



Société
Française
d'Énergie
Nucléaire



Parler du **NUCLEAIRE**



2^{ème} édition

Une électricité bon marché

L'énergie nucléaire permet aux Français de bénéficier sur l'ensemble du territoire d'une électricité bon marché. Le prix de l'électricité est un facteur majeur de compétitivité qui profite à l'ensemble de l'industrie et contribue à lutter contre les délocalisations.

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'Ouest¹. En comparaison, un ménage allemand paye son courant près de 70 % plus cher qu'un ménage français².
- Le prix de l'électricité en France a cru ces dernières années, notamment en raison de l'augmentation de la part des taxes. Les actions de jouvence du parc nucléaire connues sous le nom de « grand carénage » permettront de maintenir un coût de production parmi les plus bas d'Europe, de l'ordre de 33 €/MWh³.
- 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'électricité⁴, est alimentée par les centrales nucléaires de la vallée de la Loire et de la Manche, et bénéficie des mêmes tarifs.

Le prix de l'électricité est un facteur majeur de compétitivité qui profite 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 Europe⁵. Malgré des progrès très importants en termes d'efficacité énergétique, les industriels restent de grands consommateurs d'électricité (de l'ordre de 50 % de leur facture énergétique).
- Pour certaines industries électro-intensives, comme dans l'industrie de l'aluminium ou du chlore, l'électricité représente respectivement 30 %

Un ménage allemand paye son courant près de 70 % plus cher qu'un ménage français

¹ Eurostat (2018)

² Eurostat (2018)

³ Les coûts de production du parc nucléaire français, SFEN (2017)

⁴ RTE (2017)

⁵ Eurostat (2018)

et 70 % du coût de revient total⁶. Garantir une électricité compétitive et de qualité est un facteur clef d'attractivité pour le choix du pays où les industries s'implantent, et prévient des délocalisations.

- La France est reconnue comme numéro 1 mondial pour la qualité, la disponibilité et l'accès à son électricité⁷, ce qui constitue un atout important aux yeux des investisseurs industriels.

• ⁶ UNIDEN (2012)

• ⁷ Choseul Energy Index
– KPMG (2016)

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 ?

- Afin de disposer des sommes nécessaires au fur et à mesure du démantèlement de leurs installations nucléaires, la loi impose aux exploitants de constituer des provisions couvertes par des actifs dédiés, dès la conception de l'installation.
- Ces provisions sont régulièrement actualisées pour tenir compte des évolutions technologiques, réglementaires et du retour d'expérience international. Les provisions constituées par EDF s'élèvent aujourd'hui à 27,1 milliards d'euros⁹.
- Conformément à la loi, les provisions sont couvertes par des actifs dédiés, isolés de la gestion des autres actifs ou placements financiers. Le placement des actifs dédiés garantit la disponibilité à terme des sommes nécessaires. Les fonds seront débloqués progressivement en fonction des besoins des chantiers.
- Ce dispositif financier est soumis au contrôle permanent des services de l'Etat et du Parlement. Il a fait l'objet, ces dernières années, de plusieurs audits de la Cour des comptes et de la DGEC. Il est également audité tous les ans à l'occasion de la publication des comptes annuels d'EDF.
- La Cour des comptes¹⁰ souligne que pour une augmentation du coût de démantèlement de 50 %, l'impact sur le coût du kWh du parc existant serait de 2,5 % ; de même, si le coût du projet Cigéo devait doubler, l'impact ne serait que de 1 % sur le coût du kWh produit par le parc nucléaire.

⁹ Résultats annuels EDF (2018)

¹⁰ Cour des comptes (2012)

Un pilier de la souveraineté 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 des incertitudes des marchés de l'électricité européens.

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 et du pétrole de schiste, géopolitique du gaz. En 1970, les deux tiers de l'électricité française étaient produits avec des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz). Grâce au nucléaire, cette part n'est plus que de 7 %¹. Le taux d'indépendance énergétique de la France² est l'un des plus élevés de l'Union européenne (53,1 %)³. A situation comparable, le taux d'indépendance énergétique du Japon, pays ne disposant d'aucune ressource énergétique sur son sol, est de 8,3 %⁴. L'énergie nucléaire permet donc d'asseoir la souveraineté énergétique de la France.
- 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 2016, la France a dépensé 32 milliards d'euros⁵ 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 l'Hexagone à l'abri pour les années qui viennent des incertitudes des marchés de l'électricité européens.

- Le coût de production de l'électricité nucléaire est très prédictible car il est 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 de ceux des autres matières premières : les risques géopolitiques sont faibles (plus de 40 % des réserves en uranium actuelles se trouvent dans l'OCDE⁶, hors ressources supposées dans l'eau de mer) et la majorité des échanges se fait au travers de contrats à long terme, de plusieurs dizaines d'années.

**Plus de 40 %
des réserves
en uranium
actuelles se
trouvent
dans l'OCDE**

¹ RTE (2018)

² Le taux d'indépendance énergétique est le résultat du rapport entre la production nationale d'énergies et la consommation en énergie

³ Ministère de la Transition écologique et solidaire - CGDD (2018)

⁴ Ministère de l'Economie et des Finances - Direction du Trésor (2018)

⁵ Ministère de la Transition écologique et solidaire - Service des douanes (2019)

⁶ OCDE - AIEA (2018)

- 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, en passant par le recyclage. Elle n'est tributaire d'aucun savoir-faire technologique ou industriel extérieur.
- Des nombreux pays voisins (Allemagne, Belgique, Suisse, Espagne) ont annoncé la fermeture anticipée de moyens de production pilotables, nucléaire ou charbon, dans les années qui viennent, sans une stratégie claire sur ce qui les remplacerait. Le parc nucléaire français apporte un socle d'approvisionnement garanti dans le système électrique européen.

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'électricité⁷. En comparaison, les réserves d'hydrocarbures représentent moins de 6 mois de la consommation annuelle française⁸. La France réduit ses besoins en uranium naturel en recyclant ses combustibles usés : 10 % de l'électricité nucléaire française est produite à partir de matières recyclées. Enfin, la France dispose d'un stock stratégique d'uranium appauvri qui peut se substituer à tout moment à 5 ans de consommation d'uranium naturel en utilisant les capacités modernes de conversion et d'enrichissement domestiques.
- Moyen terme - La France possède, au travers d'Orano, un portefeuille de réserves en uranium représentant 30 années de consommation. De plus, les réacteurs de Génération IV à neutrons rapides (RNR) sont de nature à optimiser encore plus la gestion des ressources uranium et de pérenniser le nucléaire dans la durée.
- Long terme - Les ressources connues en uranium représentent 130 ans de consommation mondiale et jusqu'à 250 ans⁹ si l'on inclut les ressources estimées.

⁷Rapport sur les coûts du nucléaire – Assemblée nationale (2014)

⁸SAGESS (2018)

⁹Ressources en uranium – AIEA/OCDE (2018)

Une filière porteuse d'emplois dans les territoires

Le nucléaire est la 3^{ème} filière industrielle française avec plus de 1 600 entreprises réparties sur tout le territoire. Les entreprises de la filière participent activement au développement et au dynamisme des régions. Ses employés sont deux fois plus qualifiés que la moyenne de l'industrie française.

La filière nucléaire est la 3^{ème} filière industrielle française avec plus de 2 600 entreprises (PME, ETI, start-up) réparties sur tout le territoire.

2 600
entreprises
réparties sur
l'ensemble du
territoire

- Forte de ses 220 000 professionnels, répartis dans 2 600 entreprises dont 65 % de PME et 15% d'ETI¹, la filière nucléaire est la 3^{ème} filière industrielle française derrière l'aéronautique et l'automobile. L'essentiel des emplois de la filière n'est pas délocalisable.
- Dans le nucléaire, la France maîtrise l'ensemble de la chaîne de valeur, de l'extraction du combustible à son recyclage et à la gestion des déchets, en passant par la conception, la réalisation, l'exploitation et la maintenance des installations, ce qui lui permet de capter une plus grande proportion des emplois.

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 sur l'ensemble des régions².
- Un site nucléaire génère des emplois directs, indirects et induits créant de l'activité dans les autres secteurs du territoire, économique, de services, etc. Une centrale en exploitation comme celle de Fessenheim (Haut-Rhin) fait vivre plus de 5 000 personnes³. Sur le site du Tricastin (Drôme), les activités nucléaires d'Orano et de la centrale d'EDF comptent 6 500 emplois directs et indirects. A contrario, une centrale nucléaire en démantèlement représente 10 fois moins d'emplois qu'une centrale nucléaire en exploitation.
- Le projet Hinkley Point C de construction de deux réacteurs EPR au Royaume-Uni bénéficie à l'ensemble du tissu industriel français. Selon le cabinet PwC⁴, un EPR implanté en Europe génère près de 3 750 emplois par an en France, pendant la phase de construction.

¹ CSFN (2016)

² Cahier des régions - SFEN (2017)

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

⁴ Le poids socio-économique de l'électronucléaire en France - PwC (2011)

Les professionnels du nucléaire 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, environnement, etc.
- La filière nucléaire génère des emplois hautement qualifiés. Deux tiers des effectifs sont cadres ou ETAM⁵. Cette proportion est deux fois plus forte que dans la moyenne de l'industrie.
- L'industrie nucléaire se féminise : chez EDF, la part des femmes dans les métiers d'ingénierie ou techniques est supérieure au nombre de femmes qui sortent du système scolaire dans ces formations. Chez Orano, sur l'ensemble des personnes recrutées en France, en 2017, 40 % étaient des femmes.

● ⁵ ETAM : employés, techniciens et agents de maîtrise

Lever le doute sur...

La filière nucléaire est-elle impactée par les problèmes d'attractivité de l'industrie ?

- Aujourd'hui, les filières industrielles dans leur ensemble peinent à recruter. Parmi les emplois en tension, on compte les ingénieurs en radioprotection, génie civil et études de sûreté, mais aussi des métiers techniques, spécialisés, comme les soudeurs, les chaudronniers, et les robinetiers. Le gouvernement a lancé plusieurs initiatives comme *l'Usine Extraordinaire* ou *le French Fab Tour* pour promouvoir l'attractivité des métiers industriels.
- Le secteur nucléaire est particulièrement concerné, car il a entamé une nouvelle vague de recrutement : techniciens, ingénieurs, chercheurs ; tous les métiers sont concernés. Ce besoin est estimé à environ 8 000 emplois par an jusqu'en 2020.
- Le nucléaire investit fortement dans la formation des jeunes : en 2018, EDF (secteur nucléaire) accueille 1 800 nouveaux alternants, Orano 500 et Framatome 260.
- Le secteur développe aussi des programmes de reconversion de salariés vers les métiers du nucléaire. Des entreprises du secteur, telles que EDF, Orano, Spie Nucléaire, etc., assurent elles-mêmes des formations, voire créent des écoles dédiées.

Une filière *exportatrice*

Grâce à sa production d'électricité nucléaire, la France exporte de l'électricité vers ses voisins européens et est présente sur les marchés mondiaux d'équipements et de services. La France maîtrise la construction de centrales neuves et répond aux besoins de celles en exploitation.

La France exporte de l'électricité vers ses voisins européens et est présente sur les marchés mondiaux d'équipements et de services.

6 Mds d'€
d'exportations
par an
(électricité +
biens et services)

- La France fournit de l'électricité bas carbone à ses voisins en exportant environ 10 %¹ de sa production chaque année, contribuant ainsi aux objectifs de réduction des émissions de CO₂ et à l'équilibre du système électrique européen. En 2018, elle a été exportatrice nette d'électricité sur toutes ses frontières, contribuant pour environ 2 milliards d'euros à la balance commerciale.
- 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, des électriciens s'inspirent de ses méthodes. Ainsi EDF a noué des partenariats avec la Chine, l'Afrique du Sud, les Emirats Arabes Unis et la Russie sur l'exploitation et la maintenance de leurs centrales nucléaires. C'est aussi le cas pour Orano dans le cycle du combustible et Framatome dans la fabrication de contrôles-commandes et de composants.
- Plus de 50 % des 2 600 entreprises de la filière ont une activité à l'exportation, contribuant ainsi à l'ouverture des territoires à l'international. Les entreprises françaises sont présentes sur l'ensemble de la chaîne de valeur et exportent des biens et services pour 4 milliards d'euros² par an, hors vente d'électricité à l'export. Ce sont les activités de fabrication d'équipements mécaniques et d'ingénierie qui sont les plus sollicitées à l'export³.

La France maîtrise la construction de centrales neuves et répond aux besoins de celles en exploitation.

- Six réacteurs EPR sont aujourd'hui en construction ou en opération dans le monde : un en France, (Flamanville 3), deux en Chine (Taishan 1 et 2), un en Finlande (Olkiluoto 3) et deux au Royaume-Uni (Hinckley Point C). La France est présente sur le marché de la construction des centrales neuves avec une gamme de réacteurs : l'EPR (1650 MW), deux réacteurs de moyenne puissance (1000 MW) en partenariat avec les Japonais (ATMEA1) et les Chinois (Hualong), et à l'avenir un réacteur modulaire de

¹ Commission de régulation de l'énergie (2017)

² Orano (2017)

³ CSFN (2016)

petite puissance (SMR). Elle est engagée commercialement notamment en Inde (Jaitapur) et au Royaume-Uni (Sizewell).

- En plus des projets de nouvelles constructions françaises, la France se positionne pour fournir des briques de technologie ou de savoir-faire aux chantiers de ses concurrents et partenaires russes et chinois, comme GEAST (anciennement Alstom), le fournisseur de turbines de Rosatom pour la Finlande, la Turquie et l'Égypte. La part de la technologie française dans ces nouveaux projets à l'export pourrait représenter jusqu'à 1 milliard d'euros pour chaque réacteur.
- Au delà des constructions neuves, la France répond aux besoins des réacteurs en exploitation. Dans ses activités du cycle nucléaire, Orano réalise 55 % de son chiffre d'affaires hors de France⁴. Sur la transformation de l'uranium, Orano répond aux besoins de plus de 60 clients dans le monde et a un plan de charge rempli à 90 % pour les 10 prochaines années. Framatome propose à ses clients, représentant plus de 250 réacteurs dans le monde, un catalogue de solutions pour améliorer la disponibilité, la compétitivité et la sûreté de leurs installations nucléaires.
- La filière française apporte son expertise et son expérience aux activités de démantèlement et de gestion des déchets afférents en Allemagne, aux États-Unis et au Japon.

⁴ CSFN (2016)

Lever le doute sur...

L'accident de Fukushima a-t-il porté un coup d'arrêt à la construction de nouvelles centrales dans le monde ?

- Le monde compte plus de 450⁵ réacteurs nucléaires en activité pour produire de l'électricité dans 30 pays différents. L'Europe et les États-Unis sont engagés dans d'importants programmes de rénovation de leurs centrales nucléaires pour les exploiter dans la durée à 50, 60 ans, voire au-delà.
- 55 nouveaux réacteurs supplémentaires sont actuellement en construction. En 2018, plus de 10 GW de nouvelles capacités de production ont été mises en service. Ce chiffre, en progrès net par rapport aux années 2000, reste encore de moitié en deçà du rythme de construction préconisé par l'AIE dans ses scénarios de décarbonation⁶.
- Aujourd'hui, les constructions neuves sont tirées par l'Asie. La Chine, qui est engagée dans les énergies propres, représente environ les deux tiers des réacteurs nucléaires en construction. En parallèle, en 2017, la Chine représentait plus de la moitié de la nouvelle capacité installée en solaire photovoltaïque.

⁵ AIEA base PRIS (2018)

⁶ AIE, scénario 2DS, ETP (2017)

Le parc nucléaire, *un socle toujours modernisé*

Le parc nucléaire actuel est le socle qui garantit l'approvisionnement en électricité sur tout le territoire. Les centrales nucléaires sont plus sûres aujourd'hui qu'elles ne l'étaient quand elles ont démarré. Elles font l'objet actuellement d'un important programme de travaux en vue de leur exploitation au-delà de 40 ans.

Le parc nucléaire garantit l'approvisionnement en électricité sur tout le territoire.

- Avec 58 réacteurs en exploitation répartis sur 19 sites nucléaires, la France dispose d'une électricité bas carbone, disponible à la demande 24h/24 sur tout le territoire national, et est, via les interconnexions et les exportations, un pilier de l'équilibre du système électrique européen.
- Le parc nucléaire garantit l'approvisionnement des zones urbaines (plus des trois quarts¹ de la population française habite désormais en ville) et permettra le déploiement des villes intelligentes (Smart Cities²) qui demanderont plus de mobilité propre, plus de connectivité (5G, fibre), plus d'objets connectés, plus de technologies (intelligence artificielle), tous fortement consommateurs d'électricité.
- Sur l'ensemble des territoires, plus de 250 clients industriels, représentant 530 sites, sont directement raccordés au réseau de transport d'électricité³. La stabilité de la production 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.
- La production électrique varie d'une région à l'autre : le réseau de transport assure les solidarités régionales, nationales et même européennes. Ainsi, avec ses nombreuses installations hydrauliques et quatre centrales nucléaires, Auvergne-Rhône-Alpes est la première région productrice d'électricité bas carbone française. Poumon vert de l'Europe, elle alimente la région Bourgogne-Franche-Comté, la Suisse et l'Italie.

**Auvergne-
Rhône-Alpes,
1^{ère} région
productrice
d'électricité
bas carbone**

¹ Le découpage en entités urbaines de 2010, INSEE (2011)

² Rapport au Premier ministre sur l'avenir des smart cities (2017)

³ RTE (2016)

Les centrales nucléaires sont plus sûres aujourd'hui qu'elles ne l'étaient quand elles ont démarré. Elles font l'objet d'un programme de travaux en vue de leur exploitation au-delà de 40 ans.

- A l'occasion des réexamens périodiques décennaux, les équipements des centrales nucléaires sont renouvelés avec une technologie dernier cri. Les exigences de sûreté sont également, périodiquement, réhaussées et les moyens de contrôle sont de plus en plus perfectionnés.
- Le programme "grand carénage" vise à améliorer les réacteurs en termes de sûreté et de performance en vue de la prolongation de leur exploitation au-delà de 40 ans. Il représente un investissement estimé à 45 milliards d'euros sur la période 2014-2025.
- Ce programme comprend, outre la maintenance courante des révisions annuelles et décennales, la rénovation et le remplacement de gros composants nécessaires après 30 à 35 ans de fonctionnement : générateurs de vapeur, alternateurs, transformateurs, condenseurs, etc.
- Des modifications sont aussi en cours pour renforcer la sûreté, après les retours d'expérience de l'accident de Fukushima. Ainsi, dès fin 2015, a été mise en place la Force d'action rapide nucléaire (FARN) qui, équipée de personnels dédiés et de moyens mobiles, peut intervenir sur un site en situation d'accident et rétablir la situation sous 24 heures. De même, un « noyau dur » prescrit par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) est mis en place progressivement, avec, entre autres, le déploiement de diesels d'ultime secours et la réalisation d'un centre local de crise sur chaque site.

Lever le doute sur...

La cuve et l'enceinte des réacteurs posent-elles des problèmes de sûreté à long terme ?

- La cuve et l'enceinte sont les deux parties qui ne peuvent être remplacées sur un réacteur. Les réacteurs français ont été conçus initialement dans l'idée qu'ils fonctionneraient 40 ans, mais avec des hypothèses très conservatrices. Aussi, l'amélioration des connaissances permet aujourd'hui une meilleure analyse des phénomènes physiques. Dans de nombreux pays, comme les Etats-Unis, la Suède, ou la Suisse, les réacteurs ont déjà été prolongés à 50 ou 60 ans.
- L'état de vieillissement de l'enceinte et de la cuve est surveillé en permanence. A chaque visite décennale, le circuit primaire principal et l'enceinte de confinement font l'objet d'inspections complétées par des épreuves de mise en pression. Ces analyses sont transmises à l'ASN, qui les prend en compte pour donner l'autorisation ou non de poursuivre l'exploitation.

Le choix de l'EPR pour le nouveau nucléaire

A long terme, entre 2030 et 2050, la France est appelée à renouveler progressivement une partie de son parc nucléaire actuel par de nouveaux moyens de production, dont des nouvelles constructions nucléaires. L'EPR est conçu pour le renouvellement du parc français. Une étude doit être menée d'ici mi-2021 pour définir un programme industriel permettant entre autres de réduire les coûts du nouveau nucléaire.

A long terme, entre 2030 et 2050, la France est appelée à renouveler progressivement une partie de son parc nucléaire actuel par de nouveaux moyens de production, dont des nouvelles constructions nucléaires.

- Avec la montée en performance technique et économique des énergies renouvelables, le mix électrique français est amené à se diversifier. A ce jour, les grandes institutions internationales (GIEC, OCDE, UE) estiment que toutes les technologies bas carbone, dont le nucléaire, devront être mises en œuvre pour parvenir à une décarbonation en profondeur du secteur électrique à l'horizon 2050. La question qui se pose n'est donc pas si la France aura besoin d'un socle de production nucléaire en 2050, mais quelle sera la taille de ce socle.
- Selon le modèle PRIMES, utilisé par la Commission européenne, la France devra disposer à l'horizon 2050 d'une puissance installée nucléaire de 35 à 40 GWe pour assurer l'équilibre et la décarbonation du système électrique européen. Dans cette perspective, une quinzaine d'EPR devront être construits entre 2030 et 2050.

L'EPR est conçu pour le renouvellement du parc français.

- L'EPR est un réacteur de 3^{ème} génération, conçu dès l'origine pour le renouvellement du parc nucléaire français : il s'inscrit dans la continuité des réacteurs existants et offre les meilleurs standards en termes de sûreté, ainsi que des performances économiques et environnementales améliorées en exploitation. Sa puissance est adaptée pour répondre, sur un nombre limité de sites, aux besoins en électricité d'un pays industriel de 67 millions d'habitants. Ses caractéristiques sont adaptées aux sites nucléaires et au réseau de transport de l'électricité existants.
- Les premiers chantiers EPR ont connu des difficultés. En France, se sont combinées à la fois les difficultés inhérentes aux grands projets complexes, les incertitudes liées à une tête de série, et aussi la nécessité de remettre à niveau une chaîne industrielle aux standards requis pour la construction de nouveaux modèles de réacteurs. Ces difficultés sont aujourd'hui en voie d'être surmontées. Le premier réacteur EPR a été mis en service commercialement en décembre 2018 à Taishan en Chine.

Déc. 2018
mise en service
du premier
réacteur EPR à
Taishan (Chine)

- Pour capitaliser sur les retours d'expérience des premiers chantiers, la filière française travaille sur un EPR simplifié et optimisé, l'EPR 2. Il permet, tout en gardant les mêmes exigences de sûreté, de prendre en compte les aspects industriels dès la conception afin de le rendre plus simple et économique à construire.

Une étude doit être menée d'ici mi-2021 pour définir un programme industriel permettant entre autres de réduire les coûts du nouveau nucléaire.

- A l'avenir, la question de la compétitivité de chaque moyen de production sera de plus en plus impactée par le prix du CO₂. Aussi, elle ne peut plus être posée de manière isolée. L'EPR, un moyen pilotable 24h/24 7j/7, et doté de grande flexibilité (variation de 5 % de la puissance nominale possible par minute), ne peut en effet être comparé directement qu'avec des moyens pilotables similaires.
- Plusieurs leviers existent pour réduire le coût du nouveau nucléaire et atteindre un objectif de 60 à 70 K€/MWh. Le retour d'expérience du programme français, lequel est documenté par la Cour des comptes, a montré que pour tirer partie de tous les effets de série, il fallait construire les réacteurs par paire sur un même site, et s'engager sur la construction d'une série d'au moins trois paires. Enfin, le retour d'expérience du projet Hinkley Point C au Royaume-Uni, analysé par la Cour des comptes britannique, montre le potentiel de gain très important à réaliser sur les frais financiers, via une meilleure répartition des risques et un meilleur montage contractuel entre les différentes parties prenantes.

Lever le doute sur...

Y a-t-il suffisamment de débats publics en France sur la politique énergétique ?

- Depuis le début des années 2000, de nombreux débats publics ont porté sur la politique énergétique : le Débat national sur les énergies au printemps 2003, le Débat national sur la transition énergétique en 2012 qui déboucha sur la loi de transition énergétique et de croissance verte (LTECV) de 2015. Enfin la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) a fait l'objet d'un grand débat public sous l'égide de la CNDP¹ en 2018.
- Les PPE, issues de la loi de 2015, planifient la politique énergétique sur une période de deux fois 5 ans. La prochaine planification, qui couvrira les périodes 2019-2023 et 2024-2028, a fait l'objet d'un débat national organisé par la CNDP de mars à juin 2018 avec plus de 8 000 citoyens au travers de 86 réunions publiques dans tous les territoires. Dans son compte rendu, la CNDP indique que « *près de 50 000 personnes ont contribué en ligne au débat et que l'énergie nucléaire a été la deuxième thématique la plus abordée au cours des échanges* ».

¹ Commission nationale de débat public

Une filière engagée vers le futur

L'industrie nucléaire se réinvente et prépare l'avenir. Le développement des technologies numériques offre des possibilités nouvelles d'innovation dans la filière nucléaire. On assiste aussi à un regain d'intérêt au niveau mondial autour des réacteurs de demain. La France a le potentiel d'être un acteur majeur sur ces nouvelles technologies.

Le développement des technologies numériques offre des possibilités nouvelles d'innovation dans la filière nucléaire.

- Les démarches « *usine nucléaire du futur* » visent à développer des briques d'innovation, en tirant partie de nouvelles technologies numériques (simulation, internet des objets, intelligence artificielle, fabrication additive, réalité virtuelle). Ces briques sont destinées à l'ensemble des usines de la filière (les centrales, les usines du cycle et les PME/ETI), et s'adressent à tous les métiers (de la conception au démantèlement, en passant par la construction et la maintenance).
- Comme dans d'autres industries, l'aéronautique notamment, des plateformes communes sont développées pour permettre à tous les intervenants d'un projet nucléaire de partager en temps réel les données des projets, de la conception à la réalisation, dans une démarche de « *system engineering* » et d'entreprise étendue.
- L'industrie nucléaire se caractérise par une grande masse de données, aujourd'hui encore gérée pour des raisons réglementaires, via le papier. Ainsi, pour une centrale nucléaire, ce sont près de 5 millions de documents à gérer. Il est aussi crucial de garder la mémoire des installations et de capitaliser l'expertise des différents métiers « *knowledge management* ». L'ingénieur et l'intervenant du futur seront connectés et sans papier.

On assiste aussi à un regain d'intérêt au niveau mondial autour des réacteurs de demain. La France a le potentiel d'être un acteur majeur sur ces nouvelles technologies.

- Aux Etats-Unis, on recense une cinquantaine de start-up¹, lesquelles reçoivent un soutien important de l'administration américaine. La Chine a aussi lancé des programmes de recherche sur plusieurs nouveaux concepts, dont les réacteurs à neutrons rapides (RNR), et ceux de haute température, destinés aux usages industriels.

35 pays
participent au
projet de fusion
nucléaire ITER

¹ Third Way (2015) ●

- En France, le gouvernement a confirmé début 2019, dans le cadre d'une démarche d'économie circulaire de la filière, l'objectif de définir et soutenir un programme de R&D concourant à la fermeture à terme du cycle du combustible. Ce programme reposera à moyen terme sur le multi-recyclage des combustibles dans les réacteurs à eau sous pression, en gardant en vue un éventuel déploiement à l'horizon de la deuxième moitié du XXI^{ème} siècle d'un parc de RNR.
- En parallèle, le gouvernement a confirmé son soutien, pour des études jalonnées d'avant-projet, à un consortium SMR (Small Modular Reactor) réunissant le CEA, EDF, TechnicAtome et Naval Group et formé pour élaborer une offre française de petits réacteurs nucléaires à l'international.
- Enfin la France est engagée, parmi 35 pays, dans la construction d'ITER, une machine expérimentale située dans les Bouches-du-Rhône, qui doit démontrer la faisabilité technique de l'énergie de fusion nucléaire.

Lever le doute sur...

La France investit-elle trop ou pas assez dans la R&D nucléaire ?

- La France investit aujourd'hui 1,2 milliard d'euros annuellement, dans la R&D nucléaire, pour un chiffre d'affaires de 50 milliards d'euros (soit un taux d'investissement de l'ordre de 2 %). Le soutien public est de 500 millions d'euros environ², et l'investissement des exploitants est de l'ordre de 700 millions³.
- Vu l'aide modeste publique européenne à la fission nucléaire, la France porte une grande part des efforts de R&D nécessaires pour soutenir une compétence européenne sur cette technologie stratégique.
- Les montants publics incluent aujourd'hui le renouvellement des installations de recherche et de test, par ailleurs utilisées dans le domaine médical. Le réacteur de recherche Jules Horowitz (RJH), actuellement en construction, produira 25 à 50 % des besoins européens en certains isotopes médicaux.
- Les investissements de R&D dans le nucléaire permettent à la France de disposer aujourd'hui de compétences différenciantes dans des domaines scientifiques de pointe. Par exemple, la R&D menée historiquement au CEA en chimie séparative pour l'industrie nucléaire contribue à la R&D nécessaire au recyclage des batteries. De même, les avancées conduites au CEA dans les semi-conducteurs permettent de proposer des technologies en rupture dans le domaine du solaire photovoltaïque.

² Ministère de la Transition écologique et solidaire - CGDD (2019)

³ CSFN (2019)

La sûreté des installations nucléaires

Les exploitants sont les premiers responsables de la sûreté nucléaire de leurs installations. La sûreté est garantie par une autorité indépendante qui dispose de prérogatives fortes. L'industrie nucléaire est soumise à des obligations légales de transparence et innove en matière de dialogue avec les parties prenantes.

Les exploitants sont les premiers responsables de la sûreté nucléaire de leurs installations.

- Les exploitants mettent en place les moyens de contrôle interne et une culture de sûreté qui engagent chaque organisation et chaque collaborateur. Les équipes bénéficient de cursus de formations complets et rigoureux, y compris sur simulateur. Les exploitants font évoluer leurs installations en fonction du retour d'expérience et du progrès des connaissances.

La sûreté est garantie par une autorité indépendante qui dispose de prérogatives fortes.

- L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), surnommée le « gendarme du nucléaire », contribue à l'élaboration de la réglementation, prend les décisions réglementaires et exerce le contrôle des installations nucléaires. Dotée de plus de 500 agents, l'ASN a effectué en 2017, 635 inspections dans les 130 installations nucléaires françaises¹.
- Indépendante du Gouvernement et des industriels, l'ASN dispose d'importants pouvoirs, comme celui d'imposer la mise à l'arrêt provisoire d'une installation pour demander des vérifications ou des travaux. Elle rend compte de son action au Parlement² qui l'auditionne plusieurs fois par an.
- Au niveau international, l'AIEA³ évalue la sûreté des centrales françaises (évaluations OSART) : les rapports d'évaluation sont publiés sur le site de l'ASN. L'association mondiale des exploitants, WANO⁴, organise des revues de pairs pour partager les meilleures pratiques internationales.

L'industrie nucléaire est soumise à des obligations légales de transparence.

- Tout écart par rapport au fonctionnement normal d'une installation nucléaire, même très faible et sans impact sur la sûreté, est obligatoirement déclaré par l'industriel à l'ASN. Il fait l'objet d'analyses qui permettent d'identifier de potentiels signaux faibles et de faire progresser la sûreté, par le retour d'expérience. Un peu plus de 1 000 événements ont été déclarés par les exploitants en 2017.
- L'ASN publie en ligne ses avis et décisions, rapports d'inspection, lettres de suite notifiées à l'exploitant de l'installation nucléaire contrôlée. L'ASN

**En 2017,
l'ASN a effectué
635 inspections
dans les
installations
nucléaires**

¹Rapport sûreté nucléaire et radioprotection en France - ASN (2017)

²Notamment à l'OPECST (Office parlementaire des choix scientifiques et techniques)

³Agence internationale de l'énergie atomique

⁴World Association of Nuclear Operators

engage aussi des consultations du public par voie électronique sur ses principaux projets de décisions.

- Depuis 2016, l'ASN met à disposition un portail internet destiné à recueillir des potentiels signalements par des personnes qui auraient connaissance d'irrégularités, rencontrées dans les installations nucléaires.

L'industrie innove en matière de dialogue.

- Les Commissions locales d'information (CLI), créées dès les années 1980, rassemblent autour des sites, des élus, des représentants d'associations et des syndicats. Au nombre aujourd'hui de 27, elles sont consultées lors des étapes importantes du cycle de vie d'une installation, peuvent réaliser des expertises indépendantes, participer à des visites d'installations, etc. Le dialogue s'engage aussi avec la société civile au niveau national au sein du HCTISN⁵. Ces dispositifs n'existent dans aucun autre secteur.
- Une culture du débat a été mise en place au début des années 2000, à la fois dans le cadre de la Commission nationale du débat public, (déchets, grands projets) et au-delà : une nouvelle forme de concertation est ainsi organisée pour préparer le 4^{ème} réexamen périodique de sûreté des centrales nucléaires.

● ⁵ Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire

Lever le doute sur...

Les installations nucléaires françaises sont-elles protégées contre le risque terroriste ?

- Alors que la sûreté concerne les dispositifs mis en œuvre afin que les installations soient sûres, la sécurité relève des dispositifs et moyens pour protéger les sites d'éventuelles agressions externes.
- Les installations nucléaires disposent de moyens de protection physique (clôtures, vidéo-surveillance, systèmes d'alarmes) qui permettent d'arrêter ou de freiner les intrus et de les identifier rapidement. Les centrales sont surveillées par plus de 700 membres d'une unité spécialisée, formés par le GIGN⁶. Au niveau national, la sécurité des installations nucléaires civiles repose aussi sur de nombreux moyens directement sous l'autorité de l'Etat : renseignement, défense aérienne, moyens d'interception hors site.
- De nombreux exercices et contrôles sont effectués chaque année par les services de l'Etat. La confidentialité est de mise en matière de protection contre les actes malveillants, afin de ne pas dévoiler les dispositifs de protection.
- Un organisme national, le Cossen⁷, a été créé en 2017 pour assurer le contrôle et le suivi administratif de toute personne accédant aux installations et activités nucléaires.

⁶ Peloton spécialisé de protection de la gendarmerie – PSPG, formé par le Groupe d'intervention de la gendarmerie nationale - GIGN

⁷ Commandement spécialisé pour la sécurité nucléaire

Une solution efficace contre le changement climatique

Pour lutter contre le changement climatique, le monde aura besoin de toutes les énergies bas carbone mobilisables à grande échelle, dont le nucléaire. Grâce au nucléaire, la France a déjà une électricité décarbonée : elle doit concentrer ses efforts sur la réduction de sa consommation d'énergies fossiles (gaz, pétrole, charbon). L'exemple français montre enfin que la flexibilité de l'énergie nucléaire rend possible le développement des énergies renouvelables variables.

Pour lutter contre le changement climatique, le monde aura besoin de toutes les énergies bas carbone mobilisables à grande échelle, dont le nucléaire.

**93 %
de l'électricité
produite en
France est
bas carbone**

- L'énergie nucléaire est reconnue par la communauté scientifique pour ses faibles émissions de gaz à effet de serre. La réaction de fission en elle-même n'en émet pas. Les émissions sur l'ensemble du cycle de vie (construction de l'installation, fabrication du combustible, démantèlement, déchets), sont évaluées par le GIEC au même niveau que l'éolien.
- L'efficacité de l'énergie nucléaire à réduire les émissions de CO₂ est démontrée : elle a permis d'éviter l'équivalent de 5 ans d'émissions du secteur électrique dans le monde depuis 1970¹. A l'exception de la Norvège, qui dispose d'un potentiel hydraulique unique, les pays européens qui ont réussi à décarboner leur secteur électrique (Suède, Suisse, France) combinent nucléaire et renouvelables (hydroélectricité principalement).
- Au Japon et dans plusieurs Etats américains, la mise à l'arrêt prématurée de centrales nucléaires, qui étaient essentielles à l'équilibre du réseau électrique, s'est soldée par un accroissement de production des centrales à gaz, et une augmentation des émissions. En Allemagne, la sortie du nucléaire va retarder la sortie du charbon jusqu'en 2038.
- Toutes les institutions internationales (GIEC, OCDE, UE), incluent dans leurs scénarios de décarbonation une part de nucléaire, à l'horizon 2050, aux côtés des énergies renouvelables. Ainsi le GIEC, dans son dernier rapport 1,5°C, présente quatre trajectoires, avec entre 2010 et 2050, une croissance de la production nucléaire mondiale de 100 % à 500 %.

Grâce au nucléaire, la France a déjà une électricité décarbonée : elle doit concentrer ses efforts dans la réduction de sa consommation d'énergies fossiles.

¹ Agence internationale de l'énergie (AIE)

² RTE (2018)

- En France, le système électrique est à plus de 93 % bas carbone² grâce à une combinaison alliant énergie nucléaire (près de 72 %) et renouvelables (21 %). La France a déjà atteint, pour son secteur électrique, les objectifs que se fixent les autres pays pour 2050. Elle est le pays le moins émetteur de CO₂ par habitant des pays industrialisés du G7.

- Depuis 2015, les émissions de CO₂ en France continuent d'augmenter. 70 % de la consommation d'énergie provient toujours des énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon). Remplacer du nucléaire bas carbone par des renouvelables bas carbone ne réduit pas les émissions. Il faut concentrer les efforts sur la réduction de la consommation d'énergies fossiles (pétrole, gaz), principalement dans le transport et l'habitat-tertiaire.
- L'électricité bas carbone offre des solutions prometteuses pour décarboner de nombreux usages (mobilité, froid, chaleur, etc.). Ces solutions sont à la fois simples à utiliser au quotidien et apportent souvent des bénéfices de confort supplémentaire, susceptibles de favoriser leur adoption.

L'exemple français montre que la flexibilité de l'énergie nucléaire rend possible le développement des énergies renouvelables variables.

- En France, la production du parc nucléaire est flexible et s'adapte déjà aux variations de la demande. La majorité des réacteurs nucléaires peut moduler sa puissance jusqu'à 80 % en moins de 30 minutes, ce qui rend possible le développement des énergies renouvelables intermittentes.
- Avec de faibles coûts variables, le nucléaire français s'insère dans le système électrique européen et évite en bonne part le recours à des centrales à gaz ou à charbon dans les pays qui développent des parcs d'énergies renouvelables.

Lever le doute sur...

Que faut-il penser des scénarios 100 % énergies renouvelables ?

Les scénarios 100 % énergies renouvelables font l'objet de nombreuses critiques.

- L'analyse³ de 24 scénarios 100 % renouvelables publiés dans le monde a montré des limites générales d'abord en termes d'adéquation avec les prévisions des besoins et des comportements de la population mondiale, et aussi sur les questions de sécurité d'approvisionnement et d'équilibre du système électrique.
- En France aussi, les scénarios 100 % renouvelables électriques montrent leurs limites en termes d'impact économique et de faisabilité sociale. Ainsi le scénario négaWatt⁴ repose sur une très forte croissance de l'éolien (multiplication par 25 de la production éolienne terrestre en 2050 par rapport à 2010), et impose une réduction drastique de la consommation d'énergie (moins 65 % en 2050 par rapport à 2010).

³B. Heard, B.W. Brook « Renewable & Sustainable Energy Reviews» (2017)

⁴ Etude négaWatt (2017)

Une industrie respectueuse de l'environnement

Les centrales 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 réduite, et ne contribuent que de façon négligeable à l'exposition moyenne de la radioactivité naturelle en France.

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

L'impact d'une centrale est en moyenne 300 fois plus faible que l'exposition naturelle

- 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, etc.) s'est déroulée de manière harmonieuse avec le développement des secteurs touristiques et agricoles.
- Les rejets des installations nucléaires sont encadrés par une réglementation stricte, et font l'objet de contrôles exigeants, avec, selon la taille de l'installation, jusqu'à 20 000 analyses par an : mesure de la qualité de l'air au moyen de capteurs et de prélèvements de poussières atmosphériques, de la qualité de l'eau par des prélèvements en rivière, dans la nappe phréatique, de l'herbe, du lait, etc.¹.
- A la différence des énergies fossiles, le nucléaire n'émet dans l'atmosphère ni particules fines, ni dioxyde d'azote, ni dioxyde de soufre, ni nitrates et phosphates. Il faut noter que tous ces polluants entraînent des maladies respiratoires. Chaque année en France, 48 000 personnes meurent prématurément à cause de la pollution atmosphérique².

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 hydro-électriques, les énergies qui produisent le plus d'énergie par m² sur l'ensemble de leur cycle de vie.
- La faible emprise au sol du nucléaire permet de prévenir la bétonisation des territoires, un facteur clef pour préserver la biodiversité. Ainsi 65 des plus grands experts mondiaux en biologie de la conservation ont pris position pour expliquer que le nucléaire était l'énergie la plus respectueuse de la biodiversité⁴.

¹ Rapports d'information des exploitants nucléaires (2017)

² Santé publique France (2016)

³ Nuclear power & sustainable development, AIEA (2016)

⁴ Key role for nuclear energy in global biodiversity conservation (2014)

- 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 préserver la biodiversité.

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. La radioactivité naturelle en France est en moyenne de 2,9 mSv par an par habitant. Dans les régions granitiques comme la Bretagne, l'exposition peut être jusqu'à 4 fois plus élevée que dans d'autres endroits de France. Dans certaines régions du monde, comme au Brésil ou en Inde, l'exposition peut-être bien supérieure, notamment sur certaines plages de sable noir en raison d'une forte concentration en thorium.
- Au voisinage d'une centrale nucléaire, l'impact de l'installation est en moyenne 300 fois plus faible que l'exposition naturelle. L'IRSN parle « d'exposition négligeable ».

Lever le doute sur...

Les centrales sont-elles vulnérables au changement climatique, en particulier à la canicule ?

- 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.
- Entre 2000 et 2017, les pertes de production liées aux contraintes climatiques n'ont représenté que 0,18 %⁶ en moyenne de la production d'électricité d'origine nucléaire. 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 souvent équipées de tours aéroréfrigérantes permettant d'utiliser essentiellement l'atmosphère comme source froide.

⁶ EDF (2018)

Une gestion maîtrisée des déchets

La France maîtrise la technologie du recyclage des combustibles nucléaires et dispose d'une filière complète de gestion des déchets radioactifs aux méthodes rigoureuses.

La France maîtrise la technologie du recyclage des combustibles nucléaires.

- Aujourd'hui, 10 % de l'électricité nucléaire française est produite à partir de matières recyclées (combustible MOX à base d'oxydes de plutonium et d'uranium appauvri). La filière s'est fixée pour objectif de doubler ce taux d'ici 2030 (combustible MOX et reprise du recyclage de l'uranium de retraitement à partir de 2023).
- Pour valoriser les matières nucléaires réutilisables et réduire les volumes de déchets finaux, la filière nucléaire a développé des solutions technologiques permettant le recyclage de 96 % des matières issues du combustible usé (plutonium et uranium dit de retraitement). Ces matières sont utilisées pour produire de nouveaux combustibles (MOX et combustible à l'uranium de retraitement enrichi).
- La technique du recyclage permet de diviser par 5 le volume des déchets ultimes à vie longue (produits de fission, actinides mineurs). Ces derniers, dits déchets HAVL, sont conditionnés dans des matrices vitrifiées et des conteneurs en acier, sous une forme sûre et stable pour plusieurs centaines de milliers d'années, ce qui facilite les opérations d'entreposage et de stockage.

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

- La France dispose d'un établissement public dédié, l'Andra¹, dont les activités sont contrôlées, comme pour tous les exploitants nucléaires, par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).
- L'Andra réalise et publie un Inventaire national des matières et déchets radioactifs produits en France par quelques 1 200 producteurs (industrie électronucléaire, laboratoires, centres de recherche, industries, hôpitaux, défense, 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,

10 %
de l'électricité
nucléaire
provient de
matières
recyclées

¹Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

de faible et de moyenne activité à vie courte). Ces déchets, qui représentent une quantité réduite (de l'ordre de 2 kg par an et par personne) et un faible niveau de radioactivité, sont conditionnés et stockés en surface dans trois centres gérés par l'Andra. Ils continueront d'être surveillés le temps de la décroissance de leur radioactivité.

- Pour les 10 % restants (MAVL et HAVL), l'Andra étudie la création d'un centre de stockage (appelé Cigéo) situé dans une formation géologique stable, capable de confiner la radioactivité de ces déchets sur de très longues échelles de temps. Pour rappel, les déchets HAVL sont issus du recyclage des combustibles usés. Ces déchets sont très radioactifs et à durée de vie longue ; ils ne représentent toutefois que 0,2 % des déchets radioactifs produits en France.

Lever le doute sur...

Sait-on démanteler les centrales nucléaires ?

- Au début des années 1990, les pratiques internationales étaient de privilégier le démantèlement d'une centrale nucléaire en mode différé, pour permettre la décroissance naturelle de la radioactivité de l'installation et donc faciliter son démantèlement. Une nouvelle méthode, inscrite dans la loi et promue par l'ASN, impose désormais que le démantèlement soit réalisé dans un temps aussi court que possible pour maintenir les compétences et transmettre de la mémoire des installations. Actuellement, neuf anciens réacteurs de production d'électricité sont en cours de démantèlement en France (ex : Brennilis en Bretagne).
- On sait démanteler les réacteurs de la technologie utilisée pour notre parc nucléaire actuel, les réacteurs à eau pressurisée. Ainsi le réacteur de Main Yankee aux Etats-Unis a été totalement démantelé. En France, le chantier de démantèlement du réacteur de Chooz A dans les Ardennes, démarré en 2007, est conforme au planning et au budget. Son achèvement est prévu en 2022. Ces chantiers sont très réglementés, afin de réduire l'impact environnemental et d'assurer la sécurité des intervenants, et prennent en moyenne 15 ans, après la délivrance du décret d'autorisation. L'enjeu n'est pas la faisabilité, mais les moyens d'optimisation des opérations pour gagner en efficacité.
- Pour les trois autres technologies de réacteurs, qui sont en démantèlement aujourd'hui, un certain nombre de verrous technologiques ont été franchis ; d'autres défis font l'objet de programmes de R&D.

Santé du contrôle à la thérapie

En France, une réglementation très stricte encadre la protection des salariés exposés aux rayonnements ionisants dans le cadre de leur activité professionnelle. La radioactivité est de plus en plus utilisée à des fins médicales et permet de sauver de nombreuses vies.

En France, une réglementation très stricte encadre la protection des salariés exposés aux rayonnements ionisants dans le cadre de leur activité professionnelle.

- En France, chaque travailleur potentiellement exposé aux rayonnements ionisants, qu'il travaille sur des installations nucléaires, dans la recherche, dans d'autres industries ou en médecine, fait l'objet d'un suivi dosimétrique, via un dosimètre passif, appareil qui enregistre de manière cumulative toutes les doses reçues, et d'un suivi médical adapté selon son niveau d'intervention. Une base de données (SISERI), gérée par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), centralise et conserve tous les résultats des mesures individuelles de l'exposition des travailleurs, quelles que soient leurs activités, afin de les exploiter à des fins statistiques ou épidémiologiques.
- Dans l'industrie nucléaire, les exploitants sont responsables non seulement du suivi radiologique de leurs salariés, mais aussi de tous ceux des entreprises intervenants ponctuellement et/ou des entreprises sous-traitantes. Par exemple, EDF investit chaque année cinq millions d'euros¹ dans le suivi médical des intervenants extérieurs, par le biais de conventions signées avec des centres interentreprises de surveillance médicale.
- La réglementation française impose une limite de 20 mSv² par an pour l'exposition des personnels travaillant régulièrement en zone réglementée (catégorie A). Cette limite est à comparer à la dose de 17 mSv reçue par un patient soumis à un scanner de l'abdomen, ou à la limite internationale recommandée de 50 mSv par an (avec un cumul de 100 mSv sur cinq ans)³.
- En 2017, l'industrie nucléaire comptait 84 000 personnes suivies, soit un peu plus de 20 % du total des personnes suivies en France. La dose moyenne reçue était de 1,3 mSv, une exposition inférieure à la moyenne reçue par les personnels navigants dans l'aviation. On ne comptait qu'un travailleur au-dessus de 15 mSv, et aucun travailleur au-dessus de 20 mSv. L'utilisation de nouvelles technologies (ex : robots) permet de réduire d'année en année la dosimétrie moyenne reçue par les travailleurs du nucléaire.

50 %
des personnes
atteintes de
cancer sont
traitées par
radiothérapie

¹Note d'information
EDF (2018)

²Millisievert

³Commission interna-
tionale de protection
contre les
rayonnements - CIPR

La radioactivité est de plus en plus utilisée dans le domaine médical et permet de sauver de nombreuses vies.

- La médecine nucléaire consiste à injecter au patient des médicaments radio-pharmaceutiques, constitués, soit de radionucléides isolés (comme l'iode 123 pour la glande thyroïde), soit d'un couple constitué d'un radionucléide et d'une molécule « vectrice », laquelle va être attirée vers un organe cible ou tracer une fonction de l'organisme. Le radionucléide-traceur rattaché émet des rayonnements ionisants. Ces rayonnements peuvent être détectés (imagerie, scintigraphie) et permettre de diagnostiquer de nombreuses maladies (ex : Alzheimer). Ils peuvent servir aussi à détruire des cellules cancéreuses (radiothérapie interne).
- La France compte 750 médecins et internes spécialistes, actifs dans plus de 200 centres de médecine nucléaire⁴. Un million et demi d'actes de diagnostic ont été réalisés en 2017 grâce à la médecine nucléaire, en croissance de 9 % par an.
- En France, près de 50 % des personnes atteintes de cancer sont traitées par radiothérapie (je plus de 190 000 patients traités chaque année). Les techniques évoluent constamment en optimisant la dose reçue sur tout le volume tumoral et en protégeant au maximum les tissus sains.
- Des industriels du nucléaire se dédient à la médecine comme Orano Med qui produit le plomb 212, un radioélément très prometteur pour le traitement de certaines tumeurs, et le CEA avec, entre autres, le projet Jules Horowitz (RJH).

⁴ Société française de médecine nucléaire (2018)

Lever le doute sur...

Comment est surveillée la santé des mineurs travaillant dans les mines d'uranium à l'étranger ?

- La réglementation française concernant le suivi des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants est appliquée dans tous les pays du monde où Orano a des activités d'exploration, d'exploitation ou de surveillance de sites miniers, en particulier en Afrique.
- Le personnel Orano a fait l'objet d'études (cohortes) portant sur les expositions prolongées à de faibles doses. S'agissant des mineurs d'uranium, à ce jour, hormis pour les cancers pulmonaires liés au radon⁵, aucune corrélation directe n'a été démontrée entre le travail dans les mines d'uranium et la déclaration d'une maladie de type cancer solide ou leucémie.

⁵ Gaz radioactif d'origine naturelle.