



Société
Française
d'Énergie
Nucléaire



Parler du
NUCLEAIRE



Le nucléaire : **UNE ENERGIE POUR L'AVENIR**

Dans un contexte énergétique en profonde mutation, où la France souhaite redresser son économie, réindustrialiser ses territoires et lutter contre le changement climatique,

l'énergie nucléaire, parce qu'elle apporte des réponses adaptées et efficaces à ces défis, est un choix d'avenir qui correspond pleinement aux enjeux du XXI^e siècle.

Le nucléaire est un atout économique assurant aux Français et aux entreprises une électricité bon marché, protégeant la France des aléas énergétiques, et contribuant à exporter le savoir-faire français partout dans le monde.

Le nucléaire est aussi une filière industrielle d'excellence. Troisième filière industrielle de France avec plus de 2 500 entreprises réparties sur tout le territoire, le nucléaire est engagé dans une révolution numérique qui transforme le secteur en profondeur et accélère le développement des technologies de rupture.

Enfin, le nucléaire se place au carrefour des enjeux environnementaux et climatiques de ce siècle.

Energie propre et bas carbone, le nucléaire recycle ses matières, gère ses déchets de manière rigoureuse, et prévient la bétonisation des territoires. Complémentaire aux énergies renouvelables, le nucléaire permet à la France d'être l'un des pays les moins émetteurs de gaz à effet de serre au monde.

Valérie Faudon,
Déléguée Générale de la SFEN

Un atout économique

- Une électricité nucléaire bon marché en France
- L'énergie nucléaire pilier de l'indépendance énergétique
- La filière nucléaire exporte

Une filière industrielle d'excellence

- La 3^{ème} filière industrielle française
- Une filière engagée vers l'industrie du futur
- De nouveaux concepts de réacteurs
- La sûreté des installations

Une énergie propre

- Une énergie bas carbone
- Une industrie respectueuse de l'environnement
- Nucléaire et renouvelables
- L'industrie nucléaire sait gérer ses déchets

L'énergie nucléaire, PILIER DE L'INDÉPENDANCE ÉNERGÉTIQUE



L'énergie nucléaire a permis à la France de se prémunir des aléas des marchés mondiaux de l'énergie et des risques géopolitiques associés. Elle met l'Hexagone à l'abri pour les années qui viennent, dans un contexte crise des marchés de l'électricité européens.

55,8 %

Le taux d'indépendance énergétique de la France est l'un des plus élevés de l'UE.

L'énergie nucléaire a permis à la France de se prémunir des aléas des marchés mondiaux de l'énergie et des risques géopolitiques associés.

- L'histoire et l'actualité montrent qu'il est difficile de prévoir les aléas des marchés mondiaux de l'énergie : chocs et contre-chocs pétroliers, essor du gaz de schiste, crise russo-ukrainienne, regain du charbon en Europe. En 1970, les deux tiers de l'électricité étaient produits avec des énergies fossiles (charbon, fuel, gaz).

Grâce au nucléaire, cette part n'est plus que de 6 %. Le taux d'indépendance énergétique de la France¹ est l'un des plus élevés de l'Union européenne (55,8 %²). A situation comparable, le taux du Japon, pays ne disposant d'aucune ressource énergétique, est tombé à 9 %³, contre 20 % avant l'arrêt des réacteurs nucléaires en 2011.

- Malgré l'indépendance énergétique dans le domaine électrique, une remontée des prix du pétrole pourrait mettre à mal l'économie française. La France importe la quasi-totalité des hydrocarbures qu'elle consomme dans les transports et l'habitat-tertiaire : en 2014, la France a dépensé 54,6 milliards d'euros⁴ pour s'alimenter en gaz et pétrole. L'électrification des usages dans le domaine des transports et de l'habitat-tertiaire permettra de réduire cette facture et de renforcer encore l'indépendance énergétique de l'Hexagone.

L'énergie nucléaire met la France à l'abri pour les années qui viennent, dans un contexte de crise des marchés de l'électricité européens.

- Le coût de production de l'électricité nucléaire est très prédictible car il n'est que très peu tributaire des cours de l'uranium : celui-ci ne représente que 5 % des coûts totaux de production. Aussi, le marché de l'uranium est différent des autres marchés de matières premières : les risques géopolitiques sont faibles (44 % des réserves actuelles se trouvent dans l'OCDE⁵) et la majorité des échanges se fait au travers de contrats long terme.



- Dans le nucléaire, la France a développé une filière industrielle nationale complète qui lui permet de maîtriser la conception et la construction de ses propres installations de production d'électricité, d'enrichissement d'uranium et de fabrication du combustible. Elle n'est tributaire d'aucun savoir-faire technologique ou industriel extérieur.
- Dans un marché européen de l'électricité en crise, dans lequel les faibles prix de gros découragent les investissements, le parc nucléaire protège les Français face à des risques futurs de rupture d'approvisionnement. La France a engagé un programme de rénovation de ses centrales pour une exploitation au-delà de 40 ans, et prépare le début du renouvellement de son parc à l'horizon 2030.



LEVER LE DOUTE SUR...

Les ressources en uranium sont-elles suffisantes pour assurer notre indépendance énergétique ?

La sécurité d'approvisionnement de la France est assurée de la manière suivante :

- Court terme – EDF dispose d'un stock d'uranium en France correspondant à 2 ans de production d'électricité¹ (en comparaison, les réserves d'hydrocarbures représentent moins de 4 mois de notre consommation annuelle²). La France réduit ses besoins en uranium naturel en recyclant ses combustibles usés : 10 % de l'électricité française est produite à partir de matières recyclées. En cas de prix élevé de l'uranium, ce taux pourrait être porté à 20 %.
- Moyen terme – La France possède, au travers d'AREVA, un portefeuille de réserves en uranium représentant 30 années de consommation.
- Long-terme - Les ressources connues en uranium représentent 100 ans de consommation mondiale et jusqu'à 250 ans³ si l'on inclut les ressources estimées.



¹ Le taux d'indépendance énergétique est le résultat du rapport entre la production nationale d'énergies et la consommation en énergie.

² Chiffres clés de l'énergie – CGDD (2015)

³ Département de l'Énergie des États-Unis (2015)

⁴ Panorama énergies-climat – MEDDE (2013)

⁵ Uranium : Ressources, production et demande - AEN/OCDE (2014)

⁶ Rapport sur les coûts du nucléaire – Assemblée nationale (2014)

⁷ MEDDE (2013)

⁸ Uranium : Ressources, production et demande - AEN/OCDE (2014)

Une électricité nucléaire BON MARCHÉ EN FRANCE



L'énergie nucléaire permet aux Français de bénéficier sur l'ensemble du territoire d'une électricité bon marché. Il s'agit également d'un facteur majeur de compétitivité qui bénéficie à l'ensemble de l'industrie et contribue à lutter contre les délocalisations.

Un ménage allemand
paye son courant

70 % PLUS CHER

qu'un français¹.

L'énergie nucléaire permet aux Français de bénéficier sur l'ensemble du territoire d'une électricité bon marché.

- L'électricité est un bien de première nécessité : le nucléaire permet aux Français de bénéficier des prix de l'électricité les plus bas d'Europe de l'Ouest². En comparaison, un ménage allemand paye son courant 70 % plus cher qu'un français. Les prix allemands de l'électricité pour les ménages et les industries sont d'ailleurs, avec les danois, les plus élevés d'Europe.
- Le système de la péréquation tarifaire et le réseau de transport permettent aux Français de payer le même tarif et de bénéficier de la même qualité de service partout en France. Par exemple, la Bretagne, qui ne produit que 15 % de sa consommation d'électricité³, est alimentée par les sites de production des régions voisines, notamment les centrales nucléaires de la vallée de la Loire et de la Manche, et bénéficie des mêmes tarifs.

Le coût de l'électricité est un facteur majeur de compétitivité qui bénéficie à l'ensemble de l'industrie et contribue à lutter contre les délocalisations.

- En France, le prix de l'électricité pour les industriels est inférieur de 25 % au prix moyen en Europe⁴. Malgré les très gros progrès en termes d'efficacité énergétique, les industriels restent de grands consommateurs d'électricité (l'électricité représente 50 % de leur facture énergétique). Pour certaines industries électro-intensives, l'électricité représente 30 % (aluminium) à 70 % (chlore) du coût de revient⁵. Garantir une électricité compétitive et de qualité est un facteur clef d'attractivité pour le choix du pays où elles s'implantent, et permet de prévenir des délocalisations. A terme, pour d'autres industries, dans une perspective de hausse des prix du CO₂ en Europe, l'avantage compétitif procuré par le nucléaire bas carbone pourrait réussir à compenser un différentiel négatif sur d'autres facteurs de production comme le coût du travail.



- La France est reconnue comme numéro 1 mondial pour la qualité, la disponibilité et l'accès à son électricité⁶, ce qui constitue un atout important aux yeux des investisseurs industriels. Plus de 250 clients industriels⁷, représentant 530 sites, sont directement raccordés au réseau de transport d'électricité. La stabilité de la production d'électricité des centrales nucléaires permet de prévenir toute coupure d'alimentation et toute variation de tension qui pourraient avoir des répercussions critiques sur le cycle de production de ces sites industriels.



LEVER LE DOUTE SUR...

Le coût de production de l'électricité inclut-il le coût du démantèlement des centrales et la gestion à long terme des déchets ?

- Dans ses rapports de 2012 et de 2014, la Cour des Comptes a mis en évidence que les provisions pour le démantèlement et celles pour la gestion des déchets et combustibles usés étaient prises en compte dans le calcul des coûts de production nucléaire.
- Concrètement : EDF provisionne tout au long de l'exploitation de ses installations et a déjà provisionné 18,6 milliards d'euros pour l'aval du cycle et 17,5 pour le démantèlement, soit un total de 36,1 Mds€. La Cour des Comptes a évalué ces réserves à plusieurs reprises et conclut sur leur suffisance.



¹ Eurostat (2015)

² Eurostat (2015)

³ RTE (2016)

⁴ Eurostat (2015)

⁵ Uniden

⁶ Choiseul Energy Index- KPMG (2016)

⁷ RTE (2016)

La filière nucléaire EXPORTE



Grâce à sa production d'électricité nucléaire, la France exporte de l'électricité vers ses voisins. La filière nucléaire française est reconnue comme un leader sur les marchés mondiaux d'équipements et de services. Elle est présente sur la construction de centrales neuves et répond aux besoins des centrales en exploitation. La France développe des partenariats stratégiques internationaux pour maintenir son avance technologique.

La filière nucléaire
exporte chaque année

6 Mds€

de biens et services.

Grâce à sa production d'électricité nucléaire, la France exporte de l'électricité vers ses voisins.

- La France fournit de l'électricité bas carbone à ses voisins en exportant plus de 10 %¹ de sa production pour environ 2 milliards² d'euros par an.

La filière nucléaire française est reconnue comme un leader sur les marchés mondiaux d'équipements et de services.

- EDF, premier exploitant de centrales nucléaires dans le monde, est reconnue et sollicitée par ses pairs pour son expérience. Dans l'exploitation comme dans la sûreté, plusieurs électriciens s'inspirent de ses méthodes.
- Les entreprises françaises sont présentes sur l'ensemble de la chaîne de valeur et exportent des biens et services pour 6 milliards d'euros³ par an. Dans ses activités du cycle nucléaire, AREVA réalise 60 % de son chiffre d'affaires hors de France. Les PME du secteur nucléaire exportent 5 à 10 fois plus que la moyenne de l'industrie, notamment en Chine⁴.

La France est présente sur la construction de centrales neuves et répond aux besoins des centrales en exploitation.

- La France est présente sur le marché de la construction des centrales neuves avec une gamme de deux réacteurs : l'EPR (1 600 MWe) et l'ATMEA1 (1 000 MWe). Elle est engagée commercialement en Pologne, en Afrique du Sud, en Turquie, en Inde. En plus de ses propres projets, elle se positionne pour fournir des briques de technologie ou de savoir-faire aux chantiers de ses concurrents (russes, coréens, japonais, chinois) : GEAST (anciennement Alstom) est ainsi le fournisseur de turbines du russe Rosatom.



- Les industriels français sont aussi très actifs sur le marché de la fourniture de services, équipements, et combustibles aux 450 réacteurs en exploitation dans le monde. La France dispose également d'une offre complète sur le cycle du combustible nucléaire, de l'approvisionnement d'uranium enrichi, au recyclage des combustibles usés et à la gestion des déchets radioactifs.

La France développe des partenariats stratégiques internationaux pour maintenir son avance technologique.

- Avec le Japon, AREVA et son partenaire MHI ont conçu ensemble le réacteur de 1 000 MWe (ATMEA1).
- L'industrie française a de solides positions dans le programme nucléaire chinois : acteur de confiance depuis plus de 40 ans, l'industrie hexagonale dispose de 10 % de part de marché sur le marché des réacteurs de 1 000 MWe. La France s'engage avec la Chine sur le financement de projets internationaux comme au Royaume-Uni (cf. Hinkley Point C).
- En Europe, la France a gagné la confiance de partenaires stratégiques, notamment auprès du Royaume-Uni qui souhaite renouveler une partie de son parc nucléaire. L'aboutissement du projet Hinkley Point C constitue le noyau d'une alliance industrielle européenne.

“ LEVER LE DOUTE SUR... ”

L'accident de Fukushima a-t-il mis fin à la construction de nouvelles centrales nucléaires ?

- La construction de nouveaux réacteurs n'a jamais été aussi importante depuis 25 ans. Actuellement, 60 nouvelles unités nucléaires sont en construction, elles viendront s'ajouter aux 450 raccordées au réseau³.
- Pour l'AIE⁶, la capacité nucléaire devrait doubler d'ici 2050 pour atteindre les objectifs climatiques, passant de 400 GWe à 930 GWe.

”

¹ Commission de Régulation de l'Energie (CRE) (2016)

² Conseil Stratégique de la Filière Nucléaire (CSFN) (2014)

³ CSFN (2014)

⁴ PFCE (2011)

⁵ AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique) (2016)

⁶ AIE : Agence internationale de l'Energie (OCDE)

La 3^{ème} filière INDUSTRIELLE FRANÇAISE



La filière nucléaire est la troisième filière industrielle française avec plus de 2 500 entreprises (PME, ETI, start-up) réparties sur tout le territoire. Les entreprises de la filière participent activement au développement et au dynamisme des territoires. Ses employés sont deux fois plus qualifiés que la moyenne de l'industrie française.

2 500

entreprises, PME, ETI, start-up, de la filière réparties sur l'ensemble du territoire.

La filière nucléaire est la troisième filière industrielle française avec plus de 2 500 entreprises (PME, ETI, start-up) réparties sur tout le territoire.

- Forte de ses 220 000 professionnels, répartis dans 2500 entreprises (PME, ETI, start-up), la filière nucléaire est la 3^e filière industrielle française¹, derrière l'aéronautique et l'automobile.
- Dans le nucléaire, la France maîtrise l'ensemble de la chaîne de valeur de l'extraction du combustible à son retraitement en passant par la conception, la réalisation et l'exploitation-maintenance des installations, ce qui lui permet de capter une plus grande proportion des emplois.
- Selon PwC², 1 Euro investi dans le nucléaire crée 3 fois plus d'emplois que dans les autres filières de production d'électricité. L'essentiel des emplois de la filière ne peut être délocalisé.

Les entreprises de la filière participent activement au développement et au dynamisme des territoires.

- Les centres de production d'électricité et les activités des entreprises de la filière sont bien répartis dans l'ensemble des régions.
- Un site nucléaire génère des emplois directs et indirects et crée de l'activité dans les autres secteurs sur tout un territoire. Une centrale comme celle de Fessenheim (Haut-Rhin) fait vivre plus de 5 000 personnes³. Les activités aval du cycle nucléaire génèrent également de nombreux emplois : l'usine AREVA de La Hague (Manche) emploie 4 000 salariés.
- Le projet Hinkley Point de construction de deux réacteurs EPR au Royaume-Uni bénéficiera à l'ensemble du tissu industriel français. Selon le cabinet PwC, un EPR implanté en Europe génère près de 3 750 emplois par an en France, pendant la phase de construction.



Ses professionnels sont deux fois plus qualifiés que la moyenne de l'industrie française.

- Secteur exigeant et à forte valeur ajoutée, l'industrie nucléaire favorise la montée en compétence de ses fournisseurs d'équipements et de prestataires de services qui, par le savoir-faire qu'ils ont acquis, peuvent se développer dans d'autres secteurs de pointe : aéronautique, industrie spatiale, etc.
- La filière nucléaire génère des emplois hautement qualifiés. 2/3 des effectifs sont cadres ou ETAM⁴. Cette proportion est 2 fois plus forte que la moyenne de l'industrie.
- L'industrie nucléaire se féminise : chez EDF, la part des femmes dans les métiers d'ingénierie ou de technique est supérieure au nombre de femmes qui sortent du système scolaire dans ces formations.
- L'industrie nucléaire accueille une nouvelle génération d'ingénieurs et de techniciens : depuis 2010, les entreprises du secteur renouvellent leurs effectifs.

“ LEVER LE DOUTE SUR... ”

Les sous-traitants bénéficient-ils du même suivi médical que les autres professionnels du secteur ?

- Tous les professionnels intervenant en zone nucléaire, qu'ils travaillent directement pour un exploitant nucléaire (EDF, AREVA, CEA) ou indirectement, via une entreprise prestataire, bénéficient d'un suivi médical rigoureux.
- Depuis 2004, les entreprises du secteur nucléaire ont adopté une charte commune relative à la gestion des relations entre exploitants et sous-traitants. Cette collaboration étroite a permis de faire diminuer la dose individuelle de 3 mSv/an à 1 mSv/an au cours des 10 dernières années, alors que la limite réglementaire d'exposition des travailleurs est fixée à 20 mSv sur 12 mois.

”

¹ A titre de comparaison, la filière éolienne représentait environ 3 730 emplois en France en 2014 selon l'ADEME et 10 870 emplois pour la filière photovoltaïque.

² Le poids socio-économique de l'électronucléaire en France – PwC (2011)

³ Une inscription territoriale diffuse pour la centrale nucléaire de Fessenheim - INSEE (2014)

⁴ ETAM : Employés, Techniciens et Agents de Maîtrise

Une filière engagée VERS L'INDUSTRIE DU FUTUR



L'industrie nucléaire se réinvente et prépare l'avenir. Pour renforcer la compétitivité des nouvelles installations nucléaires, la filière a engagé des programmes d'innovation et de transformation de l'ensemble de ses métiers. Le développement des technologies numériques offre des possibilités nouvelles en vue d'améliorer la compétitivité de la filière nucléaire.

Objectif :

RÉDUIRE DE 30 %

les coûts de construction des nouveaux réacteurs d'ici 2030.

L'industrie nucléaire se réinvente et prépare l'avenir. Pour renforcer la compétitivité des nouvelles installations nucléaires, la filière a engagé des programmes d'innovation et de transformation de l'ensemble de ses métiers.

- Dans la filière nucléaire comme dans l'ensemble de l'industrie, la transformation des processus de production, de nouvelles méthodes de travail collaboratives, et l'essor des nouvelles technologies permettent de générer d'importants gains de compétitivité. La filière française a lancé un nouveau projet de réacteur emblématique de cette transformation, l'EPR-NM (Nouveau Modèle), dont l'objectif est de réduire de 30 % les coûts de construction des nouveaux réacteurs d'ici 2030.
- Pour mobiliser l'intelligence collective, les donneurs d'ordre mobilisent désormais les savoir-faire de leurs partenaires plus en amont des projets. Les industriels invitent PME et start-up, à développer de nouvelles solutions. Ces démarches visent à accélérer les cycles d'innovation et créer les sauts technologiques majeurs, notamment par l'apport des pratiques développées dans d'autres secteurs industriels comme l'aéronautique.
- Demain, la métallurgie sera impactée par la fabrication additive. L'utilisation de cette technique dans l'industrie nucléaire, si elle ne réduit pas les délais de qualification d'une pièce, permettra de fabriquer des pièces complexes en petite série, tout en limitant les coûts.

Le développement des technologies numériques offre des possibilités nouvelles en vue d'améliorer la compétitivité de la filière nucléaire.

- Dans un projet de réacteur nucléaire, l'utilisation du numérique permet de réaliser un gain supérieur à 5 % des dépenses d'investissement du projet (CAPEX). Ces gains sont directs et majeurs : 70 % à 80 % du prix de l'électricité produite par un réacteur dépend du coût du chantier.



- Les outils numériques permettent de mettre à jour, archiver et analyser une quantité toujours plus importante de données. Puis, de les partager avec l'ensemble des acteurs de la filière nucléaire (exploitant, entreprises et autorité de sûreté). Cette continuité et cette traçabilité de l'information bénéficient à la sûreté et renforcent l'efficacité des opérations.
- Le recours à la simulation numérique est largement répandu dans l'industrie qui l'utilise pour améliorer la conception et la construction des nouveaux réacteurs. Comme dans l'aéronautique, cette technique permet d'accélérer les étapes de démonstration d'une technologie, sans avoir à passer par la fabrication d'un démonstrateur à échelle 1.

“ LEVER LE DOUTE SUR...

Les nouveaux réacteurs nucléaires comme l'EPR sont-ils compétitifs ?

- Quatre réacteurs EPR sont en construction dans le monde (France, Finlande et Chine) et seront mis en service d'ici 2018. La construction de deux nouvelles unités démarrera bientôt au Royaume-Uni.
- Les chantiers EPR en France et en Finlande ont présenté des retards. Pour ces projets, l'EPR était un nouveau modèle dans un contexte qui avait profondément évolué et avec des équipes qui n'avaient pas construit de réacteurs depuis 15 ans. En Chine, où deux EPR sont en construction, les chantiers respectent leur planning.
- En investissant dans la centrale britannique, la Chine, plus grand constructeur de centrales au monde, témoigne de sa confiance envers cette technologie, et envers les industriels français, EDF et AREVA.

”

¹ Dassault Systèmes (2016)

La sûreté DES INSTALLATIONS



La sûreté des installations nucléaires est la responsabilité première de l'exploitant. Un contrôle externe est assuré par une Autorité de sûreté indépendante du politique et des industriels qui dispose d'importants pouvoirs.

591 INSPECTIONS

sont menées chaque
année par l'ASN dans
les installations
nucléaires.

La sûreté des installations nucléaires est la responsabilité première de l'exploitant.

- L'exploitant est le premier responsable de la sûreté de ses installations. Il définit et met en œuvre les moyens de contrôle interne qui visent au respect des réglementations qui s'appliquent en matière de sûreté nucléaire.
- Chaque exploitant nucléaire a mis en place à l'intérieur de son organisation, une filière de sûreté indépendante, séparée des équipes qui conduisent les opérations, et qui a pour mission de s'assurer au quotidien du respect des exigences de sûreté qui encadrent ses activités.

Une Autorité de sûreté indépendante du politique et des industriels qui dispose d'importants pouvoirs.

- L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a le pouvoir d'arrêter une installation à tout instant si elle le juge nécessaire.
- L'ASN est indépendante du Gouvernement et rend compte de son action au Parlement, notamment à l'OPECST¹. En moyenne, l'autorité est auditionnée 4 fois par an par les parlementaires.
- Dotée de 483 agents, l'ASN a effectué en France en 2015, 591 inspections dans les installations nucléaires².
- Tous les événements, même s'ils n'ont aucun impact sur la sûreté, sont obligatoirement déclarés par les industriels, puis analysés. 938 événements ont été déclarés en 2015.

L'industrie nucléaire est l'industrie la plus ouverte à ses parties prenantes.

- Le secteur nucléaire fait l'objet d'une évaluation précise (coût, niveau de sûreté, gestion des déchets, etc.) de la part des organismes d'Etat. Depuis 2012, 7 travaux parlementaires et 10 publications de la Cour des comptes ont été rendus publics.
- Depuis 30 ans, les exploitants et les autorités ne sont plus les seuls acteurs de la sûreté nucléaire. La société civile (associations, citoyens, etc.) s'engage au travers du HCTISN³, et des commissions locales d'information (CLI). Ce dispositif n'existe dans aucun autre secteur.
- Les CLI disposent d'importantes prérogatives : réalisation d'expertises indépendantes ou encore, participation aux visites d'installations nucléaires suite à un incident.



Une sûreté exemplaire saluée par les experts internationaux.

- Immédiatement après Fukushima, l'ASN a inspecté l'ensemble des installations nucléaires pour s'assurer de leur robustesse face des situations naturelles extrêmes⁴. Le niveau de sûreté des installations a été jugé satisfaisant et aucune installation n'a été mise à l'arrêt.
- Afin de renforcer encore les protections prévues dans des cas extrêmes, l'ASN a exigé des mesures complémentaires pour renforcer la robustesse des installations. Dès 2011, les exploitants nucléaires ont engagé un programme de modifications. Ainsi EDF a mis en place un budget de 10 milliards d'euros pour l'ensemble de son parc nucléaire.
- Des mesures techniques ont été prises pour que, en cas d'accident grave, il n'y ait pas, comme à Fukushima, de rejets radioactifs entraînant une contamination longue des territoires. Une force d'action rapide nucléaire (FARN pour EDF) et une Force d'Intervention Nationale pour AREVA (FINA) ont été mises en place pour permettre d'envoyer des renforts de professionnels et des moyens mobiles sur une installation en difficulté.
- L'AIEA évalue aussi la sûreté des centrales françaises. Ces évaluations (OSART⁵), qui s'appuient sur les meilleures pratiques internationales en matière de sûreté, ont reconnu 17 bonnes pratiques françaises, dont la FARN, qui pourraient devenir de nouveaux standards internationaux.

“

LEVER LE DOUTE SUR...

Les irrégularités identifiées en 2016 dans certaines pièces de réacteurs représentent-elles un danger ?

- L'audit qualité mené par AREVA dans ses usines de fabrication d'équipement a pour objectif de démontrer la qualité intrinsèque des pièces fabriquées. Ces contrôles sont réalisés en lien direct avec EDF et l'ASN.
- L'arrêt de certains réacteurs et la demande de tests complémentaires témoignent du bon fonctionnement du contrôle de l'ASN ainsi que de son haut niveau d'exigence, de ses pouvoirs et de son indépendance.

”

¹ L'OPESCT est l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques

² Rapport sûreté nucléaire et radioprotection en France - ASN (2015)

³ HCTISN : Haut Comité pour la Transparence et l'Information sur la Sûreté Nucléaire

⁴ Situations naturelles extrêmes : tremblement de terre, inondation, etc.

⁵ L'Agence Internationale à l'Energie Atomique (AIEA) mène des OSART (Operational Safety Assessment Review Team) qui permettent d'évaluer la sûreté des centrales nucléaires.

De nouveaux concepts DE REACTEURS



L'énergie nucléaire n'est qu'au début de son histoire : on assiste aujourd'hui à un regain d'intérêt mondial autour de nouveaux concepts de réacteurs. La France a le potentiel d'être un acteur majeur sur ces nouvelles technologies.

Aux Etats-Unis, environ

50 START-UP

travaillent sur de
nouveaux concepts de
réacteur nucléaire.

L'énergie nucléaire n'est qu'au début de son histoire : on assiste aujourd'hui à un regain d'intérêt mondial autour de nouveaux concepts de réacteurs.

- Le nucléaire est une énergie jeune, avec de nombreuses ruptures technologiques à venir. L'initiative « *Mission Innovation* » de Bill Gates annoncée à la COP21 témoigne de la volonté de grands entrepreneurs anglo-saxons de soutenir, au vu des enjeux climatiques, l'innovation dans les « énergies propres »¹, dont le nucléaire. Une cinquantaine de start-ups, notamment autour du MIT, ont vu le jour, sur une variété de nouvelles technologies de réacteurs. L'investissement privé est évalué à 1,6 milliard de dollars². Le DOE³ a engagé un programme spécifique, GAIN⁴, pour les soutenir. L'administration américaine mettra à leur disposition les infrastructures et experts nécessaires à la validation du concept.

- La France a déjà de l'expérience sur plusieurs de ces technologies. Elle dispose aussi de savoir-faire et de moyens de pointe en recherche nucléaire, clés pour le développement des réacteurs du futur, dans les domaines de la modélisation/simulation, de l'instrumentation, et des matériaux avancés. Elle est naturellement sollicitée par les pays étrangers, comme les Etats-Unis ou l'Inde, pour participer à la plupart de leurs projets de développement de nouveaux réacteurs.

La France a le potentiel d'être un acteur majeur sur ces nouvelles technologies.

- La France est un grand acteur mondial de la recherche sur ces réacteurs du futur. Elle développe son propre projet de démonstrateur, le programme ASTRID, au titre du Plan d'Investissement d'avenir (PIA)⁵. Ce démonstrateur technologique de réacteur à neutrons rapides, développé par le CEA avec 14 partenaires industriels français et étrangers (Japon, Royaume-Uni) permettra de valoriser les matières issues du recyclage des combustibles usés. Grâce à cette technologie, la France disposerait d'une autonomie de plusieurs milliers d'années pour sa production électrique. Il comprend un très grand nombre d'innovations pour atteindre les niveaux de sûreté et de compétitivité qui seront attendus à l'horizon 2030/2040.



- Les industriels français étudient aussi la possibilité de compléter leur gamme avec des petits réacteurs modulaires (SMR⁶), conçus pour être plus facilement industrialisables et finançables. La Chine, la Corée du Sud, la Russie ont des projets en cours. Aux Etats-Unis, l'entreprise Nuscale a bénéficié d'un soutien public de plus de 200 millions de dollars et projette de commercialiser son réacteur d'ici 2025. Le Royaume-Uni a annoncé une compétition en 2016 sur la meilleure technologie SMR pour le pays. La France peut également tirer parti de son savoir-faire dans les réacteurs de recherche et dans les réacteurs de propulsion navale.
- La France participe, via l'Union Européenne, au projet international ITER, destiné à vérifier la faisabilité scientifique et technique de la fusion nucléaire. Tout comme la fission, la fusion fera partie des énergies bas carbone à mobiliser pour lutter contre le changement climatique. Son combustible devrait être quasi inépuisable. Cette technologie pourrait être industriellement disponible à la fin du siècle.



LEVER LE DOUTE SUR...

Dans le domaine de la R&D, la France investit-elle autant dans l'énergie nucléaire que dans les technologies renouvelables ?

- En 2013⁷, l'investissement public dans la recherche et développement était du même ordre pour l'énergie nucléaire (480 millions d'euros) et pour les renouvelables (439M€).



¹ « Clean air technologies »

² Third Way Energy (2016)

³ DOE (Department of Energy américain) est le département de l'administration fédérale américaine, responsable de la politique énergétique et de la sûreté nucléaire.

⁴ Le programme GAIN (Gateway for Accelerating Innovation in Nuclear) fournit à ces nouvelles entreprises, et en particulier les start-up, le support technique (personnes, installations, matériel et données), réglementaire et financier nécessaire pour mettre leurs innovations sur les rails de la commercialisation.

⁵ Ce projet de réacteur du futur, financé à hauteur de 627 millions d'euros, est comparable à la partie démonstrateurs pour les énergies renouvelables (917M€).

⁶ SMR : Small Modular Reactor

⁷ En 2010, le PIA a consacré 1 milliard d'euros au nucléaire (248,4M€ pour le projet RIH, 625M€ pour ASTRID, 75M€ pour l'ANDRA, et 50M€ consacrés à l'appel à projet dans le domaine de la recherche dans la sûreté nucléaire et radioprotection/RSNR)

L'industrie nucléaire SAIT GÉRER SES DÉCHETS



Parce qu'elle maîtrise la technologie du recyclage des combustibles nucléaires, et parce qu'elle dispose d'une filière de gestion aux méthodes rigoureuses, la France n'a pas de problème avec ses déchets radioactifs.

96 %

des matières issues
du combustible usé
sont recyclables.

La France maîtrise la technologie du recyclage des combustibles nucléaires, qui permet de diviser par 5 le volume des déchets radioactifs les plus radioactifs.

- Les déchets de haute-activité à vie-longue (HAVL) proviennent des combustibles usés¹ et sont les déchets les plus emblématiques de la filière nucléaire. Il s'agit de déchets hautement radioactifs et dont la radioactivité s'étend sur plusieurs centaines de milliers d'années. Toutefois, ils ne représentent que 0,2 % des déchets radioactifs produits.
- Pour diminuer leur volume, et mieux valoriser les matières des combustibles usés, la filière nucléaire a développé des capacités technologiques uniques au monde permettant le recyclage de 96 % des matières issues du combustible usé. Ces matières recyclées peuvent être utilisées pour produire de nouveaux combustibles. Cette technique permet de diviser par 5 le volume des déchets HAVL et de produire chaque année 10 % de l'électricité française.

La France dispose d'une filière complète de gestion des déchets radioactifs aux méthodes rigoureuses.

- La France dispose d'un établissement public dédié, l'Andra², dont les activités sont contrôlées, comme pour tous les exploitants nucléaires, par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).
- L'Andra réalise et publie tous les trois ans un Inventaire national des matières et déchets radioactifs produits en France par quelques 1 200 producteurs français (industrie électronucléaire, laboratoires, centres de recherche, industrie, hôpitaux, etc.).



- L'Andra a déjà mis en place des solutions de stockage pour 90 % du volume de déchets radioactifs produits en France (déchets de très faible, de faible et de moyenne activité à vie courte). Ces déchets, qui représentent une quantité réduite (2 kg par an et par personne) et un faible niveau de radioactivité, sont conditionnés et stockés en surface dans deux centres exploités par l'Andra dans l'Aube. Ils continueront d'être surveillés le temps que leur radioactivité décroisse.
- Dans les 10 % restants, une partie concerne les déchets HAVL issus du retraitement des combustibles usés. Ces déchets sont très radioactifs et à durée de vie longue (plusieurs centaines de milliers d'années). L'Andra étudie la création d'un centre de stockage (Cigéo) situé dans une formation géologique stable, capable de confiner la radioactivité de ces déchets sur de très longues échelles de temps.

“

LEVER LE DOUTE SUR...

Le coût du projet de centre de stockage des déchets radioactifs, Cigéo, est-il trop élevé ?

- En 2016, le ministère de l'Énergie a donné comme objectif pour le coût du projet Cigéo un montant de 25 milliards d'euros. Pour la Cour des Comptes³, ce montant représente 1 à 2 % du coût de production de l'électricité d'origine nucléaire.
- Les dépenses effectives s'étaleront tout au long de l'exploitation du centre, c'est-à-dire sur plus de 100 ans.
- Le financement du projet est assuré par les producteurs de déchets (EDF, AREVA, CEA), et repose sur un mécanisme de provisions financières sécurisées, constituées sous le contrôle du ministère de l'Énergie. Leurs montants sont audités par la Cour des comptes.

”

¹ Combustible usé : combustible nucléaire irradié, déchargé d'un réacteur et dont la matière fissile ne peut être réutilisée sans avoir subi un traitement approprié.

² Andra : Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs

³ Le coût de production de l'électricité nucléaire, Cour des comptes (2014)

Nucléaire ET RENOUVELABLES



Substituer par principe les énergies renouvelables au nucléaire ne répond ni aux objectifs de réduction des émissions de CO₂ ni aux objectifs de compétitivité. Les énergies bas carbone, nucléaire et renouvelables, sont complémentaires.

30 MINUTES

suffisent à moduler
la puissance des
réacteurs nucléaires.

Substituer par principe les énergies renouvelables au nucléaire ne répond ni aux objectifs de réduction des émissions de CO₂ ni aux objectifs de compétitivité.

- En France, l'électricité est déjà bas carbone à 94 %¹. L'Hexagone a déjà atteint les objectifs d'émissions de gaz à effet de serre (GES) que se donnent la plupart des pays européens... pour 2050. Remplacer le nucléaire (bas carbone) par des énergies renouvelables (bas carbone) n'apporte aucun bénéfice en termes de réduction des émissions de GES.
- L'avenir des énergies renouvelables est réel : il doit s'inscrire dans une logique économique et technique, et ne doit pas se faire au détriment de la compétitivité. Une transition énergétique trop rapide où l'on remplacerait les centrales nucléaires actuelles, déjà amorties, par des infrastructures nouvelles pèserait sur les finances publiques et les factures des consommateurs. En Allemagne, le coût de la transition énergétique, payé par les ménages et les petites entreprises, est estimé à 520 milliards d'euros de 2011 à 2025².
- La priorité doit rester la réduction de la consommation des énergies fossiles (pétrole, gaz et charbon), principales sources des émissions de CO₂, et contributeurs essentiels du déficit extérieur de la France. Le futur sera électrique : dans le bâtiment (chauffage) et les transports, ces énergies peuvent être remplacées par de l'électricité nucléaire et les renouvelables, deux vecteurs efficaces de décarbonisation.

Les énergies bas carbone, nucléaire et renouvelables, sont complémentaires.

- Le parc nucléaire français est un socle qui permettra aux énergies renouvelables intermittentes de se développer dans toute l'Europe de l'Ouest : il fournit de l'énergie sans CO₂ en continu et assure la sécurité d'alimentation du système à tout instant. La plupart des réacteurs nucléaires en exploitation peuvent ajuster jusqu'à 80 %, à la hausse ou à la baisse, leur puissance en 30 minutes, permettant de compenser les variabilités sur le réseau et de valoriser au mieux la production d'électricité renouvelable.



- En Europe, le développement des énergies renouvelables nécessite des moyens complémentaires permettant d'assurer l'équilibre et la stabilité du réseau. Les projections montrent que les dispositifs de flexibilité de la demande et du stockage ne pourront dispenser la présence d'une capacité programmable importante bas carbone comme le nucléaire.
- En produisant une électricité compétitive et bas carbone, le nucléaire peut aider à relocaliser les activités industrielles en France et au développement d'une filière photovoltaïque française par exemple.



LEVER LE DOUTE SUR...

En France, le futur système électrique sera-t-il décentralisé ?

- L'essor des sources de production décentralisées ne doit pas aboutir à des autarcies énergétiques régionales.
- Comme pour internet, les moyens locaux ont besoin des grands réseaux structurants pour se pérenniser, garantir la continuité de l'alimentation, et organiser des solidarités régionales.
- L'urbanisation des territoires, ainsi que le maintien de gros centres industriels en France, appelle au maintien de modes de production centralisés forts sur le réseau.
- L'expérience des microréseaux isolés, dans les îles, montrent qu'il s'agit d'une architecture complexe et coûteuse à mettre en œuvre (cf. expérience Nice Grid).



¹ RTE (2015)

² Institut de l'économie de l'université de Düsseldorf (2016)

Une énergie BAS CARBONE



Grâce à l'énergie nucléaire, la France est l'un des pays les moins émetteurs de gaz à effet de serre au monde. La France peut s'appuyer sur son système électrique pour diminuer les émissions de CO₂ dans les autres secteurs (automobile, habitat).

94 %

de l'électricité
produite en France
est bas carbone.

Pour lutter contre le changement climatique, le monde aura besoin de toutes les énergies bas carbone industriellement disponibles : le nucléaire en fait partie.

- Le défi est immense : pour limiter le réchauffement climatique à 2°C, les experts du climat estiment que 80 % de l'électricité mondiale¹ devra être bas carbone d'ici 35 ans (contre 30 % aujourd'hui). Alors que la demande d'électricité mondiale est appelée à doubler, l'humanité devra utiliser toutes les technologies bas carbone identifiées par le GIEC² : renouvelables, nucléaire et CSC³.
- Il y a urgence : 70 % du budget carbone de la planète a déjà été consommé⁴. L'énergie nucléaire est une solution bas carbone éprouvée et disponible à grande échelle. Ses émissions, comparables à celles de l'éolien, ont permis d'éviter 2 ans d'émissions depuis 1970⁵.
- La quasi-totalité des scénarios énergétiques⁶ analysés par le GIEC intègre une part d'énergie nucléaire. Pour l'AIE⁷, la capacité nucléaire devrait même doubler d'ici 2050 pour atteindre les objectifs climatiques, passant de 400 GWe à 930 GWe.

Grâce à l'énergie nucléaire, la France est l'un des pays les moins émetteurs de gaz à effet de serre au monde.

- En France, le système électrique est à 94 % bas carbone⁸ grâce à une combinaison alliant énergie nucléaire (77 %) et renouvelables (17 %, avec une part importante d'hydroélectricité).
- Les performances de la France lui permettent d'être parmi les six pays à respecter déjà les recommandations du GIEC pour lutter contre le changement climatique : 80% d'électricité bas carbone en 2050.
- A consommation énergétique égale, un allemand émet 80 % de plus de CO₂ qu'un français⁹.

La France peut s'appuyer sur son système électrique pour diminuer les émissions de CO₂ dans les autres secteurs (automobile, habitat).

- Alors que l'électricité est déjà décarbonnée, la France est encore une grande consommatrice d'énergies fossiles dans les transports et l'habitat. Développer l'électricité



- dans ces secteurs permettrait de diminuer les émissions de CO₂.
- Selon Bloomberg¹⁰, la France est le pays où les véhicules électriques sont les moins polluants, grâce à son électricité majoritairement d'origine nucléaire. L'Allemagne, le Japon et la Chine sont pointés du doigt pour leur mix énergétique dominé par les énergies carbonées (charbon, gaz).
 - Dans l'habitat, la réglementation thermique (RT 2012) favorise l'utilisation du chauffage au gaz. Lequel ne permet pas de diminuer les émissions de gaz à effet de serre par rapport à une solution électrique, plus performante sur le plan des émissions de CO₂.

“

LEVER LE DOUTE SUR...

Fermer des réacteurs nucléaires permet-il de réduire plus rapidement les émissions de gaz à effet de serre ?

- En dépit d'une volonté politique forte et d'importants moyens techniques et financiers engagés pour développer l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la fermeture de centrales nucléaires entraîne une augmentation du recours aux énergies fossiles et *in fine* une hausse des émissions de CO₂.
- L'Allemagne a démontré que remplacer une énergie bas carbone (nucléaire) par d'autres énergies bas carbone (éolien et solaire) ne permet pas de diminuer les émissions de CO₂. Le pays est revenu au niveau d'émission de 2009.
- Dans certains Etats américains (Vermont et Californie), les fermetures de centrales nucléaires, pour des motifs économiques, ont principalement été compensées par du gaz de schiste, entraînant une augmentation des émissions de CO₂.

”

¹ Actuellement, seule 32 % de l'électricité produite dans le monde provient de sources bas carbone.

² GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

³ CSC : capteur et stockage du CO₂

⁴ Le budget carbone est la quantité totale de CO₂ que l'humanité peut émettre avant d'atteindre les 2°C.

⁵ AIE : Agence internationale de l'énergie

⁶ NB : parmi les 1 200 scénarios énergétiques répertoriés et analysés par le GIEC, seuls 8 réussissent à atteindre l'objectif des 2°C sans recourir à l'énergie nucléaire.

⁷ AIE : Agence internationale de l'énergie (OCDE)

⁸ RTE (2015)

⁹ Indicateurs des Objectifs du Millénaire pour le développement (ONU)

¹⁰ How Much Cleaner Really Is a Tesla? Depends on Where You Are - Bloomberg (2016)

Une industrie respectueuse DE L'ENVIRONNEMENT



Les centrales nucléaires françaises, situées pour certaines dans des territoires touristiques, ont un très faible impact sur l'environnement: elles n'émettent pas de particules fines dans l'air, ont une emprise au sol très réduite, et ne contribuent que de façon négligeable à l'exposition moyenne à la radioactivité.

65 EXPERTS

mondiaux concluent que le nucléaire est l'énergie la plus respectueuse de l'environnement.

Les centrales françaises, situées pour certaines dans des territoires touristiques, ont un très faible impact sur l'environnement.

- La France est le premier pays touristique du monde et le premier pays agricole d'Europe. Du fait de l'excellente performance environnementale des centrales, leur implantation dans les territoires (Normandie, Vallée de la Loire, Vallée du Rhône) s'est déroulée de manière harmonieuse avec le développement des secteurs touristiques et agricoles.
- À la différence des énergies fossiles, le nucléaire n'émet dans l'atmosphère ni particules fines, ni dioxyde d'azote, ni dioxyde de soufre, des polluants à l'origine de maladies respiratoires. Chaque année en France, 48 000 personnes meurent prématurément à cause de la pollution atmosphérique¹. Ce problème de santé publique a un coût : 100 milliards d'euros par an².

Les centrales nucléaires ont une faible emprise au sol et permettent de prévenir la bétonisation des territoires.

- Les centrales nucléaires permettent de fournir une quantité importante d'énergie sur une petite surface de terrain. D'après l'AIEA³, les centrales nucléaires sont, avec les centrales à gaz et les centrales hydro-électriques, les énergies qui produisent le plus d'énergie par m² sur l'ensemble de leur cycle de vie. Leur faible emprise au sol permet de prévenir la bétonisation des territoires.
- Exploiter les centrales dans la durée, et aussi renouveler le parc sur les sites nucléaires existants, permettra d'éviter l'immobilisation de nouveaux terrains et contribuera ainsi à lutter contre la bétonisation des territoires.
- La faible emprise au sol du nucléaire est considérée comme un facteur clef pour préserver la biodiversité. Ainsi 65 des plus grands experts mondiaux en biologie de la conservation⁴ ont, pris position pour expliquer que le nucléaire était l'énergie la plus respectueuse de la biodiversité⁵.



Radioactivité : l'exposition due aux installations nucléaires n'impacte pas la santé des populations.

- Partout dans le monde, les populations sont exposées en permanence à de faibles doses de radioactivité naturelle. Au voisinage d'une centrale nucléaire, la part de l'exposition à la radioactivité liée à la centrale est en moyenne 300 fois plus faible que l'exposition naturelle. L'IRSN parle même « *d'exposition négligeable* ».

“ LEVER LE DOUTE SUR... ”

Les centrales rejettent-elles des polluants dans l'eau ? Sont-elles vulnérables en cas de diminution du niveau d'eau ?

- L'industrie nucléaire est soumise à une réglementation très stricte sur les rejets autorisés. Inscrite depuis plusieurs décennies dans une démarche d'amélioration continue de ces procédés, la filière a développé les innovations lui permettant de diviser par plus de 100 les rejets liquides.
- Les centrales nucléaires utilisent de l'eau pour des besoins de refroidissement indispensables au procédé de production d'électricité. 98 % de la quantité d'eau prélevée pour les besoins de production nucléaire retourne dans l'environnement sans dégradation de sa qualité.
- En cas de canicule et donc de diminution du niveau d'eau, EDF privilégie les centrales nucléaires situées en bord de mer pour produire de l'électricité. Pour les centrales situées en bordure de rivière, celles-ci sont équipées de tours aéroréfrigérantes permettant d'utiliser essentiellement l'atmosphère comme source froide. Pour ces centrales, l'électricien a également développé de nouveaux systèmes permettant de produire la même quantité de kilowattheure avec moins d'eau.

”

¹ Agence Santé publique France (2016)

² Sénat (2016)

³ Nuclear power and sustainable development, AIEA (2016)

⁴ La biologie de la conservation est la branche scientifique qui cherche à comprendre le déclin des espèces animales et végétales et à tenter d'y remédier.

⁵ Key role for nuclear energy in global biodiversity conservation (2014)

Nos sections techniques

La Société Française d'Énergie Nucléaire (SFEN) est le carrefour français des connaissances sur l'énergie nucléaire. Créée en 1973, la SFEN est un lieu d'échanges pour les spécialistes de l'énergie nucléaire français et étrangers et toutes celles et ceux qui s'y intéressent. La SFEN rassemble plus de 4 000 professionnels de l'industrie, l'enseignement et la recherche. Dans le cadre de sa mission d'information, la SFEN a mobilisé une quarantaine d'experts, membres de ses sections techniques, pour élaborer ces fiches synthétiques sur les défis et les atouts de l'énergie nucléaire sur les plans économique, industriel et environnemental.

- Enseignement et Formation
- Science et Technologie des Matériaux, CND, Chimie
- Nucléaire et Sciences de la Vie
- Sécurité, Protection de l'Environnement
- Cycle du Combustible Nucléaire
- Physique des Réacteurs
- Technologie & Exploitation des Réacteurs
- Economie et Stratégie Énergétique
- Génie Civil et Architecture Nucléaire
- Droit et Assurance
- Déchets et Démantèlement
- Transport de Matières Radioactives
- Nucléaire et Renouvelables
- Transformation digitale



CONTACT PRESSE

103 rue Réaumur - 75002 Paris
presse@sfen.org
01 53 58 32 23



sfen.org