucléaire, ce n'est pas son bilan carbone sur l'ensemble de son cycle de vie qui varie, selon les estimations et les pays, de quelques grammes à une centaine de grammes. Dans tous les cas, c'est bien moins qu'une centrale à charbon, fioul, ou gaz, et du même ordre de grandeur que les énergies renouvelables. À l'échelle mondiale, selon le GIEC, le nucléaire émet de 3,7 à 110 gCO₂eq/kWh et la médiane se situe à 12 gCO₂eq/kWh⁴. C'est très proche de l'empreinte carbone des énergies renouvelables (dans les conditions actuelles de fabrication) : la médiane établie par le GIEC est de 11 à 12 g pour l'éolien et de 48 g pour le solaire photovoltaïque. En comparaison, l'empreinte carbone des énergies fossiles est bien plus élevée : de 820 gCO₂eq/kWh pour une centrale charbon et de 490 g pour une centrale à gaz (médianes établies par le GIEC en 2014, cf. figure 1 ci-dessous).

Figure 1. Émissions de CO₂ (exprimées en gCO₂eq/kWh) sur le cycle de vie de chaque technologie de production d'électricité

Table A.III.2 | Emissions of selected electricity supply technologies (gCO₂eq/kWh)

Options	Direct emissions	Infrastructure & supply chain emissions	Biogenic CO ₂ emissions and albedo effect	Methane emissions	Lifecycle emissions (incl. albedo effect)
	Min/Median/Max				Typical values
Currently Commercially Available Technologies					
Coal—PC	670/760/870	9.6	0	47	740/820/910
Gas—Combined Cycle	350/370/490	1.6	0	91	410/490/650
Biomass—cofiring	n.a. ⁵	—	—	—	620/740/890 ⁶
Biomass—dedicated	n.a. ⁵	210	27	0	130/230/420 ⁶
Geothermal	0	45	0	0	6.0/38/79
Hydropower	0	19	0	88	1.0/24/2200
Nuclear	0	18	0	0	3.7/12/110
Concentrated Solar Power	0	29	0	0	8.8/27/63
Solar PV—rooftop	0	42	0	0	26/41/60
Solar PV—utility	0	66	0	0	18/48/180
Wind onshore	0	15	0	0	7.0/11/56
Wind offshore	0	17	0	0	8.0/12/35
Pre-commercial Technologies					
CCS—Coal—Oxyfuel	14/76/110	17	0	67	100/160/200
CCS—Coal—PC	95/120/140	28	0	68	190/220/250
CCS—Coal—IGCC	100/120/150	9.9	0	62	170/200/230
CCS—Gas—Combined Cycle	30/57/98	8.9	0	110	94/170/340
Ocean	0	17	0	0	5.6/17/28

Source : GIEC 2014

Mais le caractère bas-carbone d'une technologie ou d'une pratique ne peut suffire à décréter qu'elle fait partie des « solutions » à mettre en œuvre. Il faut étudier sa faisabilité et ses conditions de déploiement, sa capacité réelle à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) à court terme, son coût et sa soutenabilité sur le plan du développement durable.

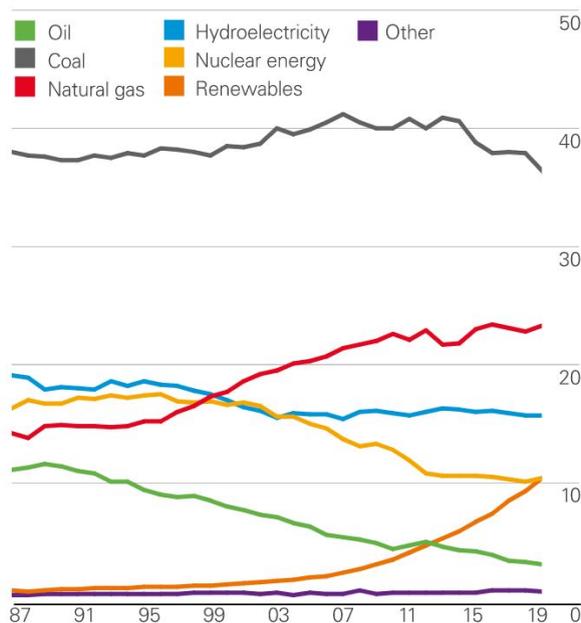
⁴ Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), 5ème rapport d'évaluation, [rapport du groupe de travail III](#), 2014.

Avant de décider si le nucléaire fait partie des « solutions » en mesure de répondre à l'urgence climatique, il faut donc commencer par s'interroger : quel rôle joue-t-il aujourd'hui dans la production d'énergie et la réduction des gaz à effet de serre ? Quel rôle pourrait-il jouer à l'avenir ? Quelles sont ses perspectives d'avenir à l'heure actuelle, et les conditions de son déploiement sont-elles réunies (investissements, constructions, rythme de développement envisageable) ? Le nucléaire est-il soutenable sur le plan environnemental et plus généralement sur le plan du développement durable ? Où se situe-t-il par rapport aux autres leviers bas-carbone dont nous disposons ?

Le nucléaire joue un rôle marginal en 2020

Afin de comprendre le rôle que le nucléaire peut jouer face à l'urgence climatique, il faut commencer par resituer le rôle du nucléaire aujourd'hui dans le monde.

Figure 2. Part de chaque technologie dans la production d'électricité mondiale de 1987 à 2019 (exprimée en %)



Source : BP [Statistical Review of World Energy](#) 2020

La place du nucléaire dans la production mondiale d'électricité. Le parc nucléaire mondial est actuellement composé de 409 réacteurs en activité, répartis entre 32 pays. En 2019, selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), ce parc nucléaire a fourni 10,3 % de l'électricité dans le monde (voir figure 2)⁵. Le nucléaire est en déclin : à son pic en 1996, il produisait plus de 17 % de

⁵ Agence internationale de l'énergie, [Key World Energy Statistics](#), édition 2019.

l'électricité mondiale. En 2019, les nouvelles énergies renouvelables (principalement solaire et éolien) ont dépassé le nucléaire pour la première fois (10,4 % de la production d'électricité)⁶. Lorsqu'on additionne ces nouvelles énergies renouvelables et l'hydraulique, les énergies renouvelables représentent 25 % de la production d'électricité dans le monde et jouent un rôle croissant dans la production d'électricité.

La place du nucléaire dans l'énergie consommée dans le monde. Le nucléaire produit essentiellement de l'électricité, et l'électricité représente moins de 20 % de l'énergie finale consommée dans le monde. Sur le total de l'énergie consommée dans le monde, le nucléaire représentait environ 2,2 % de la consommation d'énergie finale⁷ en 2018. La même année, les énergies renouvelables (hors agrocarburants) représentaient déjà 10 à 11 % de l'énergie finale consommée dans le monde⁸.

Le rôle du nucléaire dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Selon l'AIE, le nucléaire a permis d'éviter au maximum 6 % des émissions de GES annuelles liées à la production d'énergie⁹ dans les années 1990 (par rapport à un mix moyen hors nucléaire pour l'année de référence). En 2017, il n'en évitait plus qu'environ 4 % (voir figure 3)¹⁰. En comparaison, la même année, les énergies renouvelables (hydroélectricité comprise) ont permis d'éviter 12,7 % des émissions mondiales liées à l'énergie.

Lorsqu'on regarde plus globalement l'impact du nucléaire sur les émissions mondiales de GES (au delà des seules émissions liées à la production d'énergie), les centrales permettraient d'éviter actuellement, au mieux, 2,5 % des émissions de GES mondiales¹¹ annuelles par rapport à un scénario virtuel où toute la production nucléaire s'arrêterait brutalement du jour au lendemain et serait remplacée par le mix électrique moyen existant.

Pour que le nucléaire conserve cette place dans la décarbonation du mix électrique mondial, il faudrait construire un réacteur nucléaire par mois d'ici à 2030. Étant donné le vieillissement du parc nucléaire et le rythme des fermetures prévues, le nucléaire va continuer à décliner. Pour le maintenir à son niveau actuel, il faudrait construire 14 réacteurs d'ici la fin de l'année 2020, et 188 réacteurs d'ici 2030 pour remplacer les départs à la retraite¹². Soit un réacteur par mois. Tout cela est évidemment plus qu'hypothétique : il faudrait que toutes les constructions soient terminées d'ici 10 ans.

⁶ BP, [Statistical Review of World Energy](#), 2020.

⁷ Soit 4,9 % de la consommation d'énergie primaire selon l'[Agence internationale de l'énergie](#)

⁸ REN21, [Renewables 2020 - Global Status Report](#), édition 2020 (calcul basé sur les données 2018 de l'AIE).

⁹ Agence internationale de l'énergie (AIE), [Nuclear power in a clean energy system](#), 2019

¹⁰ Calcul de l'Institut Négawatt tiré d'une présentation « [Les limites du Nucléaire](#) »

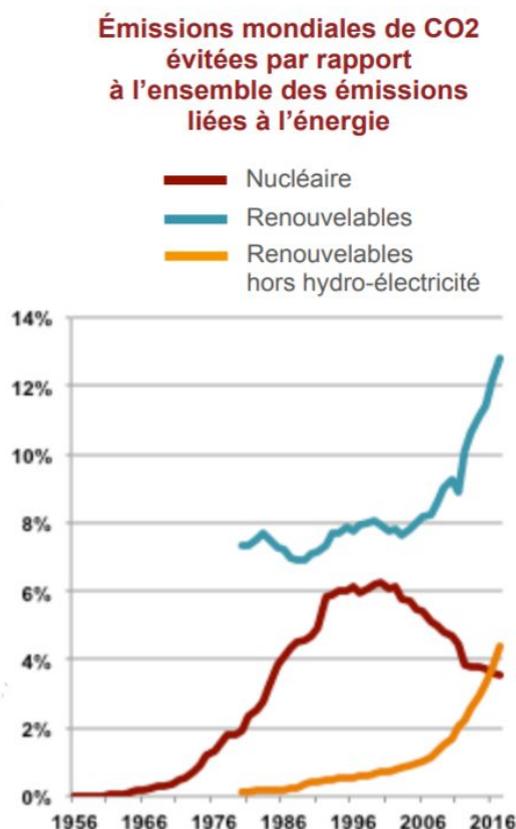
¹¹ Calcul de [Global Chance](#) repris dans [une tribune](#) de Bernard Laponche et de Benjamin Dessus en 2018. Ce chiffre de 2,5 % des émissions de GES mondiales annuelles évitées par le nucléaire ayant été calculé sur des données 2013, il constitue une fourchette haute de la valeur actuelle de 2020 : en 7 ans, la part du nucléaire dans la production d'électricité mondiale a chuté de 4% (voir figure 2)

¹² Mycle Schneider et al., [World Nuclear Industry Status Report](#), édition 2019.

Dans l'hypothèse où la place du nucléaire serait confortée pour qu'il permette d'éviter, dans 20 ans, 10 % des émissions de gaz à effet de serre annuelles mondiales, il faudrait construire un réacteur par semaine pendant 20 ans. Bernard Laponche et Benjamin Dessus ont fait observer que, en ordre de grandeur, pour que le nucléaire évite 10 % des émissions de GES mondiales (et non plus 2,5 % comme c'est le cas actuellement) dans 20 ans, il faudrait démarrer (et donc construire) au minimum un nouveau réacteur par semaine¹³.

Que ce soit pour maintenir la contribution actuelle du nucléaire à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ou pour la développer, il faudrait construire des dizaines voire des centaines de réacteurs. C'est très loin de la tendance observable aujourd'hui : beaucoup de fermetures, beaucoup de retards, peu de nouveaux projets et peu d'investissements...

Figure 3. Émissions mondiales de CO₂ évitées par rapport à l'ensemble des émissions liées à l'énergie entre 1956 et 2016 (exprimées en %)



Source : [Institut Négawatt, 2020](#)

¹³ Benjamin Dessus, Bernard Laponche et al., « [Non le nucléaire ne sauvera pas le climat](#) », tribune publiée dans Alternatives Economiques le 3 octobre 2018.

Pour calculer l'ordre de grandeur d'un réacteur par semaine: si l'on veut passer de 2,5 % à 10 % d'émissions mondiales évitées, en supposant que l'ensemble du système reste par ailleurs identique, il faut quatre fois plus de réacteurs qu'en service actuellement. Même en supposant qu'aucun des 400 réacteurs actuellement en service ne ferme d'ici là, il faut donc projeter de construire 1200 réacteurs pour parvenir à un total de 1600 en service (on suppose que ce nouveau parc a une puissance moyenne équivalente à celle du parc actuel). Pour mettre en service 1200 réacteurs en 20 ans, il faut en mettre en service 60 par an. Soit plus d'un par semaine.

Des perspectives d'avenir du nucléaire très limitées

Le parc nucléaire mondial vieillit. Actuellement, l'âge moyen des réacteurs est de plus de 30 ans, et 81 réacteurs nucléaires ont plus de 41 ans. De nombreux réacteurs vont fermer dans les années qui viennent. En effet, malgré la volonté affichée par de nombreux exploitants de prolonger la durée de vie des réacteurs jusqu'à 60 ans (notamment aux États-Unis), concrètement, en l'état actuel, les réacteurs nucléaires dans le monde ferment bien avant 50 ans (la médiane s'établissait à 42,2 ans entre 2015 et 2019)¹⁴. Se pose donc la question du renouvellement du parc nucléaire si la volonté est bien de maintenir sa place dans le système énergétique mondial.

Peu de nouveaux réacteurs en construction. Le nombre de démarrages de construction de réacteurs a chuté, passant de 44 en 1976 à 15 en 2010, cinq en 2018 et six en 2019 (voir figure 4)¹⁵. En 2019, une douzaine de réacteurs ont été définitivement arrêtés au Japon, aux États-Unis, en Suisse, en Allemagne, en Corée du Sud, en Russie, en Suède et à Taiwan.

Au total, une cinquantaine de réacteurs sont actuellement labellisés « en construction ». Cela peut sembler beaucoup mais c'est en réalité très peu en comparaison avec les 234 pendant l'âge d'or du nucléaire dans les années 1970, ou les 69 réacteurs nucléaires en construction en 2013. Et c'est très peu par rapport au nombre de chantiers nécessaires si on souhaitait que le nucléaire se maintienne ou joue un rôle plus significatif. Sur l'ensemble des réacteurs en construction, il faut également noter que certains projets sont vieux de plusieurs décennies et reportés d'année en année (un projet en Iran datant de 1972 vient d'être relancé et deux réacteurs slovaques sont « en cours » depuis 35 ans).

Figure 4. Réacteurs nucléaires en construction dans le monde de 1951 à juillet 2020



Sources: WNISR, with IAEA-PRIS, 2020

Notes:

This figure includes construction of two CAP1400 reactors at Rongcheng/Shidaowan, although their construction has not been officially announced (see China Focus). At Shidao Bay, the plant under construction since 2012 has actually two reactors on the site and is therefore counted as two units as of WNISR2020.

Source : [World Nuclear Industry Status Report 2020](#)

¹⁴ Mycle Schneider et al., [World Nuclear Industry Status Report](#), édition 2020.

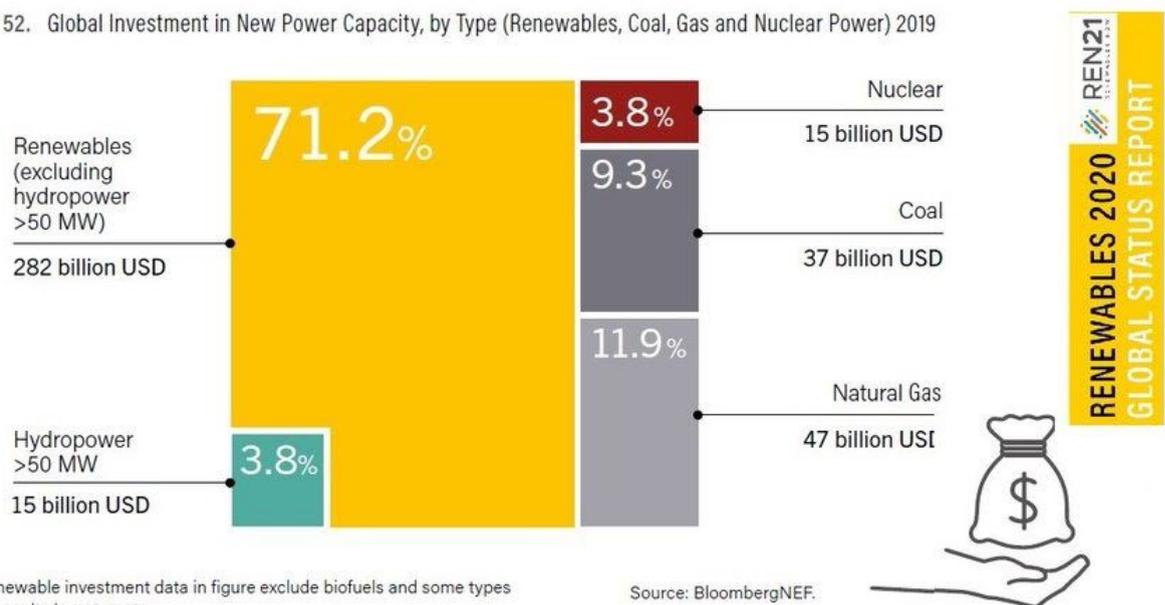
¹⁵ En Russie, au Bangladesh, en Turquie, en Iran, en Chine, en Corée du Sud, et au Royaume Uni.

Les investissements sont en berne. En 2019, le nucléaire ne représentait plus que 3,8 % des investissements dans les nouvelles productions d'électricité dans le monde, contre 71 à 75 % pour le développement des énergies renouvelables (voir figure 5)¹⁶. Le secteur financier considère les projets nucléaires comme particulièrement risqués et ne s'aventure pas à les financer sans garanties et financements étatiques pour réduire la prise de risque.

Or, la volonté politique de développer du nucléaire pour des raisons climatiques semble loin d'être partagée : seulement 11 États faisaient mention du nucléaire dans leurs plans d'atténuation des émissions de GES remis à l'ONU¹⁷.

Figure 5. Investissements mondiaux dans de nouvelles capacités de production d'électricité en 2019

FIGURE 52. Global Investment in New Power Capacity, by Type (Renewables, Coal, Gas and Nuclear Power) 2019



Source : [REN21 Renewables 2020 Global Status Report](#)

Les données de l'Agence internationale de l'énergie¹⁸ confirment cette tendance : alors que l'AIE souhaiterait voir plus d'investissements dans le nucléaire, elle reconnaît que le rythme actuel de développement est très faible et que les prévisions d'investissement ne permettent pas actuellement d'envisager la relance d'un programme nucléaire à l'échelle mondiale. Dans ces conditions, difficile d'imaginer une relance rapide du nucléaire.

La tendance lourde est assez claire : selon les prévisions des investisseurs, le nucléaire va continuer de stagner ou décliner. À l'inverse, les énergies renouvelables ont entamé une envolée spectaculaire à l'échelle mondiale depuis 10 ans, et largement dépassé les prévisions. Leurs coûts continuent de baisser, les technologies progressent rapidement et deviennent de plus en plus

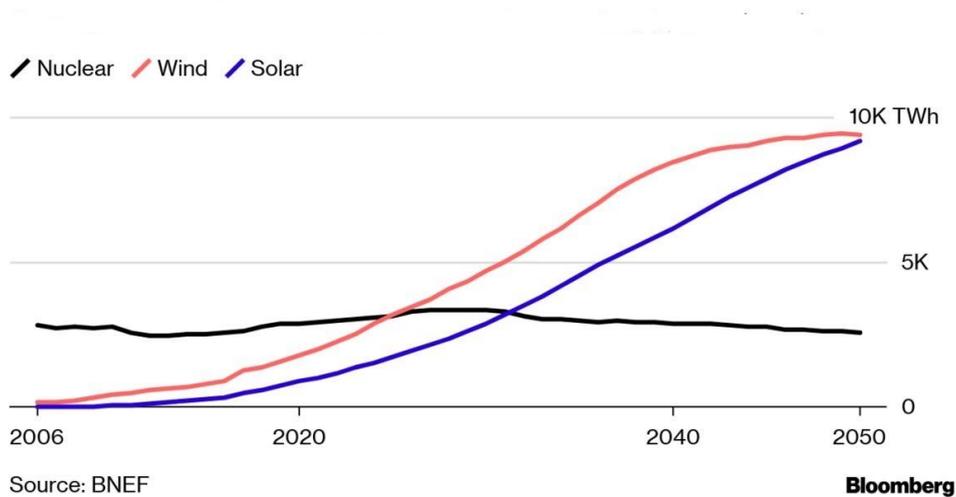
¹⁶ REN21, [Renewables 2020 - Global Status Report](#), édition 2020 (calcul basé sur les données 2019 de Bloomberg New Energy Finance).

¹⁷ Mycle Schneider et al., [World Nuclear Industry Status Report](#), édition 2019.

¹⁸ Agence internationale de l'énergie (AIE), [Nuclear Tracking report](#), juin 2020.

performantes. Selon les prévisions de Bloomberg New Energy Finance¹⁹, le solaire (en 2030) et l'éolien (en 2025) produiront chacun autant d'électricité que le nucléaire. Autrement dit, si on additionne, d'ici 2030, le solaire et l'éolien fourniront deux fois plus d'électricité que le nucléaire dans le monde (voir figure 6). En 2040, selon l'Agence internationale de l'énergie, le solaire photovoltaïque sera la première source de production d'électricité dans le monde et les énergies renouvelables peuvent se développer très vite : la principale variable d'ajustement, c'est le cadre réglementaire dans les pays.

Figure 6. Évolution et projection de la production d'électricité fournie par le nucléaire, le solaire et l'éolien d'ici 2050 (exprimée en TWh)



Source : [Bloomberg Quint \(BNEF\)](#)

¹⁹ Agence internationale de l'énergie (AIE), [World Energy Outlook](#), édition 2019.

En attendant la « solution nucléaire », les émissions de CO₂ vont s'accumuler dans l'atmosphère.

Les délais de construction sont très longs. Actuellement, 64 % des projets sont touchés par des retards²⁰. Le chapitre 4 du rapport du GIEC²¹ observe qu'entre la décision de construire et le démarrage effectif d'une centrale nucléaire, il faut compter en moyenne 10 à 19 ans... En effet, il y a de nombreuses étapes à franchir pour obtenir le feu vert des autorités de sûreté nucléaire, et c'est sans compter les erreurs de chantier et les retards qui s'accumulent avec chaque aléa. La France ne fait pas figure d'exception : l'EPR de Flamanville accuse plus de 10 ans de retard et entre bien dans cette moyenne mondiale.

Ces délais de déploiement sont trop longs pour que la construction de nouvelles centrales nucléaires permette de proposer une réponse rapide face à l'urgence climatique. Pendant ce temps très long de décision et construction, chroniquement sous-estimé, la dépendance aux énergies fossiles se maintiendra. En attendant le démarrage des réacteurs nucléaires censés prendre le relais des énergies fossiles, les centrales thermiques à charbon, fioul ou gaz continueront de générer des émissions pendant de longues périodes : au minimum une décennie, voire beaucoup plus. Et ce sont donc des émissions de CO₂ qui s'accumuleront « en attendant » le démarrage éventuel de réacteurs nucléaires. En outre, une partie des capacités d'investissement de l'entreprise et de l'État sera concentrée sur la construction de ce(s) réacteur(s) et ne pourra être investie dans d'autres politiques et technologies bas-carbone plus rapides à déployer et à même d'avoir des effets immédiats sur la réduction des émissions de CO₂.

Le World Nuclear Industry Status Report²² et la banque d'investissement Lazard²³ calculent que le coût de réduction d'une tonne de CO₂ est plus élevé avec le nucléaire qu'avec les grandes installations photovoltaïques ou l'éolien (voir figure 7). De nombreuses centrales nucléaires rencontrent de graves difficultés économiques, et soutenir leur fonctionnement coûte que coûte revient plus cher, rapporté à la tonne d'émission de CO₂ évitée par dollar dépensé.

²⁰ Mycle Schneider et al., [World Nuclear Industry Status Report](#), édition 2019.

²¹ Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), Rapport spécial: réchauffement climatique d'1,5°C, [chapitre 4](#), 2018.

²² Mycle Schneider et al., [World Nuclear Industry Status Report](#), édition 2019.

²³ Lazard, [Lazard's Levelized cost of Energy 13.0](#), 2019.

Figure 7. Analyse comparée des coûts pour réduire les émissions de CO₂ selon les technologies (exprimée en \$/tonne de CO₂)

Value of Carbon Abatement Comparison

As policymakers consider ways to limit carbon emissions, Lazard's LCOE analysis provides insight into the economic value associated with carbon abatement offered by renewable energy technologies. This analysis suggests that policies designed to shift power generation towards wind and utility-scale solar could be a particularly cost-effective means of reducing carbon emissions, providing an abatement value of \$36 – \$41/Ton vs. Coal and \$23 – \$32/Ton vs. Gas Combined Cycle

- These observations do not take into account other environmental and social externalities, reliability or grid-related considerations

Units	Conventional Generation			Renewable Energy Generation				
	Coal	Gas Combined Cycle	Nuclear	Wind	Solar PV Rooftop	Solar PV Utility Scale	Solar Thermal with Storage	
Capital Investment/KW of Capacity ⁽¹⁾	\$/kW	\$2,975	\$700	\$6,900	\$1,100	\$2,800	\$900	\$9,100
Total Capital Investment	\$mm	1,993	560	4,209	1,111	8,232	1,476	7,462
Facility Output	MW	670	800	610	1,010	2,040	1,640	820
Capacity Factor	%	83%	70%	91%	56%	16%	34%	68%
MWh/Year Produced ⁽²⁾	GWh/yr	4,888	4,888	4,888	4,888	4,888	4,888	4,888
Levelized Cost of Energy	\$/MWh	\$66	\$44	\$118	\$28	\$151	\$32	\$126
Total Cost of Energy Produced	\$mm/yr	\$322 ²	\$215	\$576	\$136 ¹	\$740	\$159	\$618
CO ₂ Equivalent Emissions	Tons/MWh	0.92	0.51	—	—	—	—	—
Carbon Emitted	mm Tons/yr	4.51	2.50	—	—	—	—	—
Difference in Carbon Emissions	mm Tons/yr							
vs. Coal		—	2.01	4.51	4.51	4.51	4.51	4.51
vs. Gas		—	—	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Difference in Total Energy Cost	\$mm/yr							
vs. Coal		—	(\$107)	\$254	(\$187)	\$418	(\$163)	\$206
vs. Gas		—	—	\$301	(\$80)	\$525	(\$56)	\$403
Implied Abatement Value/(Cost)	\$/Ton							
vs. Coal		—	\$53	(\$56)	\$41	(\$93)	\$36	(\$66)
vs. Gas		—	—	(\$144)	\$32	(\$210)	\$23	(\$161)

Green: Favorable vs. Coal/Gas Red: Unfavorable vs. Coal/Gas

Implied Carbon Abatement Value Calculation (Wind vs. Coal)—Methodology

④ Difference in Total Energy Cost (Wind vs. Coal) = ① - ② = \$136 mm/yr (Wind) - \$322 mm/yr (Coal) = (\$187) mm/yr

⑤ Implied Carbon Abatement Value (Wind vs. Coal) = ④ ÷ ③ = \$187 mm/yr ÷ 4.51 mm Tons/yr = \$41/Ton

Non, le GIEC ne prescrit ni ne promeut le nucléaire

Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) est technologiquement neutre : son rôle est uniquement d'agrèger et de décrire ce que dit la littérature scientifique. Il n'a pas pour mandat de prescrire, promouvoir ou écarter une technologie ou une mesure politique. Dans son rapport publié en 2018 sur les trajectoires permettant de stabiliser le réchauffement climatique en deçà d'1,5 °C²⁴, le GIEC fait plusieurs choses :

- Il prend en exemple quatre « trajectoires archétypales et illustratives » pour souligner qu'il existe différentes manières et différents modèles de société pour stabiliser le réchauffement climatique en deçà d'1,5°C.
- Il agrège et compare 89 scénarios scientifiques permettant de stabiliser le réchauffement climatique en deçà d'1,5°C et en tire des moyennes et des médianes pour donner un aperçu des hypothèses qui sont faites par la littérature scientifique aujourd'hui.
- Il propose également une réflexion sur la faisabilité et la soutenabilité des principales options (choix technologiques, politiques et mesures) considérées par la littérature scientifique.

Précisons ici qu'il y a forcément du nucléaire dans l'analyse du GIEC puisqu'il s'appuie également sur l'existant : soit un peu plus de 400 réacteurs nucléaires en fonctionnement.

Dans les quatre trajectoires archétypales et illustratives prises en exemple par le GIEC dans la première partie du rapport, la part du nucléaire augmente (de 98 % à 468 %). La trajectoire la plus nucléarisée n'est pas la plus décarbonée (P4) : c'est celle qui dépasse temporairement 1,5 °C. À l'inverse, les trajectoires s'appuyant le plus sur la maîtrise de la demande (stabilisation, voire réduction d'un tiers de la consommation d'énergie mondiale) et sans dépassement du seuil de 1,5 °C sont aussi celles où le rôle du nucléaire est le moins important en part comme en volume (P1 et P2). Dans les quatre trajectoires, même si sa part relative augmente, le nucléaire continue de jouer un rôle limité par rapport aux autres sources d'énergie mobilisées par le GIEC. Dans ces mêmes trajectoires, les énergies renouvelables représentent l'essentiel de la production d'énergie (de 70 à 85 %).

Dans tous les cas, cela ne suffit pas à dire que le GIEC préconise ou constate une hausse de la part du nucléaire à l'avenir. En effet, le GIEC ne dit pas « il faut choisir une de ces trajectoires » et met en garde contre une surinterprétation de ces trajectoires. Il s'en sert comme illustration et point d'entrée pour la réflexion, ce qui n'exclut pas de fait d'autres trajectoires. Dans une récente analyse, Négawatt²⁵ souligne justement la possibilité d'une recombinaison, en s'appuyant sur les

²⁴ Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), [Rapport spécial: réchauffement climatique d'1.5 °C](#), 2018.

²⁵ Négawatt, [Quelle place pour le nucléaire et les énergies renouvelables dans les trajectoires mondiales de neutralité carbone ?](#) septembre 2020

Pour la maîtrise de la consommation de l'énergie, Négawatt prend une hypothèse intermédiaire entre P1 et P2, soit 7,5 Gtep d'énergie finale en 2050. Pour les énergies renouvelables, pour construire ces quatre trajectoires, le GIEC estime que le potentiel des énergies renouvelables est compris entre 4 Gtep et 10 Gtep. La recombinaison P5 estime à 6,5 Gtep le besoin en énergie finale et mobilise les différentes sources d'énergie renouvelable au-delà du socle de 4 Gtep – sans pour autant épuiser le potentiel maximal que leur attribuent les différentes trajectoires.

mêmes hypothèses que le GIEC en matière de gisements d'énergies renouvelables et de baisse de la consommation. Cette « recombinaison P5 » (voir figure 8) permettrait de stabiliser le réchauffement climatique sous 1,5 °C également en s'appuyant sur un mix d'énergies renouvelables et de baisse de la consommation d'énergie (en comparaison, la trajectoire dite « P1 » du GIEC propose une baisse de la consommation encore plus forte que Négawatt). À l'inverse des autres trajectoires P1, P2, P3 et P4, la recombinaison P5 ne fait appel ni aux fossiles, ni à la capture et séquestration du carbone, ni au nucléaire, ni à la géoingénierie.

Figure 8. Bilan énergétique mondial comparé en 2050 entre trajectoires du GIEC (P1, P2, P3, et P4) et la recombinaison Négawatt « P5 » (exprimés en énergie finale)

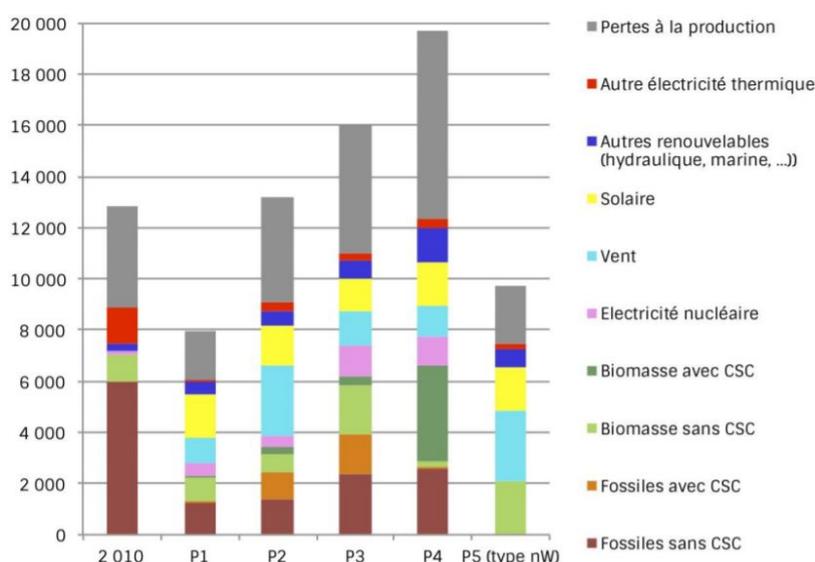


Figure 4 - Bilan énergétique mondial en 2050 dans les quatre trajectoires types proposées par le GIEC (P1 à P4) et recombinaison composée par négaWatt (P5)
Source : Association négaWatt (2020), d'après GIEC (2018)

Source : [Négawatt 2020](#)

En ce qui concerne les 89 scénarios pris en compte et étudiés par le GIEC : le nucléaire est présent dans tous les scénarios, puisqu'ils s'appuient sur la situation existante. Mais à moyen terme, le nucléaire joue un rôle très variable : selon les scénarios, il représente de 1 à 39 % de la production d'électricité en 2050 !²⁶ La part du nucléaire décline dans la moitié des scénarios (en 2050, selon la médiane établie par le GIEC, le nucléaire représente moins de 9 % de la production d'électricité, contre 10,3 % à l'heure actuelle), et disparaît complètement d'ici 2100 dans une dizaine de scénarios. À l'inverse, le potentiel de développement des énergies renouvelables fait bien plus consensus : dans la moitié des scénarios, les énergies renouvelables représentent au moins 67 % de la production d'électricité (contre moins de 9 % pour le nucléaire) en 2050 (voir figure 9).

²⁶ Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), Rapport spécial: réchauffement climatique d'1,5 °C, [chapitre 2](#) (page 134), 2018.

Figure 9. Part de nucléaire et d'énergies renouvelables dans les 89 scénarios permettant de stabiliser le réchauffement climatique en deçà d'1,5 °C et pris en compte par le GIEC (en %)

Parmi les 89 scénarios	La part de nucléaire en 2050	Part d'énergies renouvelables en 2050 (hors biomasse)
Les plus....	39 %	96,5 %
Les moins...	1 %	27,5 %
La production électrique médiane	8,7 %	67 %

Source : Tableau basé sur les données du rapport spécial 1,5 °C du GIEC en 2018

Le rapport du GIEC relativise le potentiel développement du nucléaire

Un défi de faisabilité. Dans le chapitre 4²⁷ du rapport du GIEC, on peut lire : « *La transition énergétique requise pour limiter le réchauffement à 1,5°C est en cours dans de nombreux secteurs et régions du monde [consensus haut]. La faisabilité politique, économique, sociale et technologique de l'énergie solaire, éolienne et des technologies de stockage d'électricité s'est spectaculairement améliorée ces dernières années, tandis que celle du nucléaire [...] n'a pas montré d'amélioration similaire* ». En effet, le rapport pointe du doigt, entre autres, les délais de construction et de déploiement très longs (entre 10 et 19 ans en moyenne pour un réacteur), les coûts élevés et le besoin d'un soutien public important (voire des conditions monopolistiques), l'acceptabilité sociale du nucléaire et de ses déchets. Autant de facteurs qui peuvent limiter son déploiement. Le chapitre 5 alerte également sur les risques de prolifération associés au développement du nucléaire et le défi d'assurer l'indépendance totale des autorités de contrôle nucléaire face aux pressions économiques et politiques.

Ces obstacles interrogent sur la faisabilité des scénarios et trajectoires archétypales qui proposent au nucléaire de jouer un rôle croissant. Ils impliqueraient la construction et le démarrage de centaines voire de milliers de réacteurs d'ici 2050 (voir figure 10), et donc un rythme très intensif par rapport à aujourd'hui, et jamais atteint jusqu'à maintenant²⁸.

²⁷ GIEC, Rapport spécial: réchauffement climatique d'1,5°C, [chapitre 4](#), page 5 (2018).

²⁸ Négawatt, [Quelle place pour le nucléaire et les énergies renouvelables dans les trajectoires mondiales de neutralité carbone ?](#) septembre 2020.

Figure 10. Évolution de la puissance nucléaire installée nécessaire dans les 4 trajectoires 1,5 °C figurant dans le rapport du GIEC (exprimée en nombre de réacteurs)

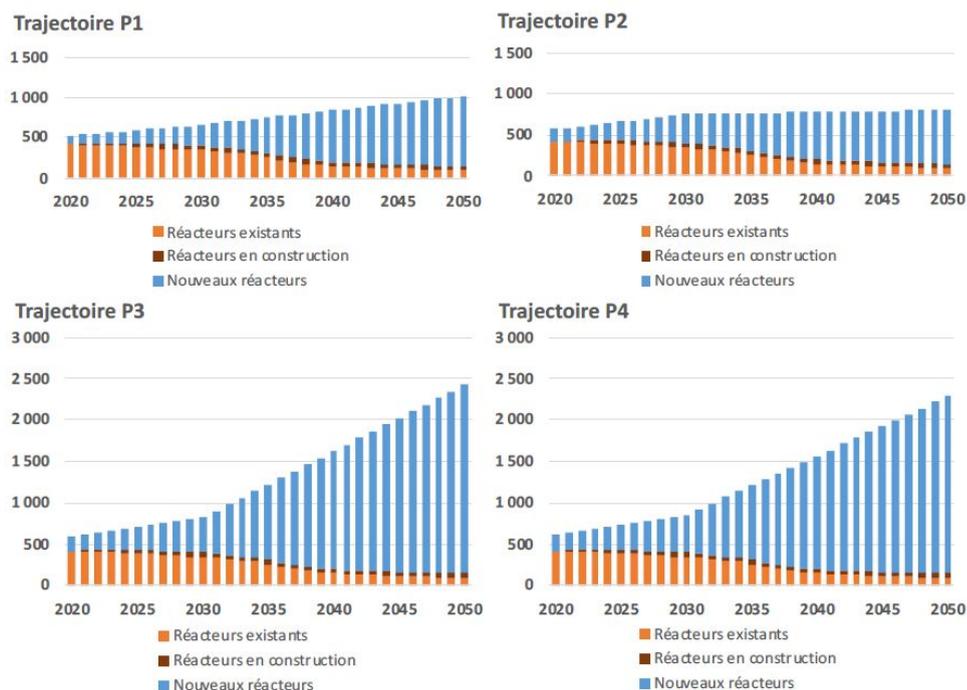


Figure 12 – Évolution de la puissance nucléaire installée nécessaire dans les quatre trajectoires type 1,5 °C, répartie entre réacteurs existants en 2020, mise en service de réacteurs mis en construction avant mi-2020 et nouveaux réacteurs à mettre en chantier (GWe)

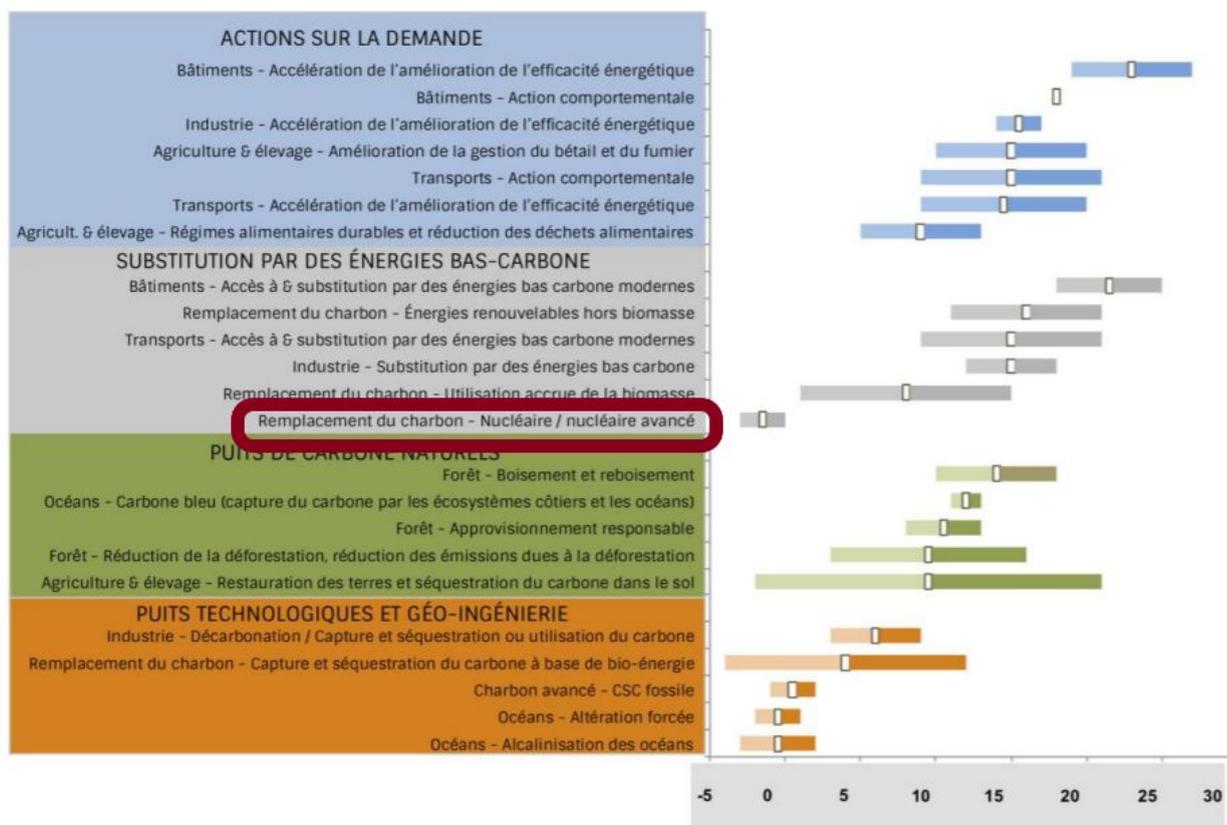
Source : [Négawatt 2020](#)

Un problème de soutenabilité. Le GIEC se penche également sur la soutenabilité des principales technologies et politiques d'atténuation envisagées. En s'appuyant sur la littérature scientifique, il évalue leur contribution à la réalisation des 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) fixés par les Nations Unies²⁹ et à atteindre d'ici 2030. Il s'agit des « 17 priorités pour un développement socialement équitable, sûr d'un point de vue environnemental, économiquement prospère, inclusif et prévisible à l'horizon 2030 ».

Le nucléaire est l'option qui obtient le moins bon score (voir figure 11). À l'inverse, sans surprise, l'option la plus soutenable et la plus à même de contribuer aux ODD selon cette évaluation, c'est la rénovation énergétique des bâtiments. Ci-dessous, une figure publiée par Négawatt pour résumer l'évaluation du GIEC.

²⁹ Les 17 objectifs de développement durables sont présentés ici : <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/objectifs-de-developpement-durable/>

Figure 11. Impact comparé des principales options d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre sur les Objectifs de Développement Durable



Source : [Négawatt 2020](#)

En conclusion, la contribution du nucléaire dans la stabilisation du réchauffement climatique en deçà d'1,5 °C est loin de faire consensus dans la littérature scientifique, contrairement aux économies d'énergie et aux énergies renouvelables. Développer le nucléaire n'est donc pas une mesure obligatoire pour stabiliser le réchauffement climatique en deçà d'1,5 °C mais une option à jauger en fonction de sa faisabilité concrète et de sa soutenabilité sociale et environnementale.

CHAPITRE 2.

LE NUCLÉAIRE, INCOMPATIBLE AVEC LES RISQUES CLIMATIQUES, NATURELS ET GÉOPOLITIQUES

Les centrales nucléaires, des installations à haut risque

Si l'on s'en tient à la lecture caricaturale du rapport du GIEC proposée par certaines parties prenantes, alors il faudrait construire et démarrer, en ordre de grandeur, 700 à 2000 nouveaux réacteurs nucléaires dans le monde d'ici 2050. Cela voudrait dire en installer beaucoup dans certains pays ou alors un peu partout. Mais cela est-il même faisable ?

Les centrales nucléaires sont des installations à haut risque. Dans un entretien dans *Le Monde* en 2016³⁰, Pierre Franck Chevet, l'ancien président de l'ASN, gendarme du nucléaire, n'excluait pas la possibilité d'un accident nucléaire majeur en Europe ou en France :

« En France, nous pouvons avoir des séismes ou des inondations supérieurs à ceux qui étaient prévus, des actes de malveillance contre une centrale... [...] Un accident majeur, comme ceux de Tchernobyl ou de Fukushima, ne peut être exclu nulle part dans le monde, y compris en Europe. Nous devons en tirer les conséquences. Fukushima a eu un impact radiologique dans un rayon de 100 km. Si vous tracez un cercle de 100 km de rayon autour des centrales nucléaires d'Europe, vous constatez que, pour beaucoup d'entre elles, plusieurs pays sont concernés ».

C'est notamment le cas de la France dont plusieurs centrales sont situées à proximité des frontières belges, suisses et luxembourgeoises. En France, selon une étude de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN)³¹, le coût d'un accident « majeur » pourrait atteindre 430 milliards d'euros et créer plusieurs centaines de milliers de « réfugiés radiologiques ».

En cas d'accident nucléaire, l'économie serait durement et durablement affectée, les sols et les eaux pollués, les risques de contamination de la population très difficiles à maîtriser, même des décennies plus tard. On ne peut donc pas les installer n'importe où et il faut tenir compte de certains risques qui vont s'accroître dans les décennies qui viennent : entre failles sismiques, instabilités politiques, risques terroristes, la nécessité de sécuriser une source d'eau froide à chaque instant dans un contexte de stress hydrique et de montée du niveau des océans, le nucléaire ne s'installe pas partout, loin de là.

³⁰ *Le Monde*, entretien avec Pierre Franck Chevet, [« 30 ans après Tchernobyl: un accident nucléaire majeur ne peut être exclu nulle part dans le monde »](#), 22 avril 2016 (article consulté le 8 octobre 2020).

³¹ Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), [« Le coût économique d'un accident nucléaire: le coût économique pour deux scénarios accidents »](#) (dossier thématique consulté le 8 octobre 2020).

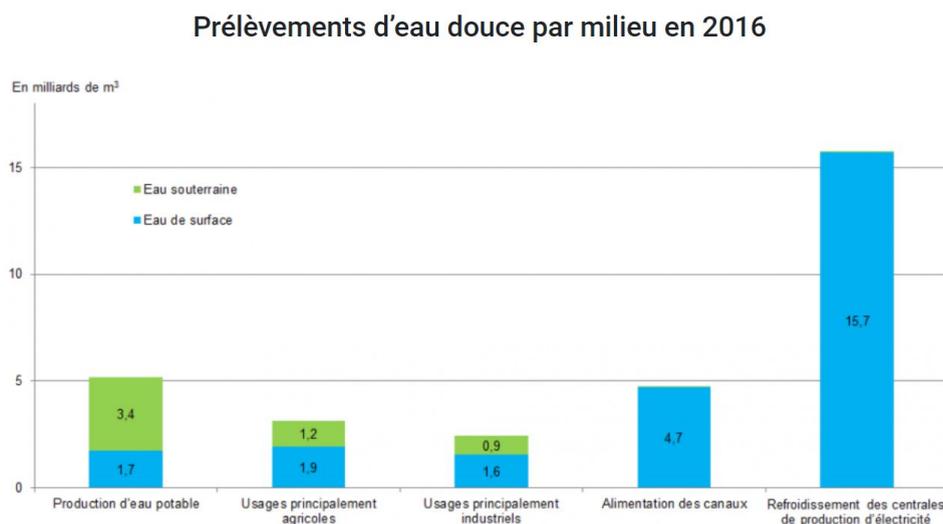
Le nucléaire face au stress hydrique, au réchauffement des cours d'eau et à l'augmentation des températures

Le nucléaire, une technologie gourmande en eau. Le nucléaire est très consommateur d'eau pour assurer son refroidissement. Prenons le cas de la France : en 2016, le nucléaire est de loin le plus gros poste de prélèvement d'eau en France, bien supérieur aux postes agriculture ou eau potable, avec 15,7 milliards de mètres cubes utilisés pour le refroidissement des centrales (voir figure 12)³².

Environ 10 % de l'eau prélevée n'est pas rendue au milieu aquatique et dite « consommée » : au total, le nucléaire représente 30 % de l'eau consommée chaque année, soit le deuxième poste après l'agriculture selon l'INSEE³³.

Pour ce qui est de l'eau prélevée et rendue à l'environnement, elle n'est pas restituée dans les mêmes conditions : l'eau rejetée est plus chaude et contribue à réchauffer le cours d'eau, ce qui n'est pas sans effet sur les écosystèmes. D'autant plus que plusieurs centrales installées le long d'un fleuve signifient plus de réchauffement cumulé (le Rhône et la Loire accueillent respectivement 12 et 14 réacteurs). Pour chaque centrale, des seuils de température à ne pas dépasser sont fixés (par exemple, à la centrale de Golfech, la limite est fixée à 28 °C). Si la température du cours d'eau est plus élevée que d'habitude, à cause d'une vague de chaleur ou d'une baisse du débit, cela peut conduire à une suspension de l'autorisation de rejet et donc à l'arrêt du réacteur.

Figure 12. Prélèvements d'eau douce en France en 2016 (exprimés en milliards de m³)



Source : [Le Rapport de l'Environnement, Ministère de l'Ecologie, 2019](#)

³² Ministère de la Transition écologique, [Rapport sur l'état de l'Environnement en France](#), édition 2019.

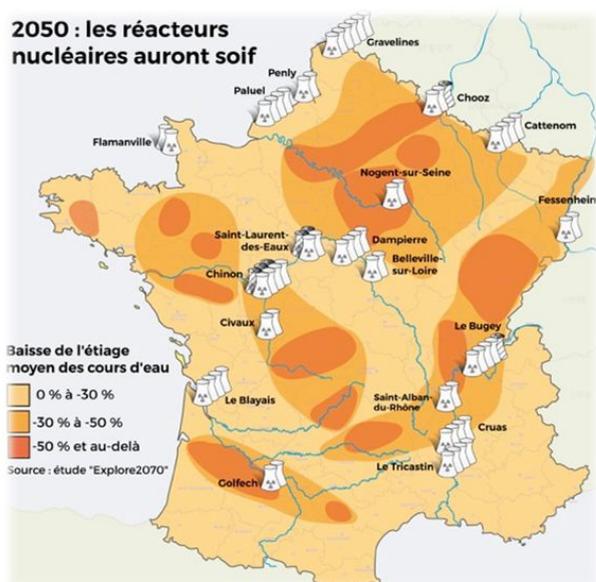
³³ INSEE, [Les acteurs économiques et l'environnement](#), 2017 (p. 144).

Déjà, aux États-Unis et en France, des réacteurs nucléaires sont mis à l'arrêt ou fortement ralentis pendant les périodes de forte chaleur. En juillet 2020, le mois le plus sec depuis 1959, à la centrale de Chooz (située dans les Ardennes), les deux puissants réacteurs de 1450 MW chacun ont été mis à l'arrêt à cause de leur pression sur le débit de la Meuse, divisé par dix. La centrale de Golfech (située dans le Sud-Ouest) a fait les frais de la pluviométrie la plus faible jamais enregistrée en Haute-Garonne depuis 60 ans.

Plus généralement, la montée des températures peut fragiliser les centrales et les équipements. Selon une note publiée en juillet 2020 par l'IRSN³⁴, « des températures élevées peuvent avoir des conséquences sur le fonctionnement des ventilations, des matériels de sûreté, et sur les capacités de refroidissement des systèmes de sûreté assurant l'évacuation de la puissance du réacteur. [...] En particulier, les groupes électrogènes (ou « diesels ») de secours sont des matériels essentiels à la sûreté des réacteurs dans différentes situations accidentelles. De fortes températures extérieures peuvent perturber leur fonctionnement ».

À plus long terme, l'étiage (le débit le plus bas des cours d'eau) risque de diminuer fortement selon les travaux de modélisation Explore 2070³⁵. Étant donné le nombre de réacteurs sur le territoire, on constate que de nombreux réacteurs en fonctionnement sont situés dans une zone touchée par des baisses conséquentes d'étiage (voir figure 13).

Figure 13. Illustration de la baisse de l'étiage moyen des cours d'eau à horizon 2050 en France



Source : [Réseau Sortir du Nucléaire](#) à partir de l'étude Explore 2070

³⁴ Institut de Radioprotection et Sûreté Nucléaire (IRSN), [L'effet de la canicule sur la production et la sûreté des centrales nucléaires](#), note d'information du 31 juillet 2020.

³⁵ Ministère de la Transition écologique, « Bilan du projet Explore 2070, résultats du projet et premiers enseignements sur eau et changements climatiques ». Consulté ici : http://www.gesteau.fr/sites/default/files/gesteau/content_files/document/explore2070.pdf

Cette pénurie d'eau est mondiale : d'ici 2050, au moins une personne sur quatre pourrait vivre dans un pays affecté par des pénuries d'eau chroniques ou fréquentes selon le World Resource Institute³⁶. L'Inde, le pays qui construit le plus de capacité nucléaire actuellement (et où la France espère construire des centrales nucléaires), figure parmi les 17 pays les plus touchés par la crise de l'eau.

Les réacteurs en fonctionnement risquent d'être régulièrement à l'arrêt à cause du manque d'eau et seraient en concurrence avec d'autres usages (l'agriculture par exemple). Dans les pays très dépendants de l'énergie nucléaire, il y a également le risque de pressions sur la sécurité d'approvisionnement et de dérogations accordées pour faire fonctionner les réacteurs coûte que coûte, au risque d'accroître les conséquences sur l'environnement ou de réduire les marges de sûreté.

Le nucléaire face aux inondations et à la montée des océans

D'autres phénomènes vont s'intensifier à cause du réchauffement climatique et fragiliser un peu plus les centrales nucléaires.

Les inondations vont devenir de plus en plus intenses et fréquentes et peuvent menacer la sûreté des installations nucléaires. Dans ces conditions, est-ce donc une bonne idée de construire des réacteurs nucléaires dans des zones frappées régulièrement par ces inondations ? C'est pourtant ce qui se passe au Bangladesh par exemple : la Russie y a lancé un chantier de construction en 2017 au bord du fleuve Padma. Fin août 2020, le fleuve débordait de son lit après deux mois de pluies torrentielles. C'est la région du Bangladesh la plus touchée par les inondations cette année. Le site de la centrale a été choisi en 1963 ; à l'époque le risque climatique n'était pas pris en compte... Malgré les projections alarmistes des scientifiques, les Russes poursuivent la construction.

La montée du niveau de la mer fait que de nombreuses zones côtières de la planète seront en dessous du niveau de la mer d'ici 2100 et sujettes à ce risque d'inondation, ce qui interroge sur l'implantation possible de centrales nucléaires. Face aux risques de sécheresse, le pari serait d'installer les centrales nucléaires en bord de mer plutôt qu'en bord de fleuve pour assurer leur fonctionnement, mais le bord de mer sera vulnérable à d'autres types d'événements extrêmes : inondations, tempêtes, raz-de-marée, et dans des zones de risque sismique, des tsunamis. La France ne sera pas épargnée. Selon les projections de l'Agence européenne pour l'environnement³⁷, le niveau de la mer pourrait monter de 20 cm à un mètre de haut sur les côtes françaises. Un extrait d'une modélisation mondiale par Climate Central³⁸ montre que la région où se situe la centrale de Gravelines, construite sur un polder, est susceptible d'être inondée (voir figure 14). C'est pourtant un des sites où la France envisage la construction d'une future paire d'EPR.

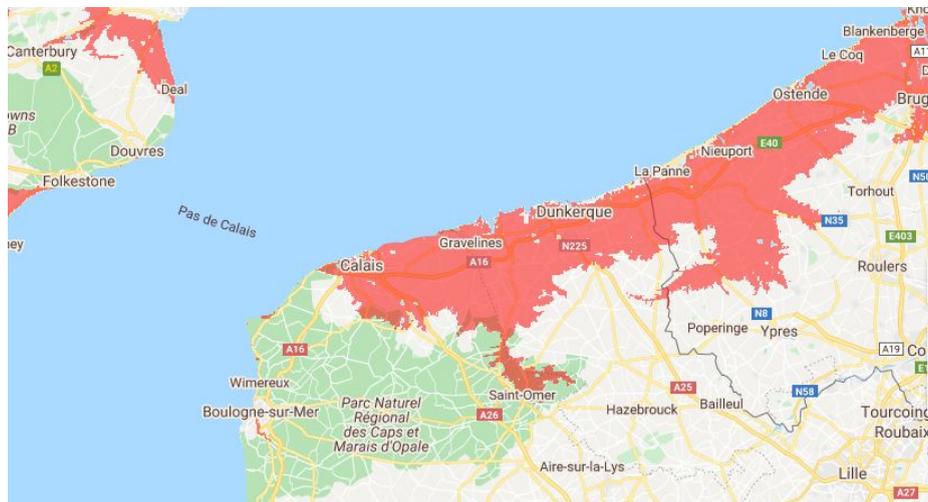
³⁶ World Resource Institute, [Projet Aqueduct](#), 2019.

³⁷ Agence européenne pour l'environnement, [les impacts du changement climatique en Europe \(cartographie Arcgis\)](#). Consultée en juillet 2020.

³⁸ Climate Central, [coastal risk screening tool](#), consulté en juillet 2020.

Pour rappel, la centrale du Blayais en Gironde a frôlé la catastrophe lors de la tempête de 1999. Entre la grande marée qui a gonflé l'estuaire de la Gironde et les vents à 140 km/heure, la digue censée protéger la centrale n'a pas résisté aux vagues qui ont noyé une partie des installations de sûreté.

Figure 14. Projection des zones inondables en 2050 dans la région de la centrale de Gravelines (zones en rouge)



Source : [Climate Central](#)

Le nucléaire face au risque sismique

Les risques liés au changement climatique viennent s'ajouter à ceux déjà connus, liés aux aléas naturels. Le risque sismique par exemple. C'est une difficulté de déploiement et une contrainte à prendre en compte lorsqu'on imagine construire des centrales nucléaires aux quatre coins du monde.

La planète est largement exposée aux risques sismiques. La filière nucléaire souligne que de nombreux réacteurs nucléaires se situent déjà en zone sismique : selon la World Nuclear Association³⁹, en 2012, près de 20 % des centrales étaient installées dans des zones de risque sismique élevé. Mais cette situation existante ne doit en rien minimiser les risques supplémentaires induits par l'implantation de nouveaux réacteurs. Ils sont difficiles à maîtriser et coûteux à anticiper. Ils exigent des contrôles accrus, et il n'y a aucune garantie que le risque est correctement évalué et pris en compte. La catastrophe de Fukushima en 2011, par exemple, a conduit les autorités de sûreté nucléaire partout dans le monde, y compris en France, à réviser à la hausse les normes sismiques dans les centrales nucléaires.

Cela n'est pas à prendre à la légère : certaines centrales sont situées en deçà du niveau du cours d'eau le plus proche et protégées par des digues qui doivent être en mesure de supporter un séisme... En cas de rupture de la digue, il y aurait inondation de la centrale. C'est par exemple le cas de la centrale du Tricastin ou celle de Fessenheim. Attention, la norme prescrite ne signifie pas toujours norme appliquée : en France, toutes les centrales nucléaires ne sont pas encore en règle, huit ans après le renforcement des normes. Le risque sismique suppose de respecter un cahier des charges très strict de l'Autorité de sûreté nucléaire mais les calculs restent théoriques et, dans les faits, EDF est souvent en retard sur les travaux à effectuer. En 2018, l'ASN a par exemple exigé d'EDF des travaux sur la digue censée protéger la centrale du Tricastin car elle présente des « défauts de résistance »⁴⁰. EDF n'a pas encore terminé ces travaux.

En outre, les normes sismiques pourraient encore être amenées à évoluer.

Un risque qui évolue. En effet, le risque sismique et sa prise en compte évoluent dans le temps. En France, les centrales ont été conçues sur la base d'une évaluation donnée du risque sismique. Sauf que ce risque a évolué depuis... La carte des risques adoptée en 1991 a été modifiée en 2011⁴¹ (voir figure 15) pour revoir à la hausse le risque sismique en France. Depuis 2011, 12 des 19 centrales françaises sont situées en zone sismique. Certaines y sont entrées et d'autres sont passées à un risque plus fort qu'auparavant (voir figure 16).

Suite au séisme du Teil en 2019, à proximité des centrales nucléaires de Cruas et du Tricastin, l'IRSN étudie la nécessité de revoir à la hausse les référentiels sismiques, et les sismologues du CNRS⁴² envisagent même d'actualiser leur évaluation des risques sismiques en France car le séisme du Teil s'est produit sur une faille qui était classée comme « inactive ». Une réévaluation du risque sismique impliquerait des études complémentaires, d'éventuels travaux de

³⁹ World Nuclear Association, [page consultée](#) le 8 octobre 2020.

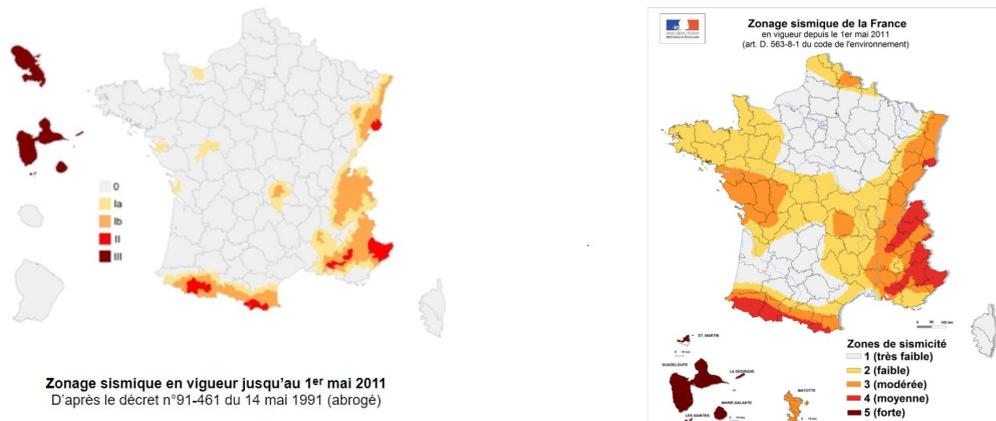
⁴⁰ [Lettre de l'ASN du 25 juin 2018](#).

⁴¹ Plan Séisme, [Zonage sismique de la France](#), cartes en vigueur avant et après 2011.

⁴² CNRS, [Séisme du Teil : vers une réévaluation du risque sismique en France et en Europe de l'Ouest ?](#), 2020

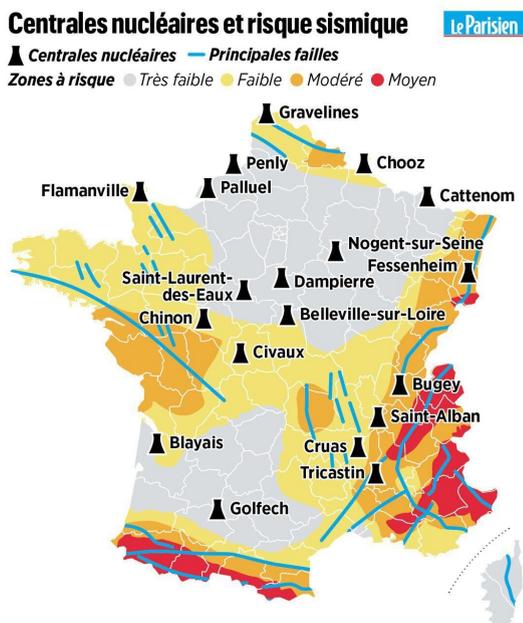
redimensionnement, des surcoûts et des risques supplémentaires. Tout cela n'a pas empêché, début 2020, plusieurs élus de la région du Tricastin d'appeler à la construction d'une paire de réacteurs EPR sur le site de la centrale⁴³.

Figure 15. Zonage sismique en France avant et après 2011



Source : [Plan Séisme France](#)

Figure 16. Implantation de centrales nucléaires dans les zones de sismicité identifiées depuis 2011



Source : Infographie publiée dans [Le Parisien \(2019\)](#)

⁴³ *Le Dauphiné*, [article](#) daté du 11 février 2020.

Un risque impossible à maîtriser totalement. Si pour éviter 10 % des émissions de GES dans 20 ans, on devait démarrer un réacteur par semaine d'ici là, combien se retrouveraient en zone sismique ? La Turquie et l'Inde figurent parmi les pays les plus exposés aux risques sismiques : ce sont aussi deux pays avec des chantiers de construction de réacteurs. Malheureusement, même avec des normes fortes, on sait que cela ne suffit pas forcément à éviter la catastrophe, notamment lorsque se produit une accumulation de facteurs (risque sismique + zone côtière vulnérable aux tsunamis par exemple). C'est ce qui s'est passé à Fukushima, au Japon, en 2011 : à ce jour, des zones entières restent condamnées autour de la centrale. D'autres ont été plus ou moins correctement décontaminées, à grands frais. On y trouve encore des « hot spots », c'est-à-dire des zones où la radioactivité est trop élevée (jusque dans le village Olympique selon les récentes mesures prises par Greenpeace en 2019⁴⁴). Le démantèlement du site durera au minimum 40 ans, et n'a pas commencé. Le Japan Center of Economic Research⁴⁵ estime que la facture totale de la catastrophe pourrait atteindre de 400 à 570 milliards d'euros.

⁴⁴ Greenpeace International, [Lettre au ministre de l'environnement japonais](#), 18 novembre 2019.

⁴⁵ Japan Research Center, [Accident Cleanup Costs Rising to 35-80 Trillion Yen in 40 Years](#), 2019.

Le nucléaire, c'est aussi une arme, une cible et un risque

Le nucléaire est également vulnérable aux actes de malveillance. Les usines et centrales nucléaires constituent des cibles faciles pour des actes de malveillance : risque terroriste, risque de chute d'avion de ligne volontaire ou involontaire, piratage informatique. Les enceintes des centrales et de certains bâtiments annexes contenant des matières radioactives ne sont pas conçues pour résister à ce type d'agression ou de choc. Les centrales nucléaires françaises sont vieillissantes : elles ont été conçues à une autre époque (bien avant le Minitel !), avec les informations dont on disposait alors, et dans un contexte qui a énormément changé depuis. A l'époque, les ingénieurs n'intégraient pas le risque d'un accident grave, ne prévoyaient pas le risque d'une chute d'avion de ligne, ni le risque d'acte de malveillance ou de terrorisme qui auraient nécessité de bunkériser certains bâtiments, de renforcer l'épaisseur des enceintes de confinement, etc. Ces vulnérabilités ont fait l'objet d'une Commission d'enquête parlementaire et d'une série de recommandations par l'Assemblée nationale en 2018⁴⁶.

Les matières nucléaires sont dangereuses et peuvent être détournées. Le nucléaire civil peut permettre, sous certaines conditions, de fabriquer des matières qui elles-mêmes servent à fabriquer des bombes (à uranium très enrichi ou au plutonium). Le plutonium est une matière extrêmement dangereuse et qui ne doit surtout pas proliférer. En France, du plutonium est produit dans les centrales. A l'issue des opérations de « retraitement » dans l'usine de la Hague dans le Nord-Ouest, du plutonium est ensuite transporté sur les routes de France jusque dans le Sud-Est. Greenpeace a déjà plusieurs fois dénoncé et démontré les vulnérabilités de ces transports face aux actes de malveillance.

Des centrales nucléaires dans des zones géopolitiquement instables ? La présence de matières dangereuses et la vulnérabilité des installations aux actes de malveillance rendent leur installation d'autant plus dangereuse dans certaines régions du monde politiquement instables.

Quid des pays qui auront du mal à se doter d'un gendarme du nucléaire indépendant et suffisamment puissant ? Ce problème est évoqué dans le rapport spécial du GIEC sur 1,5 °C⁴⁷: « *The safety of nuclear plants depends upon the public authorities of each country. However, because accidents affect worldwide public acceptance of this industry, questions have been raised about the risk of economic and political pressures weakening the safety of the plants (Finon, 2013; Budnitz, 2016)* ».

Cela n'a pas empêché Nicolas Sarkozy, alors président de la République française, de chercher à vendre des centrales nucléaires à la Libye en 2008. En 2020, la construction de centrales nucléaires a été évoquée lors d'un déplacement d'Emmanuel Macron en Irak⁴⁸.

⁴⁶ [Rapport de la Commission d'Enquête sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires](#), juillet 2018.

⁴⁷ GIEC, Rapport spécial: réchauffement climatique d'1,5°C, [chapitre 4](#), page 19 (2018).

⁴⁸ Reuters, « [Macron parle de coopération militaire et énergétique avec le chef du gouvernement irakien](#) », septembre 2020.

CHAPITRE 3.

LE NUCLÉAIRE, UN DÉSASTRE ÉCOLOGIQUE

Le nucléaire n'a rien de vert

De plus en plus, on constate un glissement sémantique : comme le nucléaire est bas-carbone, alors il serait forcément vertueux, « vert » et « durable ». La France se mobilise à Bruxelles pour faire intégrer le nucléaire dans la « taxonomie des investissements verts ». Le plan de relance du gouvernement a fait le choix d'intégrer le nucléaire dans le chapitre « écologie » et dans l'hydrogène « vert ».

Mais c'est faire fi d'un gros problème spécifique au nucléaire : les déchets radioactifs et dangereux pour l'environnement et les populations pendant des centaines voire des centaines de milliers d'années. Lorsqu'on fait un choix technologique, il est pourtant indispensable de tenir compte de l'ensemble de ses externalités environnementales et sociales.

Dans le cas du nucléaire, l'externalité environnementale est énorme. A chaque étape du processus de fabrication et de combustion, en amont et en aval donc, il y a production de déchets et pollution et contamination des eaux, des sols et des populations.

Le nucléaire produit à chaque étape des déchets non valorisables

Des déchets dès l'extraction de l'uranium. Cela commence dès l'extraction : le nucléaire, à l'image du charbon, est une industrie extractive qui va chercher sa matière première dans les sols, au Niger, au Canada, au Kazakhstan, en Australie... De nombreux déchets et stériles miniers – faiblement radioactifs certes mais néanmoins polluants et dangereux en cas d'exposition prolongée ou d'ingestion – restent sur site⁴⁹. Désormais, il n'y a plus de mines d'uranium en France mais on compte plus de 200 anciens sites miniers sur le territoire⁵⁰, avec un contrôle plus ou moins effectif de la pollution des sols dans ces sites. Il y a également le problème qu'on retrouve sur tous les sites d'extraction : les forêts rasées et les écosystèmes sacrifiés pour permettre l'accès au site. C'est notamment le cas au Kazakhstan, où Orano a obtenu de raser une forêt pourtant protégée pour créer un site minier.

Des déchets nucléaires non recyclables à chaque fois qu'on allume la lumière. Le nucléaire produit des déchets nucléaires en quantités importantes lors de la production d'électricité nucléaire. Ne l'oublions pas : à chaque fois qu'on allume la lumière, à moins d'avoir souscrit à un fournisseur d'électricité qui n'achète pas d'électricité nucléaire, on contribue à la production d'un peu plus de déchets nucléaires. À l'échelle mondiale, l'Agence internationale de l'énergie atomique recensait plus de six millions de mètres cubes de déchets radioactifs. En France, l'inventaire officiel recense presque un million de m³ de déchets nucléaires sur le territoire français liés à l'activité des centrales nucléaire⁵¹. C'est sans compter d'autres déchets qui ne sont pas

⁴⁹ *Le Monde*, « [À Arlit, les gens boivent de l'eau contaminée par la radioactivité](#) », entretien avec Amina Weira, 2018.

⁵⁰ Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), « [Exploitation des mines d'uranium en France: impact environnemental et risque pour les populations](#) », série thématique actualisée en 2017.

⁵¹ Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA), [Inventaire national des matières et déchets radioactifs, édition 2020](#).

comptabilisés comme tels car qualifiés de « matières valorisables ». Mais dans la réalité, ces matières ne sont pas revalorisées et pour la plupart non valorisables, à moins de trouver des solutions techniques qui n'existent toujours pas après plus de 60 ans de recherche. En prime, ces « solutions » envisagées impliqueraient toutes une poursuite du programme nucléaire – et donc la production de nouveaux déchets radioactifs – pour réutiliser ces matières.

En attendant, moins de 1 % du combustible utilisé et moins 2 % des autres matières soi-disant valorisables sont réellement utilisés⁵². Le reste s'entasse sans solution de stockage au motif qu'un jour on pourrait peut-être les réutiliser (voir figure 17). Mais les perspectives de valorisation sont trop faibles ou lointaines pour faire baisser les stocks déjà accumulés sur le territoire (voir figure 18).

Figure 17. Stocks de « matières valorisables » non revalorisées qui s'accumulent sur le territoire français fin 2017 (exprimés en tonnes de métal lourd)

Tableau 1. Stocks de matières à requalifier en déchets⁴⁸

Matière	Production par an ⁵⁰ (en tonnes de métal lourd)	Taux de réutilisation actuelle par an	Perspective de « valorisation » future ?	Stock accumulé fin 2017 ⁵¹	Quantité de « matière » à requalifier en déchet fin 2017
Uranium appauvri	6 720 tML	1,6%	Très faible	315 000 tML	315 000 tML à requalifier en déchets FA-VL
Combustible Usé UNE	1080 tML	Moins de 1%	Très faible	11 522 tML	11 522 tML à requalifier en déchets HA-VL
Combustible Usé URE	0 tML	0%	Non démontrée	631 tML	631 tML à requalifier en déchets HA-VL
Uranium de Retraitement	1 026 tML	0%	Très faible	30 500 tML	30 500 tML à requalifier en déchets FA-VL
Combustible MOX usé et en cours d'utilisation	110 tML	0%	Non démontrée	2 381 tML	2 381 tML à requalifier en déchets HA-VL
Total	Fin 2017, déjà 360 000 tonnes de « matières » qui sont en réalité des déchets HA-VL et FA-VL				

Source : [Tableau Greenpeace 2019](#) (à partir des inventaires de l'ANDRA)

⁵² Greenpeace, [A quel prix ? Les coûts cachés des déchets nucléaires](#), 2019 (calcul à partir de la base de donnée ANDRA).

Figure 18. État des lieux des pistes de valorisation de ces stocks de « matières »

Tableau 2. Synthèse des pistes de valorisation identifiées par la filière nucléaire

Pistes de valorisation	Maîtrise/faisabilité technique	Conditions socio-économiques	Capacité à réduire les stocks	Horizon de temps
Piste n°1. Maintenir le retraitement	· Installations vétustes · Rejets radioactifs et effluents	Coût-bénéfice non démontré	· Très faible · Le stock de combustible non-retraité augmente chaque année	Jusqu'en 2040 officiellement mais en cas de saturation et aléas, cela ne sera pas possible
Piste n°2. Moxer des réacteurs 1300	Modifications techniques importantes non abouties	Coût-bénéfice non démontré	· Augmente les stocks, au lieu de les réduire · En concurrence avec l'urtage	Envisagée à partir de 2032
Piste n°3. Enrichir l'uranium de retraitement (l'urtage)	Pas de capacité industrielle en France	Pratique cessée car non-rentable selon Areva à l'époque	Très faible et pas avant 2040, en concurrence avec le moxage	Reprise annoncée pour 2023
Piste n°4. Enrichir l'uranium appauvri par centrifugation	Techniquement faisable mais pas à une échelle industrielle	· Coût-bénéfice inconnu · Pas rentable actuellement selon Orano	Très faible	n/a
Piste n°5. Recycler combustible MOX	· Au stade de la R&D seulement · Nécessiterait nouvelles installations	Rentabilité non démontrée, débouchés non garantis	À condition d'avoir 38 EPR en France selon EDF	n/a
Piste n°6. Réutiliser les matières dans des réacteurs à neutrons rapides (RNR)	Au stade de la R&D depuis 1960	n/a	n/a	Pas de prototype avant 2040 au mieux

Source : [Tableau Greenpeace 2019](#)

Ces déchets toxiques ne sont pas du tout biodégradables

La radioactivité des matières et déchets nucléaires diminue avec le temps. Les déchets nucléaires dits « à vie courte » doivent être surveillés et confinés jusqu'à 300 ans. Pour les déchets dits « à vie longue », la radioactivité ne décroît suffisamment qu'au bout de milliers, dizaines ou centaines de milliers d'années. Il faudra donc les contrôler et s'assurer qu'ils ne contaminent pas l'environnement et les populations pour des durées qui dépassent l'entendement humain. Certains d'entre eux, dits « à haute activité », sont particulièrement dangereux. C'est notamment le cas des combustibles usés déchargés des réacteurs nucléaires, qui restent radioactifs pendant des centaines de milliers d'années. Une personne qui se tiendrait à un mètre d'un assemblage de combustible usé qui a été déchargé d'un réacteur un an plus tôt recevrait une dose mortelle en environ une minute⁵³.

⁵³ Allan Hedin « Spent nuclear fuel – how dangerous is it? A report from the project 'Description of risk », SKB Report - Technical Report TR-97-13 (mars 1997)

Figure 19. Frise chronologique sur la durée de vie moyenne du plutonium 239



Source : Greenpeace 2019

Ce sont justement ces déchets pour lesquels il n'existe aucune solution viable de gestion à long terme. Les projets d'enfouissement des déchets les plus radioactifs à vie longue n'ont pour l'instant donné aucun résultat probant dans le monde⁵⁴. En France, le projet Cigéo, dans la Meuse, ne résout pas davantage ces problèmes. France Nature Environnement a récemment publié une étude⁵⁵ remettant en cause la solidité de la couche géologique choisie par les autorités pour y stocker nos déchets très radioactifs dans la Meuse. De nombreuses questions, concernant notamment la capacité du projet à confiner correctement ces déchets pendant des milliers d'années (risque d'incendie ou de fuite dans les sols ou les nappes phréatiques) ou sa réversibilité (en réalité très limitée, hypothétique et complexe, ce qui empêcherait toute solution ultérieure), restent sans réponse. Pour les déchets à haute activité et à vie longue déjà produits, l'entreposage à sec sécurisé dit « en-sub-surface » apparaît comme une option alternative, mise en avant notamment par Greenpeace. Mais l'absence de solution actuelle devrait surtout inciter à cesser de produire davantage de déchets radioactifs.

Une pollution quotidienne

Il ne faut pas oublier les rejets radioactifs dans l'eau et dans l'atmosphère au quotidien (voir figure 20)⁵⁶. Des seuils à ne pas dépasser sont fixés par les autorités de sûreté nucléaire mais cela représente quand même une pollution. On accorde aux exploitants un droit à polluer. Cette pollution n'est pas toujours maîtrisée : il y a régulièrement des cas de fuites dans l'environnement.

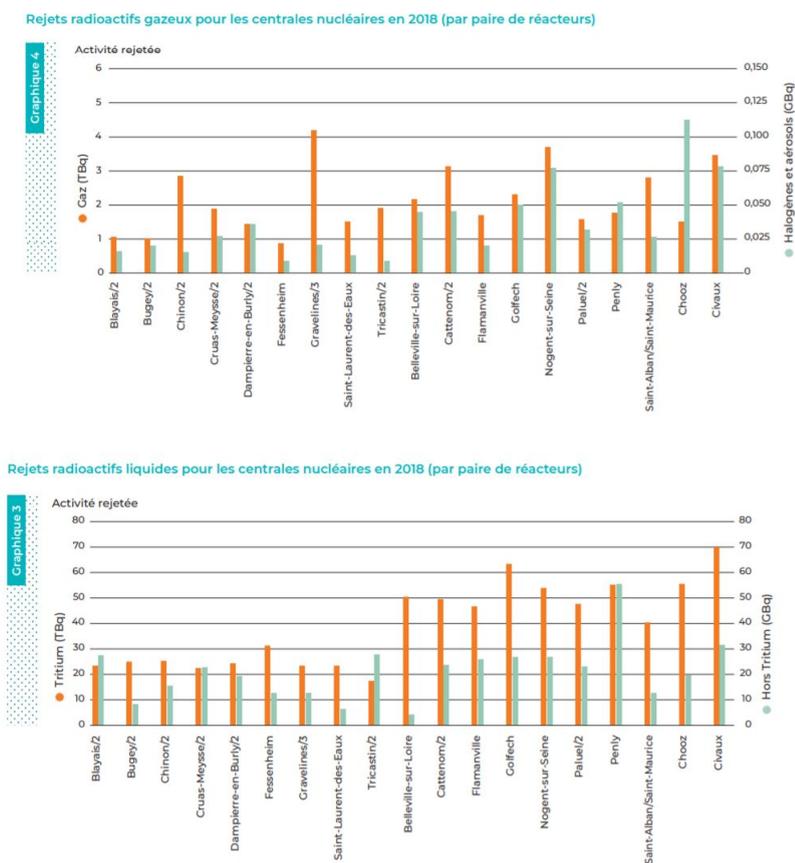
⁵⁴ Voir le [rapport Greenpeace 2019 sur la crise mondiale des déchets nucléaires](#) pour un état des lieux des projets de stockage dans le monde.

⁵⁵ France Nature Environnement, [Enfouissement des déchets radioactifs: un schéma qui remet en cause le projet Cigéo](#), août 2020.

⁵⁶ Autorité de sûreté nucléaire, [Etat de la sûreté et de la radioprotection en France en 2019](#) (2020)

Sont régulièrement relevés⁵⁷ des cas de pollution chronique des cours d'eau au tritium⁵⁸. Par exemple, le 6 novembre 2019, en pleine 4^e visite décennale, EDF alertait l'ASN sur des taux anormalement élevés de tritium dans l'eau sous la centrale du Tricastin à hauteur de 1150 becquerels par litre, dépassant le seuil autorisé de 1000 becquerels/litre. Depuis, la tuyauterie du réservoir d'effluent à l'origine de la fuite a été réparée, mais selon EDF, « quelques pics d'activités en tritium, jusqu'à 5300 Bq/l⁵⁹, ont été relevés en novembre et décembre 2019. [...] nous pourrions observer, toujours en lien avec cet événement, de nouvelles fluctuations ou pics de l'activité en tritium au niveau de la nappe interne, dans les semaines voire les mois à venir »⁶⁰. En 2013 déjà, suite à une fuite dans un bâtiment en sous-sol et faute de joints étanches entre les bâtiments, le tritium avait migré jusqu'à la nappe et pollué les eaux souterraines, alors que tout rejet dans les nappes phréatiques est strictement interdit.

Figure 20. Rejets radioactifs liquides et gazeux déclarés par EDF en 2019



Source : [rapport annuel de l'ASN 2019](#)

⁵⁷ Association et laboratoire de la CRIIRAD, « [Contamination en tritium dans l'environnement: une pollution qui ne doit pas être banalisée](#) », juin 2019.

⁵⁸ Le tritium est un isotope radioactif de l'hydrogène. Il est produit en très grande quantité dans le cœur des réacteurs nucléaires et se retrouve dans les effluents liquides et gazeux. Parfois, il se retrouve dans de l'eau potable. Il n'est pas inoffensif, au-delà d'un certain seuil et pour certaines populations.

⁵⁹ 5300 becquerels correspond à un niveau 2000 fois plus élevé que le niveau de tritium détectable dans une nappe d'eau non contaminée.

⁶⁰ EDF, [Note sur le marquage en tritium de la nappe contenue dans l'enceinte géotechnique de la centrale du Tricastin](#), 2020.

À l'usine de la Hague, des volumes importants d'eau contaminée sont rejetés à quelques kilomètres de la côte chaque jour dans la Manche via un gros tuyau qui part de l'usine. Et ce en toute légalité alors que paradoxalement, rejeter des fûts de déchets nucléaires à la mer n'est plus autorisé. Sur le site de Malvési, à quelques kilomètres du centre-ville de Narbonne, on trouve des bassins remplis d'effluents, des « boues radioactives » à ciel ouvert⁶¹.

Un désastre écologique démesuré en cas d'accident nucléaire

Suite à la catastrophe de Fukushima, le Japon doit également gérer les montagnes de déchets : ceux liés à la décontamination des sites et au démantèlement de la centrale, et ceux liés directement à l'accident. C'est par exemple le cas des eaux contaminées de Fukushima, dont le gouvernement japonais ne sait pas quoi faire et qu'il propose de rejeter à la mer. Au total, plus d'un million de m³ d'eau radioactive sont stockés dans 977 citernes sur le site de Fukushima⁶². Les volumes continuent d'augmenter chaque jour, même si en quantité plus modérées que les premières années qui ont suivi la catastrophe. Depuis 2019, le gouvernement propose de rejeter ces eaux contaminées sous forme de vapeur dans l'atmosphère ou directement dans l'océan, progressivement, pendant de nombreuses années. Si cette pollution était visible, s'il s'agissait de pailles ou billes en plastique jaune fluo, le gouvernement japonais et la filière auraient-ils proposé une telle mesure ?

Les déchets nucléaires font gonfler la facture

La gestion des montagnes de déchets nucléaires coûte déjà très cher, dans tous les pays nucléarisés⁶³, et la facture tend à augmenter. À titre d'exemple :

- **En Belgique**, les coûts totaux, compte tenu d'une marge pour les événements imprévus, étaient estimés à trois milliards d'euros en 2011, mais se situent désormais à 8, voire 10 milliards d'euros.
- **En Suède**, en 2017, SKB (Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co) a estimé à 9,5 milliards d'euros le total des coûts futurs jusqu'à la date de la fermeture de toutes les installations de gestion de tous les déchets nucléaires provenant de réacteurs nucléaires.
- **Au Japon**, le coût du stockage des déchets a été estimé en 2011 à 29 milliards d'euros par le ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie (METI). Mais des retards de plusieurs décennies vont entraîner des coûts beaucoup plus élevés.

⁶¹ Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA), Inventaire 2019, [focus sur les bassins de Malvési](#)

⁶² *Le Monde*, [Eau contaminée: poison durable de Fukushima](#), 12 septembre 2019.

⁶³ Greenpeace, [Crise mondiale des déchets nucléaires](#), 2019.

- **Aux États-Unis**, le Département de l'Énergie (DOE) a publié en 2008 une estimation révisée des coûts de cycle de vie qui atteint 100 milliards d'euros pour le stockage définitif de 70 000 tonnes de combustible usé de réacteurs commerciaux sur le site de Yucca Mountain. Mais avec plus de 112 000 tonnes de combustible usé prévues avec la poursuite de l'exploitation de réacteurs, ces coûts vont aussi considérablement augmenter.
- **Pour le Royaume-Uni**, les modèles de coûts pour l'installation de stockage prévue atteignaient 12,6 milliards d'euros en 2008, mais excluaient le combustible usé provenant de nouveaux réacteurs nucléaires. Comme dans le monde entier, les incertitudes sont énormes.

En France, en ce qui concerne les déchets officiellement inventoriés, la facture totale s'élevait fin 2018 à 73 milliards d'euros pour le CEA, Orano et EDF. Chaque année, les exploitants doivent financer la gestion des tonnes de déchets supplémentaires produites. À titre d'exemple, les coûts ont augmenté de trois milliards d'euros par an pour EDF entre 2010 et 2018⁶⁴. Et encore, c'est sans compter les coûts liés à la gestion des « matières valorisables ». Si aujourd'hui, elles ne sont pas comptabilisées comme déchets, ce qui permet d'alléger la charge pour les exploitants, il faut prévoir qu'une partie ou la totalité de ces matières seront un jour requalifiées en déchets étant donné l'absence de perspective sérieuse de valorisation. Dans un rapport publié en 2019⁶⁵ à l'occasion du débat national sur les déchets nucléaires, Greenpeace estimait que le coût de ces déchets supplémentaires s'élève d'ores et déjà à environ 18 milliards d'euros. C'est sans compter le coût des matières et déchets produits à l'avenir. Il faudrait également prévoir une réévaluation du coût du projet d'enfouissement géologique qui, en l'état, n'est pas dimensionné pour stocker ces volumes supplémentaires et dont le coût a été sous-estimé. En 2019, la Cour des comptes⁶⁶ alertait sur les coûts de ce projet hors normes et recommandait un chiffrage plus « réaliste ».

⁶⁴ Calcul Greenpeace effectué à partir des rapports annuels d'EDF entre 2010 et 2018.

⁶⁵ Greenpeace, [A quel prix ? Les coûts cachés des déchets nucléaires](#), 2019

⁶⁶ Cour des comptes, [L'aval du cycle du combustible](#), juillet 2019.

CHAPITRE 4.

LE NUCLÉAIRE, TROP CHER

Le coût de production de l'électricité nucléaire augmente. Celui des énergies renouvelables diminue

L'époque du « nucléaire pas cher » est révolue. Selon la Cour des comptes⁶⁷, le coût de production de l'électricité nucléaire française augmente (voir figure 21). Le coût courant économique est ainsi passé, selon la Cour, de 49,6 €/MWh en 2010 à 59,8 €/MWh en 2013, puis à 62,6 €/MWh au second semestre 2014. Une hausse supérieure à 20 % donc.

Figure 21. Évolution des coûts de production d'EDF entre 2010 et 2013

Tableau A : comparaison des coûts de production d'EDF 2010-2013

En M€ courants	2010	2013	2013/2010
Dépenses d'exploitation	9 017	10 003	+ 10,9 %
Investissements sur le parc existant	1 747	3 804	+ 117,7 %
Provision pour gestion des déchets et du combustible usé	1 133	1 301	+ 14,8 %
Provision pour démantèlement	461	520	+ 12,8 %
Loyer économique	7 880	8 501	+ 7,9 %
Total	20 238	24 129	+ 19,2 %
Production en TWh	407,9	403,7	- 1 %
Coût en €/MWh	49,6	59,8	+ 20,6 %

Source : Cour des comptes et EDF

Ce coût au MWh est sans doute encore plus élevé aujourd'hui, notamment du fait de la baisse de la production du parc (de 410 TWh historiquement à 379 TWh en 2019 et 325 TWh en 2020 selon les estimations d'EDF), alors que les coûts fixes ne diminuent pas.

C'est en partie lié au programme d'investissement dans le grand carénage (la mise aux normes post-Fukushima et la « rénovation » des réacteurs pour prolonger leur durée de vie dont le coût est actuellement estimé par la Cour des comptes à 100 milliards d'euros d'ici 2030⁶⁸), mais aussi lié aux coûts des déchets et du démantèlement qu'EDF revoit régulièrement à la hausse.

Ce coût est désormais comparable aujourd'hui aux coûts de production des unités de production d'énergies renouvelables les plus récentes. Leurs coûts continuent de chuter et s'établissent désormais, en moyenne, entre 50 et 65 euros/MWh pour l'éolien et le solaire, les mêmes ordres de grandeur que les coûts de production de l'électricité nucléaire.

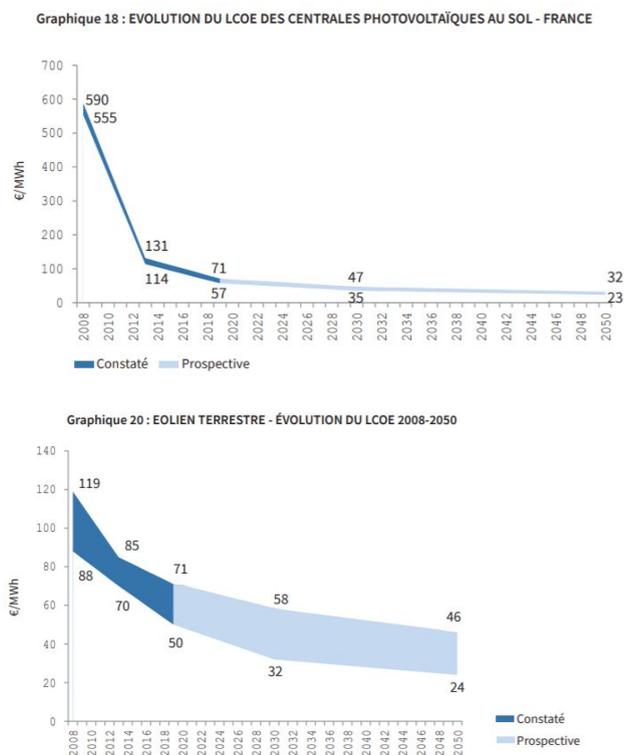
⁶⁷ Cour des comptes, [Le coût de production de l'électricité nucléaire](#) (publiée en 2013 et actualisée en 2014).

⁶⁸ Il s'agit d'une estimation seulement étant donné que le gendarme du nucléaire n'a pas encore déterminé les conditions à réunir pour prolonger la durée de vie des réacteurs, et listera des normes à respecter au cas par cas, après une visite très détaillée de chaque réacteur nucléaire. Pour plus d'informations sur le calendrier, c'est par [ici](#). Pour en savoir plus sur les enjeux et défis liés à la poursuite du fonctionnement des réacteurs au-delà de 40 ans selon Greenpeace, c'est par [ici](#).

Sur le solaire photovoltaïque : selon la Commission de régulation de l'énergie (CRE)⁶⁹, la baisse des coûts se poursuit à un rythme rapide, et sur les trois dernières années seulement, les coûts d'investissement ont diminué en moyenne de 32 %. La CRE juge la filière compétitive. En 2019, « *il en résulte, sur la dernière période des appels d'offres, des coûts de production moyens s'échelonnant entre 62 et 99 €/MWh selon la taille et la typologie des installations. Pour les grandes installations au sol, les coûts des installations les plus compétitives sont aux environs de 48 €/MWh, taxe IFER de 6 €/MWh incluse* », selon la CRE. Pour l'Ademe⁷⁰, le LCOE (Levelized Cost of Energy, ou « coût actualisé de l'énergie ») des grandes installations au sol se situe désormais entre 45 et 72 euros du MWh et sera encore divisé par deux d'ici 2050 (voir figure 22).

Pour l'éolien terrestre, l'Ademe donnait une fourchette de 57 à 91 €/MWh fin 2016 et de 50 à 71 €/MWh début 2020. À l'instar du solaire, le LCOE de l'éolien terrestre sera quasiment divisé par deux à horizon 2050 (voir figure 22).

Figure 22. Évolution (constatée et prospective) du LCOE en France des centrales photovoltaïques au sol et des parcs éoliens terrestres entre 2008 et 2050 (exprimée en euros/MWh)



Source : Ademe, [Coût de production des énergies renouvelables](#), 2020

⁶⁹ Commission de régulation de l'énergie, [Le photovoltaïque français, une filière compétitive](#), 2019.

⁷⁰ Ademe, [Coût de production des énergies renouvelables](#), 2020.

Les détracteurs des énergies renouvelables aiment invoquer les « coûts astronomiques » du soutien public à la filière. En réalité, une grande partie des coûts payés aujourd'hui par les consommateurs (plusieurs milliards d'euros par an) concernent les premières générations de parcs solaires et éoliens, lorsque la filière et l'accompagnement étatique n'étaient pas matures et que les coûts de production étaient bien plus élevés. Désormais, les projets d'énergie renouvelable nécessitent un soutien bien moins important, ce qui fait que le montant payé par les consommateurs va diminuer. Il atteindra son pic en 2025 et diminuera très rapidement avant et après 2030⁷¹. À terme, il sera quasi-nul.

Au-delà des coûts d'investissement, il faut également évaluer les bénéfices et retombées socio-économiques. Selon une étude Ernst and Young pour le Syndicat des énergies renouvelables⁷², publiée en janvier 2020, chaque euro de soutien public investi dans les énergies renouvelables génère en moyenne deux euros de valeur ajoutée en 2019, et 80 % de cette valeur reste en France. En 2028, la filière des énergies renouvelables génèrera 21 milliards d'euros de valeur ajoutée brute en France. Notamment dans les territoires qui sont très largement bénéficiaires du développement des énergies renouvelables, les retombées fiscales des énergies renouvelables vers les collectivités locales sont estimées à un milliard d'euros en 2019, et à 1,6 milliard d'euros en 2028. Près d'un tiers de ces retombées bénéficient directement aux communes et intercommunalités.

Les énergies renouvelables jouent également un rôle important dans l'amélioration de la facture énergétique de la France : elles ont permis d'économiser 4,6 milliards d'euros d'importations en énergies fossiles en 2019 dans les secteurs de la chaleur et des transports.⁷³ En 2028, les énergies renouvelables représenteront 236 000 emplois. C'est plus que ce que représente la filière nucléaire en comptant très large (220 000 emplois selon la filière nucléaire elle-même, et ce chiffre date de 2008).

Selon l'Ademe⁷⁴, un scénario 100 % renouvelable représenterait près 900 000 emplois à horizon 2050. En effet, les filières de la transition énergétique se caractérisent par une intensité en emplois supérieure à celles des énergies fossiles et fissiles (à titre d'exemple, un investissement d'un million d'euros permet de créer 16 emplois dans le bâtiment ou 14 dans les énergies renouvelables, contre six dans le nucléaire ou le charbon).⁷⁵

⁷¹ IDDRI et Agora Energiewende, [Le financement des énergies renouvelables à horizon 2040](#), octobre 2019.

⁷² Ernst and Young, [La contribution des énergies renouvelables à l'économie](#), janvier 2020.

⁷³ Ibid

⁷⁴ Ademe, [Vers un mix électrique 100% renouvelable](#): évaluation macro-économique, 2016.

⁷⁵ Quirion, Perrier, 2016

Le nucléaire « neuf » est encore moins compétitif face aux énergies renouvelables en France et dans le monde

En France

Le fiasco de l'EPR de Flamanville. Selon le rapport publié par la Cour des comptes en 2020⁷⁶, le coût de l'EPR Flamanville s'élève actuellement à 19 milliards d'euros : en plus des 12,4 milliards d'euros de construction estimés par EDF, il faut rajouter 6,7 milliards d'euros de coûts complémentaires (des frais financiers notamment). Toujours selon la Cour des comptes, le coût de l'électricité produite par l'EPR de Flamanville pourrait se situer entre 110 et 120 €/MWh, soit un coût trois à quatre fois plus élevé que celui prévu initialement par EDF et deux fois plus élevé que le coût moyen des grandes installations renouvelables les plus récentes⁷⁷. Ces surcoûts liés à l'EPR seront payés par les contribuables et les consommateurs. Selon une note non publique de la CRE, l'EPR pourrait faire augmenter le coût de production de l'électricité nucléaire de 7 %⁷⁸.

Les conséquences de ces dérives pèsent évidemment sur les coûts et la rentabilité de l'EPR de Flamanville. Son coût de construction est estimé par EDF à 12,4 Md€₂₀₁₅, auxquels s'ajouteront des coûts complémentaires qui pourraient atteindre près de 6,7 Md€₂₀₁₅ à la mise en service du réacteur, toujours prévue mi 2023, dont environ 4,2 Md€ de frais de financiers. Dans ces conditions, il est regrettable que ni EDF ni les autorités publiques concernées n'aient calculé la rentabilité prévisionnelle de l'EPR de Flamanville 3, considérant apparemment comme normal qu'elle soit diluée dans la moyenne de celle de l'ensemble des réacteurs du parc électronucléaire. En l'absence de données produites par l'entreprise, la Cour a estimé, sur la base d'hypothèses exposées dans le rapport, que le coût de l'électricité produite par l'EPR de Flamanville pourrait se situer entre 110 et 120 €/MWh.

Source : Cour des comptes, [Rapport de la Filière EPR](#), 2020.

Le coût très élevé de futurs réacteurs EPR. À long terme, investir dans la construction de nouveaux réacteurs nucléaires ne serait pas le moyen le plus optimal sur le plan économique de réduire nos émissions de CO₂.

Dans une étude publiée début 2020 qui modélise les coûts d'un système sans CO₂, avec ou sans nucléaire⁷⁹, le CIREN conclut que « ces résultats battent en brèche l'idée selon laquelle la construction de nouvelles centrales nucléaires serait économiquement justifiée en France, surtout si l'on garde en tête que dans nos optimisations, nous n'avons pris en compte ni le coût d'un possible accident nucléaire, ni celui de la gestion des déchets, et que l'hypothèse (empruntée au JRC) que nous avons retenue pour le coût d'investissement dans les centrales (4500 €/kW) est bien en-dessous des coûts estimés pour les EPR en construction en Finlande, en France et au Royaume-Uni, ou que ceux estimés pour les nouvelles centrales nucléaires par la banque Lazard ».

⁷⁶ Cour des Comptes, [Rapport sur la filière EPR](#), juillet 2020.

⁷⁷ Ademe, [Coût de production des énergies renouvelables](#), janvier 2020.

⁷⁸ Contexte, [le vrai coût du nucléaire est de 48 euros](#), 10 septembre 2020

⁷⁹ Philippe Quirion, Behrang Shirzadeh, [Coût d'un système électrique optimal sans émissions de CO2 pour la France, avec et sans nucléaire](#). Centre international de recherche sur l'environnement et le développement. 2020. fihal-02434990f

À ce jour, la baisse des coûts estimée à 30 % par EDF et la filière nucléaire en cas de construction de plusieurs paires d'EPR reste à démontrer.

De plus en plus d'études démontrent qu'un système électrique 100 % renouvelable ne présente pas de surcoûts. Les scénarios avec ou sans nucléaire coûtent environ le même prix : le nucléaire coûte plus cher en investissement et en gestion des déchets et démantèlement, les énergies renouvelables coûtent un peu plus cher en coûts de réseau/gestion de la pilotabilité. Selon une analyse conjointe d'Alain Grandjean, Philippe Quirion et Behrang Shirizadeh⁸⁰, le coût total de scénarios avec et sans nucléaire à horizon 2050 s'élèverait aux alentours de 35 milliards d'euros chacun (voir figure 23).

En 2016, une étude de l'Ademe aboutissait également à la conclusion que les coûts d'un mix électrique 100 % renouvelable seraient dans les mêmes ordres de grandeur qu'un mix intégrant du nucléaire⁸¹.

Figure 23. Comparaison des coûts pour un mix énergétique avec et sans nucléaire en 2050

Coût d'investissement (€/kW)	Nos hypothèses	Coûts observés par Lazard pour 2019 ^b
Éolien offshore	2 500 ^c	2 661
Éolien onshore	1 190 ^a	1 001-1 365
Solaire PV	525/590/700 ^a	819-1 001 (grandes centrales)
Nucléaire	4 500 ^{a, d, e}	6 279-11 102
Turbines à gaz	550 ^f	637-864

Résultats de l'optimisation avec un taux d'actualisation de 8 %

	avec nucléaire		sans nucléaire	
Coût annualisé (mds€)	35,3		35,8	
Production annuelle	TWh	%	TWh	%
Éolien maritime	0	0 %	49	8 %
Éolien terrestre	330	60 %	341	57 %
Solaire PV	98	18 %	141	23 %
Hydraulique au fil de l'eau	40	7 %	40	7 %
Hydraulique de lac	15	3 %	15	3 %
Biogaz	15	3 %	15	2 %
Nucléaire	52	9 %	0	0 %
Total	550	100 %	601	100 %

Source : [Grandjean, Quirion, Shirizadeh \(2020\)](#)

⁸⁰ Grandjean, Quirion et Shirizadeh, [La montée en puissance des énergies électriques](#), (publication dans Enerpresse), janvier 2020.

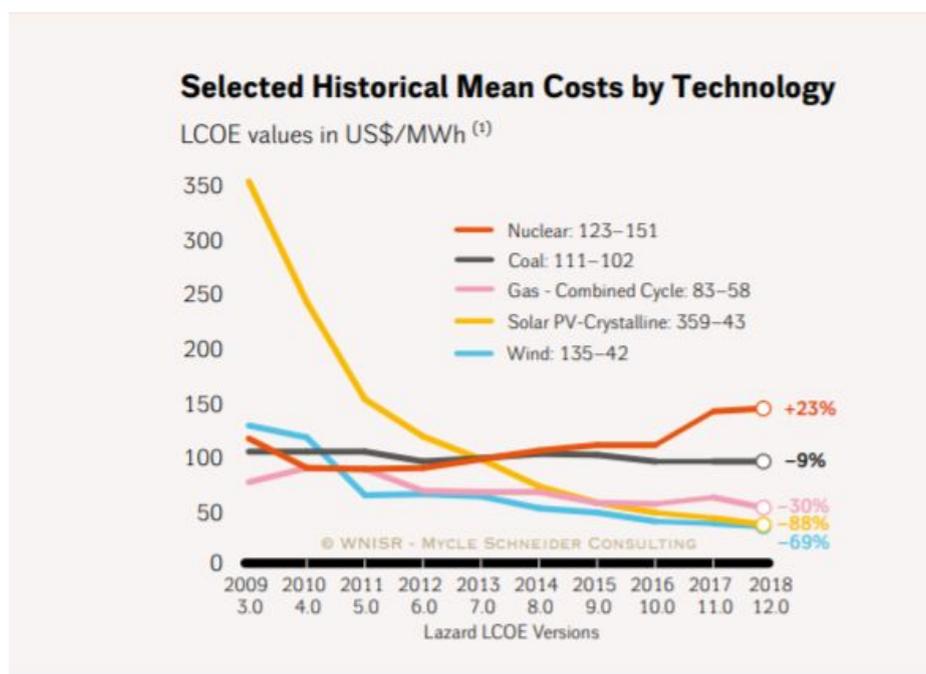
⁸¹ Ademe, [Un mix électrique 100% renouvelable? Analyses et optimisations](#), 2016.

Dans le monde

L'EPR : un fiasco international. Actuellement, tous les projets d'EPR ont fait l'objet d'importants surcoûts et retards⁸². Les EPR de Taishan, en Chine, ont démarré avec cinq ans de retard et 60 % de surcoût. L'EPR de Hinkley Point, au Royaume-Uni a déjà accumulé 18 mois de retard et deux à trois milliards d'euros de surcoût. L'EPR d'Olkiluoto, en Finlande, a pris 12 ans de retard et triplé son coût prévisionnel. L'EPR de Flamanville, en France, a désormais au moins 11 ans de retard et son coût est estimé à 19 milliards d'euros (Cour des comptes, 2020). Le nucléaire est a priori la seule technologie bas-carbone qui voit ses coûts augmenter au lieu de diminuer.

Les réacteurs neufs coûtent de plus en plus cher. Cette tendance est palpable un peu partout dans le monde. Selon la banque d'investissement Lazard⁸³, en Amérique du Nord, en 10 ans, le coût du nucléaire a augmenté de 23 % en moyenne, alors que celui de l'éolien a baissé de 69 % en moyenne et celui du solaire de 88 % en moyenne (voir figure 24). Plusieurs réacteurs nucléaires vont fermer pour des questions de rentabilité. C'est également le cas en Suède, par exemple, où les réacteurs nucléaires 1 et 2 du site de Ringhals exploités par Vattenfall vont fermer avec cinq ans d'avance, faute de rentabilité suffisante.

Figure 24. Évolution des coûts de production (LCOE) médians selon les technologies en Amérique du Nord (exprimées en US\$/MWh)



Source : [World Nuclear Industry Status Report 2019](#) (données Lazard)

⁸² Jean Martin Folz, [Rapport au PDG d'EDF: la construction de l'EPR de Flamanville](#), septembre 2019.

⁸³ Lazard, [Lazard's Levelized cost of Energy 13.0](#), novembre 2019.

Les énergies renouvelables, plus compétitives aussi que le charbon et le gaz ?

On l'a vu, que ce soit en France ou aux États-Unis, les nouvelles installations renouvelables voient leurs coûts diminuer, et deviennent plus compétitives que le nucléaire. Mais quid de leur compétitivité par rapport au charbon et au gaz ?

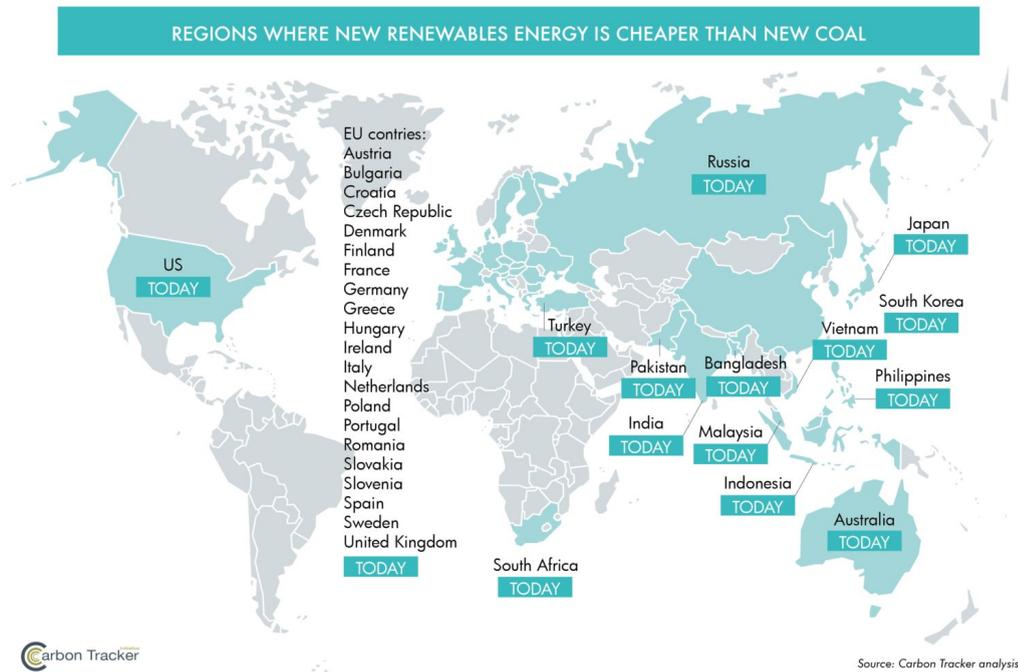
Les données de la Banque d'investissement Lazard montrent qu'en Amérique du Nord, malgré une baisse de leurs coûts, le charbon et le gaz sont désormais moins compétitifs qu'une partie des technologies d'énergies renouvelables (voir figure 24).

La compétitivité croissante des énergies renouvelables par rapport au charbon est confirmée par un récent rapport (2020) de Carbon Tracker⁸⁴ : dans la plupart des pays, les nouvelles installations d'énergies renouvelables produisent une électricité moins chère que les centrales à charbon (voir figure 25). Pour plus de la moitié des centrales à charbon en fonctionnement, poursuivre leur exploitation reviendrait plus cher que de construire de nouvelles capacités renouvelables. C'est encore plus vrai en Europe où, selon le rapport de Carbon Tracker⁸⁵, 96 % des centrales à charbon produisent une électricité plus chère que les centrales solaires et photovoltaïques nouvellement installées. Selon le rapport, investir dans de nouvelles centrales à charbon va générer des pertes très importantes pour les investisseurs (États ou entreprises) qui se compteront en centaines de milliards d'euros à l'échelle de la planète.

⁸⁴ Carbon Tracker, [How to waste half a trillion dollars: the economic implications of deflationary renewable energy for coal power investments](#), mars 2020.

⁸⁵ Ibid.

Figure 25. Régions du monde (en bleu) où les nouvelles installations renouvelables coûtent moins cher que les nouvelles centrales à charbon



Source : rapport de [Carbon Tracker](#), 2020

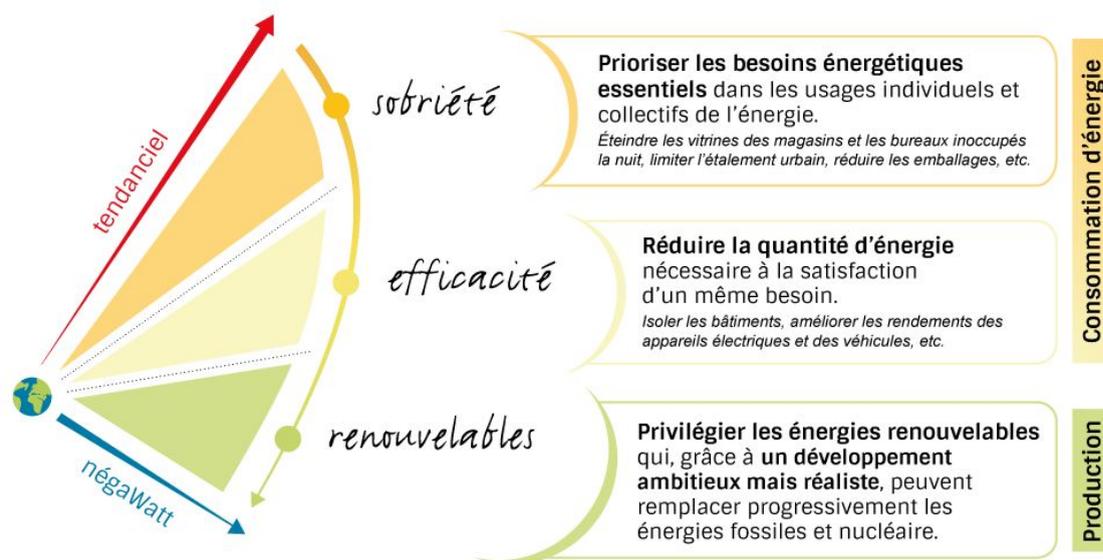
CHAPITRE 5.

**LES VRAIES
SOLUTIONS SONT
AILLEURS**

Par quoi remplacer le nucléaire ?

Souvent, la question qu'on se pose à ce stade de la réflexion est de savoir s'il existe des alternatives fiables au développement du nucléaire qui permettraient de décarboner la production d'électricité. Cette partie fait le point sur ce qu'il existe comme options permettant à la fois de réduire les émissions de gaz à effet de serre du système électrique et de répondre à nos besoins. Le premier constat, c'est que les moyens bas-carbone en mesure de remplacer les énergies fossiles et notamment le charbon sont les énergies renouvelables et les économies d'énergie.

Figure 26. La démarche Negawatt



©Association négaWatt - www.negawatt.org

Source : [Scénario Négawatt 2017-2050](#)

Le deuxième constat, c'est que l'électricité, même 100 % décarbonée, ne résoudra pas l'équation climatique car l'essentiel de nos émissions de gaz à effet de serre est ailleurs : dans les transports, l'agriculture industrielle, la déforestation, etc. Pour répondre à l'urgence climatique, ce sont sur ces secteurs qu'il faut agir en priorité.

Remplacer le nucléaire et les énergies fossiles par un mix complémentaire d'énergies renouvelables

À terme, produire une électricité 100 % bas-carbone et renouvelable, c'est possible

Lorsque le débat est caricaturé, il tend à opposer un scénario de production d'électricité nucléaire à un scénario de production 100 % éolien, par exemple. Ce n'est pourtant pas ce que proposent les scénarios visant à produire une électricité 100 % d'origine renouvelable. Ils reposent quasiment tous sur un mix de technologies. En effet, jouer sur la complémentarité des sources d'énergies renouvelables est le meilleur moyen d'optimiser leur variabilité intrinsèque.

La plupart des énergies renouvelables (pas toutes !) produisent de manière variable, en fonction des saisons, de la météo ou des heures de la journée. Mais, en règle générale, elles ne produisent pas en même temps, ce qui permet de lisser la production sur l'ensemble du territoire et dans le temps. Les potentiels solaires et éoliens varient selon les régions, les saisons et les horaires, ce qui permet de lisser la production au niveau national et de gérer l'équilibre offre/demande à l'échelle de pays comme la France ou d'une région comme l'Europe.

Par ailleurs, leur production est variable mais prévisible. La prévisibilité météorologique a énormément progressé et permet d'anticiper plusieurs jours à l'avance la production des installations renouvelables, et donc de piloter le réseau électrique en conséquence. En 2015, le scénario de l'Ademe⁸⁶ étudiant la faisabilité d'un mix électrique 100 % renouvelables a testé l'hypothèse d'une semaine très froide mais sans vent et l'a modélisée heure par heure. Sa conclusion : il serait quand même possible de produire 100 % de l'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables.

Pour garantir l'équilibre entre l'offre et la demande, il faudra jouer sur la pilotabilité de la production et de la consommation. Déjà, certaines énergies renouvelables sont directement pilotables : c'est le cas de l'hydraulique ou du bois-énergie pour se chauffer, par exemple. On peut choisir quand les produire et quand les consommer. Plus généralement, le pilotage est une notion importante : historiquement, ce qu'on pilote, c'est la production (quelle centrale fonctionne quand et à quelle puissance) mais désormais, il faut piloter la consommation également. De nombreux usages sont en réalité pilotables de manière indolore. Par exemple, on peut faire en sorte que les chauffe-eaux ne fonctionnent pas en continu et donc inutilement, mais qu'ils chauffent l'eau au moment où la production d'électricité est forte et excédentaire. L'eau restera chaude même si on la consomme à un autre moment de la journée. Il y a aussi un ensemble de leviers actionnables et mis en avant par RTE pour améliorer la pilotabilité et la flexibilité du réseau en cas de tension côté production (éteindre tous les écrans publicitaires, par exemple).

Au-delà du pilotage, il faut aller plus loin et réduire la quantité d'énergie consommée et donc à produire. Cela facilitera l'atteinte d'un mix 100 % renouvelable mais permettra également de réduire l'empreinte CO₂ de l'électricité. Pour y arriver, il faut impérativement réduire ce qu'on

⁸⁶ Ademe, [Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050 ?](#), 2015.

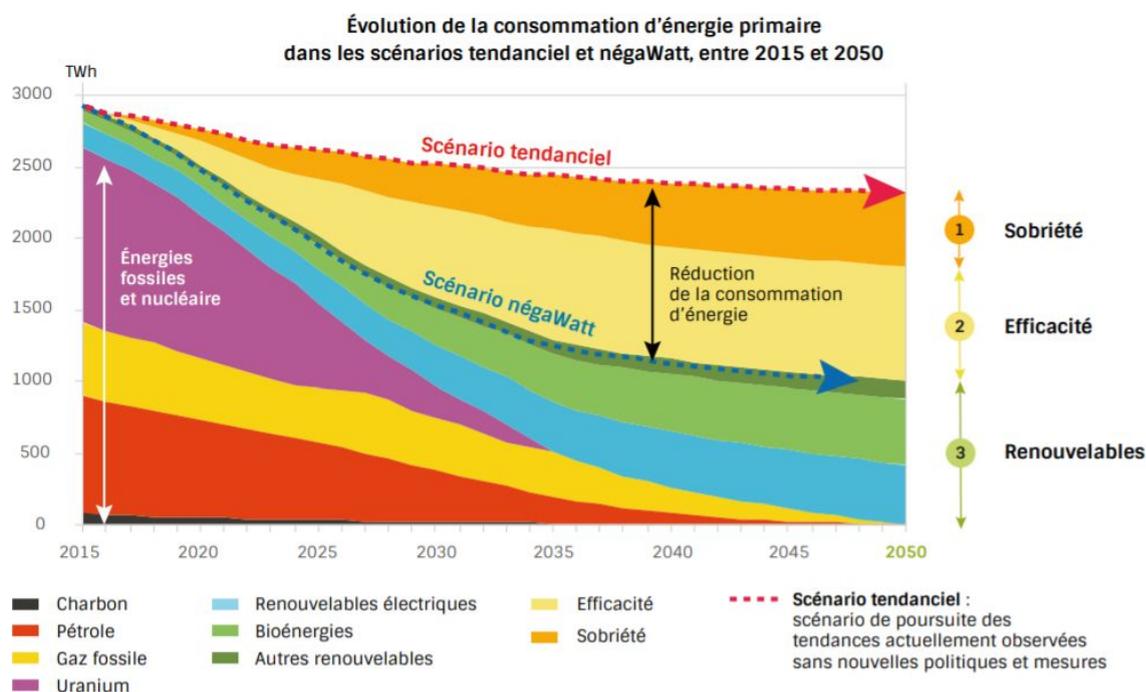
appelle la « puissance appelée » : actuellement, en France, la demande en électricité est tellement forte par moment qu'il faut pouvoir compter sur l'équivalent de 100 GW de puissance électrique à certaines périodes de l'année. C'est par exemple le cas lorsque tous les chauffages électriques sont allumés en même temps, en plus des lumières, des écrans, des fours, réfrigérateurs, usines, etc. Cette situation n'est pas soutenable car elle oblige la France à faire appel à des moyens de production d'urgence fonctionnant au charbon ou au gaz car ses unités de production bas-carbone (nucléaire compris) sont insuffisantes pour faire face à la demande. La solution ne réside pas dans le fait d'augmenter les moyens de production, mais dans les efforts à faire pour maîtriser la consommation d'électricité, gisement trop peu exploité aujourd'hui. Dans le scénario de Négawatt⁸⁷ par exemple, en 2050, la puissance appelée maximale ne serait plus de 100 GW mais de 60 GW seulement grâce aux efforts menés pour piloter et réduire la consommation (notamment éliminer les chauffages énergivores et rénover l'ensemble des bâtiments). En bref, plus on réduit les pics de consommation d'électricité, plus on peut se passer des énergies nucléaire et fossiles.

Enfin, les technologies de stockage se développent très vite. Le principal problème, c'est le coût encore élevé du stockage (selon Bloomberg New Energy Finance, il a cependant déjà diminué de 85 %). Les énergies renouvelables ne représentant pour le moment que 20 % de l'électricité produite en France, la question des moyens de stockage ne se pose pas dans l'immédiat. La mise en place de technologies de stockage de plus en plus performantes, qui gagnent en maturité et dont les coûts vont continuer de diminuer, va de pair avec le développement d'énergies renouvelables complémentaires entre elles. Par ailleurs, le stockage peut prendre plusieurs formes qui ne nécessitent pas de grande innovation : le pilotage de la demande permet en partie de stocker l'énergie (dans les chauffe-eaux, dans les batteries des véhicules électriques en privilégiant certaines heures pour les recharger, dans les STEP hydrauliques comme le propose EDF, ou dans le power-to-gas). Dans le scénario Négawatt par exemple, l'électricité produite qui n'est pas consommée est stockée sous forme de gaz, et soit utilisée sous la forme de gaz soit reconvertie en électricité ultérieurement.

Aujourd'hui, il n'y a pas d'obstacle à la faisabilité d'un mix 100 % renouvelable : il s'agit d'un choix politique à faire, et d'une politique volontariste à mettre en place. Ce qui est très important en revanche, c'est de ne pas faire cela n'importe comment : pour et par les citoyennes et citoyens, et avec l'impact écologique le plus faible possible. Cela ne se fera pas du jour au lendemain, c'est pour cela qu'on parle de transition. Mais cela se prépare dès maintenant.

⁸⁷ Négawatt, [Scénario de transition énergétique 2017-2050 pour la France](#), 2017.

Figure 27. Scénario Négawatt opérant une transition vers un mix énergétique 100 % renouvelable en 2050



Source : [Scénario Négawatt 2017-2050](#)

Les énergies renouvelables prennent leur essor partout dans le monde et contribuent à évincer les énergies fossiles

Dans le monde

Les énergies renouvelables jouent un rôle croissant dans la production d'énergie mondiale. La production des énergies renouvelables hors hydraulique a dépassé la production nucléaire pour la première fois en 2019.⁸⁸ Près de 75 % des investissements mondiaux dans l'énergie sont dédiés au développement des énergies renouvelables (voir partie 1 de l'étude) et en 2019, un nombre record de capacité installée renouvelable a été raccordé dans le monde (+184 GW hors hydraulique, contre +2,4 GW de nucléaire)⁸⁹.

En 2018, les énergies renouvelables ont permis d'éviter 215 millions de tonnes d'émissions de gaz à effet de serre selon l'Agence internationale de l'énergie⁹⁰. C'est moins que l'efficacité énergétique mais bien plus que le nucléaire (voir figure 28).

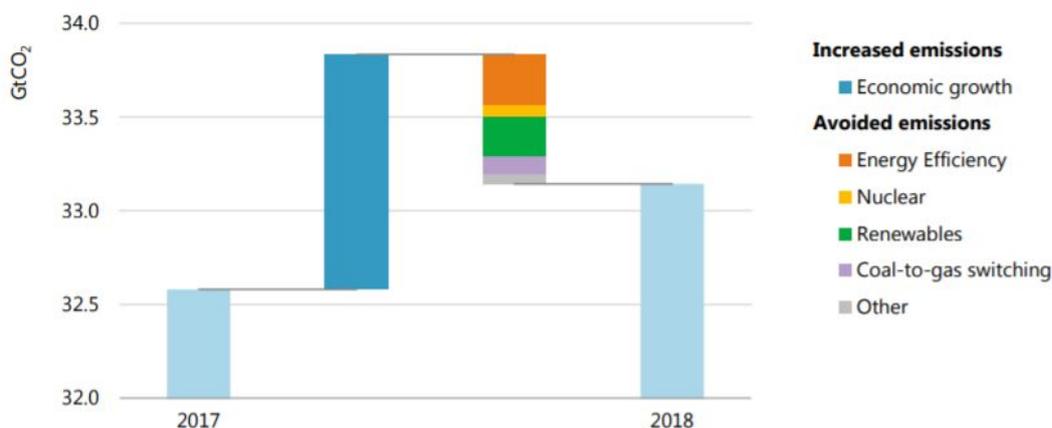
⁸⁸ [BP Statistical Review of World Energy 2020](#)

⁸⁹ Mycle Schneider et al. [World Nuclear Industry Status Report](#), édition 2020.

⁹⁰ Agence Internationale de l'Energie, [Global Energy and CO2 status report](#), 2019.

Figure 28. Émissions de CO₂ évitées dans le secteur de l'énergie grâce aux énergies renouvelables entre 2017 et 2018

Figure 5. Change in global energy related CO₂ emissions and avoided emissions, 2017-18



Increased use of renewables in 2018 had an even greater impact on CO₂ emissions, avoiding 215 Mt of emissions, the vast majority of which is due to the transition to renewables in the power sector.

Source : [AIE 2019](#)

En Chine, malgré le démarrage de nouvelles centrales nucléaires, la somme des productions d'électricité d'origine éolienne et photovoltaïque (455 TWh) était déjà très nettement supérieure à celle d'origine nucléaire (366 TWh) en 2018. Malheureusement, en parallèle, la consommation d'électricité et d'énergie continue d'augmenter massivement en Chine.

Aux États-Unis, en 2019, les énergies renouvelables ont produit plus d'électricité que les centrales à charbon pour la première fois⁹¹. En Europe aussi, l'essor des énergies renouvelables se confirme, au détriment du nucléaire et du charbon.

En Europe

Le déclin du charbon. Le charbon a entamé son déclin en Europe (voir figure 29). Depuis 2018, la consommation de charbon a diminué de ¼ et les émissions du secteur électrique ont baissé de 12 %. En Allemagne, la part du charbon dans la production d'électricité est passée de 39 à 30 %, au Danemark de 20 à 13 %, en Espagne de 13 à 5 %, en Grèce de 28 à 20 %, au Portugal de 21 à 11 % et au Royaume-Uni de 5 à 2 %⁹². Six pays n'ont désormais plus de centrales à charbon en fonctionnement, et 14 autres ont pris l'engagement de sortir du charbon d'ici 2030⁹³. Le déclin

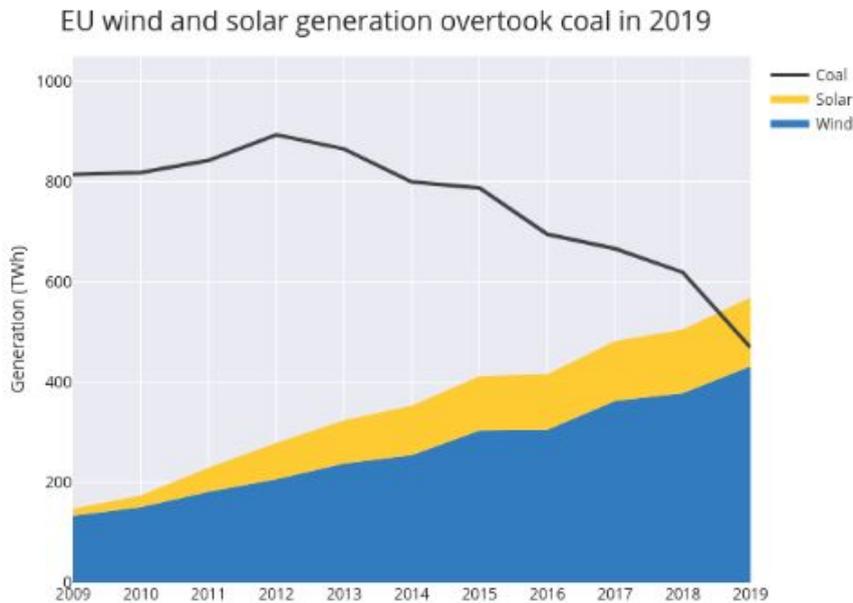
⁹¹ *ibid*

⁹² Agora Energiewende et Sandbag, [The European power sector in 2019: up-to-Date Analysis on the Electricity Transition](#), 2020.

⁹³ *ibid*

serait bien plus rapide si les États arrêtaient de subventionner le charbon. Malheureusement, 14 milliards d'euros sont en jeu pour construire de nouvelles centrales au charbon (+ 7,6 GW) malgré leur manque de compétitivité. Le problème n'est pas économique mais bien politique.

Figure 29. Évolution de la production d'électricité d'origine solaire, éolienne et charbon en Europe (exprimée en TWh de production d'électricité)



Source : [Agora Energiewende et Sandbag 2020](#)⁹⁴

L'essor des énergies renouvelables. En 10 ans, la production d'électricité d'origine solaire et éolienne a triplé. La quasi-totalité des nouvelles capacités installées en 2018 étaient renouvelables. Au total, sur l'ensemble de l'UE, la production d'électricité renouvelable a atteint 32 % de la consommation brute d'électricité en 2018 (voir figure 30), et 34,6 % en 2019⁹⁵. En comparaison, le nucléaire ne représente que 26 % de la production d'électricité dans l'UE⁹⁶.

Depuis 2019 (avant la pandémie du Covid-19), la production d'électricité solaire et éolienne dépasse la production des centrales à charbon en Europe. Encore mieux, au premier trimestre 2020, les énergies renouvelables ont produit 40 % de l'électricité européenne, et les énergies fossiles seulement 34 %⁹⁷. Cela a notamment été rendu possible par la consommation d'énergie au ralenti à cause du Covid, mais la tendance devrait se poursuivre.

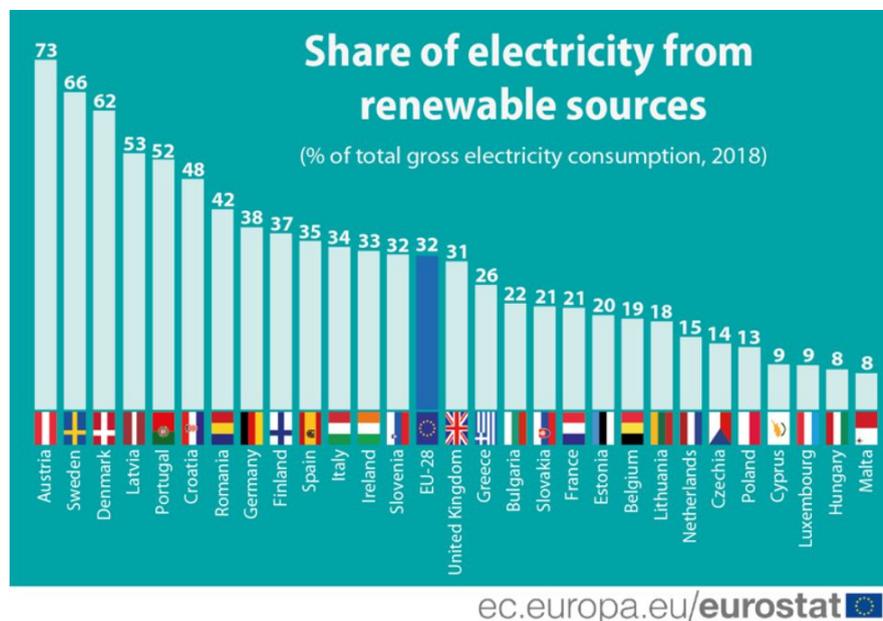
⁹⁴ Ibid

⁹⁵ Agora Energiewende and Sandbag (2020): [The European Power Sector in 2019: Up-to-Date Analysis on the Electricity Transition](#)

⁹⁶ Ibid

⁹⁷ Jones et Moore (EMBER Climate Project), [Renewables beat fossil fuels](#), 22 juillet 2020.

Figure 30. Part d'énergie renouvelable dans la consommation d'électricité de chaque État Membre de l'UE en 2018



Source : [Eurostat 2018](#)

La part d'électricité renouvelable dans la production d'électricité est très variable d'un pays à un autre : de 8 % à Malte à 73 % en Autriche, en 2018 (voir figure 30). Ces différences ne sont pas liées à des gisements (la France affiche un taux d'énergie renouvelable bien en deçà de la moyenne européenne alors qu'elle ne manque ni de soleil ni de vent), mais aux politiques publiques qui viennent plus ou moins soutenir le développement des énergies renouvelables.

En mars 2020, six pays membres appelaient la Commission européenne à prévoir un scénario 100 % renouvelable pour atteindre la neutralité climatique⁹⁸. Les pays alliés autour d'une relance du nucléaire (la France et l'Europe centrale essentiellement) n'ont pas participé à cet appel.

En Allemagne

Les émissions de CO₂ en forte baisse. On entend souvent dire que parce qu'elle a fait le choix de sortir du nucléaire, l'Allemagne aurait vu sa consommation de charbon et ses émissions de CO₂ augmenter. C'est trompeur. Les émissions ont connu une légère hausse en 2013 mais qui n'a été que passagère. Depuis, les émissions de CO₂ continuent de diminuer (en 2019, elles avaient diminué de 36 % par rapport à 1990)⁹⁹. C'est également vrai pour le secteur de l'énergie : ses émissions de CO₂ ont quasiment été divisées par deux depuis 1990¹⁰⁰. La baisse de l'empreinte carbone est liée à la progression des énergies renouvelables (36 % de la production en 2018¹⁰¹ et

⁹⁸ Euractiv, [6 EU Member States join call for 100% renewable scenario](#), 16 mars 2020.

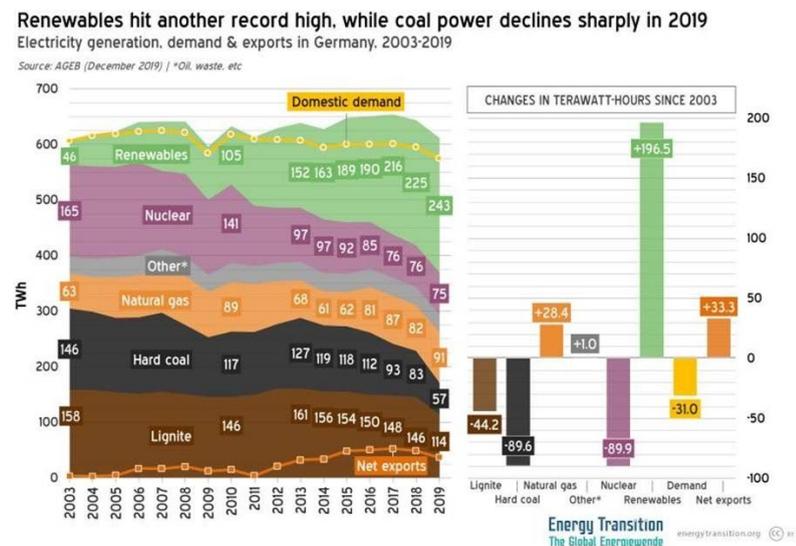
⁹⁹ Ministère de l'Environnement allemand, <https://www.umweltbundesamt.de/en/indicator-greenhouse-gas-emissions#at-a-glance>

¹⁰⁰ Ibid

¹⁰¹ Bernard Laponche, [Allemagne: trois contre-vérités sur la sortie du nucléaire](#), *Journal de l'Énergie*, 12 mars 2020.

42 % de la production au 1^{er} semestre 2020¹⁰²) et au recul concomitant du charbon (29,3 %) dans le mix énergétique allemand. Depuis la décision de sortir du nucléaire en 2011 (la dernière centrale sera mise à l'arrêt en 2022), la part du nucléaire a diminué de 22 à 11,7 % du mix électrique et la production d'énergie renouvelable a été multipliée par 10 (décuplée littéralement : de 19 TWh à environ 200 TWh). Elle a largement compensé la baisse de production nucléaire et charbon. La tendance devrait s'accroître : l'Allemagne prévoit de fermer 4,3 GW de charbon en 2020 (l'équivalent de cinq réacteurs nucléaires).

Figure 31. Evolution du mix électrique allemand entre 2003 et 2019



Source : [Agora Energiewende et Sandbag](#), 2020

Une électricité encore trop émettrice de CO₂. Malheureusement, malgré cet essor des énergies renouvelables, le charbon continue de représenter un gros secteur d'activité et un gros poste d'émissions de CO₂ en Allemagne. Selon les chiffres de l'Office fédéral pour l'environnement publiés en avril 2020, chaque kilowattheure produit en Allemagne a dégagé en moyenne 401 grammes de CO₂ en 2019. Même si cette empreinte carbone diminue chaque année (468 grammes en 2018 et 485 grammes en 2017), elle reste énorme comparé à la France.

Un lobby du charbon qui demeure très fort. Attention à ne pas se tromper : la transition allemande est compliquée non pas à cause de la sortie du nucléaire, mais à cause de la forte dépendance historique, économique et sociale au charbon. En effet, le charbon est à l'Allemagne ce que le nucléaire est à la France : une industrie massive, très puissante, ancrée dans l'imaginaire collectif et dans l'ADN de la société. Ceci étant dit, l'Allemagne, en parallèle de son plan de sortie du nucléaire, a également enclenché la sortie du charbon : depuis 2011, plusieurs centrales à charbon ont été retirées du système et de nombreuses constructions de centrales ont été annulées. Suite aux conclusions de la Commission charbon, en 2019, le gouvernement a acté la

¹⁰² Jones et Moore (EMBER Climate Project), [Renewables beat fossil fuels](#), 22 juillet 2020.

sortie du charbon en Allemagne et négocié des contreparties financières avec l'industrie : d'ici 2038, l'Allemagne ne produira plus du tout d'électricité à partir du charbon. Il est possible et nécessaire d'accélérer la fermeture des centrales à charbon en s'attaquant aux lobbies du charbon qui sont à l'œuvre pour ralentir au maximum la fermeture des centrales à charbon. Prenons le cas de mise en service de la centrale à charbon de Datteln 4 en 2020, au moment même où la France fermait la centrale de Fessenheim. Non, cette centrale à charbon n'a pas démarré à cause de la fermeture de Fessenheim et pour répondre à un besoin énergétique, mais pour des raisons de rapport de force politique entre l'État et l'industrie du charbon. La décision de la construire remonte à 2005 et elle aurait dû être branchée en 2011, il y a presque 10 ans. Depuis, le contexte a changé : elle ne répond pas à un besoin et son coût de production sera très élevé par rapport aux coûts de production de l'électricité allemande aujourd'hui. Datteln 4 a donc démarré uniquement pour une question politique : la Commission charbon avait recommandé au gouvernement de refuser le démarrage de Datteln 4 mais aucun accord financier n'a été trouvé entre l'entreprise Uniper (qui demandait à récupérer la totalité de son investissement d'1,5 milliards d'euros) et l'État allemand pour empêcher son démarrage.

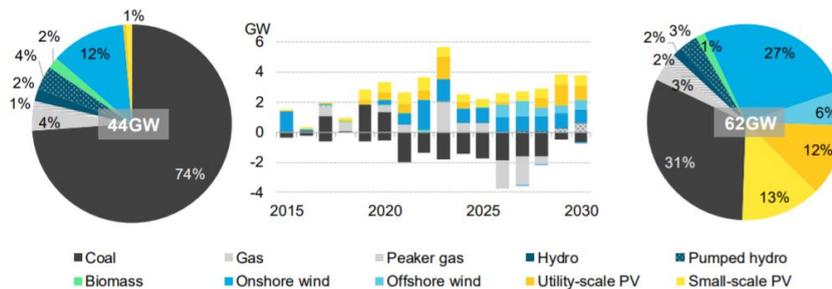
En Europe centrale

On entend souvent dire que malheureusement, dans les pays fortement dépendants du charbon comme les pays d'Europe centrale, les énergies renouvelables ne seraient pas en mesure de se substituer et qu'il faudrait donc construire de nouvelles centrales nucléaires. Un rapport de Bloomberg New Energy Finance¹⁰³ vient écorner cette idée : il serait possible de rapidement sortir du charbon dans ces pays grâce aux énergies renouvelables, qui produisent une électricité moins chère que les centrales à charbon et à gaz. Dans le scénario « à moindre coût » du rapport, les énergies renouvelables pourraient représenter près de la moitié de la production d'électricité d'ici 2030. Cela suppose une politique volontariste (il faut accélérer le rythme d'installation des capacités) mais pas irréaliste (la quantité d'énergie renouvelable installée est plafonnée par an). Par ailleurs, Bloomberg estime que dans la plupart des pays étudiés, l'option nucléaire représente un coût plus élevé, pose des problèmes de déploiement, et engendre une baisse des émissions moins forte que dans les scénarios axés sur les énergies renouvelables. Le cas de la Pologne, souvent pris en exemple pour défendre un nécessaire plan de relance du nucléaire, est intéressant : le scénario de Bloomberg New Energy Finance ne fait aucune place à la construction de centrales nucléaires (voir figure 32).

¹⁰³ Bloomberg New Energy Finance, [Investing in the recovery and transition of Europe's coal regions](#), juillet 2020.

Figure 32. Transition des énergies fossiles vers les énergies renouvelables : scénario 2018-2030 pour la Pologne

Figure 23: Evolution of installed capacity from 2018 to 2030



Source: BloombergNEF

Source : [Bloomberg New Energy Finance](#), 2020

En France

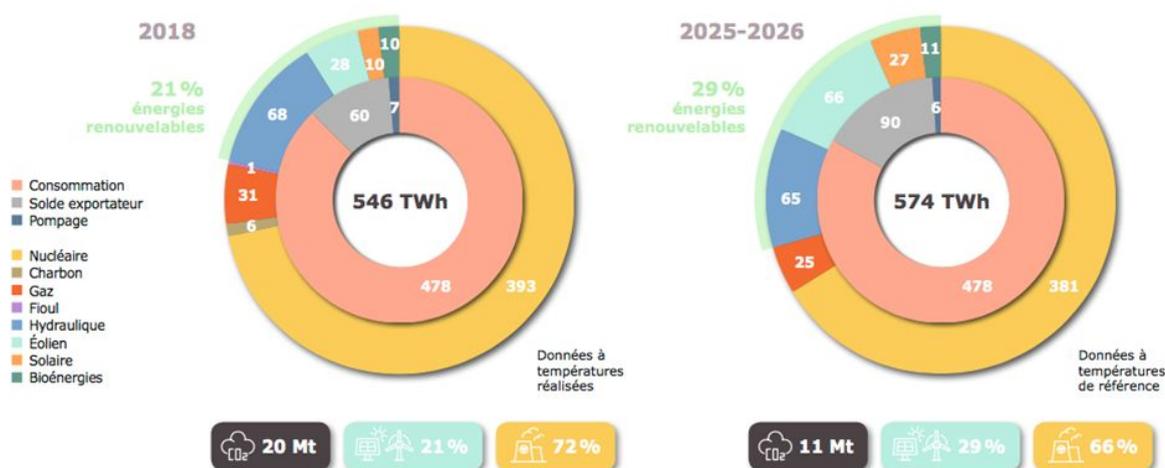
De plus en plus (et malgré le retard de la France), les énergies renouvelables font baisser les émissions de CO₂ du système électrique car elles se substituent aux énergies fossiles. RTE estime qu'en 2019, les énergies renouvelables ont permis d'éviter 22 millions de tonnes de CO₂ par an (cinq millions de tonnes en France et 17 millions de tonnes dans les pays voisins)¹⁰⁴. Soit l'équivalent des émissions de CO₂ de trois millions de Français selon le ministère de la Transition écologique¹⁰⁵. En 2019, les émissions du secteur électrique ont diminué de 6 %, alors que la production du nucléaire a diminué aussi. Notamment grâce à un recours accru aux énergies renouvelables. Selon les prévisions de RTE¹⁰⁶, les émissions du secteur électrique seront encore divisées par deux à horizon 2025 (de 20 millions de tonnes à seulement 11 millions de tonnes, voir figure 33) grâce à une production renouvelable en hausse, à la sortie définitive du charbon et à une production de gaz en baisse. Cette division par deux de l'empreinte carbone sera possible alors même que la production nucléaire sera en baisse et que le solde exportateur net sera très élevé.

¹⁰⁴ Réseau de Transport d'Electricité (RTE), [Note: précisions sur les bilans CO₂ établis dans le bilan prévisionnel](#), 2019.

¹⁰⁵ Chaque Français émet un peu plus de six tonnes de CO₂ par an (mais plus de 11 tonnes si on tient compte de son empreinte carbone liée aux importations). Pour obtenir ce chiffre de trois millions de Français, [le MTES](#) se base sur la valeur de six tonnes de CO₂.

¹⁰⁶ Réseau de Transport d'Electricité (RTE), [Bilan électrique 2019](#).

Figure 33. Évolution prévisionnelle du mix électrique de 2018 à 2025-2026 selon RTE



Source : RTE, [Bilan électrique 2019](#)

Pour aller encore plus loin dans l'éviction des émissions CO₂ du secteur électrique, il faut agir sur la consommation d'électricité, notamment en périodes de « pointe » : rénover les logements pour limiter le chauffage, améliorer l'efficacité énergétique des équipements, modifier les usages énergivores.

Miser sur les économies d'électricité et d'énergie

La meilleure énergie, c'est celle qu'on n'utilise pas. Parce qu'une énergie vraiment « verte », ça n'existe pas. Toutes les formes de production d'électricité ont un impact en termes d'épuisement des ressources ou de modification des milieux dans lesquels les installations sont posées. En outre, aucune énergie bas-carbone ne sera en mesure de remplacer assez rapidement chaque unité d'énergie fossile consommée aujourd'hui. Il est donc essentiel d'agir sur la consommation d'énergie et pas uniquement sur la production. Les économies d'énergie dans le secteur électrique reposent sur deux piliers : l'efficacité énergétique d'une part, et la sobriété dans les usages de l'autre. Selon le GIEC, les politiques et mesures visant à réduire la demande en énergie et en électricité sont les leviers de réduction des émissions de gaz à effet de serre les plus efficaces et les plus compatibles avec les objectifs de développement durable que s'est fixés l'ONU¹⁰⁷.

¹⁰⁷ Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), [Rapport spécial: réchauffement climatique d'1,5°C](#), 2018.

Dans le monde

Actuellement, la consommation d'électricité et d'énergie est loin d'être maîtrisée à l'échelle mondiale. Si les politiques d'efficacité énergétique se développent, cela reste un vecteur sous-exploité à l'échelle mondiale. Entre 2015 et 2018, l'amélioration en matière d'efficacité énergétique a permis de réduire les émissions liées à l'énergie de 3,5 gigatonnes de CO₂, l'équivalent des émissions liées à l'énergie d'un pays industrialisé comme le Japon. Mais l'Agence internationale de l'énergie souligne que ces efforts sont bien en deçà du potentiel¹⁰⁸. Dans tous les cas, l'efficacité énergétique ne suffira pas car on constate des « effets rebonds » : par exemple, plus les équipements deviennent économes en énergie, moins ils coûtent cher à utiliser et plus on a tendance à les utiliser. De même, plus les bâtiments sont isolés et faciles à chauffer, plus les utilisateurs chauffent fort. Ces effets rebonds posent une autre question : celle de la sobriété des usages, de l'utilisation modérée des équipements consommateurs d'électricité sur lesquels il faut agir en parallèle. L'enjeu est bien de réduire la consommation d'électricité car moins on consomme d'électricité, moins on émet de gaz à effet de serre (voir figure 28 pour constater les émissions évitées grâce à l'efficacité énergétique entre 2017 et 2018).

En France

Les économies d'électricité

Dans le cas de la France, si on veut réduire plus encore l'empreinte carbone de l'électricité et accélérer la fermeture de moyens de production fossiles, il faut agir sur la consommation d'électricité, notamment lorsqu'elle connaît des pics (liés au chauffage par exemple) qui impliquent un recours à des centrales d'appoint (gaz ou charbon). En effet, la quasi-totalité de l'année, la France n'utilise qu'une partie de son parc nucléaire. Il est surdimensionné et n'est exploité à pleine puissance qu'au cœur de l'hiver quand soudain la consommation d'électricité explose à cause du chauffage électrique. Selon RTE¹⁰⁹, « *En hiver, la consommation augmente de 2 400 MW par degré perdu. La consommation d'électricité en France dépend fortement de la température, notamment pendant les mois d'hiver en raison du parc important de chauffages électriques* ». Le problème, c'est que dans ces cas-là, la pointe est si forte que même le parc nucléaire français ne suffit plus et la France fait appel à des moyens « d'urgence » très coûteux : elle allume des centrales à charbon ou à gaz ou importe de l'électricité très carbonée produite par ses voisins. En agissant sur la pointe électrique, on fait d'une pierre deux coups : on réduit les émissions de CO₂ et on réduit le besoin d'avoir autant de moyens de production d'électricité en France.

RTE et l'Institut Négawatt¹¹⁰ ont chacun listé un certain nombre de mesures pour réduire la pointe électrique et empêcher le recours aux centrales fossiles : accélérer la rénovation des logements d'ici 2022, remplacer les convecteurs électriques (« grille-pains »), piloter les chauffe-eaux électriques qui chauffent de l'eau tout le temps et inutilement, moderniser les éclairages publics

¹⁰⁸ Agence internationale de l'énergie, [Energy Efficiency 2019](#) (2019).

¹⁰⁹ Réseau Transport d'Electricité (RTE), [Bilan Electrique 2019](#) (2020).

¹¹⁰ Négawatt, [La maîtrise de la consommation d'électricité, levier pour fermer les dernières centrales à charbon ?](#) Juillet 2019.

mais aussi actionner des leviers de sobriété comme réglementer les éclairages lumineux de Noël, éteindre les écrans publicitaires, éteindre les bâtiments et vitrines la nuit, etc. (voir figure 34). Dans son rapport 2019, RTE rappelle aussi l'importance des équipements ménagers performants (classe A+++) qui permettraient de diviser par deux la facture d'électricité d'un ménage. Ce sont des mesures à généraliser toute l'année et qui permettraient de réduire durablement la consommation d'électricité, et d'accélérer la fermeture de réacteurs fossiles et nucléaires.

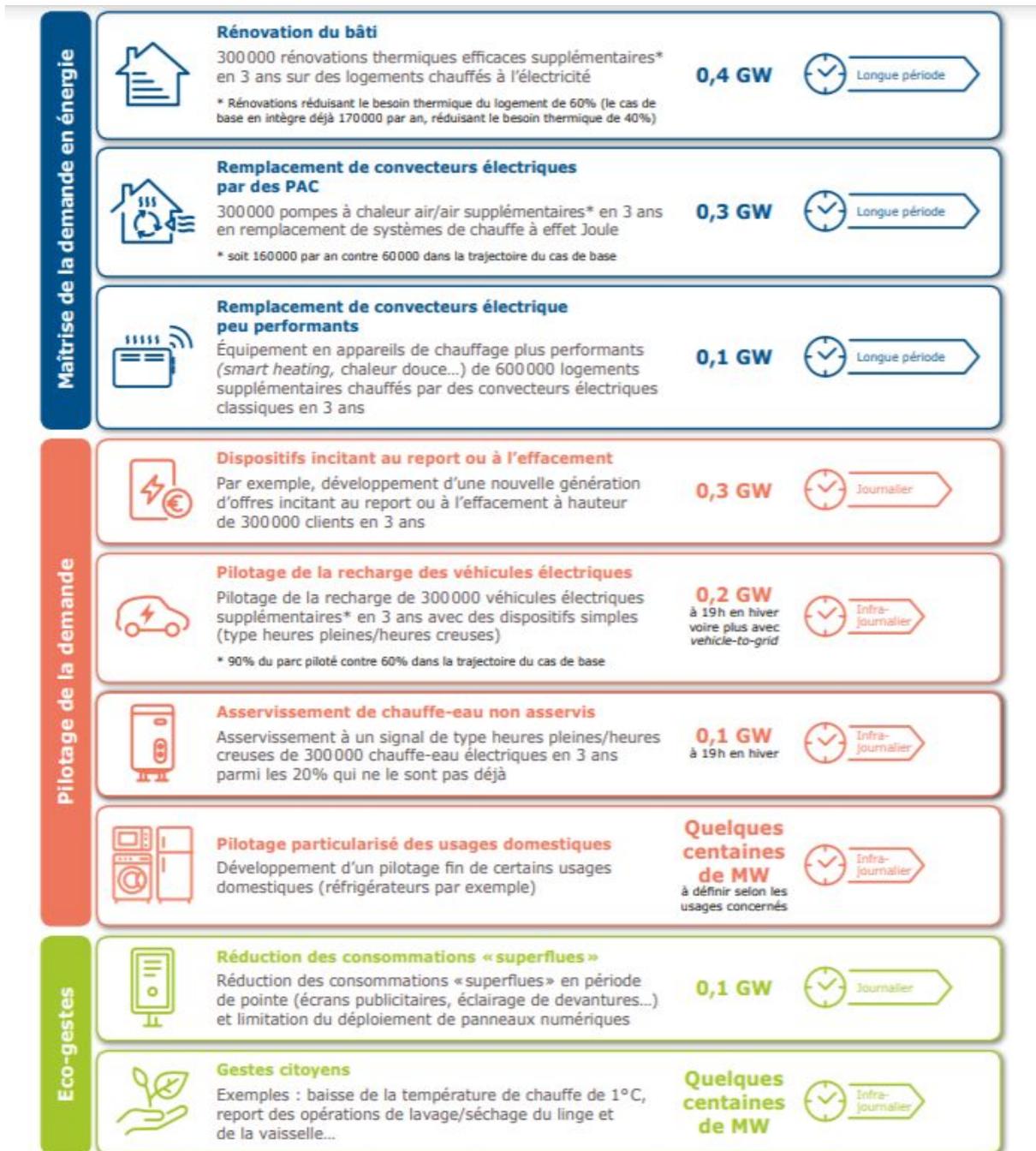
Dans le secteur du bâtiment, il y a beaucoup à faire pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, à commencer par la rénovation aux normes basse consommation (BBC) des logements les plus énergivores, dits « passoires énergétiques ». Selon le scénario du collectif Rénovons¹¹¹, la rénovation des 6,7 millions de logements très énergivores en France permettrait à terme de :

- Réduire la consommation annuelle d'énergie primaire (électricité, fioul, gaz) de 105 TWh¹¹² et de réduire la facture énergétique de 2,4 milliards d'euros par an.
- Faire baisser les émissions de gaz à effet de serre de 14,67 millions de tonnes par an.
- Faire économiser 1100 euros par an aux ménages en situation de précarité énergétique.
- Créer jusqu'à 93 000 emplois entre 2020 et 2030.
- Permettre à l'État de récupérer 1,13 euro de bénéfice net pour chaque euro investi.

¹¹¹ Rénovons! [Coûts et bénéfices d'un plan de rénovation des passoires énergétiques en 10 ans](#), 2020.

¹¹² Trois millions de logements sont encore équipés de chauffage au fioul. Plus précisément en ce qui concerne le nucléaire, ces travaux de rénovation permettraient d'arrêter définitivement l'équivalent de la production de quatre à six réacteurs nucléaires ou de 2,5-3,5 réacteurs nucléaires seulement si tout n'est pas rénové aux meilleures normes en vigueur. Pour plus d'informations, lire [l'analyse de Négawatt à ce sujet](#).

Figure 34. Moyens proposés par RTE dans les 3 prochaines années pour réduire les pics de consommation au cœur de l'hiver



Source : [Bilan électrique 2019](#) et [synthèse du bilan prévisionnel 2019](#) de RTE

Au-delà de l'électricité, les économies d'énergie

Dans tous les cas, les économies d'électricité ne suffiront pas. L'électricité ne représente que 24 % de l'énergie finale consommée en France¹¹³, et seulement 10 % des gaz à effet de serre du pays. L'électricité bas-carbone n'empêche donc pas la France d'exploser ses budgets carbone. Il faut donc agir sur la consommation d'énergie plus globalement.

La France s'est fixé pour objectif de diviser par deux la consommation d'énergie d'ici 2050, et elle est loin du compte¹¹⁴. La loi sur la transition énergétique a fixé un objectif de baisse de 20 % de la consommation d'énergie en 2030 par rapport à 2012, et la PPE fixe des objectifs intermédiaires de -7 % en 2018 et -12,6 % en 2023, par rapport à 2012. Corrigée des variations climatiques, la consommation finale d'énergie a décliné de 0,2 % seulement entre 2012 et 2018. En 2018, la consommation d'énergie dépassait de 4,5 % l'objectif. En 2019, la loi énergie décale les objectifs 2023 pour que la France ne soit pas trop en porte-à-faux.

Pourtant, les solutions pour réduire notre consommation d'énergie et nos émissions de CO₂ existent ; elles ne sont simplement pas appliquées. Le secteur des transports représente aujourd'hui le premier poste d'émissions de gaz à effet de serre et 30 % de l'énergie consommée en France. La France continue malgré tout de construire des autoroutes, de subventionner l'aérien et la vente de SUV plutôt que d'investir dans un système ferroviaire pour les passagers et le fret, des pistes cyclables en ville et des transports publics accessibles et réguliers.

Des changements systémiques urgents dans les secteurs les plus émetteurs de CO₂

Il faut ici rappeler que la planète doit agir sur trois principaux types d'émissions de gaz à effet de serre : les émissions liées à la production d'électricité (le charbon et le gaz principalement), les émissions liées à la production d'énergie (le pétrole essentiellement) et les émissions de gaz à effet de serre liées à la déforestation et aux activités agricoles.

Pour rappel, le débat sur la place du nucléaire ne concerne que le premier problème car le nucléaire permet uniquement de produire de l'électricité. Dans ces conditions, le nucléaire bas-carbone est loin d'être une solution miracle. Prenons le cas de la France : 70 % de l'électricité française est produite à partir d'énergie nucléaire, mais cela n'empêche pas la France de dépasser ses objectifs fixés en matière de réduction d'émissions de gaz à effet de serre (4,5 % au-dessus de l'objectif en 2018, par exemple). L'empreinte carbone des Français a même doublé depuis 1990 et s'élève à 11 tonnes de CO₂ par an par habitant, selon les données du ministère de la Transition écologique.

Même si on réussissait à électrifier une partie des usages, le nucléaire ne pourrait répondre à tous les besoins énergétiques ni contribuer à éviter toutes les émissions de GES. Il ne peut donc en

¹¹³ CGDD, [Chiffres clés de l'énergie](#), septembre 2019.

¹¹⁴ Voir l'[Observatoire Climat-Energie](#) du Réseau Action Climat.

aucun cas suffire à résoudre la crise climatique : il faut agir au plus vite sur les 80 % d'émissions de gaz à effet de serre qui ne sont pas liés à la production d'électricité, dans le secteur des transports, de la pétrochimie, la déforestation, l'agriculture et l'élevage industriels, etc.

Il n'y a pas de solution miracle pour sortir rapidement de cette crise climatique, et tout mirage qui pourrait nous le faire croire doit être déconstruit. Agrocarburants dans nos avions, voitures électriques pour tous, gaz « naturel », capture et séquestration du carbone, énergies bas carbone ne permettront pas de réduire assez vite les émissions de gaz à effet de serre et auront des conséquences environnementales graves si on ne s'attaque pas d'abord aux racines du problème : le système de production et de consommation. Il faut repenser les déplacements et l'organisation des territoires, opérer une transition vers des modèles agricoles plus soutenables, lutter contre la surconsommation, modeler un système économique qui répond aux besoins essentiels et qui lutte contre les inégalités.

CONCLUSION

La France face à un tournant énergétique

Ce monde de demain, il faut le préparer en France aussi. La France est à un carrefour et doit choisir dans quoi investir pour bâtir le monde dans lequel nous voulons vivre demain. Elle doit réduire les émissions de GES au plus vite mais avec quels outils, quelle trajectoire et quelles valeurs ? Les alternatives existent. L'électricité bas-carbone et la réduction des émissions de gaz à effet de serre, on sait aujourd'hui les faire sans nucléaire : via les énergies renouvelables, l'efficacité énergétique, la maîtrise de la consommation dans tous les secteurs de l'économie, le développement des alternatives au fret routier, à la voiture individuelle et à l'avion, la transition vers une agriculture soutenable, ainsi que la lutte contre la surconsommation, la publicité de produits climaticides, l'industrie et les lobbies du pétrole et du gaz et contre les responsables de la déforestation.

Les centrales nucléaires françaises vieillissent et ne sont pas éternelles. Même si on prolonge leur durée de vie, de nombreux réacteurs vont devoir fermer dans les années qui viennent. La question de l'après se pose dès aujourd'hui : veut-on investir notre argent dans le nucléaire en construisant de nouveaux réacteurs et se préparer à gérer et financer des déchets nucléaires supplémentaires ? Ou veut-on changer de cap, choisir un modèle énergétique lui aussi bas-carbone, à base d'économies d'énergie et d'énergies renouvelables, plus décentralisé, plus démocratique et moins dangereux ?

Certain-es diront « pourquoi choisir, faisons les deux : investissons dans le nucléaire et dans les énergies renouvelables ! » Mais la situation actuelle nous montre déjà que cela ne marche pas : le nucléaire agit comme un verrou, ralentit la transition énergétique. Tant que la France met ses œufs dans le panier percé du nucléaire, les alternatives ne se développeront pas assez vite, ne feront pas l'objet d'investissements massifs. Les économies d'énergie sont actuellement loin d'être prioritaires dans les politiques qui sont mises en œuvre. Les énergies renouvelables sont encore trop souvent pensées comme une variable d'ajustement et vont continuer de l'être tant que l'État soutiendra massivement le nucléaire et défendra un plan de construction de plusieurs réacteurs nucléaires EPR. En 2018, EDF, l'énergéticien en charge du service public, investissait 6,6 milliards d'euros dans le nucléaire et seulement 1,3 milliard d'euros dans les énergies renouvelables¹¹⁵. Chaque année, la majorité des budgets publics alloués à la recherche et au développement dans le domaine de l'énergie est consacrée au nucléaire (68 % en 2017¹¹⁶), contre seulement 1/3 pour les renouvelables.

Cette fois-ci, il faut faire un choix.

¹¹⁵ Calcul Greenpeace à partir du rapport annuel EDF 2018.

¹¹⁶ Commissaire Général au Développement Durable (CGDD), [Les dépenses allouées à la R&D énergie en 2017](#) (datalab 2019).

À quand un choix démocratique ?

Aujourd'hui, cette possibilité de faire un choix ne nous est pas donnée. Depuis toujours, le débat démocratique sur le nucléaire fait défaut et l'histoire se répète. Depuis de nombreux mois, le gouvernement et la filière nucléaire assemblent méthodiquement les pièces du puzzle pour préparer le terrain nécessaire à la construction de nouveaux EPR en France : un appel d'offres européen lancé par EDF pour les travaux d'ingénierie de plusieurs « paires » d'EPR, une réforme de l'Accès régulé à l'électricité nucléaire historique (ARENH) en cours pour masquer les coûts de l'EPR de Flamanville et imposer le rachat de l'électricité nucléaire à prix fixe pour tous les fournisseurs, un lobbying intensif à Bruxelles pour intégrer le nucléaire dans la taxonomie des investissements verts et attirer les investisseurs, le nucléaire intégré dans le chapitre « écologie » du plan de relance, etc. Certes, officiellement, la décision de construire de nouveaux EPR n'est pas prise et ne le sera pas avant les prochaines élections présidentielle et législatives ou avant le démarrage de l'EPR de Flamanville, mais le jour où elle risque d'être annoncée, cela fera bien longtemps qu'elle aura été en réalité actée. La politique du fait accompli est en marche. À ce jour, rien n'est prévu pour demander formellement leur avis aux citoyen·nes. Le gouvernement et la filière ont décidé de procéder autrement, en créant la fausse perception que poursuivre dans la voie nucléaire serait une impérieuse nécessité à laquelle on ne pourrait échapper. Ainsi, ils font disparaître la notion de choix.

Quel que soit notre âge, notre parcours, notre sensibilité, nous avons le droit de nous faire un avis sur l'avenir du nucléaire. Il n'a rien d'obligatoire : aucune force de la nature ou autorité scientifique n'impose la technologie nucléaire. **C'est un choix de société à faire** pour déterminer dans quel système énergétique nous souhaitons investir et dans quel monde nous souhaitons vivre.