

# POLICY BRIEF

## Est-ce que l'énergie nucléaire peut-elle aider la France à atteindre ses objectifs climatiques ?

« Alors que certains pays européens, comme l'Allemagne, ont décidé de sortir du nucléaire pour privilégier des alternatives plus sûres et durables, la France persiste à investir dans cette énergie controversée. Ce choix, au cœur du débat public, soulève une question essentielle : **Le nucléaire est-il vraiment la solution pour atteindre nos objectifs climatiques ou un pari dangereux qui pourrait coûter cher à long terme ?** »



Enzo Quint

Baptiste Helfre

Elodie Mbotisoa

Dieu Huong Doan



### INTRODUCTION :

Réduire les émissions de dioxyde de carbone est aujourd'hui une priorité essentielle pour l'ensemble des pays européens. L'Union européenne s'est fixé un objectif clair, celui d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, conformément au Pacte vert européen. Pour y parvenir, il est nécessaire de transformer profondément les modes de production et de consommation d'énergie.

En France, cette transformation repose en grande partie sur l'énergie nucléaire, qui occupe une place centrale dans le mix énergétique national. En 2023, le pays comptait 56 réacteurs nucléaires en activité et détenait la part la plus élevée d'électricité d'origine nucléaire dans le monde. Cette énergie représente la principale source d'électricité en France, avec 64,8 % de la production totale en 2023 et 70% en 2024, selon RTE.

Ce mode de production présente un avantage environnemental considérable car il émet très peu de gaz à effet de serre. Selon l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE, 2022), le nucléaire génère en moyenne 6 grammes de CO<sub>2</sub> par kilowattheure, contre 443 g pour le gaz naturel et 1050 g pour le charbon. Ces chiffres montrent que le nucléaire est, avec les énergies renouvelables, l'une des solutions les plus efficaces pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production d'énergie. Sur le plan économique, le nucléaire est également attractif à plusieurs niveaux. Contrairement aux énergies fossiles, les coûts de production de l'électricité nucléaire sont stables et moins sensibles aux fluctuations des marchés internationaux. Produire un mégawattheure d'électricité nucléaire coûte environ 60€, alors que les énergies fossiles sont beaucoup plus chères, c'est-à-dire 85

euros pour le gaz et jusqu'à 150 euros pour le charbon selon RTE en 2024. Cette stabilité est un atout pour la compétitivité économique du pays.

De plus, la filière nucléaire française représente un poids économique important. Elle génère plus de 220 000 emplois directs et indirects (GIFEN, 2023), répartis dans les secteurs de la production, de la maintenance, de la recherche et de l'ingénierie. Elle contribue donc fortement à l'industrie nationale et à la souveraineté énergétique de la France. L'énergie nucléaire permet également de limiter la dépendance aux énergies fossiles importées, ce qui renforce l'indépendance énergétique du pays. Une centrale nucléaire peut fonctionner plusieurs années sans interruption grâce à une seule charge de combustible. Dans un contexte marqué par l'instabilité des marchés énergétiques mondiaux et les tensions géopolitiques, cette autonomie est un avantage stratégique.

Cependant, malgré ces nombreux points positifs, le nucléaire pose aussi plusieurs défis majeurs. Tout d'abord, la construction de nouvelles centrales représente un investissement financier considérable. Par exemple, un réacteur EPR comme celui de Flamanville coûte entre 7 et 10 milliards d'euros selon le Cour des comptes, 2023, sans compter les surcoûts fréquents liés aux retards de chantier. Par ailleurs, la rénovation du parc nucléaire existant, vieillissant, nécessitera plus de 100 milliards d'euros d'ici 2035 (Cour des comptes, 2023), pour garantir la sécurité des installations.

Les risques d'accidents nucléaires restent également une inquiétude importante, comme l'ont montré les catastrophes de

Tchernobyl en 1986 et de Fukushima en 2011. Même si la sûreté des installations françaises est aujourd’hui rigoureusement contrôlée par l’Autorité de sûreté nucléaire (ASN), le risque zéro n’existe pas. De plus, la question des déchets radioactifs n’est toujours pas entièrement résolue : ces déchets doivent être stockés de manière sécurisée

pendant des milliers d’années, ce qui pose des défis techniques, environnementaux et éthiques. Enfin, la France reste dépendante de l’importation d’uranium pour faire

fonctionner ses centrales. En 2023, plus de 95 % de l’uranium utilisé provenait de l’étranger, principalement du Niger, du Kazakhstan et du Canada (World Nuclear Association, 2024). Cette dépendance crée une vulnérabilité face aux risques

géopolitiques, comme l’illustre l’instabilité récente dans certaines zones d’approvisionnement. Notre problématique est la suivante : **le nucléaire est-il réellement la meilleure solution pour permettre à la France d’atteindre ses objectifs climatiques, tout en maîtrisant ses coûts économiques et ses risques environnementaux ?**

Pour répondre à cette question, nous analyserons dans un premier temps les avantages du nucléaire dans la transition énergétique française. Nous étudierons ensuite ses limites économiques, environnementales et géopolitiques. Enfin, nous proposerons des solutions pour surmonter ces inconvénients, notamment en modernisant l’industrie nucléaire et en développant des synergies avec les énergies renouvelables.

### I. Le nucléaire, un atout pour la transition énergétique face aux défis climatiques

Face à la nécessité de réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre pour atteindre la neutralité carbone d’ici 2050, le nucléaire civil apparaît comme une composante stratégique de la politique énergétique française. En effet, cette énergie présente trois atouts majeurs dans le cadre de la transition écologique : sa faible empreinte carbone, son coût de fonctionnement compétitif et son rôle dans l’indépendance énergétique nationale.

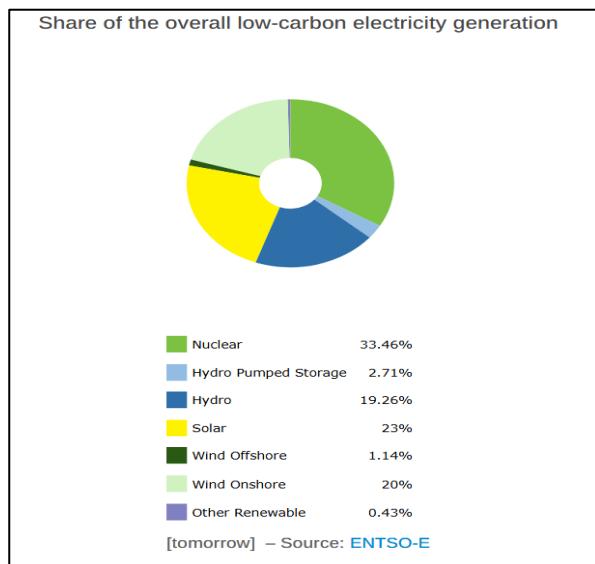
#### **1) Le rôle du nucléaire dans la décarbonation**

La lutte contre le changement climatique repose en grande partie sur une transformation profonde des systèmes énergétiques actuels. L’Agence internationale de l’énergie atomique (AIEA) rappelle que la transition vers une énergie propre passe par une réduction massive de l’usage des combustibles fossiles, qui sont responsables de la majorité des émissions de gaz à effet de serre, au profit de sources bas carbone telles que l’hydroélectricité, le solaire, l’éolien et l’énergie nucléaire.

Dans cette perspective, l’énergie nucléaire s’impose comme un pilier stratégique de la transition énergétique. Contrairement aux centrales thermiques alimentées au charbon, au pétrole ou au gaz, les centrales nucléaires n’émettent pratiquement aucun dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) lors de la production d’électricité. Ce très faible niveau d’émissions en phase d’exploitation constitue un atout majeur à l’heure où la neutralité carbone s’impose comme un objectif prioritaire pour la majorité des économies développées.

Aujourd’hui, d’après les données de l’AIEA, l’énergie nucléaire représente environ un

tiers de la production mondiale d'électricité décarbonée. Cette part importante lui confère un rôle central dans les stratégies nationales de réduction des émissions. À la différence de certaines énergies renouvelables intermittentes comme l'éolien ou le solaire, l'énergie nucléaire offre l'avantage d'une production stable et continue, indépendante des conditions climatiques. Ce caractère pilotable garantit non seulement la stabilité du réseau électrique, mais aussi la sécurité de l'approvisionnement à long terme, ce qui constitue un enjeu stratégique majeur, tant sur le plan énergétique qu'économique.



Les données récentes publiées par *Nuclear Europe* confirment cette importance au niveau européen. En 2023, le nucléaire représentait 33,46 % de la production d'électricité bas-carbone dans l'Union européenne, devant l'énergie solaire (23 %), l'éolien terrestre (20 %) et l'hydroélectricité (19,26 %). Il s'agit donc de la première source de production électrique bas-carbone en Europe, preuve de son rôle majeur dans les politiques énergétiques du continent. La France illustre particulièrement bien cette stratégie de décarbonation. Grâce à un mix énergétique dominé par le nucléaire, qui représente près

de 70 % de sa production électrique selon App Electricity Maps, elle fait partie des pays européens les plus avancés dans la lutte contre le réchauffement climatique.

Ce choix énergétique s'accompagne également d'une forte mobilisation d'autres sources à faibles émissions de carbone. En effet, toujours selon *Electricity Maps*, la production d'électricité française repose sur une combinaison efficace de nucléaire, d'énergie solaire et, dans une moindre mesure, d'hydroélectricité. Ce mix permet non seulement de produire une électricité largement décarbonée, mais aussi d'assurer la stabilité du réseau électrique, grâce à la complémentarité entre sources pilotables et intermittentes.

L'efficacité environnementale de ce modèle est confirmée par les données techniques. Le Dossier du maître d'ouvrage (DMO) rédigé par EDF et RTE, l'intensité carbone du parc nucléaire actuel en France est évaluée à 4 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, un niveau exceptionnellement bas par rapport aux autres sources d'énergie. Cela signifie que pour chaque kilowattheure produit par les centrales nucléaires françaises, seulement 4 grammes de CO<sub>2</sub> sont émis. Ce chiffre est largement inférieur à celui des énergies fossiles comme le charbon (820 g CO<sub>2</sub>eq/kWh) ou le gaz naturel (490 g CO<sub>2</sub>eq/kWh), selon les valeurs médianes établies par le GIEC.

En combinant cette faible intensité carbone du nucléaire avec la part importante des énergies renouvelables (notamment l'hydroélectricité), la France parvient à produire une grande partie de son électricité de manière décarbonée. Ce modèle permet non seulement de réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre, mais aussi de diminuer l'empreinte carbone nationale, contribuant ainsi à l'objectif de neutralité carbone à long terme.

## 2) Un coût d'exploitation stable et compétitif

L'énergie nucléaire présente un avantage économique majeur : la stabilité et la compétitivité de ses coûts d'exploitation. Contrairement aux énergies fossiles, dont les prix sont soumis aux fluctuations des marchés mondiaux et aux tensions géopolitiques, le coût de production de l'électricité nucléaire reste relativement constant. Cela s'explique principalement par la nature des matières premières utilisées, notamment l'uranium, dont les prix sont beaucoup moins volatils que ceux du gaz ou du charbon.

Un exemple révélateur de la vulnérabilité liée à la dépendance aux énergies fossiles est celui de l'Allemagne. En 2021, le pays importait environ 55 % de son gaz naturel de Russie. Lorsque la guerre en Ukraine a éclaté en 2022, les livraisons de gaz russe ont été brutalement réduites, provoquant

une flambée spectaculaire des prix de l'énergie. Cette crise a mis en évidence la fragilité des systèmes énergétiques fortement dépendants des combustibles fossiles, dont les coûts peuvent s'envoler en cas de tensions internationales.

Face à ce constat, le nucléaire apparaît comme une solution plus résiliente, capable d'assurer une production continue et stable d'électricité, indépendante des conditions météorologiques et des crises géopolitiques. La France en offre une illustration claire : disposant d'un important parc nucléaire couvrant environ 70 % de sa production électrique, elle a pu limiter sa dépendance aux importations de gaz lors de la crise énergétique. Alors que de nombreux pays européens ont vu leurs coûts énergétiques exploser, la France a su maintenir une certaine stabilité de son approvisionnement et de ses prix, démontrant ainsi l'avantage stratégique du nucléaire comme source pilote.

Type de coût	Moyens de production futurs										Moyens de production existants / en construction		
	Nucléaire nouveau avec effet de série	Éolien terrestre	Éolien en mer posé	Éolien en mer flottant	PV résidentiel (< 9kW)	PV commercial (9 kW - 1 MW)	PV au sol (> 1 MW)	Petite hydroélectricité	Grande hydroélectricité	CCGaz 100 €/MWh(m)	CCGaz 200 €/MWh(m)	Nucléaire parc historique	Nucléaire Flamanville
Au niveau de la centrale électrique (€/MWh)													
A - OPEX COÛT DU COMBUSTIBLE	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	224,6	424,6	7,6	7,6
B - OPEX COÛTS INDIRECTS	20,1	12,4	18,3	39,0	11,9	10,7	20,0	37,5	30,9	9,7	9,7	35,3	20,0
C - CAPEX INVESTISSEMENT INITIAL	27,7	56,3	61,6	74,6	129,4	82,1	43,7	87,4	70,8	49,0	49,0	-	54,4
D - INTERETS INTERCALAIRES	5,5	2,3	2,5	3,0	3,1	2,1	3,5	7,0	8,5	3,3	3,3	-	18,5
E - COÛT DE RACCORDEMENT AU RESEAU	2,8	22,7	17,6	21,7	12,8	7,4	3,6	1,4	9,2	3,9	3,9	-	2,8
F - PROVISION POUR DEMANTELEMENT	0,1	0,6	3,5	2,6	0,2	0,2	0,3	-	-	0,9	0,9	0,2	0,1
LCOE - Total des coûts au niveau de la centrale (coût marchand du CO2 inclus)	<b>63,9</b>	<b>94,3</b>	<b>103,5</b>	<b>134,9</b>	<b>151,4</b>	<b>102,4</b>	<b>71,1</b>	<b>133,3</b>	<b>119,3</b>	<b>291,4</b>	<b>491,4</b>	<b>43,2</b>	<b>103,6</b>
Coûts système associés* (€/MWh)													
Coûts d'équilibrage	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0
Coûts de profil (ou coûts de back-up)	0	10,0	10,0	10,0	12,5	12,5	12,5	0	0	0	0	0	0
Total des coûts système	<b>0</b>	<b>10,5</b>	<b>10,5</b>	<b>10,5</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Coûts externes quantifiables** (€/MWh)													
Coûts pour la société des GES	0,3	0,8	0,8	0,8	2,4	2,4	2,4	0,3	0,3	23	23	0,3	0,3
Coûts de la pollution de l'air hors GES	0,8	0,7	0,7	0,7	6,0	6,0	6,0	?	?	4	4	0,8	0,8
Coûts de la pollution visuelle/sonore	0,0	5,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total des coûts externes quantifiables	<b>1,1</b>	<b>6,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>8,4</b>	<b>8,4</b>	<b>8,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>26,7</b>	<b>26,7</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>
LCOE - TOTAL DES COÛTS QUANTIFIABLES	<b>65,0</b>	<b>111,2</b>	<b>117,5</b>	<b>148,9</b>	<b>172,8</b>	<b>123,8</b>	<b>92,5</b>	<b>133,6</b>	<b>119,7</b>	<b>318,1</b>	<b>518,1</b>	<b>44,3</b>	<b>104,8</b>
Impacts externes non quantifiables													
Impacts sur les écosystèmes et sur la biodiversité	- Avifaune et chiroptères et leurs habitats - Artificialisation des sols	- Milieux marins halieutique - Ressources halieutique - Migrations	- Milieux marins halieutique - Ressources halieutique - Migrations	- Artificialisation massive des sols - Habitats et petite faune terrestre	-	-	-	-	-	-	-	-	

\* Issus des travaux de S.Samadi "The Social Costs of Electricity Generation" et de l'étude de l'Imperial College "Grid Integration Cost of Photovoltaic Power Generation"

\*\* Coûts pour la société des GES calculés à l'aide de la Base Baronne de l'ADEME et de la valeur tutélaire du carbone du rapport Quinet de 2018 de 54€/tCO2

Coûts de la pollution hors GES/visuelle/sonore correspondent à des moyennes européennes issus des travaux de S.Samadi

Source : Cérémé

Enfin, le rapport du Cérémé met en lumière l'ampleur de l'écart de coût entre nucléaire et gaz. Pour une centrale nucléaire neuve, le coût du combustible est estimé à seulement 7,6 €/MWh, contre 224,6 €/MWh pour une centrale à cycle combiné gaz (CCG) lorsque le prix du gaz atteint 100 €/MWh, et jusqu'à 424,6 €/MWh si ce prix

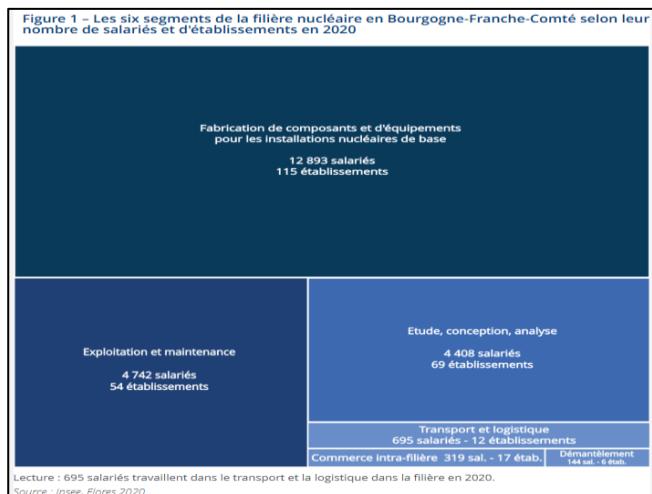
grimpe à 200 €/MWh. Cette différence s'explique par la stabilité du marché de l'uranium et la faible quantité nécessaire pour générer de grandes quantités d'électricité. Cela souligne la compétitivité structurelle du nucléaire, en particulier dans des contextes de tensions internationales ou de forte volatilité des prix des énergies fossiles.

### 3) Un atout stratégique pour la France dans la transition énergétique

#### A) Un secteur générateur d'emplois qualifiés et durables sur tout le territoire :

Le secteur nucléaire constitue aujourd’hui un levier majeur pour l’emploi industriel en France. Dans un contexte de transition énergétique et de réindustrialisation, il joue un rôle stratégique à la fois économique et écologique. Grâce à son caractère décarboné et sa capacité à produire une énergie disponible en continu, le nucléaire est également un puissant moteur de création d’emplois durables, qualifiés, et bien répartis sur l’ensemble du territoire

Cette dynamique ne se limite pas aux régions dotées de centrales. Par exemple, la région Bourgogne-Franche-Comté, qui ne compte pourtant aucun site de production nucléaire, accueille un tissu industriel dense et structuré autour de la filière.



Selon l’Insee, elle rassemble 270 établissements employant 23 000 salariés hors intérim, soit 2,5 % de l’emploi régional total et près de 15 % de l’emploi industriel (Insee, 2023). Cette performance repose notamment sur des pôles industriels spécialisés comme ceux de Chalon-sur-

national. Avec 220 000 emplois directs et indirects en 2024, la filière nucléaire est désormais la troisième filière industrielle française (France Travail, 2025). Et cette dynamique est appelée à s’intensifier : en réponse aux enjeux de souveraineté énergétique et à l’objectif de neutralité carbone, le programme de construction de six nouveaux nucléaires nécessite 100 000 recrutements d’ici 2034, soit environ 10 000 embauches équivalent temps plein chaque année. Ces emplois concernent aussi bien l’exploitation et la maintenance du parc existant que la recherche, l’ingénierie ou la fabrication d’équipements innovants (Université des Métiers du Nucléaire, 2025).

Saône, Le Creusot ou Belfort, où opèrent de grands noms tels que Framatome, General Electric, ou encore le CEA Valduc à Dijon, plus gros employeur privé de la zone

Au-delà de la seule quantité d’emplois, la filière se distingue par leur qualité. Les postes proposés sont très majoritairement en contrat à durée indéterminée (94 %), avec une proportion importante de cadres et professions intellectuelles supérieures (28 %), soit le double de la moyenne régionale. De plus, la filière offre des niveaux de rémunération attractifs : le salaire horaire net moyen y atteint 19,4 €/h, soit 25 % de plus que dans l’industrie en général (Insee, Base Tous Salariés, 2020).

Ces chiffres traduisent un secteur non seulement structurant pour l’économie locale, mais aussi porteur d’emplois de

qualité, exigeants en compétences et porteurs d’avenir. Partout en France, y compris dans des territoires éloignés des centres urbains ou des centrales, le nucléaire s’appuie sur des écosystèmes industriels ancrés, intégrant grands groupes, PME, centres de formation et laboratoires de recherche.

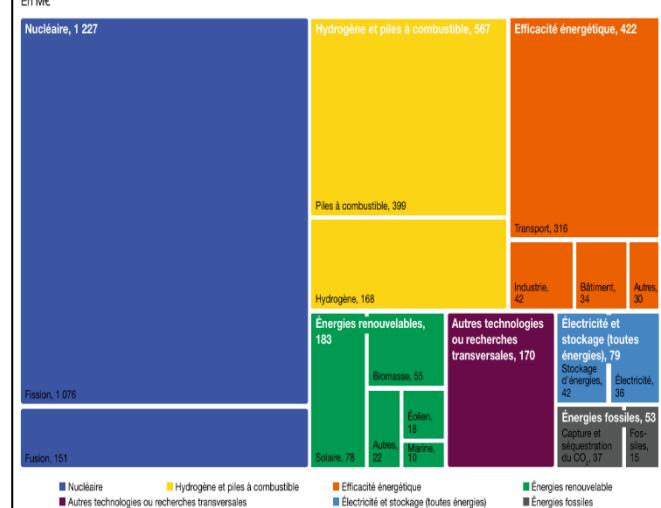
## B. Une filière d'excellence scientifique et technologique

L'électronucléaire est au cœur d'un défi majeur : contribuer à un mix énergétique capable de répondre aux enjeux de la transition écologique tout en assurant la sécurité énergétique. Dans ce contexte, maintenir une filière d'excellence en matière d'enseignement et de recherche nucléaire est crucial. La France est l'un des leaders mondiaux de la recherche nucléaire, un statut consolidé par des institutions telles que le CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) et l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), qui participent activement à des projets internationaux, notamment à travers le programme ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) pour la fusion nucléaire, qui devrait ouvrir une nouvelle ère dans la production d'énergie.

Les formations scientifiques et techniques sont d'une grande qualité, et plusieurs écoles prestigieuses, telles que Polytechnique, CentraleSupélec ou l'INSA, forment des ingénieurs hautement qualifiés dans le domaine nucléaire. Cependant, un défi de taille se pose aujourd'hui : attirer suffisamment de candidats dans ces filières, alors que la demande d'emplois dans le secteur nucléaire est en constante augmentation. Par rapport à l'augmentation sans cesse des demandes, cette filière d'excellence se trouve aujourd'hui confrontée à un défi de taille : le déclin des inscriptions dans les formations nucléaires, qui risque d'affaiblir à terme cette expertise. En effet, le nombre d'étudiants et de diplômés dans ce secteur, bien que toujours significatif en France, a diminué ces dernières années en raison d'une perception négative de l'industrie nucléaire et de la privatisation des centrales, réduisant l'attractivité de ces carrières (*La Tribune*, « La filière nucléaire en opération séduction auprès des étudiants »). Le 30 avril 2024, lors des Entretiens Européens en

faveur du nucléaire, des acteurs de la filière ont souligné que bien que l'offre de formations soit conséquente et de qualité, le vrai défi reste d'attirer des candidats. Toutefois, malgré ces efforts, la perception des risques liés au nucléaire et l'absence d'une éducation scientifique et technique sur ce secteur rendent difficile l'acculturation des jeunes générations à cette industrie ([Banque des Territoires, "Relance du nucléaire : ces formations en attente de candidats"](#))

Graphique 2 : investissements publics nationaux dans la R&D en énergie ventilés par sous-domaine en 2023  
En M€



Face à ces défis, l'État français joue un rôle moteur dans cette dynamique : les investissements publics dans la R&D énergétique ont atteint 2,7 milliards d'euros en 2023, soit 0,1 % du PIB – le taux le plus élevé du G7. Cette hausse, continue depuis quatre ans (+79 % par rapport à 2019), est portée en grande partie par le nucléaire, et plus précisément par l'accélération des travaux sur les petits réacteurs modulaires (SMR). Ces investissements massifs témoignent de la volonté de positionner la France à la pointe de la transition énergétique bas carbone ([Les investissements publics dans la R&D en énergie en 2023](#)).

Au-delà de l'enjeu technologique, une étude récente publiée dans la revue *Energy* (août 2024) démontre une corrélation positive entre investissements publics en R&D nucléaire et réduction de l'empreinte environnementale dans la plupart des grandes économies, dont la France. Ce lien est particulièrement fort dans les pays à forte empreinte, où la substitution des énergies fossiles par une production nucléaire bas carbone produit un effet de levier important.

## II) Les défis techniques, environnementaux et géopolitiques du nucléaire

### 1°) Les risques d'accidents nucléaire

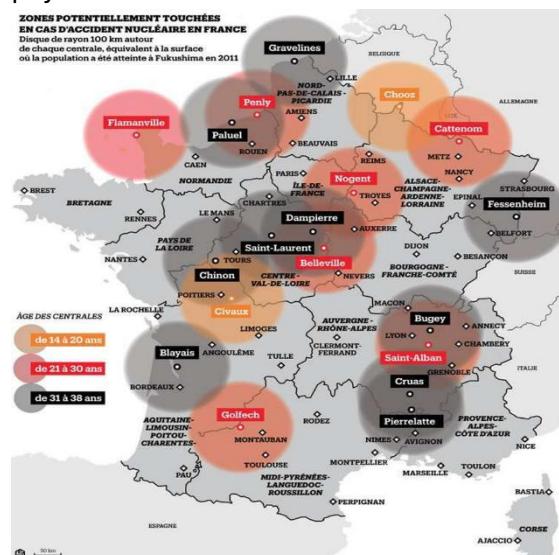
Les accidents nucléaires représentent une préoccupation majeure en raison de leurs conséquences potentielles sur la santé humaine et l'environnement. Les causes des accidents nucléaires sont de plusieurs ordres :

- des défaillances techniques (pannes, défaut de fabrication etc)
- des erreurs humaines
- Des événements naturels tels que des tremblements de terre ou des inondations peuvent endommager les centrales nucléaires, comme ce fut le cas lors de l'accident de Fukushima en 2011.
- Des actes de terrorisme ou de sabotage.

Les accidents de Three Mile Island (1979), Tchernobyl (1986) et Fukushima (2011) ont démontré que, bien que rares, de tels événements peuvent entraîner des conséquences environnementales, sanitaires et économiques considérables. L'Autorité de Sûreté Nucléaire française (ASN) a recensé en 2023 un total de 732 événements significatifs pour la sûreté dans les installations nucléaires françaises, dont 11 classés au niveau 1 de l'échelle INES (anomalie) et aucun de niveau supérieur

(ASN, Rapport annuel 2023). Si ce bilan témoigne d'un niveau de sûreté élevé, le vieillissement du parc nucléaire français, dont l'âge moyen dépasse désormais 37 ans, soulève des interrogations sur la maîtrise à long terme de ces risques.

Une étude de l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) publiée en 2022 estime qu'un accident nucléaire majeur en France pourrait engendrer des coûts économiques directs et indirects compris entre 120 et 980 milliards d'euros selon les scénarios, soit entre 5% et 40% du PIB annuel français. Ces montants incluent les coûts de décontamination, de relogement des populations, de pertes agricoles et touristiques, mais aussi les impacts sur la santé publique et l'image internationale du pays.



Cette carte montre qu'un accident nucléaire en France toucherait une large partie de la population, en raison de la forte densité de centrales. Un rayon de 100 km autour de chaque site, comme à Fukushima, englobe des zones densément peuplées (Paris, Lyon, Strasbourg). Certaines centrales sont anciennes (jusqu'à 38 ans), ce qui augmente le risque. Le centre du pays est particulièrement vulnérable car entouré de plusieurs centrales. Cette carte alerte sur l'ampleur

du risque nucléaire pour les habitants. Une combinaison de technologies avancées, de réglementations strictes et de préparation aux urgences est essentielle pour minimiser ces risques et protéger la santé publique et l'environnement.

## 2) Des coûts élevés pour maintenir et construire les centres nucléaires

### A) Cout de maintenance

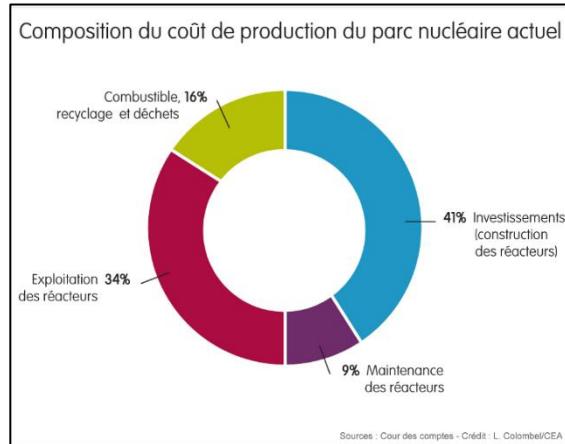
Si les coûts opérationnels du nucléaire restent compétitifs, les investissements initiaux et les coûts de maintenance du parc vieillissant représentent un défi économique majeur. Le programme de Grand Carénage, visant à prolonger la durée de vie des centrales existantes au-delà de 40 ans, est estimé à 49,4 milliards d'euros sur la période 2014-2025 selon la Cour des Comptes (2023). Ce montant considérable, équivalant à environ 900 millions d'euros par réacteur, reflète la complexité technique de ces opérations.

### B) cout de construction

Quant aux nouveaux projets, le chantier de l'EPR de Flamanville illustre les difficultés de maîtrise des coûts et des délais dans la construction de centrales nucléaires modernes. Initialement budgété à 3,3 milliards d'euros pour une mise en service prévue en 2012, le projet atteignait fin 2023 un coût estimé à 19,1 milliards d'euros avec une mise en service attendue en 2024, soit un dépassement de 480% du budget et un retard de 12 ans (EDF, 2023). Ces surcoûts soulèvent des questions sur la viabilité économique des futurs projets nucléaires, notamment le programme de construction de six nouveaux EPR2 annoncé par le gouvernement français en 2022, estimé à 52 milliards d'euros.

Ce graphique en dessous montre que le coût de production du parc nucléaire actuel est principalement lié aux investissements initiaux (41 %) et à l'exploitation des réacteurs (34 %).

La maintenance représente 9 %, tandis que le combustible, le recyclage et les déchets comptent pour 16 %. Cela souligne que le nucléaire demande d'importants investissements de départ, mais que son fonctionnement reste ensuite relativement stable en coût.



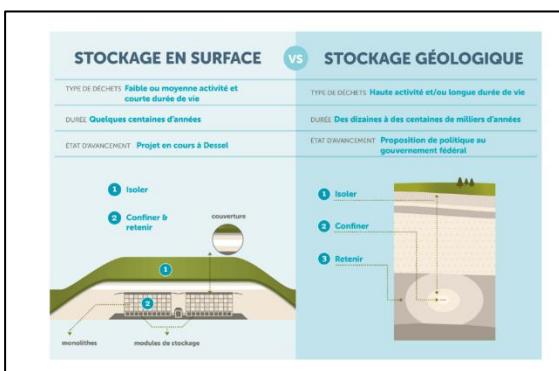
## 3) Le problème des déchets radioactifs

La gestion des déchets radioactifs représente un défi technique, environnemental et éthique majeur. Selon l'ANDRA (Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs), la France génère chaque année environ 2 kg de déchets radioactifs par habitant, soit un total d'environ 1 300 m<sup>3</sup> de déchets de haute et moyenne activité à vie longue (HA et MA-VL) annuellement. Ces déchets, qui concentrent 99,8% de la radioactivité totale, nécessitent un confinement sur des périodes pouvant atteindre plusieurs centaines de milliers d'années. Il existe trois sortes de déchets radioactifs :

1. Les déchets de faible activité
2. Les déchets de moyenne activité
3. Les déchets de haute activité

Les déchets de faible et moyen niveau sont généralement stockés dans des installations de surface ou des dépôts intermédiaires. Les déchets de haute activité, en revanche, nécessitent un

stockage géologique profond pour isoler les radiations sur le long terme, souvent des milliers d'années. Le projet Cigéo (Centre industriel de stockage géologique) à Bure, dans la Meuse, constitue la solution envisagée par la France pour le stockage définitif de ces déchets en couche géologique profonde. Son coût total est estimé à 25 milliards d'euros par l'ANDRA (2023), un montant provisionné progressivement par les producteurs de déchets (principalement EDF). Ce projet, bien qu'approuvé scientifiquement par de nombreuses instances nationales et internationales, continue de susciter des oppositions sociétales et des questionnements sur les risques à très long terme. L'économie de la gestion des déchets nucléaires s'inscrit dans une temporalité exceptionnellement longue, soulevant des questions sur l'équité intergénérationnelle. Selon la Cour des Comptes (2022), les provisions constituées par les exploitants nucléaires pour le démantèlement et la gestion des déchets s'élevaient à 53,2 milliards d'euros fin 2021, mais leur adéquation avec les coûts réels futurs reste incertaine compte tenu des horizons temporels concernés.



Ce schéma compare deux méthodes de stockage des déchets nucléaires : en surface pour les déchets à faible ou moyenne activité, et géologique pour les déchets à haute activité et longue durée de vie. Le stockage en surface est prévu pour quelques centaines d'années, avec un

projet en cours à Dessel. Le stockage géologique vise une durée de plusieurs dizaines de milliers d'années, mais n'en est encore qu'au stade de proposition politique. Les deux méthodes visent à isoler, confiner et retenir les déchets pour protéger l'environnement.

### 4) Dépendance à une ressource importé

Contrairement à l'image d'indépendance énergétique parfois associée au nucléaire, la France dépend entièrement des importations pour son approvisionnement en uranium. Les principaux fournisseurs sont le Kazakhstan (27% des importations françaises), le Niger (20%), l'Australie (18%), l'Ouzbékistan (14%) et le Canada (8%) selon le Haut Comité pour la Transparence et l'Information sur la Sécurité Nucléaire (2023).

Cette dépendance expose potentiellement le pays à des risques géopolitiques, même si plusieurs facteurs en atténuent la portée : diversification des sources d'approvisionnement, stocks stratégiques représentant environ deux ans de consommation, et faible part du combustible dans le coût total de production (5-10%). Néanmoins, les tensions récentes au Niger, où le groupe français Orano exploite d'importantes mines d'uranium, illustrent la vulnérabilité potentielle de ces chaînes d'approvisionnement.

Sur le plan économique, cette dépendance représente un flux financier sortant estimé à environ 500-800 millions d'euros annuels selon l'Observatoire de l'Industrie Électrique (2023), un montant relativement modeste comparé aux importations d'hydrocarbures (77,9 milliards d'euros en 2022 selon les Douanes françaises).

### III. Des solutions pour surmonter les inconvénients

Même si l'énergie nucléaire soulève des questions importantes, il serait faux de

penser que rien ne peut être fait pour en limiter les effets négatifs. Il existe aujourd’hui des pistes concrètes pour rendre cette énergie plus sûre, mieux maîtrisée et plus adaptée aux défis de demain. Ces solutions s’appuient à la fois sur la technologie, la gestion responsable des déchets et une approche équilibrée du mix énergétique.

### 1°) Innover pour un nucléaire plus sûr et plus efficace

Les centrales nucléaires ne sont pas figées dans le temps. En France, elles sont modernisées pour répondre aux normes de sûreté les plus strictes, tout en prolongeant leur durée de vie. Cela permet de produire de l’électricité pendant 50 à 60 ans, en réduisant le coût global de production sur le long terme. D’après RTE, prolonger l’exploitation des centrales existantes pourrait faire économiser entre 10 et 15 euros par MWh d’ici 2050. Ce n’est pas négligeable.

Mais la France ne s’arrête pas là. Elle investit aussi dans la recherche de nouveaux modèles plus compacts et plus sûrs. Les petits réacteurs modulaires, aussi appelés SMR, sont conçus pour être rapides à construire, faciles à intégrer et mieux sécurisés. Le plan France 2030 prévoit un milliard d’euros pour les développer, et une première unité pourrait voir le jour dès 2030. Ces nouveaux réacteurs représentent une solution prometteuse, capable de renforcer la place du nucléaire dans la transition énergétique sans en amplifier les risques.

### 2°) Mieux gérer les déchets radioactifs

La question des déchets est au cœur des critiques faites au nucléaire. Pourtant, tous les déchets ne se valent pas. En France, plus de 90 % d’entre eux ont une faible ou moyenne activité et une durée de vie courte. Ils représentent la grande majorité du volume, mais très peu de la radioactivité totale (0,1%). Ces déchets sont déjà bien

pris en charge, notamment grâce à des installations de traitement et de stockage en surface.

Le vrai problème, ce sont les déchets les plus dangereux, ceux qui ont une activité élevée et une durée de vie très longue. Bien qu’ils représentent moins de 10 % du volume total, ils concentrent à eux seuls 99,9 % de la radioactivité. Pour eux, la France développe une solution de grande ampleur avec le projet Cigéo, à Bure, dans la Meuse. L’idée est de les stocker à 500 mètres de profondeur dans une couche géologique stable depuis des millions d’années. Le projet a reçu un avis favorable des autorités environnementales en 2023, et sa mise en œuvre pourrait débuter dans les années à venir. En parallèle, des chercheurs étudient aussi des techniques innovantes comme la transmutation, qui pourrait à terme réduire la toxicité et la durée de vie de ces déchets. Même si cette solution n’est pas encore opérationnelle, elle montre que le nucléaire n’est pas condamné à produire des déchets éternels.

### 3°) Diversifier les sources d’énergie et équilibrer le système

Même si le nucléaire est un atout majeur pour produire une électricité stable et bas-carbone, il ne peut pas répondre seul à tous les besoins énergétiques de la France. Il est donc essentiel de le compléter avec d’autres sources d’énergie, en particulier les énergies renouvelables. Le solaire, l’éolien terrestre et en mer, ont chacun leurs avantages, même s’ils dépendent de la météo.

L’intérêt d’un mix énergétique équilibré, c’est qu’il permet de combiner les points forts de chaque source. Le nucléaire assure une production régulière, le solaire fonctionne surtout en journée, et l’éolien varie selon le vent. Ensemble, ces énergies forment un système plus résistant, plus souple, et surtout plus économique. Selon RTE, un mix composé à moitié de

nucléaire(50%) et à moitié de renouvelables(50%) serait la solution la plus robuste d'ici 2050. Cela permettrait aussi de limiter notre dépendance aux importations d'énergie ou au stockage coûteux.

### 4º) Renforcer la sûreté pour éviter les accidents

Pour éviter les risques d'accidents nucléaires, plusieurs mesures sont essentielles. Tout d'abord, il est primordial de renforcer la sécurité des installations, en concevant des réacteurs capables de résister aux événements extrêmes tels que les séismes ou les incendies. Cela passe par l'adoption de technologies de pointe et la mise à jour régulière des systèmes de sécurité. Ensuite, le renouvellement et l'entretien du parc nucléaire vieillissant sont cruciaux. En France, le programme de "grand carénage" vise à moderniser les centrales pour prolonger leur durée de vie

tout en assurant une sûreté optimale. La formation continue du personnel est également fondamentale, avec des exercices de simulation de crises réguliers, permettant aux équipes de réagir rapidement en cas d'incident.

En parallèle, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) assure un contrôle indépendant des installations, ce qui garantit la transparence et la sécurité. Il est aussi nécessaire de tirer des leçons des accidents passés, comme ceux de Tchernobyl et Fukushima, pour appliquer des mesures de sécurité supplémentaires.

Enfin, l'idée de développer des petits réacteurs modulaires (SMR), plus sûrs et plus flexibles, pourrait contribuer à minimiser les risques. Ces approches combinées permettent de réduire de manière significative le risque d'accident nucléaire, tout en maintenant une production d'énergie fiable et sécurisé

## Conclusion

L'énergie nucléaire représente un atout indéniable pour la France dans sa transition énergétique, notamment en raison de ses faibles émissions de CO<sub>2</sub> et de sa capacité à garantir l'indépendance énergétique. Cependant, la rentabilité du nucléaire à court terme est nuancée par des coûts de construction extrêmement élevés, avec des investissements de l'ordre de 7 à 10 milliards d'euros pour une centrale nucléaire. De plus, les coûts de démantèlement et la gestion des déchets radioactifs, estimés à plus de 50 milliards d'euros, posent des défis économiques considérables. À long terme, cependant, le nucléaire peut s'avérer rentable grâce à des coûts de fonctionnement faibles et stables, ainsi qu'à la création d'emplois et à la stabilité des prix de l'électricité. En combinant ces avantages avec un développement renforcé des énergies renouvelables, la France pourrait surmonter ces obstacles économiques et contribuer efficacement à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, tout en atteignant ses objectifs climatiques européens.

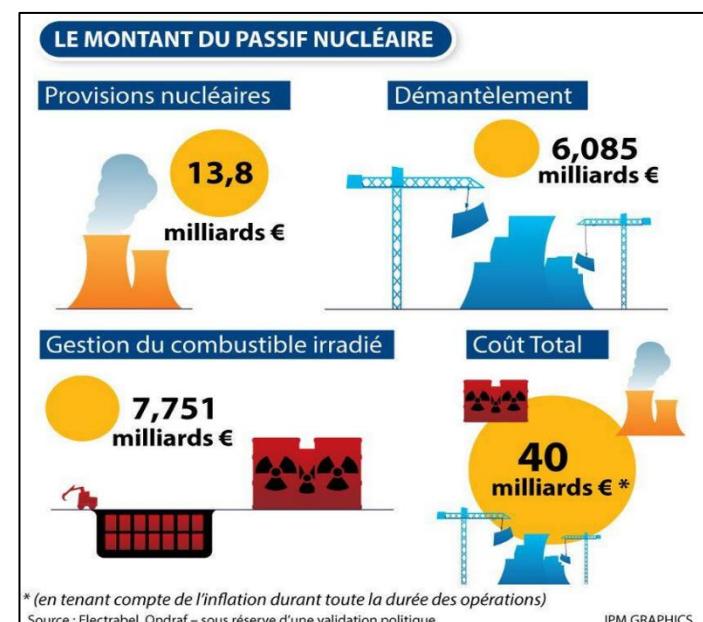
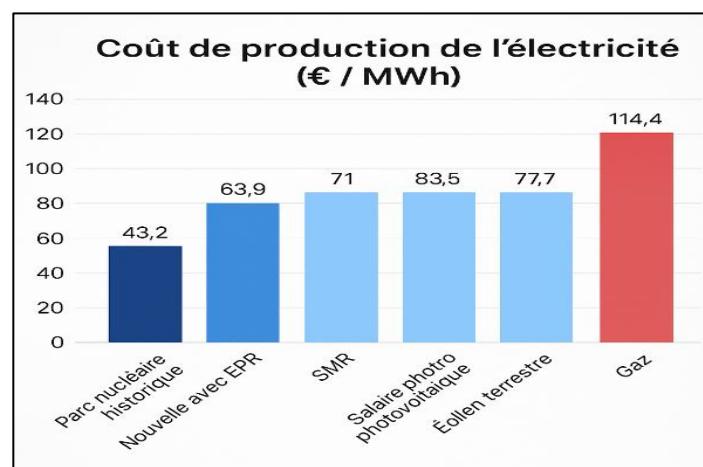
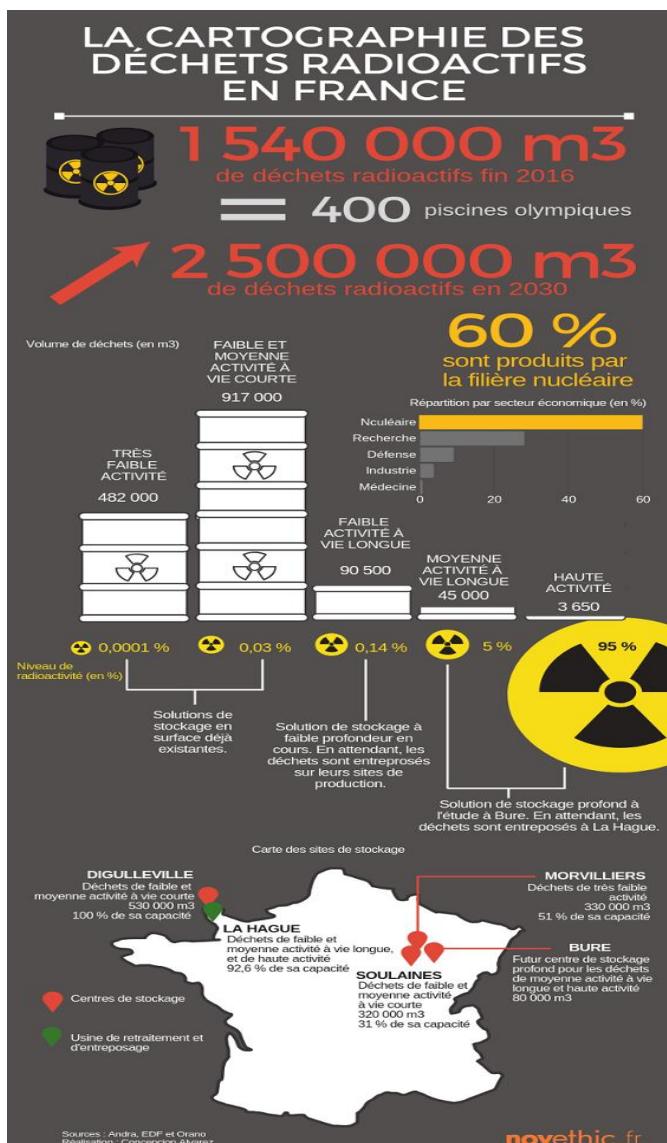
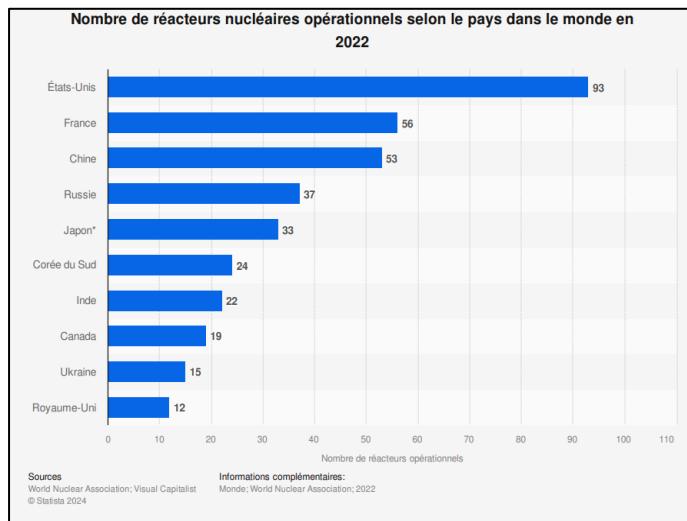
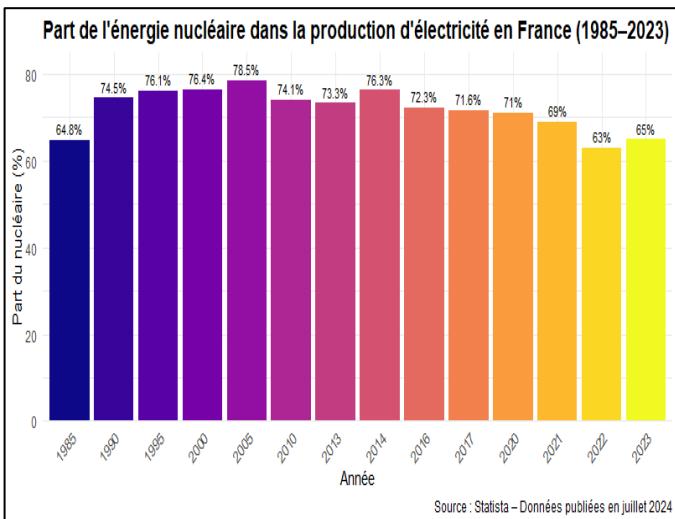
### **Bibliographie :**

- Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique. (2023). *France 2030 : un plan ambitieux sur le nucléaire de demain.* [En ligne] <https://www.economie.gouv.fr/france-2030-nucleaire>
- Gouvernement français. (2023). *Nucléaire : une énergie incontournable pour produire de l'électricité bas carbone.* [En ligne] <https://concertation-strategie-energie-climat.gouv.fr/nucleaire-incontournable-pour-produire-de-lelectricite-bas-carbone>
- Statista. (2024, juillet). *Part de l'énergie nucléaire dans la production nationale totale d'électricité dans le monde en 2023, par pays.* [En ligne] <https://www.statista.com/statistics/270367/share-of-nuclear-power-in-the-power-supply-of-selected-countries/>
- Nuclear Monitor. (2023). *Le mix énergétique français : quelle place pour le nucléaire ?* [En ligne] <https://nuclear-monitor>
- RTE.(2025). Transition écologique, transition énergétique : quel est le rôle de l'électricité ?. [en ligne] <https://www.rte-france.com/wiki-energie/transition-ecologique-energetique-quel-role-electricite>
- Épaulard, Anne, et al. "La transition écologique en Europe: tenir le cap." *OFCE Policy Brief* 131 (2024): 1-24. <https://sciencespo.hal.science/hal-04622328/>
- Poupeau, François-Mathieu. "Quelles transitions institutionnelles pour lutter contre le changement climatique en France?." *Transitions. Les nouvelles Annales des Ponts et Chaussées* 4 (2024): 106-109. <https://shs.hal.science/halshs-04789195/>
- Charriaud, Pascal, and Morgan Crénès. "Le défi de l'acceptabilité: l'Europe face à la mise en œuvre des objectifs de la transition écologique." *Revue de l'Energie* 671.2 (2024): 10-12. [https://stm.cairn.info/revue-revue-de-l-energie-2024-2-page-10?tab=texte\\_integrale](https://stm.cairn.info/revue-revue-de-l-energie-2024-2-page-10?tab=texte_integrale)
- Sapy, G. (2023). *Pourquoi la France doit absolument pérenniser son choix historique de l'énergie nucléaire.* Institut économique Molinari. [En ligne] <https://www.institutmolinari.org/wp-content/uploads/2023/12/etude-energie-nucleaire-2023.pdf>
- Vie publique. Sureté nucléaire :prévention et gestion des risques. 05/02/2025. [en lignes] <https://www.vie-publique.fr/eclairage/272644-surete-nucleaire-prevention-et-gestion-des-risques>
- Grand, D., et al. (2024). *Dans quelles conditions fonctionnerait le mix électrique prévu pour la France par la loi sur la transition énergétique ? Reflets de la physique*, 77, 11 121. [En ligne] <https://www.refletsdelaphysique.fr/articles/refdp/abs/2024/01/refdp202477p116/refdp202477p116.html>
- Faudon, V. (2021). *Relocaliser en décarbonant grâce à l'énergie nucléaire.* Fondation pour l'innovation politique (Fondapol).
- Lenglart, F., Lesieur, C., & Pasquier, J.-L. (2010). *Les émissions de CO<sub>2</sub> du circuit économique en France. L'Économie française.* [En ligne] <http://gesd.free.fr/ecofra10e.pdf>

- Fontanel, J. (2005). *Le coût du nucléaire militaire en France et son avantage comparatif. La dissuasion nucléaire française en question(s)*. [En ligne] <https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-03218888/document>
- Greenpeace France. (2023). *Le nucléaire est-il une solution pour le climat ?* [En ligne] <https://www.greenpeace.fr/nucleaire-solution-climat/>
- Parlons sciences. (2022). *Quels sont les avantages et les inconvénients de l'énergie nucléaire ?* [En ligne] <https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/les-stim-expliquees/quels-sont-les-avantages-et-les-inconvenients-de>
- BigMedia – Bpifrance. (2023). *Centrales nucléaires en France : quel rôle dans la transition énergétique ?* [En ligne] <https://bigmedia.bpifrance.fr/nos-dossiers/centrales-nucleaires-en-france-quel-role-dans-la-transition-energetique>
- BigMedia – Bpifrance. (2023). *Énergie nucléaire : définition, fonctionnement, avantages.* [En ligne] <https://bigmedia.bpifrance.fr/nos-dossiers/energie-nucleaire-definition-fonctionnement-avantages>

# Objectifs climatiques à l'horizon 2050 dans les pays européens

## ANNEXES :



## Objectifs climatiques à l'horizon 2050 dans les pays européens

