



DOSSIER DU MAÎTRE D'OUVRAGE

*Projet d'une première paire
de réacteurs EPR2 sur le site
de Penly (Normandie),
dans le cadre de la proposition
d'EDF pour un programme
de nouveaux réacteurs nucléaires
en France*



DOSSIER DU MAÎTRE D'OUVRAGE

*Projet d'une première paire
de réacteurs EPR2 sur le site
de Penly (Normandie),
dans le cadre de la proposition
d'EDF pour un programme
de nouveaux réacteurs nucléaires
en France*



Ce dossier du maître d’ouvrage (DMO) a pour objectif de partager avec le public l’ensemble des éléments d’information afférents au « Projet d’une première paire de réacteurs EPR2 sur le site de Penly (Normandie), dans le cadre de la proposition d’EDF pour un programme de nouveaux réacteurs nucléaires en France », soumis au débat public par EDF.

Électricité de France (EDF) est le maître d’ouvrage de ce projet. RTE, au titre de ses missions de service public (art. L. 121-4 I du code de l’énergie), assure la maîtrise d’ouvrage de la réalisation des infrastructures de raccordement au réseau public de transport d’électricité.

Composé de 5 chapitres, il présente successivement le contexte dans lequel s’inscrit le projet, le programme industriel de nouveaux réacteurs nucléaires proposé par EDF, les caractéristiques du réacteur EPR2, le projet d’une paire de réacteurs EPR2 à Penly et, enfin, les suites de ce débat.

Les principaux points présentés dans ce dossier du maître d’ouvrage sont également accessibles sous la forme d’une synthèse de 26 pages.

Les versions numériques de ces deux documents sont consultables et téléchargeables sur le site Internet du débat public, à l’adresse suivante :
www.debatpublic.fr/nouveaux-reacteurs-nucleaires-et-projet-penly

Pour toute question sur le débat, contact :
nouveaux-reacteurs-nucleaires@debat-cndp.fr

EDF, MAÎTRE D'OUVRAGE DU PROJET D'UNE PREMIÈRE PAIRE DE RÉACTEURS EPR2 SUR LE SITE DE PENLY

EDF est un énergéticien intégré, qui assure en France une contribution majeure au service public de l'électricité sur les territoires. Leader des énergies bas carbone dans le monde, EDF a développé un mix de production diversifié, basé sur l'énergie nucléaire, l'énergie hydraulique et les autres énergies renouvelables.

En cohérence avec sa raison d'être « *Construire un avenir énergétique neutre en CO₂ conciliant préservation de la planète, bien-être et développement grâce à l'électricité et à des solutions et services innovants* », EDF s'inscrit dans l'ambition fixée par la loi énergie climat de 2019 d'atteindre la neutralité carbone d'ici à 2050¹.

En France, EDF a produit près de 430 térawattheures d'électricité en 2021², dont près de 98 % sans émission directe de CO₂ grâce au nucléaire, à l'hydraulique et aux autres renouvelables dans son mix électrique.

.....

En France, EDF a produit près de 430 TWh d'électricité en 2021, dont près de 98 % sans émission directe de CO₂.

.....

ACTIVITÉS DU GROUPE DANS LE DOMAINE NUCLEAIRE³ EN FRANCE

- **Le parc nucléaire d'EDF en fonctionnement** est un parc standardisé de 56 réacteurs à eau pressurisée répartis sur 18 sites, d'une puissance de 900 à 1450 mégawatts électriques. La flexibilité de production de ce parc contribue à assurer l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité, depuis le court terme jusqu'à la gestion annuelle.
- **EDF construit à Flamanville un réacteur EPR** (*European Pressurized Reactor*) d'une puissance de 1650 mégawatts électriques, dont la mise en service est prévue en 2023.
- **EDF déconstruit actuellement neuf réacteurs** définitivement arrêtés, répartis sur six sites géographiques. Les deux réacteurs 900 mégawatts électriques de Fessenheim, mis à l'arrêt définitif en 2020, sont entrés en phase de prédémantèlement.

Dans toutes ces activités, EDF assume la responsabilité de la sûreté nucléaire, et réaffirme la priorité absolue que représente la protection de la santé des populations et de l'environnement.

1. La stratégie d'EDF – CAP 2030.

2. Les activités d'EDF en 2021.

3. Le « nucléaire d'EDF ».

SOMMAIRE

1	LA VISION D'EDF DU CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE FRANÇAIS DANS LEQUEL S'INSCRIVENT LE PROGRAMME ET LE PROJET PROPOSÉS	8
1.1	LA RAISON D'ÊTRE POUR EDF DU PROGRAMME PROPOSÉ DE NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN FRANCE	11
1.2	LES ALTERNATIVES À L'ENGAGEMENT D'UN PROGRAMME DE NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN FRANCE	24
1.3	LES ÉLÉMENTS STRUCTURANTS DU PLANNING DU PROGRAMME ET DU PROJET S'ILS SE POURSUIVENT	29
2	LA PROPOSITION D'EDF POUR UN PROGRAMME INDUSTRIEL DE NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN FRANCE	32
2.1	LA CAPACITÉ DE LA FILIÈRE NUCLÉAIRE FRANÇAISE À MAÎTRISER LE PROGRAMME INDUSTRIEL PROPOSÉ, EN TERMES DE COMPÉTENCES, QUALITÉ, COÛTS ET DÉLAIS	37
2.2	LES CRITÈRES DE CHOIX DES SITES CONDUISANT À LA PROPOSITION D'EDF POUR LES 3 PAIRES DU PROGRAMME	51
2.3	LE PLANNING DE DÉPLOIEMENT ENVISAGÉ DU PROGRAMME DE TROIS PAIRES DE RÉACTEURS EPR2	55
2.4	LE COÛT DU PROGRAMME, LES MÉCANISMES DE FINANCEMENT ET LEURS INCIDENCES POUR LA COLLECTIVITÉ	57
2.5	LES INCIDENCES SOCIO-ÉCONOMIQUES DU PROGRAMME À L'ÉCHELLE NATIONALE	64
2.6	LES ALTERNATIVES À LA FAÇON DE DÉPLOYER LE PROGRAMME PROPOSÉ	70
3	LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU RÉACTEUR EPR2	74
3.1	EPR2, UN RÉACTEUR OPTIMISÉ ET INDUSTRIALISÉ, EN FILIATION DIRECTE AVEC L'EPR ET LES RÉACTEURS À EAU PRESSURISÉE DU PARC EN EXPLOITATION	79
3.2	UNE CONCEPTION AU SERVICE DE LA SÛRETÉ, DE LA SÉCURITÉ Y COMPRIS EN PÉRIODE DE CRISE, ET DE LA MAÎTRISE DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	88

3.3	UN RÉACTEUR EPR2 QUI S'INSCRIT DANS LA POLITIQUE FRANÇAISE DU CYCLE COMBUSTIBLE ET DES FILIÈRES DE GESTION DES DÉCHETS DES RÉACTEURS EXISTANTS	100
3.4	UN RÉACTEUR CONÇU POUR LE SIÈCLE À VENIR QUI INTÈGRE LES EFFETS PRÉVISIBLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	113
3.5	LES ALTERNATIVES AU RÉACTEUR EPR2	117
4	LE PROJET DE LA PREMIÈRE PAIRE DE RÉACTEURS EPR2 DU PROGRAMME SUR LE SITE DE PENLY ET SON RACCORDEMENT AU RÉSEAU DE TRANSPORT ÉLECTRIQUE	124
4.1	LE TERRITOIRE D'ACCUEIL DE LA PREMIERE PAIRE EPR2 DU PROGRAMME À PENLY	129
4.2	UN SITE AUX CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES FACILITANTES	138
4.3	LES CARACTÉRISTIQUES DU PROJET DE LA PREMIÈRE PAIRE EPR2 DU PROGRAMME À PENLY	140
4.4	RACCORDEMENT AU RÉSEAU ÉLECTRIQUE	152
4.5.	LES EFFETS DU PROJET EPR2 SUR LE TERRITOIRE	163
5	IMPLICATION DU PUBLIC ET PROCESSUS RÉGLEMENTAIRE	188
5.1	IMPLICATION DU PUBLIC DANS LA PRÉPARATION DES DÉCISIONS	191
5.2	LE DÉBAT PUBLIC ET SES SUITES	193
5.3	PROCÉDURES AUXQUELLES LE PROJET D'UNE PAIRE DE RÉACTEURS EPR2 À PENLY EST SOUMIS	195
	ANNEXES	202
	GLOSSAIRE	246



CHAPITRE

1

LA VISION D'EDF DU CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE FRANÇAIS DANS LEQUEL S'INSCRIVENT LE PROGRAMME ET LE PROJET PROPOSÉS

EDF estime que sa proposition de programme de nouveaux réacteurs nucléaires peut répondre à l'augmentation des besoins électriques prévue dans la stratégie nationale bas carbone. Ce programme industriel permettrait aussi de maintenir le nucléaire en France et les opportunités de cette technologie pour la transition écologique. Le débat public qui s'ouvre est complémentaire à la concertation gouvernementale sur les choix énergétiques à venir, et constituera donc une opportunité pour le public d'alimenter la décision de réaliser ou non le projet, alors que toutes les options sont encore ouvertes.

► CHAPITRE 1

LA VISION D’EDF DU CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE FRANÇAIS DANS LEQUEL S’INSCRIVENT LE PROGRAMME ET LE PROJET PROPOSÉS

1.1	LA RAISON D’ÊTRE POUR EDF DU PROGRAMME PROPOSÉ DE NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN FRANCE	11
1.1.1	EDF ESTIME QUE LE NUCLÉAIRE CONTRIBUE À L’ATTEINTE DE LA NEUTRALITÉ CARBONE, À L’INDÉPENDANCE ÉNERGÉTIQUE DE LA FRANCE, ET À MAINTENIR UN COÛT DE L’ÉLECTRICITÉ STABLE ET ABORDABLE POUR TOUS	11
1.1.2	EDF ESTIME QUE SA PROPOSITION S’INSCRIT DANS LA PROGRAMMATION PLURIANNUELLE DE L’ÉNERGIE ACTUELLE ET DANS LA TRAJECTOIRE POUR ATTEINDRE LA NEUTRALITÉ CARBONE EN 2050	11
1.1.3	LA VISION D’EDF SUR L’OPPORTUNITÉ D’ENGAGER UN PROGRAMME DE NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN FRANCE	13
	• Pour EDF, le développement du nucléaire constitue une réponse à l’augmentation des besoins électriques liée à la décarbonation du système énergétique	13
	• EDF estime que les réacteurs nucléaires sont un moyen de production pilotable qui accompagne le développement des énergies renouvelables intermittentes	15
	• Une place pour le nucléaire dans le système électrique de demain, confortée par l’analyse que fait EDF du rapport « Futurs énergétiques 2050 » de RTE	17
	– Vers une augmentation de la consommation électrique	17
	– Une nécessaire augmentation de la production d’électricité bas carbone	19
	– Plusieurs scénarios de mix de production étudiés	19
	– De nombreux atouts pour les scénarios présentant un socle significatif de nucléaire	19
1.2	LES ALTERNATIVES À L’ENGAGEMENT D’UN PROGRAMME DE NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN FRANCE	24
1.2.1	LES RISQUES ASSOCIÉS AUX SCÉNARIOS 100 % RENOUVELABLES, SELON L’ANALYSE QUE FAIT EDF DU RAPPORT « FUTURS ÉNERGÉTIQUES 2050 » DE RTE	24
1.2.2	FOCUS SUR LE BILAN CARBONE DES DIFFÉRENTES SOURCES DE PRODUCTION D’ÉLECTRICITÉ	28
1.3	LES ÉLÉMENTS STRUCTURANTS DU PLANNING DU PROGRAMME ET DU PROJET S’ILS SE POURSUIVENT	29
	LISTE DES RÉFÉRENCES	30

1.1

LA RAISON D’ÊTRE POUR EDF DU PROGRAMME PROPOSÉ DE NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN FRANCE

1.1.1

EDF estime que le nucléaire contribue à l’atteinte de la neutralité carbone, à l’indépendance énergétique de la France, et à maintenir un coût de l’électricité stable et abordable pour tous

L’avance que la France possède dans la décarbonation de son mix électrique tient notamment à ses centrales nucléaires. Ce parc de production d’électricité¹, décidé dans les années 1970², a eu des effets vertueux sur l’indépendance énergétique, l’essor d’une filière industrielle et la garantie d’un kilowattheure bon marché pour tous.

La France s’est engagée à atteindre la neutralité carbone en 2050. EDF estime que les scénarios les plus réalistes pour y parvenir s’appuient sur le nucléaire pour contribuer à la production d’une électricité bas carbone dont la demande sera croissante. Si un scénario de ce type est retenu à l’horizon 2050, de nouveaux réacteurs seront nécessaires pour contribuer à cette demande, et au remplacement des capacités de production qui seront arrêtées d’ici là. Engager sans délai la construction d’une série de nouveaux réacteurs nucléaires en France ouvre des perspectives qui interpellent la société. C’est garder le choix d’un mix énergétique bas carbone, comprenant du nucléaire, dans les prochaines décennies, et la faculté industrielle de décider, vers 2030-2035, du mix électrique voulu pour 2050, sans exclure la possibilité de l’énergie nucléaire à cet horizon. C’est donner à la recherche et développement le temps et les moyens de travailler sur de nouvelles formes de production d’électricité alternatives et fiables à l’horizon 2050. C’est participer à la relance économique en activant la filière nucléaire française, source d’emplois et de développement économique, de formations, d’exportations et de revenus pour les territoires.

En plus d’être un projet industriel, EDF estime que ce programme de construction nucléaire est un enjeu de souveraineté énergétique française, et l’opportunité d’un élan pour l’économie nationale.

1.1.2

EDF estime que sa proposition s’inscrit dans la Programmation pluriannuelle de l’énergie actuelle et dans la trajectoire pour atteindre la neutralité carbone en 2050

La Programmation pluriannuelle de l’énergie (PPE) est actualisée tous les cinq ans, et suit la planification d’objectifs sur le long terme visant à atteindre la neutralité carbone à l’horizon 2050, dans le cadre de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC³). Au-delà de 2035, se pose la question des nouveaux moyens de production d’électricité bas carbone. La PPE pour les périodes 2019-2023 et 2024-2028⁴ a été adoptée par un décret le 21 avril 2020.

EDF, avec l’ensemble de la filière industrielle française, a pleinement contribué à la démarche appelée par la PPE depuis 2019. Au terme de ces travaux, en mai 2021, EDF a remis au Gouvernement un dossier de proposition comprenant notamment l’ensemble des éléments techniques et financiers pour la réalisation d’une série de trois paires de réacteurs EPR2.

.....

La France s’est engagée à atteindre la neutralité carbone en 2050.

.....

1. Le nucléaire en France © EDF
2. Les générations de réacteurs nucléaires © CEA
3. La SNBC a été introduite par la loi de transition énergétique pour la croissance verte. C’est la feuille de route de la France pour lutter contre le changement climatique et atteindre la neutralité carbone à l’horizon 2050.
4. Programmation pluriannuelle de l’énergie

Le 18 février 2022, le Gouvernement a publié le rapport « Travaux relatifs au nouveau nucléaire⁵ » répondant à la demande de la programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2028 adoptée le 21 avril 2020.



QUE PRÉVOIT LA PPE ADOPTÉE EN AVRIL 2020 ?

La Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) a demandé en 2020 qu'un programme de travail soit conduit afin de permettre une prise de décision sur le lancement éventuel d'un programme de construction de nouveaux réacteurs nucléaires.

« [...] En l'état actuel des technologies, il n'est pas possible de déterminer avec certitude les technologies les plus compétitives pour assurer notre mix électrique à cet horizon, entre le nucléaire et les énergies renouvelables associées à du stockage et d'autres solutions de flexibilité [...]. »

En raison de cette incertitude, il est nécessaire de préserver une capacité de construction de nouveaux réacteurs nucléaires appuyés sur une technologie et des capacités industrielles nationales.

Afin de permettre une prise de décision sur le lancement éventuel d'un programme de construction de nouveaux réacteurs, le gouvernement conduira avec la filière, d'ici mi-2021, un programme de travail complet qui portera notamment sur les points suivants :

- la démonstration avec la filière française de sa capacité à maîtriser un programme industriel de nouveaux réacteurs, sur la base d'une hypothèse de travail de trois paires d'EPR, par la formalisation d'un retour d'expérience économique et de sécurité consolidé de la mise en service des premiers EPR, notamment Flamanville 3, et de la phase d'ingénierie et mobilisation industrielle d'Hinkley Point C, et par un programme de dérisquage du nouveau modèle de réacteur EPR2 proposé par EDF ;
- l'expertise des coûts anticipés du nouveau modèle de réacteur EPR2 proposé par EDF et la comparaison technico-économique du nucléaire avec les autres modes de production d'électricité bas carbone, prenant en compte l'ensemble des coûts directs et indirects (développement du réseau, coût complet du stockage, gestion des déchets nucléaires, etc.) ;
- l'analyse des options envisageables pour le portage et le financement d'un programme de nouveaux réacteurs pour le système électrique français, dont la question du modèle de régulation économique de ces nouveaux réacteurs ;
- les actions nécessaires en vue de la validation par la Commission européenne du dispositif de financement et de portage qui aura été retenu ;
- les études permettant de choisir les sites d'implantation de nouveaux réacteurs ;
- **les actions à engager en termes de concertation du public ;**
- les adaptations du cadre législatif et réglementaire national qui seraient nécessaires à l'engagement d'un tel programme.

Il apparaît également nécessaire d'expertiser, d'ici à la prochaine PPE et de manière régulière, les options alternatives pour assurer un mix électrique décarboné et présentant les garanties de sécurité d'approvisionnement nécessaires. »

Nota : le gras a été ajouté par rapport à la citation initiale

5. Rapport du gouvernement « Travaux relatifs au niveau nucléaire », 2022.

STRUCTURATION DU PROGRAMME DE TRAVAIL APPELÉ PAR LA PPE (AVRIL 2020)

-  Mission d'audit des coûts de la technologie EPR2
-  Démonstration de la capacité industrielle de la filière nucléaire à assurer la maîtrise d'un programme
-  Prospective sur les modes de production d'électricité bas-carbone avec ou sans la construction de réacteurs nucléaires avec l'objectif de neutralité carbone en 2050
-  Définition des options de gestion des déchets radioactifs complémentaires liés au programme
-  Définition de la forme et du calendrier de décision d'engagement, incluant les modalités de concertation avec le public
-  Définition des modalités de régulation économique, de financement et de portage, et préparation de la notification auprès de la Commission européenne

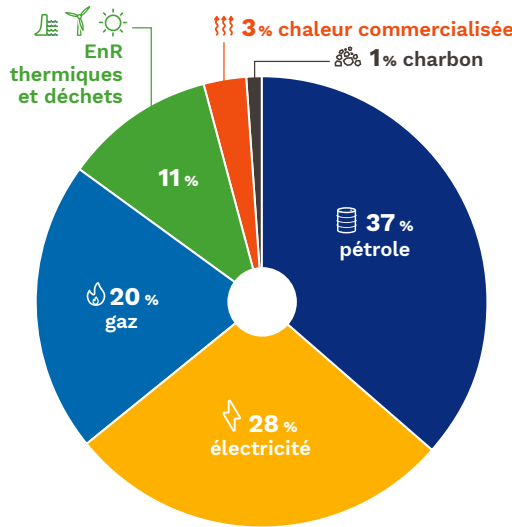
1.1.3 La vision d'EDF sur l'opportunité d'engager un programme de nouveaux réacteurs nucléaires en France

◆ Pour EDF, le développement du nucléaire constitue une réponse à l'augmentation des besoins électriques liée à la décarbonation du système énergétique

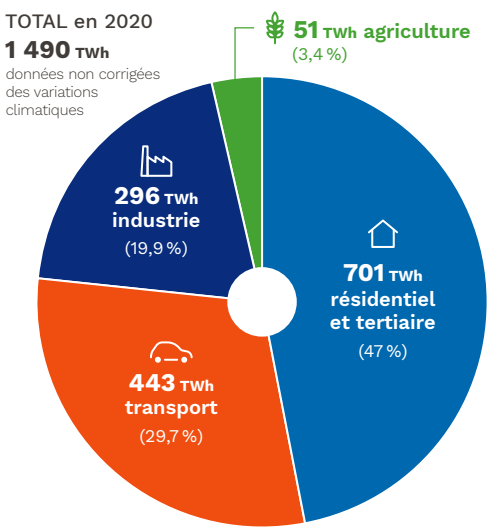
La consommation finale énergétique en France représente 1 490 TWh en 2020⁶. Les énergies fossiles (pétrole, gaz naturel et charbon) représentent encore une part significative de cette consommation, avec une proportion d'environ 60 % de l'ensemble.

L'électricité représente un quart environ de la consommation finale énergétique en 2020.

RÉPARTITION DE LA CONSOMMATION FINALE ÉNERGÉTIQUE EN FRANCE



CONSOMMATION FINALE ÉNERGÉTIQUE PAR SECTEUR EN FRANCE



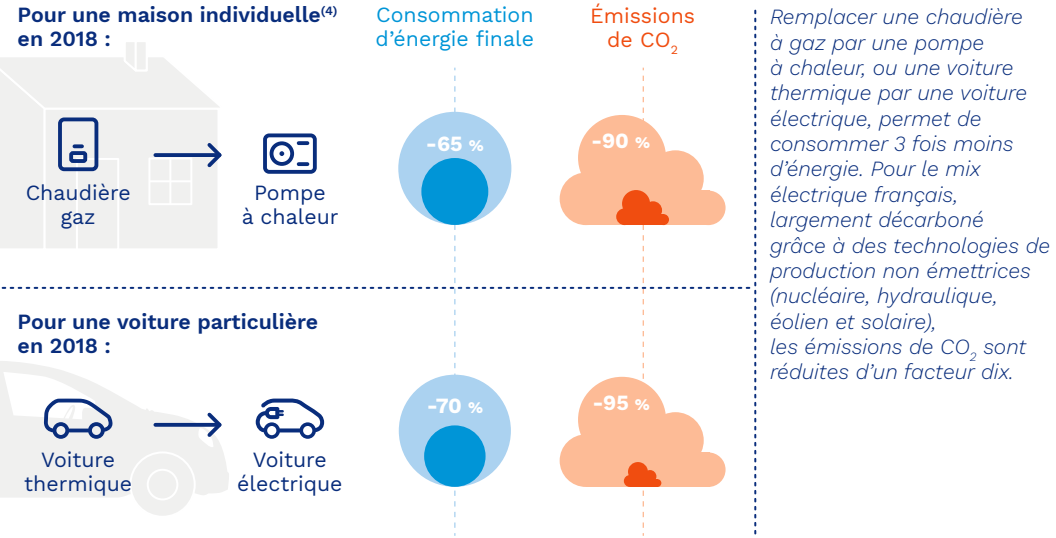
Source : SDES, bilan annuel de l'énergie – Ministère de la Transition écologique

6. Source : ministère de la Transition écologique.

Cette énergie finale est utilisée pour moitié dans le secteur « résidentiel – tertiaire », pour un tiers dans le secteur des « transports », les secteurs « industrie » et « agriculture » complétant le paysage.

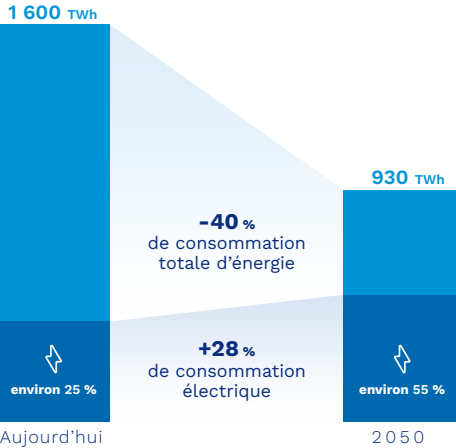
Pour atteindre une décarbonation complète du système énergétique à l'horizon 2050, la Stratégie nationale bas carbone (SNBC)⁷ actuellement en vigueur prévoit une diminution de 40 % des consommations d'énergie du pays, et une sortie des énergies fossiles. Il est prévu que celle-ci passe par une électrification massive des usages appuyée sur une production d'électricité fortement décarbonée (exemples du chauffage en maison individuelle ou de la voiture particulière), par le développement de la filière hydrogène et par un recours à la biomasse et au biogaz pour les usages ne pouvant être électrifiés.

RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET DÉCARBONATION DES USAGES



Source : Ademe en Analyse de Cycle de Vie.

PART DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE EN FRANCE BASÉE SUR LA SNBC



Réalisé à partir des données de la figure 2 « Consommation d'énergie finale en France et dans la SNBC » page 11 du document « Futurs énergétiques 2050 principaux résultats »

7. Source : ministère de la Transition écologique, chiffres clés de l'énergie.

SECTEUR DE L'ÉNERGIE ET UNITÉS DE MESURE

Le watt (W) est l'unité de puissance de base. Un mégawatt (MW) correspond à un million de watts. C'est, par exemple, l'unité utilisée pour désigner la puissance d'un réacteur nucléaire : environ 1 670 MW dans le cas d'un EPR2. **Le gigawatt (GW)**, qui correspond à 1 000 MW, est souvent utilisé pour désigner la puissance d'un parc de production. À titre d'exemple, la capacité actuelle du parc nucléaire en France est d'environ 61 GW. **Un wattheure (Wh)** est l'énergie produite ou consommée lorsqu'on produit ou consomme une puissance de 1 watt pendant 1 heure : c'est 1 watt multiplié par 1 heure.

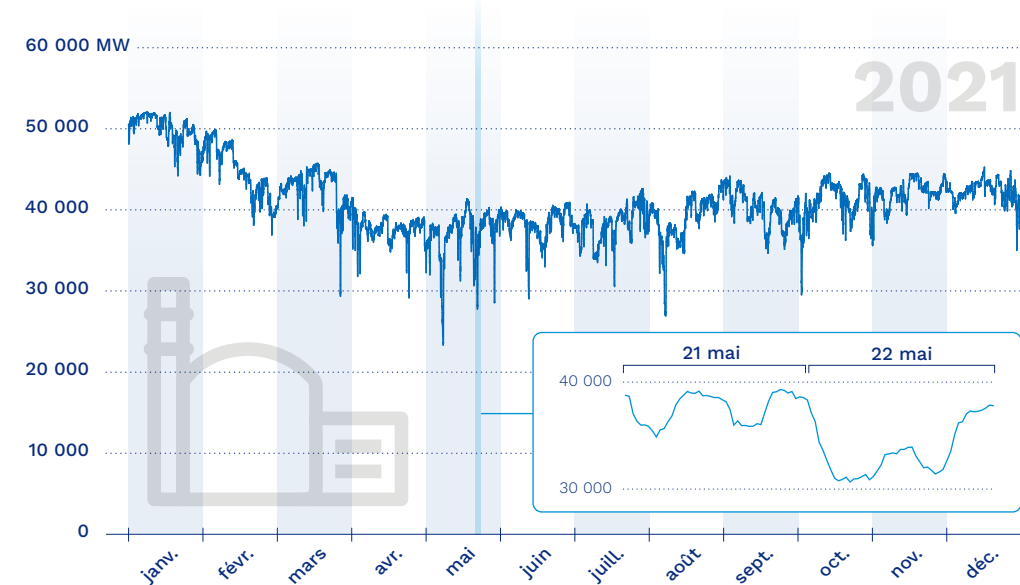
De même que pour les unités de puissance, on utilise de nombreux multiples de wattheure, dès lors que l'on mentionne des chiffres relatifs à des consommations ou des productions. Ainsi, 1 kilowattheure (kWh) correspond à 1 000 Wh, 1 mégawattheure (MWh) à 1 million de Wh, 1 térawattheure (TWh) à 1 milliard de Wh. En illustration, on peut indiquer qu'un ménage français consomme, en moyenne, 4 700 kWh d'électricité chaque année, et qu'un lave-linge a une puissance de 2 500 à 3 000 watts.

◆ EDF estime que les réacteurs nucléaires sont un moyen de production pilotable qui accompagne le développement des énergies renouvelables intermittentes

L'essor des énergies renouvelables électriques disséminées sur le territoire nécessite des évolutions du système électrique français. Il exige de renforcer le réseau de transport d'électricité, et d'intégrer des équipements de stockage ou de production complémentaires permettant de compenser l'intermittence de ces énergies.

Pour EDF, le nucléaire offre une solution bas carbone pilotable, pouvant s'adapter à la fois aux variations de la demande et à celle de la production des énergies renouvelables sur des échelles journalière, hebdomadaire ou annuelle. La figure ci-dessous montre la production horaire du parc nucléaire français en 2021. On y observe les variations infrajournalières, hebdomadaires, ainsi que la saisonnalité de la production, qui s'adaptent aux évolutions de la demande électrique et de la disponibilité des autres moyens de production. D'un point de vue technique, un réacteur nucléaire peut passer de 20 % à 100 % de sa puissance en 30 minutes, et inversement.

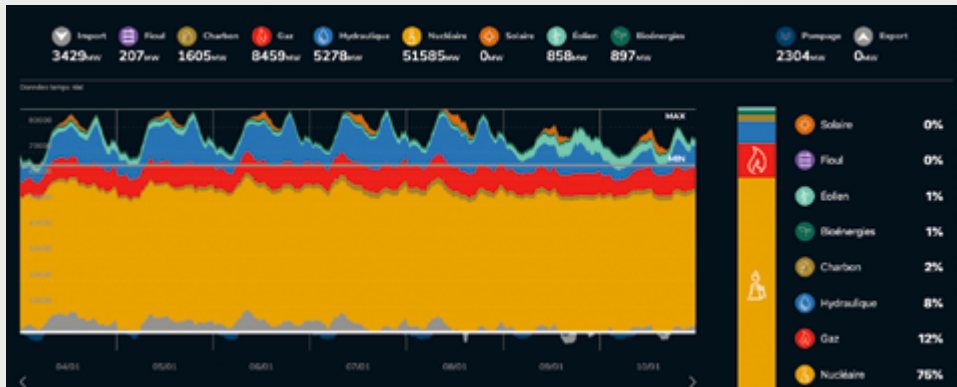
PRODUCTION HORAIRE DU PARC NUCLÉAIRE FRANÇAIS EN 2021



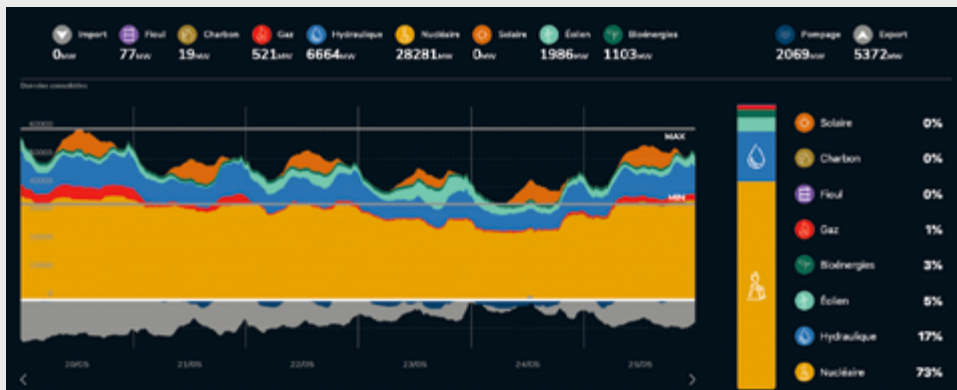
Source : Données RTE

LA MODULATION ACTUELLE DES ACTIFS DE PRODUCTION

Les possibilités de stockage de l'électricité étant à ce jour limitées, il est nécessaire d'équilibrer en permanence l'offre et la demande. Des variations sont observées à toutes les échelles temporelles, que ce soit du côté de la demande ou de l'offre, en particulier avec la production variable des énergies renouvelables : – à l'échelle journalière, par exemple, avec une production photovoltaïque qui sera plus présente aux heures méridiennes ; – à l'échelle de l'année, avec une demande plus forte en hiver qu'en été. Des moyens pilotables tels que les centrales nucléaires et les ouvrages hydrauliques sont essentiels au système électrique, pour faire face à ces variations et ainsi assurer la sécurité d'approvisionnement. Le nucléaire peut offrir, à la fois de la flexibilité saisonnière grâce à l'optimisation des plannings d'arrêts pour maintenance ou rechargement en combustible des réacteurs, et une flexibilité de court terme grâce à sa capacité à moduler (*cf. illustrations ci-dessous*). La production hydraulique est en partie pilotable, et elle contribue aux réglages nécessaires au bon fonctionnement du réseau. Les barrages stockent de l'eau en grande quantité, et ils la rendent disponible aux périodes de l'année où le système électrique en a besoin. Les Stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) sont les moyens les plus efficaces, à ce jour, pour stocker de l'énergie à court terme. À partir des données du site Eco2mix de RTE, on observe la répartition de la production d'électricité par filière, sur deux semaines à deux périodes différentes.



Exemple d'une semaine en hiver (du 4 au 10 janvier 2021) : la demande est élevée, la production des énergies renouvelables solaires et éoliennes très faible (cas d'une période anticyclonique froide). La production en base du nucléaire, celle des cycles combinés au gaz sollicités à cette saison et la production pilotable de l'hydraulique permettent de répondre à ce niveau élevé de la demande.



Exemple d'une semaine au printemps (du 20 au 26 mai 2020) : la demande est plus faible, les productions éoliennes et photovoltaïques sont intermittentes. La production nucléaire est optimisée pour répondre à ces variations, avec moins de réacteurs disponibles à cette période qu'en hiver (arrêts pour maintenance / rechargement combustible), et des réacteurs disponibles capables de baisser leur production en fonction des besoins du réseau, par exemple le week-end des 23-24 mai, lorsque la demande est plus basse.

♦ Une place pour le nucléaire dans le système électrique de demain, confortée par l'analyse que fait EDF du rapport « Futurs énergétiques 2050 » de RTE

Les éléments figurant dans la suite de ce chapitre constituent l'analyse faite par EDF à fin 2021 sur le rapport « Futurs énergétiques 2050 » de RTE. Ils engagent EDF, et non RTE, lequel agit dans le présent document au titre de sa mission de service public du raccordement au réseau d'électricité, comme il le ferait pour tout opérateur de production d'énergie en faisant la demande.

RTE, qui assume une mission de service public, a la mission légale de réaliser des études prévisionnelles ou prospectives sur le secteur électrique, en concertation avec les parties prenantes, permettant d'éclairer les choix publics sur le mix électrique notamment. Cette mission est complémentaire de celle qui l'amène à porter la partie raccordement au réseau électrique de nouvelles installations de production d'électricité.

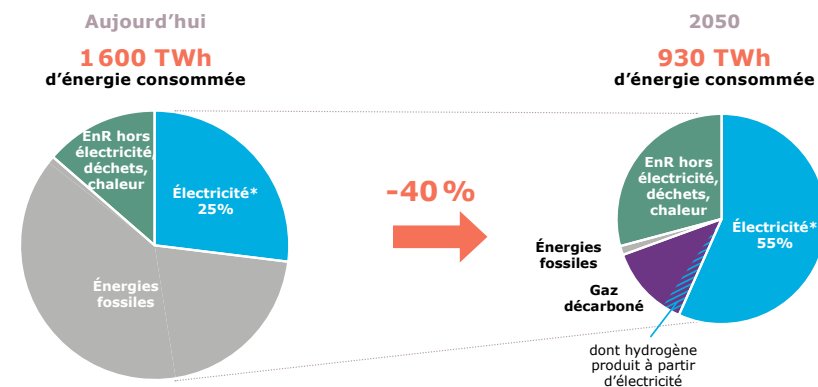
En réponse à une saisine du gouvernement, le gestionnaire du réseau de transport de l'électricité en France (RTE « Réseau de transport d'électricité ») a réalisé un bilan prévisionnel du système électrique à l'horizon 2050. L'objectif était « de construire et d'évaluer plusieurs options possibles pour l'évolution du système électrique en vue d'atteindre la neutralité carbone », en combinant des stratégies cohérentes sur la consommation et la production, et en les analysant sur les volets technique, économique, environnemental et sociétal.

Vers une augmentation de la consommation électrique

Après plus de deux années de concertation avec des parties prenantes, les premiers éléments issus de ces travaux, intitulés « Futurs énergétiques 2050 », ont été publiés par RTE le 25 octobre 2021, puis complétés en février 2022. Il en ressort, pour EDF, plusieurs enseignements majeurs, le premier étant que, pour atteindre la neutralité carbone, il est indispensable de sortir des énergies fossiles et de réduire la consommation d'énergie finale. L'électricité, à la fois vecteur d'efficacité énergétique et de décarbonation a, de ce fait, un rôle central à jouer, et il est prévu que sa consommation augmente.

.....
Selon le rapport de RTE, pour atteindre la neutralité carbone, il est indispensable de sortir des énergies fossiles et de réduire la consommation d'énergie finale.
.....

CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE EN FRANCE ET DANS LA SNBC



* Consommation finale d'électricité (hors pertes, hors consommation issue du secteur de l'énergie et hors consommation pour la production d'hydrogène)
Consommation finale d'électricité dans la trajectoire de référence de RTE = 645 TWh

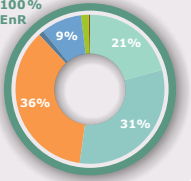
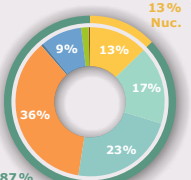
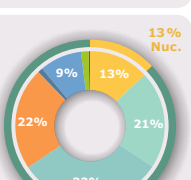
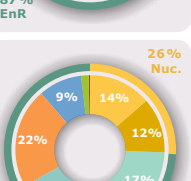
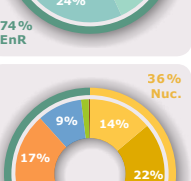
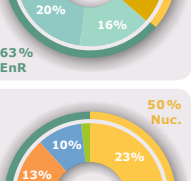
Source : RTE

RTE a retenu une trajectoire de référence globalement en ligne avec le scénario actuel de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC, 2018). Elle prévoit ainsi une baisse de l'ordre de 45 % de la consommation d'énergie finale d'ici à 2050, prenant en compte les deux effets suivants :

- une électrification poussée des usages, en substitution aux énergies fossiles. Cette électrification a un effet à la hausse sur la consommation finale d'électricité, estimée à 370 térawattheures par an environ ;
- une baisse de la consommation d'électricité par les consommateurs, grâce à la mise en œuvre de leviers d'efficacité énergétique ambitieux (par exemple, la réalisation de 700 000 rénovations thermiques de bâtiments par an d'ici à 2030, avec une performance bien meilleure qu'aujourd'hui). Ces efforts d'efficacité énergétique permettent de réduire la consommation d'électricité d'environ 200 térawattheures par an.

Les scénarios de mix de production à l'horizon 2050, RTE

Filières :  Flexibilités de la demande (hors V2G)  Nouveau thermique décarboné  Batteries  Véhicule-to-grid

NARRATIF		RÉPARTITION DE LA PRODUCTION EN 2050	CAPACITÉS INSTALLÉES EN 2050 (EN GW)*					BOUQUET DE FLEXIBILITÉS EN 2050
			Solaire	Éolien terrestre	Éolien en mer	Nucléaire historique	Nouveau nucléaire	
M0	Sortie du nucléaire en 2050 : le déclassement des réacteurs nucléaires existants est accéléré, tandis que les rythmes de développement du photovoltaïque, de l'éolien et des énergies marines sont poussés à leur maximum.		~ 208 GW (soit x21)	~ 74 GW (soit x4)	~ 62 GW	/	/	 15 GW  1,7 GW (1,1 MVE)  29 GW  26 GW
M1	Développement très important des énergies renouvelables réparties de manière diffuse sur le territoire national et en grande partie porté par la filière photovoltaïque. Cet essor sous-tend une mobilisation forte des acteurs locaux participatifs et des collectivités locales.		~ 214 GW (soit x22)	~ 59 GW (soit x3,5)	~ 45 GW	16 GW	/	 17 GW  1,7 GW (1,1 MVE)  20 GW  21 GW
M23	Développement très important de toutes les filières renouvelables, porté notamment par l'installation de grands parcs éoliens sur terre et en mer. Logique d'optimisation économique et ciblage sur les technologies et les zones bénéficiant des meilleurs rendements et permettant des économies d'échelle.		~ 125 GW (soit x12)	~ 72 GW (soit x4)	~ 60 GW	16 GW	/	 15 GW  1,7 GW (1,1 MVE)  20 GW  13 GW
N1	Lancement d'un programme de construction de nouveaux réacteurs, développés par paire sur des sites existants tous les 5 ans à partir de 2035. Développement des énergies renouvelables à un rythme soutenu afin de compenser le déclassement des réacteurs de deuxième génération.		~ 118 GW (soit x11)	~ 58 GW (soit x3,3)	~ 45 GW	16 GW	13 GW (soit 8 EPR)	 15 GW  1,7 GW (1,1 MVE)  11 GW  9 GW
N2	Lancement d'un programme plus rapide de construction de nouveaux réacteurs (une paire tous les 3 ans) à partir de 2035 avec montée en charge progressive. Le développement des énergies renouvelables se poursuit mais moins rapidement que dans les scénarios N1 et M.		~ 90 GW (soit x8,5)	~ 52 GW (soit x2,9)	~ 36 GW	16 GW	23 GW (soit 14 EPR)	 15 GW  1,7 GW (1,1 MVE)  5 GW  2 GW
N03	Le mix de production repose à part égale entre les énergies renouvelables et le nucléaire à l'horizon 2050. Cela implique d'exploiter le plus longtemps possible le parc nucléaire existant, et de développer de manière volontariste et diversifié le nouveau nucléaire (EPR 2 + SMR)		~ 70 GW (soit x7)	~ 43 GW (soit x2,5)	~ 22 GW	24 GW	~27 GW (soit ~14 EPR + quelques SMR)	 13 GW  1,7 GW (1,1 MVE)  1 GW
Hypothèses communes			Hydraulique ~22 GW	Énergies marines Entre 0 et 3 GW	Bioénergies ~2 GW	Imports 39 GW	STEP 8 GW	

*Les quantités et parts d'énergie sont exprimées par rapport au scénario de consommation de référence. Source : RTE

La prise en compte de ces deux effets conduit RTE à considérer une consommation électrique de sa trajectoire de référence de l'ordre de 645 térawattheures par an à l'horizon 2050.

Une nécessaire augmentation de la production d'électricité bas carbone

Par ailleurs, RTE a étudié deux autres scénarios de demande électrique (« sobriété » et « réindustrialisation ») et quatre variantes (portant notamment sur le niveau d'électrification, d'efficacité énergétique et de production d'hydrogène électrolytique). Ces scénarios et variantes concluent à une hausse de la consommation totale d'électricité, allant de + 15 % à + 60 % par rapport à la consommation actuelle.

À l'horizon 2050, il sera, dans tous les cas, nécessaire d'augmenter la production d'électricité bas carbone pour répondre à cette demande en hausse, alors même qu'une partie du parc de production actuel, toutes filières confondues, devra être renouvelé. Le développement de nouveaux moyens de production est donc impératif.

Plusieurs scénarios de mix de production étudiés

Pour répondre à ces enjeux, RTE a envisagé six principaux mix de production électrique, tous compatibles avec l'atteinte de la neutralité carbone à horizon 2050, mais qui se répartissent en deux catégories.

- Les scénarios N, qui misent durablement sur des mix électriques composés d'énergies renouvelables et de nucléaire, et qui prévoient donc le développement de nouveaux réacteurs nucléaires en plus du développement des énergies renouvelables. Plus précisément, le scénario N1 prévoit la mise en service de 8 EPR2 à horizon 2050 (correspondant ainsi à la mise en œuvre du programme de 6 réacteurs EPR2, puis à la construction de 2 EPR2 supplémentaires) ; quand les scénarios N2 et N03 comptent sur la mise en service de 14 EPR2 d'ici à 2050. Le scénario N03 prévoit en complément le développement de petits réacteurs modulaires dits SMR (*Small Modular Reactors*) et une prolongation de quelques réacteurs nucléaires existants au-delà de 60 ans.



LES RÉACTEURS PRIS EN COMPTE DANS LES SCÉNARIOS N

Le réacteur EPR2 est la technologie retenue par EDF pour sa proposition de programme industriel, décrite en détail au chapitre 3, et qui représenterait 3,34 gigawatts de capacité installée pour une paire.

Le réacteur SMR fait partie des alternatives à EPR2, décrites au § 3.5.3, et qui représenterait une capacité installée de 0,34 gigawatts pour une centrale NUWARD™.

- Les scénarios M, aboutissant à des mix « 100 % renouvelables » à terme, en l'occurrence 2050 pour le scénario M0, et 2060 pour les scénarios M1 et M23.

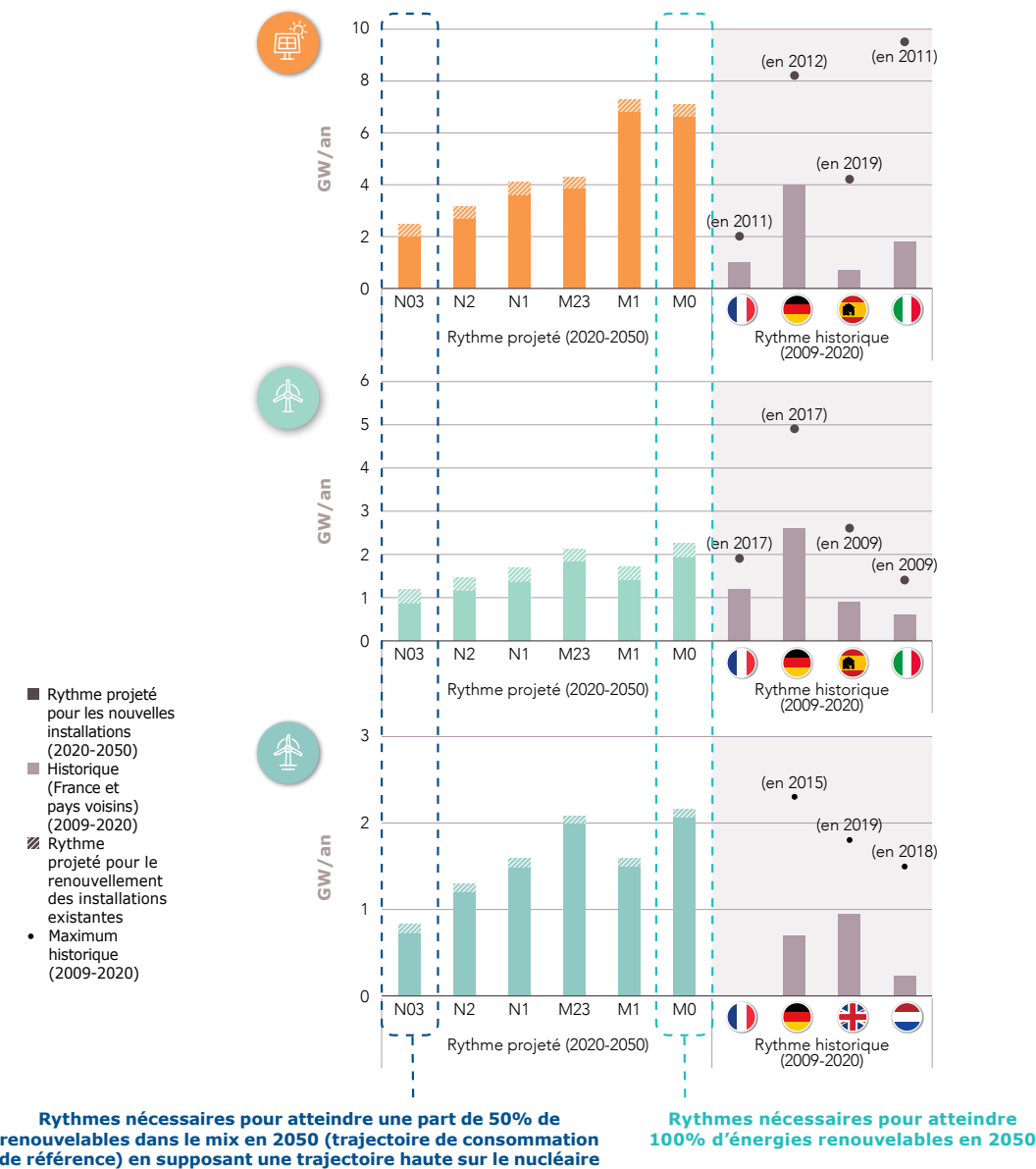
De nombreux atouts pour les scénarios présentant un socle significatif de nucléaire

L'analyse de ces différents mix électriques montre qu'un développement soutenu des énergies renouvelables est indispensable, quel que soit le scénario envisagé, avec, dans tous les cas, une forte accélération des rythmes de développement, comparativement à ceux observés par le passé. Ces rythmes sont multipliés par deux à trois dans les scénarios N, et *a minima* par quatre dans les scénarios M. Atteindre la neutralité carbone en 2050 est, dans tous les cas, impossible sans un développement significatif des énergies renouvelables.

À l'horizon 2050, il sera, dans tous les cas, nécessaire d'augmenter la production d'électricité bas carbone pour répondre à la demande en hausse.

Dans les scénarios M, le rythme de développement des énergies renouvelables est très soutenu : pour le solaire et les éoliennes offshore il dépasse très largement le rythme constaté dans divers pays européens sur la dernière décennie.

RYTHMES NÉCESSAIRES DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES SELON LES SCÉNARIOS (DANS LA TRAJECTOIRE DE CONSOMMATION DE RÉFÉRENCE) COMPARÉS À L'HISTORIQUE ET AUX PAYS VOISINS (EN GW/AN)

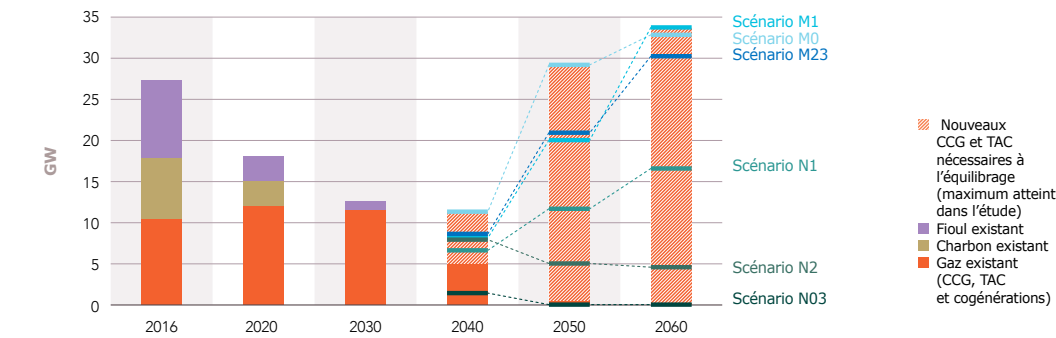


Source : RTE

Par ailleurs, les mix présentant un socle significatif de nucléaire (scénarios « N »), représentés par les scénarios N2 et N03, avec durablement plus de 40 gigawatts de capacité nucléaire, sont de nature à limiter le risque de non-atteinte des objectifs climatiques. Ils permettent, en effet, de s'affranchir de plusieurs choix qui s'apparentent à des paris techniques et industriels, que ce soit en matière :

- **de rythmes de développement des énergies renouvelables** : ambitieux mais plus réalistes dans les scénarios N que M (cf. figures sur la page de gauche) ;
- **de besoins de capacités flexibles dans le mix** : bien plus importants en l'absence d'un socle significatif de nucléaire, et reposant en partie sur des technologies non matures à date comme les centrales (dites à combustion ou cycle combiné gaz ; cf. figure suivante) fonctionnant à l'hydrogène (centrales qui posent également des questions en termes d'adaptation des infrastructures et de stockage de l'hydrogène) ;

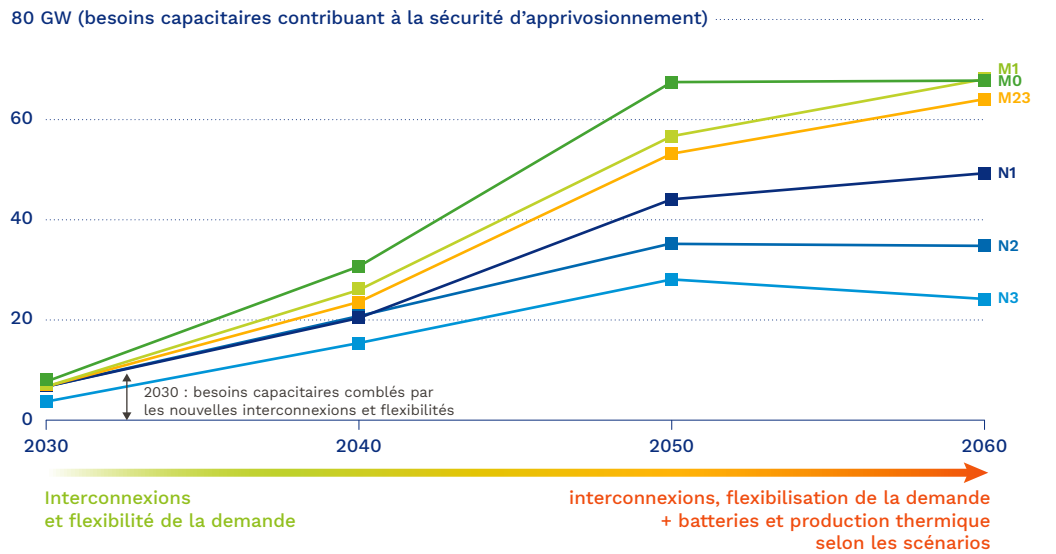
ÉVOLUTION DES CAPACITÉS THERMIQUES INSTALLÉES ENTRE 2012 ET 2060



Source : RTE

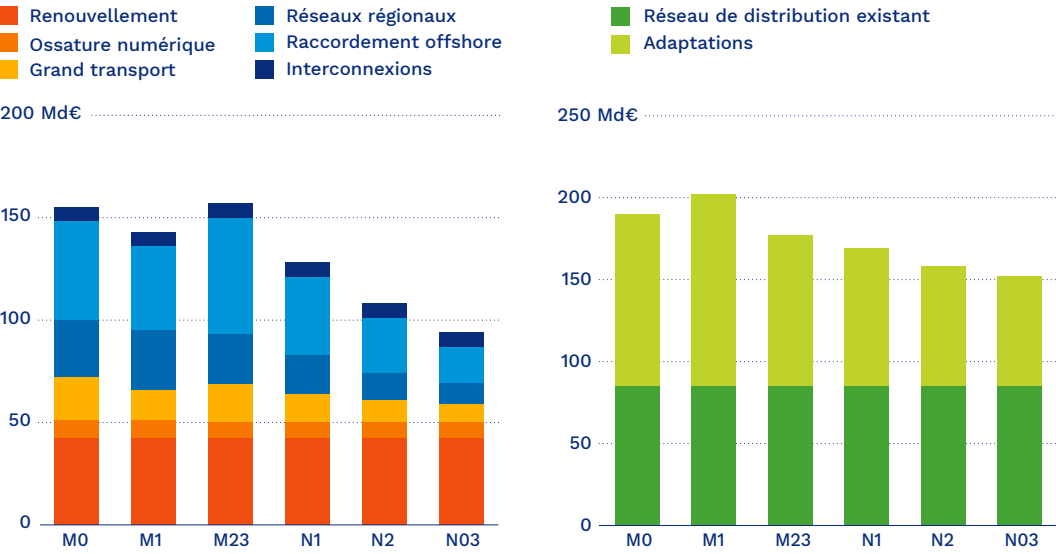
– **d’adaptation des réseaux de transport et de distribution** : plus complexes et plus coûteux dans les scénarios sans nouveau nucléaire.

BESOINS DE NOUVELLES CAPACITÉS FLEXIBLES CONTRIBUANT À LA SÉCURITÉ D'APPROVISIONNEMENT



Source : Scénarios RTE

INVESTISSEMENTS SUR LES RÉSEAUX DE TRANSPORT ET DISTRIBUTION ENTRE 2020 ET 2060 POUR LES 6 SCÉNARIOS



Source : Scénarios RTE

Ces mix N sont plus robustes en cas de hausse de la demande, ce qui est, par exemple, mis en évidence par RTE dans le scénario « réindustrialisation », qui prévoit une demande électrique de l'ordre de 750 térawattheures : dans cette configuration, atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 est très difficilement compatible, voire impossible, avec une sortie, à terme, du nucléaire.

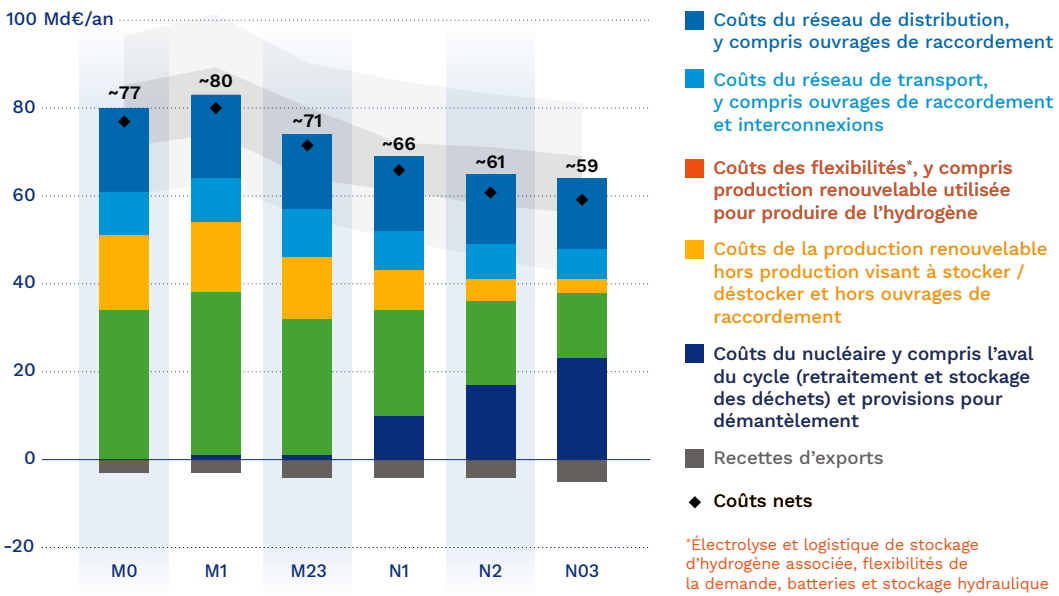
RTE en vient à la conclusion que « *renoncer au principe de diversification technologique dans le mix de production électrique soulève donc un risque de non-atteinte de l'objectif de neutralité carbone à la date rapprochée de 2050* ».

D'un point de vue économique, les analyses menées par RTE confirment que construire de nouveaux réacteurs nucléaires est l'option la plus pertinente. Les scénarios N sont moins coûteux que les scénarios M : on compte, par exemple, un écart EnR d'*a minima* 10 milliards d'euros par an (soit environ 15 % des coûts totaux)⁸, entre le scénario N2 (considérant un développement de 14 nouveaux réacteurs EPR2) et les scénarios 100 % EnR. Ce résultat s'avère robuste quelles que soient les variantes testées par RTE (coût des EnR en forte baisse, coût de construction des nouvelles centrales nucléaires significativement plus élevé, taux de retour sur investissement significativement plus important sur les nouveaux actifs...).

Les travaux de RTE indiquent donc que les mix électriques misant à la fois sur un développement des énergies renouvelables et sur un socle significatif de nucléaire sont plus résilients et moins coûteux que les mix électriques composés exclusivement d'énergie renouvelable. EDF estime que les mix électriques équilibrés entre nucléaire et renouvelables constituent donc le choix le plus adapté pour atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050.

Le projet, objet de ce dossier, ouvre la voie et rend possible la mise en œuvre des scénarios N décrits par RTE à horizon 2050, et permet de mettre à profit l'un des enseignements importants des travaux « Futurs énergétiques 2050 » : « *Construire de nouveaux réacteurs nucléaires est pertinent du point de vue économique, a fortiori quand cela permet de conserver un parc d'une quarantaine de gigawatts en 2050.* »

COÛTS COMPLETS ANNUALISÉS DES SCÉNARIOS À L'HORIZON 2060



Source : RTE

Pour EDF, engager rapidement la construction de trois paires de nouveaux réacteurs nucléaires EPR2 (soit environ 10 gigawatts), relancerait la dynamique de construction pour disposer d'un socle significatif de production électrique bas carbone et pilotable dans la durée, en s'appuyant sur une filière industrielle française d'excellence. Cette décision sans regret constituerait la meilleure garantie d'assurer durablement la décarbonation de l'économie, la sécurité d'approvisionnement et un coût de l'électricité abordable pour la collectivité.

8. À noter que le gain est de l'ordre de 5 milliards d'euros par an entre le scénario N1 et le scénario M23.

EDF estime que les mix électriques équilibrés entre nucléaire et renouvelables constituent donc le choix le plus adapté pour atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050.

1.2 LES ALTERNATIVES À L'ENGAGEMENT D'UN PROGRAMME DE NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN FRANCE

L'alternative au programme de nouveaux réacteurs nucléaires en France se base sur l'analyse faite par EDF du rapport de RTE « Futurs énergétiques 2050 » (publié le 25 octobre 2021 et complété en début d'année 2022). Elle consiste à choisir de ne pas construire de nouveaux réacteurs.

Les autres alternatives sur le contenu du programme proposé par EDF sont développées aux § 2.6 (alternatives au modèle de réacteur EPR2 proposé) et 3.5 (alternatives dans la façon de déployer le programme).

Ce choix de ne pas construire de nouveaux réacteurs maintenant doit être vu pour EDF comme une décision implicite de mettre fin à la construction de nouveaux réacteurs nucléaire en France. La France perdant sa compétence technique sur le sujet, il surviendrait une désindustrialisation partielle dans ce domaine, actuellement troisième filière industrielle du pays. Le retour d'expérience issu de la construction de la centrale nucléaire de Flamanville 3 donne des éléments clairs sur ce point.

Au contraire, la décision de lancer un programme de nouveaux réacteurs en France garde l'option nucléaire ouverte, appuyé sur des compétences qui s'étoffent en nombre et en technicité, mobilisables également dans le cadre de nos partenariats à l'international.

1.2.1 Les risques associés aux scénarios 100 % renouvelables selon l'analyse que fait EDF du rapport « Futurs énergétiques 2050 » de RTE

Les scénarios M du rapport, « 100 % renouvelables » à terme (à l'horizon 2050 pour M0, 2060 pour M1 et M23) peuvent être considérés comme des alternatives au projet présenté dans ce dossier du maître d'ouvrage.

RTE indique, dans les enseignements tirés de son analyse sur les futurs énergétiques 2050, que « se passer de nouveaux réacteurs nucléaires [impliquerait] des rythmes de développement des énergies renouvelables plus rapides que ceux des pays européens les plus dynamiques ».

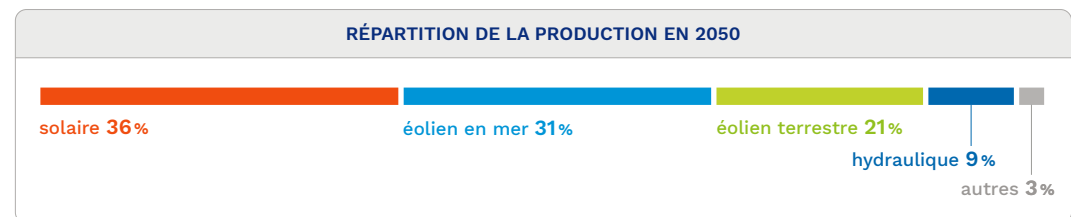
En effet, l'analyse de ces différents mix montre qu'un développement soutenu des énergies renouvelables est indispensable dans tous les scénarios, avec une forte hausse des rythmes de développement : une multiplication *a minima* par quatre dans les scénarios M. Pour exemple, le scénario M0 table sur la construction de 11 à 12 gigawatts par an d'EnR, et ce pendant une durée de 30 ans (avec un développement d'environ 7 gigawatts par an de capacités photovoltaïques, de 2 à 2,5 gigawatts par an de capacités éoliennes terrestres, et de 2 à 2,5 gigawatts par an de capacités éoliennes maritimes).

Atteindre la neutralité carbone en 2050 est impossible sans un développement significatif des énergies renouvelables. Cependant, les rythmes nécessaires dans des scénarios ne comptant pas sur le développement de nouvelles capacités nucléaires peuvent être considérés aujourd'hui comme difficilement atteignables.

LE SCÉNARIO DE PRODUCTION 100 % EnR À L'HORIZON 2050

Scénario M0 100 % EnR (sortie du nucléaire en 2050) :

Le déclassement des réacteurs nucléaires existants est accéléré, les rythmes de développement du photovoltaïque, de l'éolien et des énergies marines sont poussés à leur maximum.



CAPACITÉS INSTALLÉES EN 2050, EN GW				BOUQUET DE FLEXIBILITÉS, EN GW	
 solaire ~208 soit x21	 éolien terrestre ~74 soit x4	 éolien en mer ~62	 hydraulique ~22	 flexibilité de la demande (hors V2G)	15
				 véhicule-to-grid (1,1 MVE)	1,7
				 nouveau thermique décarboné	29
				 batteries	26

À titre d'exemple, le scénario M0 prévoit une capacité solaire installée en 2050 de 208 gigawatts, soit 21 fois plus que ce dont nous disposons aujourd'hui. Cela présuppose un développement de plus de 6 gigawatts par an de capacités solaires, en moyenne, pendant 30 ans. Concernant la filière éolienne, le scénario M0 prévoit une capacité installée de 136 gigawatts en 2050, dont 74 gigawatts d'éolien terrestre, représentant 4 fois plus que les capacités terrestres existantes actuellement, et 62 gigawatts de nouvelles capacités *offshore*. Cela présuppose un développement de plus de 4 gigawatts par an de capacités additionnelles, en moyenne, pendant 30 ans.

Ces volumes de développement potentiel sont bien supérieurs à ceux constatés ces dernières années sur les filières en question. Ce qui amène à se questionner sur la faisabilité de tels scénarios et des actions qui seraient mises en place pour compenser le manque d'énergie produite, si les rythmes de développement prévus n'étaient pas atteints : importations d'énergie ? utilisation de moyens de production carbonés ?

Notons également que des mix sans recours à de nouvelles capacités nucléaires nécessitent de résoudre plusieurs paris techniques et industriels :

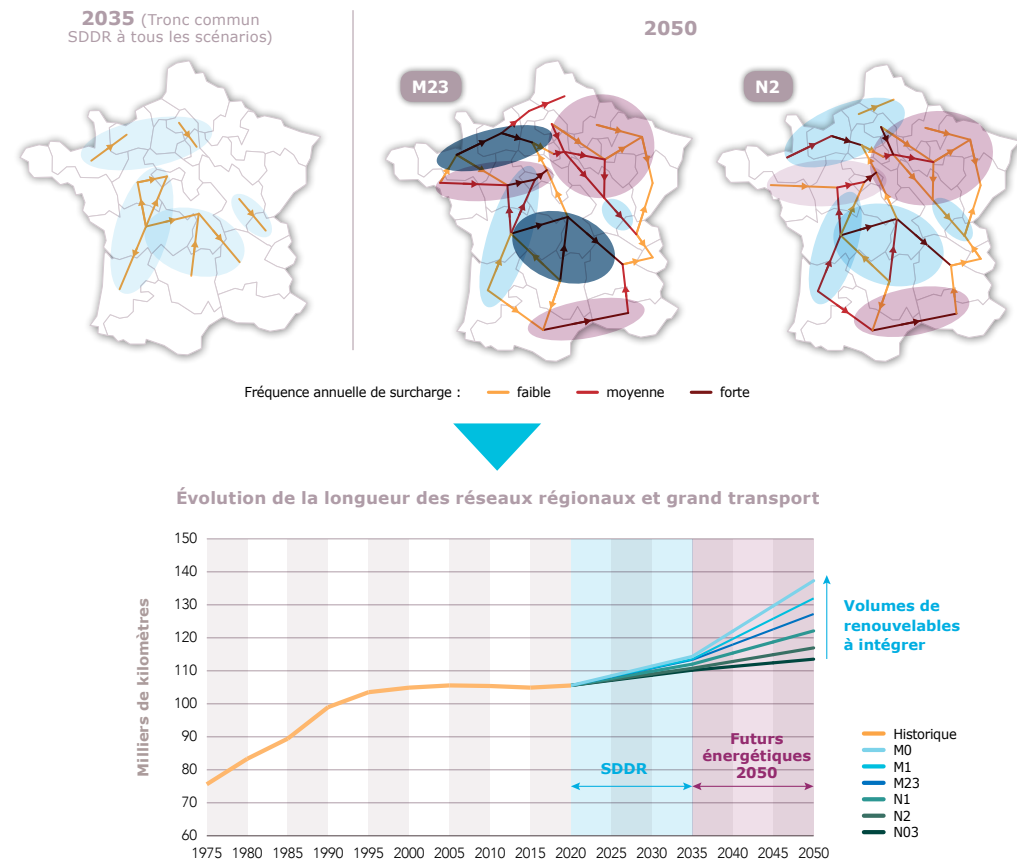
- en matière de développement des EnR (le recours à l'éolien flottant devenant, par exemple, incontournable, alors même qu'il reste de nombreuses étapes à franchir avant la possibilité d'un déploiement industriel de grande ampleur) ;
- en matière de besoins de capacités flexibles dans le mix qui sont bien plus importants en l'absence de développement de nouvelles capacités nucléaires ;
- reposant en partie sur des technologies non matures à date (comme les centrales fonctionnant à l'hydrogène ou l'éolien flottant) ;
- en termes de besoins de développement d'infrastructures réseau.

Les mix « 100 % renouvelables », sont de nature à rendre plus risquée l'atteinte des objectifs climatiques et d'indépendance énergétique. Ces mix M sont, par ailleurs, moins robustes en cas de hausse de la demande, ce qui est mis en évidence par RTE dans le scénario « réindustrialisation », qui prévoit une demande électrique de l'ordre de 750 térawattheures. Dans cette configuration, atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 est très difficilement compatible avec une sortie du nucléaire.

RTE en vient ainsi à la conclusion que « renoncer au principe de diversification technologique dans le mix de production électrique soulève donc un risque de non-atteinte de l'objectif de neutralité carbone à la date rapprochée de 2050 ». Les scénarios M apparaissent donc plus risqués quant à l'objectif national d'atteinte de la neutralité carbone.

Des mix sans recours à de nouvelles capacités nucléaires nécessitent de résoudre plusieurs paris techniques et industriels.

ÉVOLUTION DES ZONES DE FRAGILITÉ DU SDDR DANS LES SCÉNARIOS M23 ET N2



Source : RTE

Comme évoqué dans le paragraphe précédent, le caractère plus coûteux des scénarios M en comparaison des scénarios N — avec des écarts quelles que soient les variantes testées par RTE — rendent les scénarios M moins attractifs pour la collectivité. Un surcoût estimé entre + 10 et + 19 milliards d’euros par an en défaveur des scénarios M0 / M1 / M23, et en comparaison avec le scénario N2 est constaté, soit des surcoûts de l’ordre de + 15 à + 24 %.

L’analyse par EDF des travaux de RTE indique que les mix électriques composés exclusivement d’énergies renouvelables sont moins résilients et plus coûteux que les mix électriques mariant énergies renouvelables et un socle significatif de nucléaire. Les mix énergétiques composés exclusivement d’énergies renouvelables constitueraient donc un choix risqué et peu réaliste pour atteindre la neutralité carbone à horizon 2050.

LA PRÉSERVATION DES SOLS

Le sol est un sujet à conflits d’usage entre l’urbanisation, l’agriculture, la forêt ou la biodiversité. En France, chaque année, l’artificialisation⁹ des sols augmente presque quatre fois plus vite que la population, avec des conséquences directes sur l’environnement. Le plan biodiversité, adopté par le gouvernement en 2018, a pour objectif de limiter la consommation d’espaces naturels, agricoles et forestiers, pour atteindre l’objectif de zéro artificialisation nette.

Produire beaucoup d’électricité sur une petite surface est un enjeu afin de contribuer à limiter la pression sur l’environnement. En cela, les mix électriques misant à la fois sur un développement des énergies renouvelables et sur un socle significatif de nucléaire sont plus respectueux de la préservation des sols.

9. Source : ministère de la Transition écologique.

LE FONCTIONNEMENT DU RÉSEAU ÉLECTRIQUE

Insérer massivement des énergies renouvelables nécessite de renforcer, renouveler et restructurer en profondeur les réseaux de transport et de distribution pour acheminer la production de ces énergies vers le consommateur.

L’intégration croissante des énergies renouvelables devra s’accompagner de développements majeurs. En premier lieu, la reconfiguration en profondeur du réseau électrique national qui devra être dimensionné de façon à ce que l’électricité produite sur les sites en mer, par exemple, puisse être acheminée vers les centres de consommation. L’édification de nouvelles lignes de transport d’électricité pour répondre à ce besoin est susceptible de soulever des enjeux d’acceptation sociale, sans compter des coûts encore incertains qui dépendront du taux de pénétration des énergies renouvelables. Et il sera sans doute nécessaire de développer une partie du réseau en souterrain pour répondre à la problématique de son acceptabilité locale.

Une autre problématique à laquelle le réseau devra faire face est celle de sa stabilité et de son bon fonctionnement. Avec une insertion croissante des parcs d’énergies renouvelables intermittentes, un manque d’évolution et d’investissements significatifs sur le réseau ferait peser un risque sur la stabilité du système électrique lui-même, en termes de tenue en fréquence ou de tenue en tension du signal électrique. Certaines solutions sont déjà matures et déployées dans le monde (batteries et compensateurs synchrones) pour contribuer à répondre à ce type de besoin dans les proportions requises par le mix électrique actuel. D’autres sont au stade de la R&D (*grid-forming*) et devront être testées à une plus grande échelle, avant de prétendre à une industrialisation au sein des systèmes électriques à plus forte part d’énergies renouvelables.

Le rapport RTE – AIE*, publié en janvier 2021, fait état de ces défis techniques nécessaires pour préserver la qualité et la sécurité d’alimentation électrique dont les Français bénéficient aujourd’hui. L’étude manifeste aussi une réalité souvent sous-estimée : plus le taux d’énergies renouvelables dans le système électrique est élevé, plus il est difficile ou coûteux de répondre à ces problématiques.

* Conditions et prérequis en matière de faisabilité technique pour un système électrique avec une forte proportion d’énergies renouvelables à l’horizon 2050, RTE – AIE, 27 janvier 2021.

L’intégration croissante des énergies renouvelables devra s’accompagner de développements majeurs du réseau électrique.

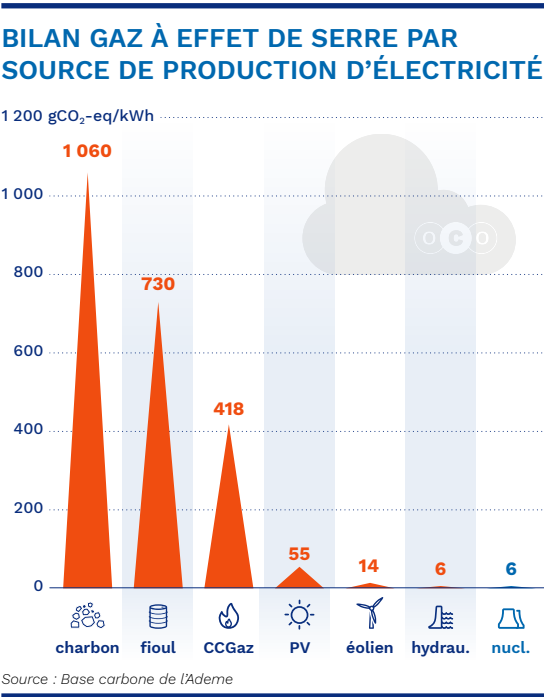
1.2.2 Focus sur le bilan carbone des différentes sources de production d’électricité

En juin 2022, EDF a publié le résultat d’une analyse du cycle de vie (ACV¹⁰) réalisée selon les normes internationales en vigueur, incluant l’ensemble du cycle de vie, et ayant fait l’objet d’une revue critique par un panel d’experts indépendants. L’intégralité de cette analyse et ses synthèses sont accessibles au public

Cette analyse établit que le bilan gaz à effet de serre du kilowattheure nucléaire du parc en exploitation d’EDF sur le sol français est de 4 grammes équivalent CO₂. Elle précise et confirme les travaux sur le cycle de vie issus des principales références publiques reconnues (GIEC¹¹, UNECE¹², ADEME¹³) sur les différentes sources de production d’électricité.

Les émissions de gaz à effet de serre du nucléaire sont faibles, avec des ordres de grandeur comparables aux énergies renouvelables, très largement inférieures aux émissions des énergies fossiles.

L’alternative de ne pas engager un nouveau programme de réacteurs nucléaires reviendrait à se priver pour le futur d’un moyen de production d’électricité pilotable très bas carbone.



1.3 LES ÉLÉMENTS STRUCTURANTS DU PLANNING DU PROGRAMME ET DU PROJET S’ILS SE POURSUIVENT

Le planning pour la proposition d’EDF de programme industriel de trois paires de nouveaux réacteurs EPR2, et son projet de réalisation de la première paire à Penly, résulte de la prise en compte des éléments structurants suivants :

- 1. La réponse au besoin d’électricité bas carbone dans la trajectoire SNBC 2050** tels que développés précédemment au § 1.1.2.
→ Un programme de trois paires EPR2 qui doit permettre de disposer au plus tôt de 10 gigawatts de nouvelles capacités de production d’électricité bas carbone.
- 2. La capacité de la filière industrielle à mener le programme proposé**, telle qu’analysée au § 2.1, et permettant d’aboutir aux éléments de planning du programme présentés au § 3.3.
→ 3 à 4 ans entre chaque paire, et 18 mois environ entre les réacteurs d’une même paire.
- 3. Les données propres au site de Penly**, notamment pour les travaux préparatoires et le fait d’être la première paire du programme, en retour d’expérience des précédentes têtes de série, permettant d’aboutir aux éléments du planning de construction de la première paire présentés au § 4.2.2.
→ 3 ans et demi environ pour les travaux préparatoires dès l’obtention du permis de construire, et 9 ans environ pour la construction du premier réacteur du programme à partir du premier béton de l’îlot nucléaire (bâtiment réacteur notamment).
- 4. Les éléments relatifs** à l’aboutissement des procédures administratives auxquelles le projet est soumis décrites au § 5.3.
→ Une hypothèse de 15 mois pour l’obtention du permis de construire et de 36 mois pour l’obtention du décret d’autorisation de création à partir de leur demande simultanée par EDF.

À partir de ces différents éléments structurants, cohérents avec l’analyse du gouvernement dans son rapport du 18 février 2022, la mise en service industrielle de la première paire de réacteurs EPR2 du programme proposé par EDF pour son projet à Penly interviendrait à l’horizon 2035-2037.

10. ACV : Analyse Cycle de Vie du kWh nucléaire d’EDF.
11. GIEC : Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat.
12. UNECE : Commission économique des Nations unies pour l’Europe. Étude ACV comparative publiée en 2021.
13. ADEME : Agence de l’environnement et de la maîtrise de l’énergie, devenue Agence de la transition écologique.

>

LISTE DES RÉFÉRENCES

> **Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), périodes 2019-2023 ; 2024-2028, entrée en vigueur le 21 avril 2020 par décret**
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000041814432/>

> **Lien vers la PPE 2019-2023 ; 2024-2028**
<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20200422%20Programmation%20pluriannuelle%20de%20l%27e%CC%81nergie.pdf>

> **Publication de la Stratégie française énergie et climat (SFEC) – Avril 2021**
<https://www.ecologie.gouv.fr/publication-strategie-francaise-lenergie-et-climat-france-confirme-engagement-vers-societe-neutre-en>

> **Futurs énergétiques 2050 – RTE - 2021**
<https://www.rte-france.com/analyses-tendances-et-prospectives/bilan-previsionnel-2050-futurs-energetiques#Lesdocuments>

> **Stratégie nationale bas carbone (SNBC) 2018, adoptée par le décret no 2020-457 du 21 avril 2020**
<https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

> **Loi no 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat, dite « loi énergie-climat »**
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000039355955/>

> **Examen des conditions de mise en œuvre d'un programme de nouveaux réacteurs nucléaires en France – Gouvernement – Février 2022**
<https://www.ecologie.gouv.fr/examen-des-conditions-mise-en-oeuvre-dun-programme-construction-nouveaux-reacteurs-nucleaires-en-0>

> **Rapport du gouvernement « Travaux relatifs au niveau nucléaire » – 2022**
https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2022.02.18_Rapport_nucleaire.pdf



CHAPITRE

2

LA PROPOSITION D'EDF POUR UN PROGRAMME INDUSTRIEL DE NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN FRANCE

EDF est porteur d'un projet de trois paires de nouveaux réacteurs de type « EPR2 », modèle optimisé pour tenir compte des enseignements des EPR en cours de construction ou récemment construits. Au-delà du modèle de réacteur, ce sont bien les atouts intrinsèques d'un programme et la mobilisation d'une filière nucléaire refondée qui doivent permettre de garantir une maîtrise du calendrier et des coûts.

CHAPITRE 2

LA PROPOSITION D’EDF POUR UN PROGRAMME INDUSTRIEL DE NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN FRANCE

2.1	LA CAPACITÉ DE LA FILIÈRE NUCLÉAIRE FRANÇAISE, À MAÎTRISER LE PROGRAMME INDUSTRIEL PROPOSÉ, EN TERMES DE COMPÉTENCES, QUALITÉ, COÛTS ET DÉLAIS	37
2.1.1	LE RETOUR D’EXPÉRIENCE DE FLAMANVILLE 3, LE RAPPORT FOLZ ET LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS	37
2.1.2	LE RETOUR D’EXPÉRIENCE DES AUTRES CHANTIERS D’EPR, L’ANALYSE DU GIFEN ET LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS	39
2.1.3	LES RÉPONSES ORGANISATIONNELLES APPORTÉES PAR EDF ET LA FILIÈRE NUCLÉAIRE	41
	• Le Plan excell	41
	• La restructuration de la filière nucléaire française	41
	• Le renforcement de la gouvernance et du pilotage de projet	43
	• La maîtrise de la chaîne de sous-traitance et d’approvisionnement	43
2.1.4	LES RÉPONSES APPORTÉES PAR LA FILIÈRE NUCLÉAIRE POUR DÉVELOPPER ET MOBILISER SES COMPÉTENCES DANS LA DURÉE	44
	• Garantir la conformité en plaçant le geste technique de l’intervenant au premier plan	44
	• Établir une vision anticipée des emplois et compétences nécessaires au programme	45
	• L’EDEC, un outil essentiel pour aider la filière à répondre aux enjeux en termes de compétences et de formation nécessaires	46
	• L’Université des métiers du nucléaire	47
	• Le plan soudage	47
2.1.5	UNE CONSTRUCTION EN SÉRIE ET PAR PAIRE EN INDUSTRIALISANT ET EN STANDARDISANT	47
	• Construire par paire	48
	• La dynamique de l’effet série	48
	• Répliquer tout ce qui peut l’être	49
	• Stabiliser la conception pour éviter des cycles de modification pénalisants	49
	• Standardiser sur la durée, l’installation à construire	50

2.2	LES CRITÈRES DE CHOIX DES SITES CONDUISANT À LA PROPOSITION D’EDF POUR LES 3 PAIRES DU PROGRAMME	51
2.2.1	LES CRITÈRES	51
2.2.2	PROPOSITION D’IMPLANTATION D’UNE PAIRE DE RÉACTEURS EPR2 EN RÉGION NORMANDIE (SITE DE PENLY)	53
2.2.3	PROPOSITION D’IMPLANTATION D’UNE PAIRE DE RÉACTEURS EPR2 EN RÉGION HAUT-DE-FRANCE (SITE DE GRAVELINES)	53
2.2.4	PROPOSITION D’IMPLANTATION D’UNE PAIRE DE RÉACTEURS EPR2 EN RÉGION AURA (SITE DE BUGEY OU DE TRICASTIN)	54
2.3	LE PLANNING DE DÉPLOIEMENT ENVISAGÉ DU PROGRAMME DE TROIS PAIRES DE RÉACTEURS EPR2	55
2.3.1	LES PRINCIPALES HYPOTHÈSES DU PLANNING DU PROGRAMME DE 3 PAIRES DE RÉACTEURS NUCLÉAIRES	55
2.3.2	LES CIBLES DE DURÉE DE CONSTRUCTION DES 3 PAIRES SUCCESSIVES	56
2.4	LE COÛT DU PROGRAMME, LES MÉCANISMES DE FINANCEMENT ET LEURS INCIDENCES POUR LA COLLECTIVITÉ	57
2.4.1	LE COÛT DU PROGRAMME PROPOSÉ PAR EDF	57
	• Les dépenses « overnight » et la décomposition des coûts	57
	• L’estimation du coût « overnight » du programme	58
	• Leviers d’optimisation du coût de construction	59
2.4.2	LES CONDITIONS DE FINANCEMENT POUR LA RÉALISATION DE 3 PAIRES D’EPR2	59
	• Le profil économique d’un projet de centrale nucléaire nécessite l’intervention de la puissance publique dans son financement	60
	• Le coût de financement du programme représente une part significative du coût complet	61
	• Enjeux liés au coût opérationnel	63

2.5	LES INCIDENCES SOCIO-ÉCONOMIQUES DU PROGRAMME À L'ÉCHELLE NATIONALE	64
2.5.1	UNE OPPORTUNITÉ POUR LA POLITIQUE INDUSTRIELLE DE LA FRANCE ET DE L'EUROPE	64
	• Le nucléaire est la troisième filière industrielle française et un point fort pour la souveraineté	64
	• Le nucléaire, facteur de prédictibilité et de compétitivité	64
2.5.2	LE PROGRAMME NUCLÉAIRE, UN FACTEUR DE DÉVELOPPEMENT SOCIO-ÉCONOMIQUE À PLUSIEURS ÉCHELLES	65
	• La création de nombreux emplois inscrits dans un temps long	65
	• Les emplois de la filière nucléaire sont localisés sur l'ensemble du territoire métropolitain	67
	• La filière nucléaire française est également pourvoyeuse d'activité en Europe	68
2.5.3	LA FILIÈRE NUCLÉAIRE FRANÇAISE EST ÉGALEMENT UN SECTEUR ACTIF DU COMMERCE EXTÉRIEUR FRANÇAIS	68
	• Le nucléaire permet de réduire les achats de ressources fossiles à l'étranger	68
	• Le nucléaire contribue directement à la réduction du déficit de la balance commerciale	69
2.6.	LES ALTERNATIVES À LA FAÇON DE DÉPLOYER LE PROGRAMME PROPOSÉ	70
2.6.1	LES ALTERNATIVES AU DÉPLOIEMENT D'UNE SÉRIE DE RÉACTEURS	70
2.6.2	LES ALTERNATIVES À LA RÉALISATION DU PREMIER PROJET SUR LE SITE DE PENLY	70
	LISTE DES RÉFÉRENCES	72

2.1

LA CAPACITÉ DE LA FILIÈRE NUCLÉAIRE FRANÇAISE À MAÎTRISER LE PROGRAMME INDUSTRIEL PROPOSÉ, EN TERMES DE COMPÉTENCES, QUALITÉ, COÛTS ET DÉLAIS

La capacité de la filière nucléaire française à disposer des compétences pour réaliser les EPR2 en qualité, dans les coûts et délais prévus dans le programme industriel proposé, est un enjeu fort du débat qui s'ouvre. Il s'agit notamment du premier débat sur un programme industriel de nouveaux réacteurs nucléaires en France, en considérant les difficultés rencontrées sur le chantier de Flamanville 3.

EDF et la filière assument et intègrent le retour d'expérience de l'EPR de Flamanville 3 et des autres EPR en construction et en exploitation, pour en tirer les enseignements, notamment en réponse au rapport de Jean-Martin Folz¹ sur « La construction de l'EPR de Flamanville ». Ces enseignements ont donné naissance au Plan excell visant, pour EDF comme chef de file d'une filière nucléaire restructurée, à retrouver l'excellence de l'exécution des grands projets nucléaires. Le programme EPR2 proposé est une déclinaison concrète des enseignements tirés, en termes de gouvernance, de développement des compétences, de relation gagnant-gagnant avec nos fournisseurs, de standardisation et de réplique maximale pour renforcer la qualité et la sûreté grâce à la construction en série, et par paire.

2.1.1

Le retour d'expérience de Flamanville 3, le rapport Folz et les enseignements tirés

L'objectif de départ assigné au premier EPR en France était de mettre au point le nouveau modèle de réacteur avec son référentiel technique et réglementaire, et de conserver les compétences pour le réaliser. C'était un relais industriel en prévision d'une série future, une « tête de série » dans le cadre d'un renouvellement envisagé du parc nucléaire français. C'est d'ailleurs en ces termes que la décision a été prise « *maintenir l'option nucléaire ouverte* »².

Alors que le réacteur EPR de Flamanville entre aujourd'hui, en 2022, dans sa phase de préexploitation³, 15 ans après la signature de son Décret d'autorisation de création (DAC), l'histoire et le déroulement de ce projet montrent que les facteurs du succès historique du programme nucléaire français n'étaient plus au rendez-vous.

Les causes des difficultés rencontrées ont été analysées par l'industriel Jean-Martin Folz, dans son rapport sur Flamanville 3, rendu public à l'été 2019, ainsi que par la Cour des comptes dans son rapport publié en 2020.

1. Rapport de Jean-Martin Folz « La construction de l'EPR de Flamanville ».
2. Réponse de Nicole Fontaine, ministre de l'Industrie, à une question de Jean Bizet, sénateur de la Manche ; séance du 13 janvier 2004.
3. EPR Flamanville 3, 29 juin 2022.

Il s'est écoulé 23 ans entre le début de la tête de série du palier N4 (Chooz B1 en 1984) et l'EPR de Flamanville.

Plusieurs éléments de contexte ont conduit à lancer le projet avec « une estimation initiale irréaliste de la durée et du coût de construction de l'EPR de Flamanville 3 », comme l'a résumé la Cour des comptes, et analysé dans son rapport. « Alors que le temps moyen de construction d'un réacteur dans le monde avait été de 121 mois entre 1996 et 2000, la durée initiale de construction retenue pour l'EPR de Flamanville était de 54 mois — soit six mois de plus que la durée initialement prévue pour la construction du réacteur finlandais d'Olkiluoto 3. Cette sous-estimation flagrante de la durée de construction a conduit à une forte pression pour tenter de tenir des délais très contraints. »

Ensuite, les causes des retards dans l'exécution du projet sont multiples, développées et analysés dans le rapport de Jean-Martin Folz. De façon extrêmement simplifiée, et s'il fallait chercher une cause racine, le renouvellement générationnel et le manque d'expérience pratique des intervenants ont engendré une forte perte de compétences, qui n'a pas été appréhendée à la hauteur des risques associés.

Le projet EPR de Flamanville a dû surmonter une érosion des compétences chez tous les acteurs directement ou indirectement impliqués, après une longue période d'interruption de la construction nucléaire en France. Il s'était écoulé 23 ans entre le début de la tête de série du palier N4 (Chooz B1 en 1984) et l'EPR de Flamanville. Près de 10 ans le séparent de la fin des activités de construction sur le dernier chantier N4 (Civaux 2).

DERNIERS RÉACTEURS CONSTRUITS EN FRANCE	PREMIERS BÉTONS DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE	PREMIER CHARGEMENT EN COMBUSTIBLE	MISE EN SERVICE INDUSTRIELLE (MSI)
Chooz B1	01/01/1984	03/11/1995	15/05/2000
Chooz B2	31/12/1985	03/09/1996	29/09/2000
Civaux 1	15/10/1988	18/09/1997	29/01/2002
Civaux 2	01/04/1991	01/06/1999	23/04/2002
Flamanville 3	03/12/2007		

Source : EDF

La génération qui avait conçu, construit et mis en service le parc nucléaire, arrivait dans sa dernière partie de carrière avec le palier N4, et la majorité était sortie de la filière 20 ans avant la construction de Flamanville 3.

Cette perte de compétences collective pour la filière s'est traduite notamment par des non-qualités, obligeant à des arrêts du chantier et de nombreux travaux de reprise. Cela explique, en premier lieu, les dérives successives du planning et, en conséquence, celles du coût du projet.

Face à tous ces constats, EDF et la filière nucléaire en ont tiré des enseignements et engagé des actions, pour poursuivre le renforcement de leurs capacités à maîtriser la construction de réacteurs nucléaires au meilleur niveau de performance.

Le rapport Folz a mis en lumière des manques, et permis d'identifier des solutions pour y remédier. Elles sont synthétisées dans le tableau en page suivante, et sont portées, pour l'essentiel, à travers le Plan excell (cf. § 2.1.3) visant, pour EDF comme chef de file d'une filière nucléaire restructurée, à retrouver l'excellence de l'exécution des grands projets nucléaires. Le programme EPR2 proposé est une déclinaison concrète des différents enseignements tirés.

RECOMMANDATIONS DU RAPPORT FOLZ	RÉPONSES APPORTÉES PAR EDF ET LA FILIÈRE NUCLÉAIRE
SUR LE PLAN ORGANISATIONNEL	
Distinguer maître d'ouvrage et maître d'œuvre	Mise en place d'un maître d'ouvrage, directeur de programme (cf. § 2.1.2).
Mettre en place un pilotage reposant sur un maître d'œuvre responsable de la conduite du projet	Mise en place d'un maître d'œuvre, directeur de projet (cf. § 2.1.2). Jalonnement du projet avec des points de contrôle rigoureux de la performance et de la maturité à chaque étape.
SUR LE PLAN INDUSTRIEL	
Donner de la visibilité à la filière	Proposition d'un programme de trois paires.
Développer une culture qualité	Mise en place d'un délégué général à la qualité industrielle. Adoption et promotion de la norme ISO 19443 (cf. § 2.1.2).
SUR LE PLAN CONTRACTUEL	
Améliorer les relations avec les entreprises	Fonctionnement en entreprise étendue (cf. § 2.1.1). Bonus incitatifs à la performance.
Améliorer la gestion des contrats	Nouveau modèle contractuel plus simple et plus équilibré. Signature, en décembre 2021, d'une nouvelle charte des relations fournisseurs et achats responsables (cf. § 2.1.1).
SUR LE PLAN DES COMPÉTENCES	
Reconstituer et maintenir les compétences nucléaires	Mise en place d'une gestion prévisionnelle des emplois et compétences à l'échelle de la filière. Création de l'Université des métiers du nucléaire (cf. § 2.1.3).
Réaliser un effort particulier sur le soudage	Mise en place d'un centre de formation d'excellence à la soudure (cf. § 2.1.3). Entraînement et habilitation systématique des soudeurs avant réalisation d'une soudure complexe – maîtrise du geste technique.
Améliorer les capacités industrielles et les ressources humaines chez Framatome*	Mise en œuvre d'un plan de renforcement des compétences par la réalisation de pièces tests (plan « Juliette »). Plan « excell in quality » de Framatome, en écho au plan « excell » piloté par EDF.

* Framatome : chaudiériste nucléaire, fournisseur d'équipements, de services et de combustible pour des niveaux de sûreté et de performance élevés – <https://www.framatome.com>

2.1.2 Le retour d'expérience des autres chantiers d'EPR, l'analyse du GIFEN et les enseignements tirés

Les causes des difficultés rencontrées ont été analysées au sein du GIFEN, sur l'ensemble des projets EPR dans le monde. EDF et le reste de la filière nucléaire en ont tiré des enseignements et engagé des actions, pour poursuivre le renforcement de leur capacité à maîtriser la construction de réacteurs nucléaires au meilleur niveau de performance.

EDF et le reste de la filière nucléaire en ont tiré des enseignements et engagé des actions, pour poursuivre le renforcement de leur capacité à maîtriser la construction de réacteurs nucléaires au meilleur niveau de performance.

La réalisation de l'EPR d'Olkiluoto, en Finlande, sous le pilotage d'un consortium entre Areva et Siemens pour l'exploitant TVO, présente des similitudes avec l'expérience de Flamanville, et en confirme les enseignements. Sa première production d'électricité a eu lieu le 12 mars 2022 après un premier béton le 1^{er} août 2005.



Celle des deux EPR chinois, mis en service en 2018 et 2019 à Taishan, apporte aussi son lot d'expériences. Ce chantier marque clairement une rupture positive dans la durée de construction avec neuf ans entre le premier béton et la mise en service industrielle, et constitue une référence vers laquelle tend la réalisation des deux EPR de Hinkley Point C (Grande-Bretagne), dans leur trajectoire d'amélioration.



Le GIFEN a conduit une analyse de ces chantiers et en a tiré six conditions principales de la réussite des futurs projets, qui corroborent largement les enseignements tirés par EDF :

1. définir en détail le réacteur à construire et le standardiser dans la durée ;
2. donner aux entreprises de la filière la visibilité nécessaire à leur mobilisation (orientations stratégiques, investissements, recrutements) ;
3. solidariser le maître d'ouvrage et sa sous-traitance sur la performance (qualité – délais – coûts) ;
4. refonder la culture qualité dans les entreprises et au sein du maître d'ouvrage ;
5. renforcer la gouvernance et le pilotage des projets ;
6. développer et maintenir les compétences acquises.

RÉACTEURS EPR	OLKILUOTO 3	FLAMANVILLE 3	TAISHAN 1	TAISHAN 2	HINKLEY POINT C
1 ^{er} béton	01/08/2005	03/12/2007	01/10/2009	01/04/2010	28/06/2019
Pose du dôme	01/09/2009	16/07/2013	01/10/2011	01/09/2012	
Introduction de la cuve	01/06/2010	24/01/2016	01/06/2012	01/10/2014	
Fin des chasses en cuve		03/07/2017	01/09/2015	01/11/2018	
Essais à froid	01/07/2017	01/01/2018	01/01/2016	15/11/2018	
Essais à chaud	01/12/2017		01/08/2017	01/01/2019	
Chargement du combustible	01/01/2019		01/04/2018	01/04/2019	
1 ^{re} divergence	21/12/2021		01/06/2018	01/06/2019	
1 ^{re} connexion au réseau	12/03/2022		15/06/2018	15/06/2019	
Atteinte de 100 % de la puissance nominale du réacteur (100 % Pn)			01/10/2018	07/08/2019	
Mise en service industrielle (MSI)			01/12/2018	07/9/2019	

2.1.3 Les réponses organisationnelles apportées par EDF et la filière nucléaire

Les paragraphes ci-après donnent un premier aperçu de la mobilisation d'EDF et de la filière nucléaire ; ce sont des réponses concrètes issues des enseignements tirés du retour d'expérience de l'EPR de Flamanville 3 et des autres projets EPR dans le monde. Pour aller plus loin, la fiche annexe n° 2 décrit de façon plus détaillée chacune des réponses apportées.

◆ Le Plan excell

EDF a engagé le Plan excell fin 2019, afin de structurer les actions de renforcement de la maîtrise de ses activités nucléaires, en s'appuyant sur l'analyse du rapport Folz (cf. § 2.1.1) sur les difficultés rencontrées dans l'exécution du projet Flamanville 3.

C'est pour faire face aux enjeux majeurs de maîtrise industrielle, de renforcement des compétences et de gouvernance des projets, qu'EDF a lancé le Plan excell afin de reconstituer l'excellence de l'industrie nucléaire. Ce plan est mis en œuvre depuis 2019, en lien étroit avec le GIFEN. Par ailleurs, 45 entreprises de la filière nucléaire, dont Framatome, ont décliné la démarche en mettant également en œuvre des plans « excell in quality ».

Ce plan repose sur 30 engagements, qui ont été pris sur ces 5 axes, afin de porter une dynamique de reconstitution de la maîtrise industrielle qui a vocation à se poursuivre, portée par la réalisation des 3 paires d'EPR2 du programme Nouveau Nucléaire France, si la décision est prise.

◆ La restructuration de la filière nucléaire française

En parallèle, plusieurs décisions importantes ont permis à la filière nucléaire de se restructurer pour être plus efficiente.

Dès 2017, les pouvoirs publics ont relancé le Conseil national de l'industrie, instance interministérielle à la gouvernance tripartite, comprenant les pouvoirs publics, les représentants des entreprises et des salariés de l'industrie. Il vise à faire aboutir des projets opérationnels d'évolution de l'industrie, et repose sur une structuration en filières industrielles, réparties en 19 comités stratégiques de filière. Parmi eux, le Comité stratégique de la filière nucléaire (CSFN).

En 2018, les exploitants, associations et entreprises majeures de la filière nucléaire ont créé le Groupement des industriels français de l'énergie nucléaire (GIFEN). Ses objectifs : fédérer et promouvoir les échanges entre les industriels français, transformer la filière dans un objectif d'excellence, contribuer au développement des activités de ses membres en France et à l'international, et porter la voix auprès des parties prenantes.

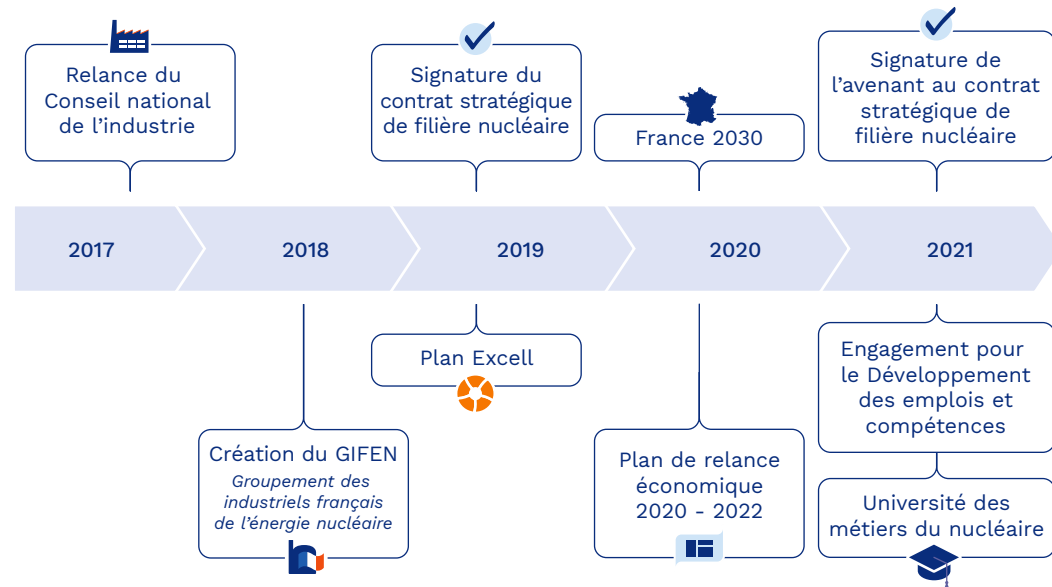
5 AXES DE TRAVAIL PRIORITAIRES



Des points d'avancement sont faits régulièrement, accessibles au public – <https://www.edf.fr/groupe-edf/edf-en-bref/plan-excell>

45 entreprises de la filière nucléaire ont déjà décliné la démarche « Plan excell ».

LA RESTRUCTURATION DE LA FILIÈRE NUCLÉAIRE FRANÇAISE



LE GROUPEMENT DES INDUSTRIELS FRANÇAIS DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE (GIFEN)



En 2018, les industriels de la filière nucléaire se sont dotés d'un syndicat professionnel en créant le Groupement des industriels français de l'énergie nucléaire (GIFEN). Ce groupe réunit 310 entreprises adhérentes (juin 2022), parmi lesquelles se retrouvent grands donneurs d'ordres de la filière (GDO), grandes entreprises, mais également ETI, PME, TPE, organisations professionnelles et associations. Le périmètre d'action du GIFEN et de ses membres est très large. Il couvre tous les types d'activités industrielles et tous les domaines de la production d'électricité d'origine nucléaire. Pour ce faire, le GIFEN travaille en lien étroit avec les autorités et les pouvoirs publics, comme les ministères et le Comité stratégique de la filière nucléaire (CSFN). À travers son réseau national d'acteurs, de décisionnaires et de donneurs d'ordres, le GIFEN porte tous les sujets transverses de la filière nucléaire, et propose des services d'intérêt commun aux acteurs du nucléaire, dans un objectif d'excellence. Au sein du GIFEN, grandes entreprises, ETI et PME conduisent des projets communs dans le cadre de 8 commissions consacrées aux perspectives en France, à la sûreté et à la qualité, au numérique, aux compétences et à la formation, aux affaires européennes, à l'international, à l'innovation et à la R&D, ainsi qu'à la communication.

Le GIFEN est également propriétaire du plus grand salon mondial du nucléaire civil, le World Nuclear Exhibition (WNE), qui a lieu tous les 2 ans.

Pour en savoir plus : www.gifen.fr

En janvier 2019, les représentants de l'État (ministre de la Transition écologique et solidaire et ministre de l'Économie et des Finances), de la filière nucléaire et des organisations syndicales ont signé le contrat stratégique de la filière nucléaire, afin de garantir les compétences et l'expertise nécessaires pour une filière nucléaire attractive, sûre et compétitive. Il comprend 4 axes :

- emploi, compétences et formation ;
- transformation numérique de la filière nucléaire ;
- R&D et transformation écologique de la filière nucléaire ;
- international.

C'est dans le cadre de cette filière restructurée que se posent les défis du renforcement de la gouvernance, du pilotage des projets et de transformation de la chaîne d'approvisionnement et de sous-traitance.

◆ Le renforcement de la gouvernance et du pilotage de projet

Le rapport Folz pointait particulièrement « une gouvernance de projet inappropriée et, à cet égard, une confusion des rôles majeurs chez EDF ». C'est pourquoi la gouvernance constitue un axe du Plan excell.

La première grande leçon conduit à établir une gouvernance de projet s'inspirant d'autres projets industriels, qui distingue des rôles clairs entre une direction de programme maîtrise d'ouvrage et une maîtrise d'œuvre direction de projet en charge de l'exécution du projet.

En application de ce principe, EDF a retenu de confier à la direction de programme Nouveau Nucléaire France la responsabilité de porter la maîtrise d'ouvrage du programme de nouveaux réacteurs nucléaires en France. À ce titre, elle a en charge le contrôle de l'exécution industrielle et technique du programme. Par ailleurs, elle a comme mission de faciliter et d'accélérer l'avancement des travaux visant à réunir les conditions réglementaires et financières de la mise en œuvre des orientations prises par l'État. Quant à la maîtrise d'œuvre, elle est assurée par la direction de projet en charge de l'exécution des paires successives d'EPR2.

Dans sa mission, la direction de programme peut s'appuyer sur une structure indépendante de Contrôle des grands projets nouveau nucléaire (CGP), missionnée par le président d'EDF et rattachée au délégué général à la qualité industrielle et aux compétences nucléaires.

Un référentiel de jalonnement standard des projets de construction nucléaire a été défini, s'inspirant de l'expérience des premiers EPR dans le monde, et de la pratique en vigueur dans d'autres secteurs industriels. Ses objectifs sont bien de maîtriser le pilotage stratégique et de répondre aux exigences d'information sur la prévision de coût à terminaison.

Le Plan excell a, par ailleurs, permis de renforcer les indicateurs permettant de piloter les principaux leviers de performance, tels que :

- refaire de la même façon tout ce qui peut l'être, afin de réduire les risques d'erreur ;
- faire au maximum « bon du premier coup » ;
- en cas d'erreur, décider vite pour corriger vite ;
- la maturité des données de conception, sur le plan de la consolidation de leurs interdépendances (cf. § 2.1.4).

À ce titre, la digitalisation de l'ingénierie apporte des solutions efficaces pour assurer ce pilotage, simplifier des processus et des interfaces complexes, et aider les acteurs à améliorer la performance effective de conduite de projet.

◆ La maîtrise de la chaîne de sous-traitance et d'approvisionnement

Supply chain : ce terme anglais, couramment utilisé dans l'industrie, représente tous les intervenants œuvrant à garantir et optimiser la production d'un bien ou service, aux différentes étapes liées à la chaîne d'approvisionnement, de l'achat des matières premières à la livraison au client.

La maîtrise du geste technique constitue un enjeu majeur pour la recherche de la qualité industrielle. La seule qualification des fournisseurs ne suffit pas à garantir la qualité de réalisation de certaines activités complexes et sensibles. EDF a joué un rôle majeur dans la refonte des exigences et des modes de démonstration de conformité, pour que toute la filière refonde sa culture de sûreté nucléaire.

Cette démarche a été initiée par le GIFEN, puis déclinée en plan d'action au sein des entreprises. Pour les accompagner, EDF s'appuie, depuis mars 2021, sur un directeur de la qualité industrielle.

La sûreté nucléaire passe aussi par les gestes de l'ensemble des acteurs de la filière d'approvisionnement des équipements nucléaires, qui en sont un maillon clé. C'est tout l'enjeu de la norme de qualité ISO 19443 qui allie la sûreté nucléaire et le management de la qualité.

La maîtrise du geste technique constitue un enjeu majeur pour la recherche de la qualité industrielle.

LA NORME ISO 19443

Elle a été élaborée par l’Organisation internationale de normalisation pour définir des exigences supplémentaires spécifiques à l’industrie nucléaire. Cette nouvelle norme (<https://certification.afnor.org/qualite/iso-19443>) comprend toutes les exigences concernant le système de management de l’assurance qualité de la norme ISO 9001, qui sont complétées par des exigences propres au domaine de la sûreté nucléaire en tenant compte du référentiel de sûreté de l’AIEA* et des bonnes pratiques de l’industrie nucléaire. Elle apporte à tous les acteurs de la chaîne d’approvisionnement qui l’obtiennent une garantie objective et factuelle de la mise en œuvre d’un management par la qualité et la sûreté. Elle renouvelle ainsi le contrat de confiance qui les lie avec les exploitants, porteurs de la responsabilité nucléaire pour leurs installations. Accompagnées par le GIFEN, plusieurs dizaines d’entreprises ont d’ores et déjà obtenu cette certification ou sont en cours de certification. La direction de projet EPR2 a été la première entité à être certifiée ISO 19443 en octobre 2021.

* AIEA – Agence internationale de l’énergie atomique.



La direction de projet EPR2 a été la première entité à être certifiée ISO 19443 en octobre 2021.

Par ailleurs, EDF a entrepris de transformer ses relations contractuelles avec ses fournisseurs au profit d’une relation partenariale basée sur le principe de favoriser la capacité à produire dans les délais et « bon du premier coup ». L’objectif vise à mettre en place un cadre de départ qui suscite l’engagement, la confiance et la fédération autour d’ambitions communes indispensables à la réussite des projets.

L’évolution du cadre de relation entre clients et fournisseurs a également permis de définir une nouvelle stratégie d’achat. Celle-ci vise à tirer le plein bénéfice de l’effet série, en privilégiant des achats d’équipement pour les trois premières paires du programme.

Elle bénéficie aussi du retour d’expérience des projets EPR dans la rédaction des marchés et la sélection des fournisseurs. Elle permet de contractualiser en veillant à intégrer les fournisseurs dans les enjeux du projet, dans son système d’information et dans son approche collaborative. Les appels d’offres sont lancés suffisamment tôt, si nécessaire avant que les décisions sur la poursuite du projet ne soient prises, afin de disposer des études fournisseurs intégrées dans le design avant de démarrer le chantier et de stabiliser le tissu industriel. Des clauses de dédit sont alors prévues dans les contrats concernés pour permettre à EDF de se désengager et d’indemniser ses fournisseurs, si la décision était prise de ne pas poursuivre le projet.

2.1.4 Les réponses apportées par la filière nucléaire pour développer et mobiliser ses compétences dans la durée

La nouvelle organisation de la filière nucléaire française s’est traduite par des actions concrètes pour pallier l’érosion des compétences et les difficultés de mobilisation sur la durée, deux des principaux écueils mis en exergue par le chantier de l’EPR de Flamanville. Ces actions doivent directement bénéficier au programme de nouveaux réacteurs nucléaires.

◆ Garantir la conformité en plaçant le geste technique de l’intervenant au premier plan

Les écarts de qualité pénalisants (identifiés lors de la réalisation de l’EPR de Flamanville), au-delà des pertes de compétences qui ont pu les provoquer, mettent aussi en évidence des lacunes du contrôle qualité et de surveillance au stade des études, de la fabrication puis du montage sur le chantier.

Une vision exclusivement documentaire de la démonstration de la conformité a éloigné la filière de la qualité industrielle proprement dite. Le processus s’est focalisé sur le contrôle des étapes, plus que sur la qualité du geste technique. Il en a résulté une multiplication des reprises d’activités et des contrôles, au prix de retards et de surcoûts.

Cette vision de la sûreté nucléaire a eu un impact négatif sur la qualité des gestes industriels, comme sur les compétences des personnels chargés des contrôles.

Ce constat, qui dépasse le seul retour d’expérience de Flamanville, est décrit par l’inspecteur général pour la sûreté nucléaire et la radioprotection du Groupe EDF, dans son bilan 2021⁴ accessible au public, dans la partie 2 – La priorité aux compétences : « *Un déséquilibre assez profond se manifeste, en particulier en France, entre ce qui doit être maîtrisé par le geste technique et ce qui est estimé assuré par la documentation, entre la “sûreté gérée” et la “sûreté réglée”. Dans mes entretiens, s’expriment de manière lancinante l’hypertrophie des processus, l’empilement des règles, le poids de la “sûreté papier”, la difficulté à agir. Le mode de preuve semble l’emporter sur l’activité elle-même. le strict respect des procédures ne saurait être un substitut à la connaissance et au savoir-faire technique, pas plus que l’animation de processus ne doit émousser le sens de la responsabilité individuelle.* »

Ce constat conduit à deux enseignements :

- le besoin de simplifier les exigences pour l’intervenant afin d’en faciliter le respect, sans baisser le niveau de sûreté et de qualité attendu ;
- la nécessité d’une qualification des procédés de fabrication, afin de réduire les écarts de qualité à la source, et de mieux assurer la conformité des activités vis-à-vis des exigences définies.

◆ Établir une vision anticipée des emplois et compétences nécessaires au programme

La vision anticipée des emplois et compétences nécessaires au programme de construction de réacteurs nucléaires en France, s’analyse plus largement au travers des besoins en ressources et compétences de l’ensemble de la filière sur l’ensemble de ses projets. L’enjeu étant d’avoir les bonnes ressources au bon moment, pour réaliser les grands projets de la filière dans la durée. L’idée est notamment d’identifier les opportunités de synergie ou les risques de concurrence entre projets.



C’est dans ce cadre que le GIFEN a mis en place le programme Match. Il s’agit d’un processus pérenne qui analyse le besoin en compétences au regard des charges à venir sur une période de 10 ans. Match donne de la visibilité aux industriels qui peuvent ainsi projeter leurs investissements. Il permet également de construire un plan d’action visant à sécuriser, à moyen terme, les recrutements et les ressources au sein des entreprises, notamment dans les TPE et PME.

Le programme Match donne de la visibilité aux industriels qui peuvent ainsi projeter leurs investissements.

Le programme Match s’organise en plusieurs étapes récurrentes.

- **Collecte et synthèse des activités sous-traitées par les donneurs d’ordres de la filière** et d’autres grands acteurs susceptibles de capter des ressources communes (ITER, Naval Group, TechnicAtome) à 10 ans. Cette collecte est réalisée selon 16 familles de métiers prédéfinies ci-après, et la synthèse de ce travail est mise à disposition des industriels de la filière une fois par an :

- | | |
|---|---|
| 1. assainissement, déconstruction déchets ; | 9. logistique, transport, levage et manutention ; |
| 2. évacuation d’énergie ; | 10. machines tournantes ; |
| 3. chaudronnerie, forge, fonderie ; | 11. prestations intellectuelles et numériques ; |
| 4. climatisation, ventilation ; | 12. radioprotection ; |
| 5. contrôle commande ; | 13. protection de site ; |
| 6. électricité informatique instrumentation ; | 14. robinetterie ; |
| 7. essais et contrôles ; | 15. traitement de l’eau ; |
| 8. génie civil, supportage ; | 16. tuyauterie soudage. |

4. https://www.edf.fr/sites/groupe/files/2022-02/202201-EDF_Rapport%20IGSNR%202021-FR.pdf

- **Traduction de cette chronique d’achats prévisionnelle en ressources nécessaires** (salariés et outil industriel).
- **Comparaison entre ces besoins et les ressources disponibles chez les industriels aujourd’hui et sur les 10 prochaines années**, pour identifier les secteurs et les périodes à risques, et nourrir les politiques industrielles des donneurs d’ordres de la filière.
- **Mise en place des actions nécessaires**, tant au niveau des compétences (formation et attractivité), que de l’outil industriel (investissements financiers).

La mise en perspective de ces besoins permet de définir trois défis :

- **un défi quantitatif.** Par exemple :
 - le recrutement de 4 000 ingénieurs par an dès maintenant ;
 - le redéveloppement des filières techniques ;
- **un défi sociétal.** Par exemple :
 - l’orientation des élèves vers les métiers industriels, et la nécessité d’un travail avec l’ensemble de la communauté éducative des collèges et lycées : élèves, parents, professeurs, conseillers d’orientation ;
- **un défi de temporalité.** Par exemple :
 - l’anticipation sur certains métiers nécessitant une formation industrielle en amont ;
 - d’autres métiers / compétences ne commenceront à être exercés que dans 5 à 8 ans ;
 - la mise en pratique des compétences peut s’envisager dans un cadre intersectoriel, en complémentarité avec les autres filières industrielles.

♦ **L’EDEC, un outil essentiel pour aider la filière à répondre aux enjeux en termes de compétences et de formation nécessaires**

EDEC signifie « Engagement pour le développement de l’emploi et des compétences ». Son objectif est d’accompagner une filière pour garantir le bon niveau de compétences, dans la durée. C’est un accord annuel (ou pluriannuel) conclu entre l’État (ministère du Travail), une ou plusieurs branches professionnelles et les organisations syndicales, pour la mise en œuvre d’un plan d’action négocié afin :

- de réaliser un diagnostic partagé d’analyse des besoins ;
- d’anticiper les conséquences des mutations économiques, sociales et démographiques sur les emplois et les compétences ;
- de mettre en œuvre des actions concertées dans les territoires.

L’EDEC de la filière nucléaire a été signé en mars 2021 pour une durée de deux ans, avec un budget d’un peu plus de 1 500 000 euros. Il comprend quatre axes.

- Réaliser l’état des lieux des métiers, compétences et formations de la filière nucléaire.** Ces travaux sont déjà réalisés : cartographie des compétences suivant les 18 familles de métiers dans la filière, déclinée dans les territoires, état des lieux des formations qualifiantes initiales et continues utiles à la filière, ou initiés d’ici à la fin 2022 (définition des besoins de compétences sur 10 ans ; développement d’un outil de cartographie des métiers et compétences de la filière et modélisation de leurs évolutions).
- Adapter les formations en réponse aux besoins de la filière en métiers et compétences.** Les actions seront mises en œuvre d’ici à la fin 2022, avec l’accompagnement des TPE / PME vis-à-vis des certifications portées par les branches, le développement de nouvelles formations, la définition de 10 parcours professionnels sur 10 métiers en tension, la création de ressources pédagogiques numériques pour les TPE / PME.
- Faire de l’alternance le levier prioritaire des recrutements de la filière.** Deux actions sont conduites en 2022 avec la mise en place de l’alternance partagée entre les grands groupes et les TPE / PME, et la création d’une « bourse des alternants » afin de maximiser leur embauche dans la filière au sortir de leur formation.
- Développer l’attractivité et la mixité de la filière.** Après la réalisation d’un état des lieux des actions d’attractivité existantes sur la période mi-2021 / printemps 2022, des préconisations ont été produites. Elles serviront de base à l’élaboration d’une stratégie d’attractivité pour la filière au second semestre.

L’EDEC accompagne la filière nucléaire pour garantir le bon niveau de compétences, dans la durée.

♦ **L’Université des métiers du nucléaire**

L’Université des métiers du nucléaire a été créée le 27 avril 2021. Elle a vocation à dynamiser les dispositifs de formation du secteur nucléaire aux échelles régionale, inter-régionale et nationale, en particulier sur les compétences critiques, en associant les industriels — dont EDF —, le monde académique et les acteurs de l’emploi.

Elle a ainsi instruit une cinquantaine de dossiers proposés dans le cadre de l’appel à projets dédié au renforcement des compétences nucléaires sur le territoire français, et accompagne le déploiement des 32 projets lauréats.

Dès sa mise en place, elle a contribué à la création de nouveaux lieux et cursus de formation, accompagnant des projets locaux, par exemple les campus régionaux. Elle offre une meilleure visibilité des métiers et des formations auprès du grand public, en mettant en place un portail Web : <https://www.monavenirdanslenucleaire.fr>

Elle a également lancé un dispositif de bourses d’études ciblé sur des élèves dans des cursus de formation permettant de recruter sur des métiers en tension (électricien industriel, chaudronnier, soudeur, tuyauter, mécanicien machine tournante), en partenariat avec dix lycées pour l’année scolaire 2021-2022. Ce dispositif national a vocation à s’étendre en 2022, et couvre toutes les régions dont la Normandie (cf. § 4.5.5).

♦ **Le plan soudage**

Le soudage est l’une des activités plus particulièrement associées aux difficultés de la filière nucléaire française. Or, cette activité est vitale, tant pour le parc en exploitation, que pour la construction d’un réacteur nucléaire, dans laquelle la partie nucléaire de l’installation représente déjà 130 kilomètres de tuyauteries et plus de 300 000 soudures.

C’est pourquoi un « plan soudage » a été défini par EDF. Son objectif est de retrouver la maîtrise des activités de soudage en construction et en exploitation, avec un objectif : « Souder bon du premier coup. » Le plan soudage reprend l’ensemble des axes de travail du Plan excell, et les applique au domaine du soudage.

Il traduit une prise de conscience accrue des risques de défaut de réalisation associés aux opérations de soudage. Il part également du constat que les conditions de réussite d’une soudeure ne reposent pas uniquement sur la compétence du soudeur, mais aussi sur la maîtrise des risques d’anomalies générées à toutes les étapes : depuis la conception, la spécification des exigences, la relation contractuelle, la préparation, l’environnement de réalisation... jusqu’aux modalités des contrôles post-exécution.

Le plan soudage réunit des représentants des entreprises concernées et des entités clientes d’EDF, afin que les solutions proposées répondent bien aux enjeux, soient pragmatiques et puissent être effectivement déployées sur le terrain. Le plan est focalisé sur deux grandes dimensions : les compétences et la maîtrise des risques tout au long du programme de soudage. Il repose sur les quatre axes principaux développées dans la fiche thématique dédiée, au cœur desquels on trouve l’action emblématique de l’ouverture, à Cherbourg-en-Cotentin, de la Haute École de formation soudage (HEFAIS - <https://hefais.fr>).

2.1.5 Une construction en série et par paire en industrialisant et en standardisant

Au-delà des actions entreprises pour mobiliser durablement les compétences nécessaires à la construction de nouvelles installations nucléaires, le programme industriel de nouveaux réacteurs en France s’appuie sur des principes qui doivent garantir la qualité, la sûreté et l’efficacité. Il s’agit d’une réappropriation de pratiques qui avaient fait le succès du programme nucléaire historique (construction par paire et effet de série, notamment) et d’une reprise de pratiques de l’industrie en général, dont la réplication, la stabilisation de la conception avant la production et la standardisation.

L’Université des métiers du nucléaire offre une meilleure visibilité des métiers et des formations auprès du grand public.

La Haute Ecole de formation soudage (HEFAIS) ouverte à Cherbourg-en-Cotentin est un dispositif central des actions du plan soudage.

◆ *Construire par paire*

La construction par paire de réacteurs sur un même site est une pratique usuelle. Elle a prévalu pendant tout le programme nucléaire français jusqu’aux deux paires de réacteurs de Chooz B et de Civaux.

À l’export, les projets français ont également porté sur des paires de réacteurs, qu’il s’agisse de Koeberg, en Afrique du Sud, ou de Daya Bay puis Ling Ao, en Chine. La série chinoise des réacteurs de type CPR1000, dérivée de la sinisation des paliers 900 mégawatts français à Daya Bay, a aussi été réalisée par paire, sur des sites pouvant accueillir jusqu’à trois paires.

.....
L’intérêt de construire deux réacteurs avec un intervalle approprié, est de bénéficier de synergies en termes de volume d’activité et de souplesse.

L’intérêt de construire deux réacteurs avec un intervalle approprié, est de bénéficier de synergies en termes de volume d’activité et de souplesse. Les ressources sont dimensionnées en conséquence, et elles sont allouées sur l’un ou l’autre des réacteurs en fonction des phases du chantier et des aléas. Le second réacteur sert ainsi de réserve de ressources, si besoin, en force de travail ou en équipements. Il bénéficie naturellement de la reconduction des activités mutualisées, dont les études de conception et d’exécution, ainsi qu’une accélération permise par un effet de transfert d’expérience sur place.

À titre d’exemple, lors de la construction des deux EPR de Taishan, cette souplesse a été mise pleinement à contribution. L’écart de calendrier entre les deux réacteurs a été porté de six mois au début de la construction, jusqu’à plus de deux ans au maximum par la priorité accordée au démarrage du premier réacteur. Il a été ramené aux dix mois prévus à la mise en service du second réacteur. L’exécution a directement bénéficié du rodage des pratiques de chantier et des séquences d’essais d’ensemble préalables au démarrage.

◆ *La dynamique de l’effet de série*

La dynamique liée à une série standardisée sur un projet de construction d’une paire de réacteurs nucléaires est double. La réplication et l’effet d’apprentissage d’un projet à l’autre accroissent la performance.

La pratique de réalisation de nouvelles installations par palier technique est celle qui a fait le succès du programme nucléaire français dans les années 1970-1980. La série standard permet des synergies entre les projets successifs par paire de réacteurs, aussi bien dans les phases d’étude, de construction que d’exploitation. C’est notamment le cas pour la réplication des études d’ingénierie, de stratégie d’achats, de reconduction des spécifications et de l’expérience en génie civil, fabrication et montage des équipements électriques et mécaniques nécessaires. Il en est de même pour la souplesse d’affectation des ressources entre les projets, en fonction des aléas de réalisation.

L’engagement d’une série est également une condition impérative pour obtenir la mobilisation du tissu industriel : tous les acteurs sont incités à investir dans les compétences et le renforcement des capacités industrielles, car c’est la garantie de la maîtrise de la performance dès la première construction. À défaut, les industriels pourraient ne s’engager qu’à hauteur des moyens dont ils disposent déjà, par prudence, en s’attachant à retarder au mieux l’érosion de la filière provoquée par l’absence de perspectives.

Ainsi, pour la dernière série de réacteurs avant l’EPR, construits à Chooz et à Civaux, la durée de construction entre le premier béton de l’îlot nucléaire et le chargement du combustible a diminué de 31 % entre le premier et le quatrième réacteur, avec un gain de :

- 10 % pour le deuxième par rapport au premier ;
- 16,5 % entre le troisième et le deuxième ;
- 8,5 % pour le quatrième.

La perspective de projets ultérieurs est un levier puissant de l’implication des contributeurs au projet. En passant d’un chantier à l’autre, les ouvriers, techniciens et ingénieurs accumulent de l’expertise et gagnent en efficacité. Ils fiabilisent leurs gestes, la sécurité quotidienne est améliorée, les aléas sont réduits, et la pratique leur permet de mieux discerner leur importance.

Les EPR de Taishan ont bénéficié des études réalisées pour Flamanville, sans sous-estimer l’activité continue de construction nucléaire en Chine depuis les années 1980. Leur réalisation a puisé les compétences requises dans la dynamique de la série des réacteurs CPR1000, tant au niveau des équipes de maîtrise d’ouvrage et de maîtrise d’œuvre, qu’au sein des entreprises de chantier. Plus largement, le projet a bénéficié de la vitalité de l’industrie chinoise en général. Au-delà de la disponibilité de ces ressources, l’implication et l’alignement des acteurs ont été fortement motivés par la perspective d’un ambitieux programme de construction de réacteurs supplémentaires, et par la confiance entretenue de participer à un projet stratégique pour la collectivité.

◆ *Répliquer tout ce qui peut l’être*

La conception de l’EPR, comme celle des autres réacteurs de Génération 3, a représenté un certain niveau de rupture avec la génération précédente. Cela a conduit à retenir des équipements différents de ceux utilisés sur le parc nucléaire en exploitation. Le taux de nouveauté, assez important dans la conception de l’EPR et de son exécution, a occasionné un risque élevé par rapport à une stratégie de reconduction et de standardisation, qui aurait réduit la variété des références et des acteurs. C’est pour cela que l’EPR2, décrit dans le chapitre 3.1, est une évolution et une optimisation de l’EPR pour en limiter le taux de nouveauté sur le plan technique.

La construction des EPR de Taishan, démarrée quatre ans après l’EPR d’Olkiluoto et près de deux ans après celui de Flamanville, est un exemple de l’intérêt de la réplication. Elle a bénéficié de l’avancement des études et du retour d’expérience des chantiers finlandais et français. En retour, les chantiers européens profitent des expériences chinoises, notamment des méthodes de construction (exemples : préfabrications accrues, utilisation de grues lourdes) et des enseignements tirés des phases d’essais de mise en service, grâce à l’implication du personnel d’EDF et du reste de la filière française dans les différents projets.

Afin de favoriser un niveau élevé de standardisation, le référentiel industriel défini avant le début de la construction effective du premier réacteur, doit également être stabilisé pour l’ensemble du palier technique de réacteurs identiques. Cette stabilisation a vocation à réduire les risques et à permettre de réelles économies d’études, de développement et de qualification des solutions techniques utilisées.

La construction et l’exploitation du parc nucléaire français, basées sur la standardisation par paliers techniques, et le principe d’une boucle d’amélioration continue ont démontré la pertinence de la réplication dans l’industrie nucléaire. L’ensemble des industriels des autres secteurs l’atteste également : dans l’automobile, avec les grandes séries, mais également dans les autres domaines avec Alstom ferroviaire, Airbus Defence & Space – Space Systems, Naval Group. Les homologues d’EDF, exploitants nucléaires, russe et chinois communiquent également que réplication et la standardisation leur font gagner près de 30 % sur les délais et les coûts.

Le développement initial de l’EPR a mis davantage en exergue l’innovation et les spécificités liées au contexte nucléaire. Désormais, il s’agit de suivre la voie parcourue par les autres secteurs de l’industrie, visant, à partir de l’EPR et de son référentiel d’exécution, à en réduire la complexité, à en standardiser les composants et à répliquer tout ce qui peut l’être, afin de bénéficier de solutions et de pratiques éprouvées, et de se concentrer sur l’optimisation continue de l’exécution. EDF et la filière nucléaire opèrent ainsi un retour à la culture qui a prévalu à la construction du parc nucléaire, en cherchant la réplication de tout ce qui peut l’être.

◆ *Stabiliser la conception pour éviter des cycles de modification pénalisants*

La réalisation des premiers EPR a pointé le besoin d’un niveau de maturité suffisant des études de conception et d’exécution avant le lancement des activités de réalisation. Sans cela, le travail de l’ensemble des acteurs serait désorganisé, avec un impact sur la qualité, les délais et les coûts.

La maturité des études détaillées de conception et d’exécution va de pair avec la définition complète (validée par les autorités compétentes) et stable du référentiel d’exigences réglementaires applicables, en particulier dans le domaine de la sûreté nucléaire. À cet égard, il est nécessaire qu’il n’y ait plus de modifications après le début de la construction du premier réacteur.

.....
La construction et l’exploitation du parc nucléaire français, basées sur la standardisation par paliers techniques, et le principe d’une boucle d’amélioration continue ont démontré la pertinence de la réplication dans l’industrie nucléaire.

À titre de repère, l'AIEA recommande que 65 % des études détaillées soient disponibles au premier béton. C'est pourquoi le projet EPR2 a retenu un objectif de 100 % pour les infrastructures du génie civil, et de 70 % pour le reste du projet.

♦ *Standardiser, sur la durée, l'installation à construire*

Le travail de standardisation industrielle lors de la conception de l'installation débouche sur un référentiel industriel complet : un design, un corpus d'exigences techniques et de sûreté, et un référentiel de qualification. Il est développé en associant au maximum les entreprises expertes de leur domaine, afin de sécuriser les choix de conception sous l'angle de leur faisabilité et de leur robustesse.

La standardisation se traduit notamment par une rationalisation des matériels. Dans cette optique, la dynamique du Plan excell a permis d'accélérer la mise en place de « catalogues d'usage obligatoire ». Ils consistent à réduire drastiquement le nombre de références employées dans chaque famille de matériels. En établissant des listes de références techniques et commerciales, ils contraignent le choix de matériels à utiliser (robinets, instrumentations, câbles, etc.) au cours de la conception des systèmes constitutifs d'un réacteur. Ils réduisent ainsi la diversité, et favorisent les économies d'échelle pendant tout le cycle de vie du réacteur : à la contractualisation avec les fournisseurs, à la fabrication, puis à l'installation des matériels, et enfin pour leur maintenance en phase d'exploitation. La réutilisation de matériels éprouvés et la réduction de la complexité engendrée par leur diversité, sont deux leviers majeurs de renforcement de la maîtrise de la qualité et de la performance opérationnelle.

Une telle standardisation a vocation à réduire les risques et les coûts inhérents au développement de nouveaux matériels, à faciliter la gestion des commandes et des fournisseurs, et évidemment à fiabiliser les matériels retenus sur la base du retour d'expérience. La mise en place des catalogues s'accompagnera d'une action industrielle avec les fournisseurs pour, notamment, prendre en compte la situation de ceux qui seront écartés par la rationalisation, et faire en sorte de préserver toutes les compétences concernées au sein de la filière.

Cette démarche est développée aujourd'hui sur 22 familles de matériels, avec une cible à 35 familles d'ici à 2023, représentant au total plus d'un quart du coût des équipements d'une centrale nucléaire, dont la robinetterie qui a été une des premières à être déployées. Un réacteur nucléaire est composé de milliers de robinets. Ceux-ci ont représenté 40 % des non-conformités de fabrication des équipements lors de la réalisation de l'EPR de Flamanville, en dehors des problèmes rencontrés spécifiquement sur la réalisation des soudures.

L'analyse de la robinetterie du parc nucléaire construit (y compris l'EPR de Flamanville) a montré un niveau élevé de diversité : 13 309 références de robinets sont aujourd'hui répertoriées par EDF. La constitution du catalogue robinetterie repose sur la sélection d'un nombre réduit de références, à partir de critères techniques (réponse aux exigences des ingénieries) et de critères opérationnels (durée de vie et facilité de maintenance). Ce travail intègre également une dimension de politique industrielle (sélection de fournisseurs viables, de qualité et souhaitant établir des relations partenariales avec EDF). Cette démarche de rationalisation a permis de diviser par dix le nombre de références. Aujourd'hui, plus de 90 % des 13 309 références de robinets ont été écartées du catalogue. La cible retenue est de diviser par dix la diversité au sein des 22 familles de pièces gérées en catalogue. C'est le gage d'une production en série accrue, source de qualité et de performance améliorées.

La standardisation se traduit notamment par une rationalisation des matériels.

Aujourd'hui, plus de 90 % des 13 309 références de robinets ont été écartées du catalogue.

2.2 LES CRITÈRES DE CHOIX DES SITES CONDUISANT À LA PROPOSITION D'EDF POUR LES 3 PAIRES DU PROGRAMME

2.2.1 Les critères

L'évaluation des sites susceptibles d'accueillir la réalisation de réacteurs EPR2 repose sur trois conditions principales :

- les implantations sont proposées **sur des sites nucléaires existants ou à proximité immédiate** ;
- l'implantation sur chaque site doit bénéficier d'un **soutien important du territoire concerné**, aux différents niveaux de collectivités territoriales ;
- l'**évaluation technique des sites** ne doit pas conduire à un critère rédhibitoire, notamment en termes de foncier et d'urbanisme, de risques naturels ou de raccordement au réseau très haute tension.

L'**évaluation technique** d'un site doit permettre d'identifier les différentes contraintes associées à la réalisation du projet sur ce site. Les dix critères suivants sont analysés pour chaque site, afin notamment d'identifier l'absence de critère rédhibitoire :

- **foncier** : emplacement disponible ou mobilisable pour accueillir les futures installations et le chantier de construction ;
- **urbanisme** : règles d'urbanisme en vigueur et compatibilité avec le projet ;
- **capacité de refroidissement** : examen de la capacité de la « source froide » (mer ou rivière) à assurer le refroidissement, à travers des critères liés à la sûreté et à l'exploitation (disponibilité de la ressource en eau, températures de l'eau pour la sûreté et pour l'exploitation, qualité de l'eau et adaptation aux contraintes environnementales, sensibilité aux agressions externes qui viendrait altérer la capacité de refroidissement, comme l'ensablement ou l'envasement), en tenant compte de l'adaptation au changement climatique ;
- **risque d'inondation externe** : risques liés à l'inondation par une cause externe, et isolement possible du site à la suite d'une inondation ;
- **aléa sismique** : risques liés aux séismes ;
- **sols** : tassements, tassements et travaux préparatoires nécessaires avant construction ;
- **sensibilité environnementale** : enjeux écologiques au niveau de l'environnement terrestre (espaces naturels et fonctionnalités écologiques), aquatique (disponibilité de la ressource en eau, sensibilité thermique, chimique et biologique), et humain (population, activités, patrimoine, paysage et contexte frontalier) ;
- **impact des rejets** : capacité des milieux à diluer les rejets radioactifs, chimiques, thermiques, ainsi que l'impact acoustique ;
- **liaison 400 kV** : capacité de raccordement au réseau très haute tension de RTE ;
- **réseau de transport d'électricité** : stabilité et capacité à transporter la quantité d'énergie qui sera produite.

Cette démarche de choix de site est cohérente avec les principes présentés dans le guide de l'AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique) – *Études de site et choix des sites des installations nucléaires*. Elle est progressive et itérative, elle prend en compte les principaux critères de sûreté du guide, ainsi que des critères non liés à la sûreté mais importants, comme l'acceptabilité des parties prenantes, le foncier, l'accès au réseau, l'accès à la source froide et les impacts environnementaux non liés à la radioactivité.

10 critères sont analysés pour chaque site, afin notamment d'identifier l'absence de critère rédhibitoire.



GUIDE DE L'AIEA SUR LE CHOIX DE SITE POUR UNE INSTALLATION NUCLÉAIRE

En 2015, l'AIEA a publié un guide spécifique sur le choix de site pour une installation nucléaire, émettant des recommandations sur les critères à prendre en compte pour exclure, discriminer et / ou hiérarchiser des sites.

Selon ce guide, le grand principe de choix de site est que sa compatibilité pour une implantation d'un site nucléaire doit être évaluée au regard :

- des effets d'événements externes ayant lieu dans la zone géographique du site considéré, qu'ils soient d'origine naturelle ou humaine ;
- des caractéristiques du site considéré et de son environnement, qui pourraient influencer le transfert des substances radioactives rejetées vers le public et l'environnement ;
- de la densité de population et de sa distribution et des autres caractéristiques de la zone environnante du site considéré, qui pourraient affecter la mise en place des mesures d'urgence en cas d'accident.

Le guide aborde les critères liés à la sûreté nucléaire pour le choix de site, mais considère que d'autres critères sont importants, comme la sécurité nucléaire, la technologie, l'économie, la gestion du foncier, la disponibilité de la source froide, les impacts environnementaux non liés à la radioactivité, l'accès au réseau électrique, les impacts socio-économiques parmi lesquels l'opinion des parties prenantes, dont celle du public.

Un site devra être déclaré impropre à l'implantation d'une installation nucléaire spécifique si aucune solution technique n'existe comme parade aux dangers externes identifiés mettant en cause la sûreté de l'installation, ou s'il n'y a aucune mesure adéquate pour protéger le public contre des risques radiologiques inacceptables.

Sur la base des études réalisées, et compte tenu du fort soutien exprimé aux projets de nouveaux réacteurs nucléaires de type EPR dans les régions Normandie, Hauts-de-France et Auvergne-Rhône-Alpes, **EDF propose de retenir les sites dans cet ordre :**

- **paire 1 : Penly (Normandie), en bord de mer ;**
- **paire 2 : Gravelines (Hauts-de-France), en bord de mer ;**
- **paire 3 : Bugey ou Tricastin (Auvergne-Rhône-Alpes), en bord de rivière.**

Ces sites ont été pris comme hypothèses dans les études de conception et pour l'élaboration de la proposition d'une série de trois paires successives de réacteurs EPR2. Concernant le choix du troisième site en bord de rivière, les études préparatoires à la réalisation d'une paire d'EPR2 (cf. § 2.2.5), et les estimations associées de coût et de calendrier de réalisation, ont été faites pour le site du Bugey. Dans le cadre du référentiel actuel, il n'est pas attendu d'impact significatif en termes de coûts et de délais si le site retenu devait être celui du Tricastin. Des études d'implantation ont été réalisées pour ces quatre sites.

Les études de conception du réacteur EPR2 et les modalités de sa mise en œuvre sur le site de Penly sont présentées au § 4.2. L'alternative à la construction de la première paire de réacteurs EPR2 sur le site de Penly (sa réalisation sur un autre site) aurait pour conséquence un important décalage dans le calendrier industriel de ce projet (cf. § 2.6.2).

En dépit des informations présentées dans les paragraphes suivants sur les sites proposés par EDF pour les deuxième et troisième paires du programme, les projets de réalisation devront tous faire l'objet d'une saisine de la CNDP, laquelle se prononcera sur l'opportunité d'organiser un débat ou une concertation, en préalable à toute décision de lancement.

2.2.2 Proposition d'implantation d'une paire de réacteurs EPR2 en région Normandie (site de Penly)

Cette proposition fait l'objet du chapitre 4 du présent DMO..

2.2.3 Proposition d'implantation d'une paire de réacteurs EPR2 en région Haut-de-France (site de Gravelines)

Le site de Gravelines (Nord) est un site en bord de mer, à mi-chemin entre Dunkerque et Calais. Il exploite six réacteurs nucléaires de 900 mégawatts chacun. Les trois premiers ont été mis en service en 1980, le quatrième en 1981, le cinquième en 1984, et le sixième en 1985.



Centrale nucléaire de Gravelines (Nord).

Ce site, bâti en partie sur une extension maritime combinée avec la construction du grand port maritime de Dunkerque, est aujourd'hui le plus puissant site électronucléaire français. C'est un exemple de développement économique pluriel, avec la présence d'industries électro-intensives à proximité.

L'implantation des EPR2 à Gravelines a fait l'objet d'études préliminaires, notamment concernant la prise et le rejet d'eau en mer, au niveau nécessaire et suffisant pour en confirmer la faisabilité technique, la compatibilité avec les règles environnementales et l'estimation de coût. La spécificité géologique du site de Gravelines nécessite de prendre en compte les tassements différentiels. Pour y répondre, une dalle de répartition des charges serait construite sous les EPR2, comme celle sous les réacteurs déjà existants sur ce site.

2.2.4 Proposition d'implantation d'une paire de réacteurs EPR2 en région AURA (site de Bugey ou de Tricastin)

◆ Site de Bugey

Le site du Bugey (Ain) est situé en bord de rivière, alimenté en source froide par le Rhône sur la commune de Saint-Vulbas, à environ 40 kilomètres au nord-est de Lyon.

Outre Bugey 1, réacteur de la filière à Uranium naturel au graphite-gaz (UNGG) en cours de démantèlement, le site du Bugey exploite quatre réacteurs de 900 mégawatts. Les réacteurs 2 et 3 ont été mis en service en 1979, les réacteurs 4 et 5 en 1980.

Les réacteurs 2 et 3 sont refroidis en circuit ouvert sur le Rhône. Les réacteurs 4 et 5 bénéficient de quatre tours aéroréfrigérantes, diminuant les prélèvements dans le Rhône et son échauffement. Les réacteurs EPR2 devront également être équipés d'aéroréfrigérants, dont la hauteur pourrait être supérieure à celle des tours existantes.



Centrale nucléaire de Bugey (Ain).

La nature du sol nécessiterait des travaux de substitution préalablement à la construction des EPR2, afin d'assurer la portance nécessaire à des installations industrielles telles que des réacteurs nucléaires.

◆ Site du Tricastin

Le site du Tricastin est situé à Saint-Paul-Trois-Châteaux (Drôme), au carrefour de quatre départements (Drôme, Ardèche, Gard et Vaucluse) et de trois grandes régions économiques (Auvergne-Rhône-Alpes, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Occitanie). Il accueille quatre réacteurs nucléaires de 900 mégawatts mis en service en 1980 et 1981, ainsi que les installations industrielles d'Orano, ce qui en fait un site singulier en Europe pour l'industrie nucléaire.

Les EPR2 seraient implantés au nord du site, sur la commune de Pierrelatte. À la différence des réacteurs nucléaires existants sur le site, refroidis en circuit ouvert sur le Rhône, les réacteurs EPR2 devraient être refroidis par des tours aéroréfrigérantes de grande hauteur.



Centrale nucléaire du Tricastin (Drôme).

Photos © DR

2.3 LE PLANNING DE DÉPLOIEMENT ENVISAGÉ DU PROGRAMME DE TROIS PAIRES DE RÉACTEURS EPR2

Le planning de déploiement du programme industriel proposé par EDF de trois paires de réacteurs nucléaires s'appuie sur le principe fondamental de standardisation et d'industrialisation selon lequel :

- le premier projet (une paire de réacteurs EPR2 à Penly) établit le référentiel de conception, de construction et d'exploitation du palier technique standard EPR2 dans son environnement réglementaire en France ;
- le deuxième projet (en bord de mer) en assure la première réplique ;
- et le troisième projet porte l'amélioration de la performance de sa mise en œuvre, ainsi que son adaptation aux conditions d'une implantation en bord de rivière.

2.3.1 Les principales hypothèses du planning du programme de 3 paires de réacteurs nucléaires

Pour permettre de tenir le calendrier prévisionnel fixé, voici les principales hypothèses :

- **Dépôt de la demande d'autorisation de création de la première paire de réacteurs EPR2** et initialisation du processus d'instruction administrative.
- **Début des travaux préparatoires à l'autorisation d'exécution du permis de construire** dans le cadre du processus d'instruction des demandes d'autorisations administratives liées à la création de chaque paire de réacteurs EPR2.
- **Travaux préparatoires spécifiques à chaque site**, destinés à lui permettre d'accueillir la construction standard d'une paire d'EPR2 avec les mêmes méthodes et séquences de construction, quel que soit le site (cela pourra, par exemple, nécessiter des travaux de confortement ou de remplacement de sols).
- **Durée estimée pour les travaux préparatoires entre l'autorisation d'exécution du permis de construire et le jalon « premier béton » :**
 - **Penly : environ trois ans et demi** : cette durée tient compte des travaux d'aménagement détaillés spécifiquement pour le site de Penly (cf. § 4.3.2) ;
 - **Gravelines : environ quatre ans et demi** : cette durée tient compte de la nécessité, comme pour les réacteurs existants de ce site, de construire une dalle souterraine de répartition et une enceinte étanche autour de l'îlot industriel ;
 - **Bugey : environ cinq ans et demi** : cette durée intègre le temps nécessaire aux opérations de substitution de sols ;
 - **Tricastin** : première estimation inférieure ou égale à la durée prévue pour le site de Bugey.
- **Durée réglementaire d'instruction de la demande d'autorisation de création** de chaque paire d'EPR2 : trois ans.
- **Référentiel d'exigences réglementaires et techniques établi à la délivrance de l'autorisation de création de la première paire de réacteurs, et stable pour la réalisation de l'ensemble de la série standard de trois paires de réacteurs**, afin de garantir un design générique répliquable sur les trois sites (à l'exception des ajustements liés aux spécificités de site concernant la configuration de la source froide, des stations de pompage et de quelques bâtiments complémentaires à l'îlot conventionnel).
- **Délai entre les deux réacteurs d'une même paire d'EPR2** : 18 mois entre les jalons « premier béton ». Cet écart a vocation à varier pendant la construction de la paire de réacteurs, car il constitue un levier de pilotage au gré des aléas, de l'affectation prioritaire des ressources du chantier sur l'un ou l'autre des réacteurs, puis de l'amélioration de la performance dont le second réacteur bénéficie à partir des méthodes mises au point sur le premier.

Le planning de déploiement du programme industriel proposé par EDF de trois paires de réacteurs nucléaires s'appuie sur le principe fondamental de standardisation et d'industrialisation.

- **Processus de concertation du public, puis dépôt de la demande d'autorisation de création des deuxième et troisième paires de réacteurs EPR2**, et initialisation de leur processus d'instruction administrative dès que possible après la décision d'engagement du programme de construction nucléaire, afin de pouvoir engager sans tarder les travaux préparatoires sur les sites concernés, et sécuriser le calendrier d'exécution du programme.

2.3.2 Les cibles de durée de construction des 3 paires successives

L'estimation de l'impact dû à l'effet de série sur un programme de plusieurs réacteurs dans le cadre d'un palier standard, s'appuie sur l'historique des durées constatées lors de la construction du parc nucléaire actuel. Elle tient également compte de l'expérience partagée à ce sujet, à partir de programmes nucléaires conduits dans d'autres pays, tels que la Chine ou la Corée du Sud, qui se sont particulièrement inspirés du programme français.

Les données du programme nucléaire français sont à considérer comme relativement conservatrices, en termes de gain sur la durée de construction d'un réacteur à l'autre au sein d'une série standard, du fait que son rythme a été très élevé (jusqu'à dix réacteurs mis en service la même année), et que l'analyse porte sur un phénomène qui a été davantage constaté *a posteriori* qu'activement piloté.

Ce retour d'expérience tend à montrer que la durée de construction des réacteurs au sein d'un palier standard s'améliore, dans une mesure qui dépend du rythme de réalisation et du niveau de réplification. L'essentiel du gain est observé entre la première et la troisième paires de réacteurs.

Par effet d'apprentissage, la durée de construction du second réacteur de chaque paire a vocation à être plus courte que celle du premier, à condition que l'écart entre le début de construction des deux réacteurs soit suffisant (au moins un an). L'écart de 18 mois proposé tient compte de cette optimisation.

Chaque changement de site, d'un projet de réalisation d'une paire de réacteurs au suivant, oblige à déroger au moins un peu à l'objectif de stricte réplification du design et des conditions de sa mise en œuvre, du fait de l'adaptation à des spécificités propres aux caractéristiques de chaque site et au changement d'une partie des intervenants. La construction d'une paire de réacteurs sur un site en bord de rivière nécessite des ouvrages supplémentaires à bâtir (aéro-réfrigérants).

Dans l'hypothèse actuelle du programme de trois paires d'EPR2, construites dans l'ordre sur les sites de Penly, Gravelines et Bugey ou Tricastin, les durées de construction basées sur l'analyse des caractéristiques de chaque site, et du retour d'expérience en matière d'amélioration d'un projet à l'autre, sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

	PENLY		GRAVELINES		BUGEY OU TRICASTIN	
Réacteur	1	2	3	4	5	6
Durée de référence pour la construction (mois) (du « premier béton » à la « mise en service industrielle »)	105	99	99	93	96	90
Dont une marge opérationnelle qui va de 11 mois sur le premier réacteur, à 7 mois pour le sixième, soit une durée opérationnelle cible de construction de 94 mois pour le premier réacteur, à 83 mois pour le sixième réacteur.						

La durée de construction du second réacteur de chaque paire a vocation à être plus courte que celle du premier.

2.4 LE COÛT DU PROGRAMME, LES MÉCANISMES DE FINANCEMENT ET LEURS INCIDENCES POUR LA COLLECTIVITÉ

Une centrale nucléaire est un projet d'infrastructure de grande ampleur au bénéfice de la collectivité, qui s'inscrit dans le temps long. Comme toute infrastructure de cet ordre, sa performance économique est une question à la fois d'ingénierie financière et d'ingénierie nucléaire. Le coût complet de production (en euros par mégawattheure) est fonction tant de son coût de financement que de son coût de réalisation et d'exploitation (coûts opérationnels).

2.4.1 Le coût du programme proposé par EDF

Avertissement : toutes les estimations de coûts présentées sont en milliards d'euros à octobre 2020, hors inflation (Mds€₂₀).

Le coût total du programme de construction de trois paires de réacteurs EPR2 en France proposé par EDF est de 51,7 milliards d'euros.

Deux audits sur les coûts commandités par l'État dont les conclusions ont été rendues publiques, ont été réalisés en 2019⁵ sur le réacteur EPR2, et en 2021⁶ sur le programme EPR2.

Le rapport du gouvernement « Travaux sur le nouveau nucléaire » publié le 18 février 2022 en donne une synthèse pages 8 et 9 indiquant notamment que « *Le dernier audit externe a conclu que la méthode d'évaluation des coûts du programme retenu par EDF est robuste* ».

Les explications sur la constitution de ce coût global sont données dans les paragraphes ci-après, complétés de la fiche annexe n° 3.

◆ Les dépenses « overnight » et la décomposition des coûts

Les éléments de coûts présentés dans cette partie correspondent à des dépenses dites « overnight » ; cela reviendrait à une situation où il serait possible d'acheter et de construire instantanément sans coût de financement (« en une seule nuit ») une centrale de production d'électricité prête à produire les premiers kilowattheures. Ces dépenses dites « overnight » correspondent aux besoins de financement développés au § 2.4.2 et § 2.4.3.

51,7 Mds€₂₀
c'est le coût total du programme de construction de 3 paires de réacteurs EPR2 en France proposé par EDF.

Le dernier audit externe a conclu que la méthode d'évaluation des coûts du programme retenu par EDF est robuste.

5. Synthèse de l'audit sur les coûts du réacteur EPR2 commandé en 2019.
6. Synthèse sur l'audit sur les coûts du programme EPR2 commandé en 2021.

Les coûts du programme se décomposent en trois grandes familles ci-dessous, qui sont détaillées dans la fiche annexe n° 3 :

- **le coût de construction et d’ingénierie** qui correspond au périmètre de la maîtrise d’œuvre de la construction des réacteurs, comprenant l’ingénierie de conception et de conduite de projet (Engineering – E), l’achat des matériels et équipements (Procurement – P), les travaux de construction et de montages électromécaniques sur le chantier (Construction – C) et les essais de mise en service (Commissioning – C). Ce périmètre EPCC est celui qui relève classiquement de la réalisation d’une centrale nucléaire par un fournisseur pour le compte d’un exploitant ;
- **les coûts de maîtrise d’ouvrage** (« owner’s costs ») correspondent aux frais complémentaires engagés en phase de construction par le maître d’ouvrage, au titre du rôle de propriétaire et des responsabilités relevant de l’exploitant nucléaire ;
- **les provisions pour les dépenses à prévoir à l’issue de la phase d’exploitation** : déconstruction et « dernier cœur » (dernière charge de combustible nucléaire).

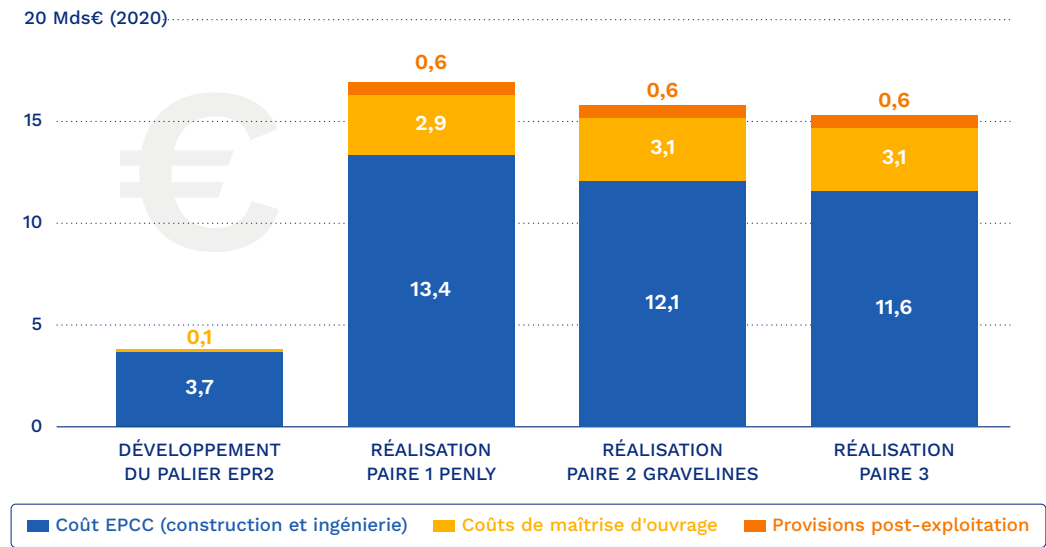
◆ L’estimation du coût « overnight » du programme

L’estimation ci-dessous repose sur des hypothèses prises pour la construction de nouveaux réacteurs nucléaires en France. Elle est notamment attachée au calendrier de réalisation considéré, sur la base d’une décision d’engagement du programme de construction des trois paires d’EPR2 formalisée fin 2022. Tout report complémentaire par rapport à ce calendrier devrait être analysé en termes d’augmentation des coûts fixes et de valorisation des risques de surcoûts.

Une hypothèse fondamentale est, par ailleurs, la stabilité du référentiel réglementaire et technique pendant toute la durée de réalisation des trois paires de réacteurs EPR2, notamment dans les champs de la sûreté nucléaire, de la sécurité et de la protection de l’environnement, afin de favoriser la démarche d’industrialisation et de standardisation. L’estimation produite ici est basée, par exemple, sur un référentiel applicable correspondant à la version préliminaire du rapport de sûreté remis en février 2021. Elle sera donc consolidée à l’aune de son instruction, jusqu’à la délivrance de l’autorisation de création de la première paire d’EPR2.

Enfin, cette estimation s’inscrit dans l’hypothèse d’une maîtrise d’ouvrage porteuse de l’investissement, et d’une maîtrise d’œuvre chargée de la réalisation des études d’ingénierie et de la construction des réacteurs relevant de la même entité juridique, et considérées comme intégrées au sein d’EDF.

RÉPARTITION DU COÛT D'UNE SÉRIE DE 3 PAIRES D'EPR2 STANDARD HORS COÛT DE FINANCEMENT



Source : EDF (2021)

Coût overnight en Mds€ ₂₀	Développement du palier EPR2	Réalisation paire 1 Penly	Réalisation paire 2 Gravelines	Réalisation paire 3 Bord de rivière	Total programme
Coût EPCC (ingénierie et construction)	3,7	13,4	12,1	11,6	40,8
Coût de maîtrise d’ouvrage	0,1	2,9	3,1	3,1	9,2
Provisions post-exploitation		0,6	0,6	0,6	1,7
Total	3,8	16,9	15,8	15,3	51,7

◆ Leviers d’optimisation du coût de construction

Compte tenu de son poids prépondérant dans le coût opérationnel, l’Agence d’énergie nucléaire de l’OCDE⁷ a étudié en détail les conditions d’une réduction du coût de la construction des centrales nucléaires, dans un guide⁸ publié en 2020 à l’attention de ses États membres et des autres parties prenantes.

Son principal constat est que le coût de construction, relativement élevé, des premiers réacteurs de Génération 3 n’est pas le signe d’une tendance haussière à long terme. Comme dans n’importe quelle activité, il caractérise la mise au point d’une nouvelle génération de modèles dans son environnement technique et réglementaire, ainsi que la réactivation de la construction nucléaire dans la plupart des pays concernés après une longue période d’interruption. La différence de performance constatée entre les réalisations simultanées des EPR et des AP1000 en Chine, d’une part, et respectivement en Europe et aux États-Unis, d’autre part, montre à quel point les leviers d’optimisation résident moins dans la technologie que dans le contexte de sa mise en œuvre. Or, ce dernier présente l’avantage d’être largement à la main des pays.

Les recommandations issues de l’analyse conduite par l’Agence d’énergie nucléaire rejoignent complètement les enseignements tirés par EDF et la filière française à partir de la réalisation des premiers EPR, qui sont développés dans le § 2.1.1.

De tous les leviers qui doivent être actionnés à partir de l’expérience acquise lors de la réalisation des premiers réacteurs de Génération 3, dont l’EPR fait partie, c’est bien d’abord l’enjeu de l’industrialisation à conduire par la réalisation de séries standards à partir des modèles de réacteur mis au point avec ces têtes de série qui permettra d’optimiser les coûts de construction.

2.4.2 Les conditions de financement pour la réalisation de 3 paires d’EPR2

Le profil économique d’un projet de centrale nucléaire nécessite aujourd’hui l’intervention de la puissance publique dans son financement pour permettre la réalisation du programme et en réduire le coût complet pour la collectivité.

De façon simplifiée, l’intervention de la puissance publique permet de diminuer le coût du capital, et ainsi le coût de production en euros par mégawattheure.

À ce jour, les schémas de financement et de régulation font l’objet d’échanges entre l’État et EDF, et restent à définir. Le travail de définition plus précis des paramètres du financement et de la régulation de ce dispositif doit se poursuivre. Cette analyse tiendra compte de la faisabilité juridique, notamment au regard du droit européen, du niveau de prix régulé, du coût pour la collectivité (contribuables et consommateurs) et de la capacité des différents schémas à inciter le porteur du projet à la maîtrise des coûts et des délais. Il conduira à engager la saisine de la Commission européenne en vue de s’assurer de la compatibilité de l’aide qui serait octroyée.

7. Organisation de coopération et développement économique (OCDE).

8. Rapport 2020 de la Nuclear Energy Agency, Unlocking reductions in the construction costs of nuclear.

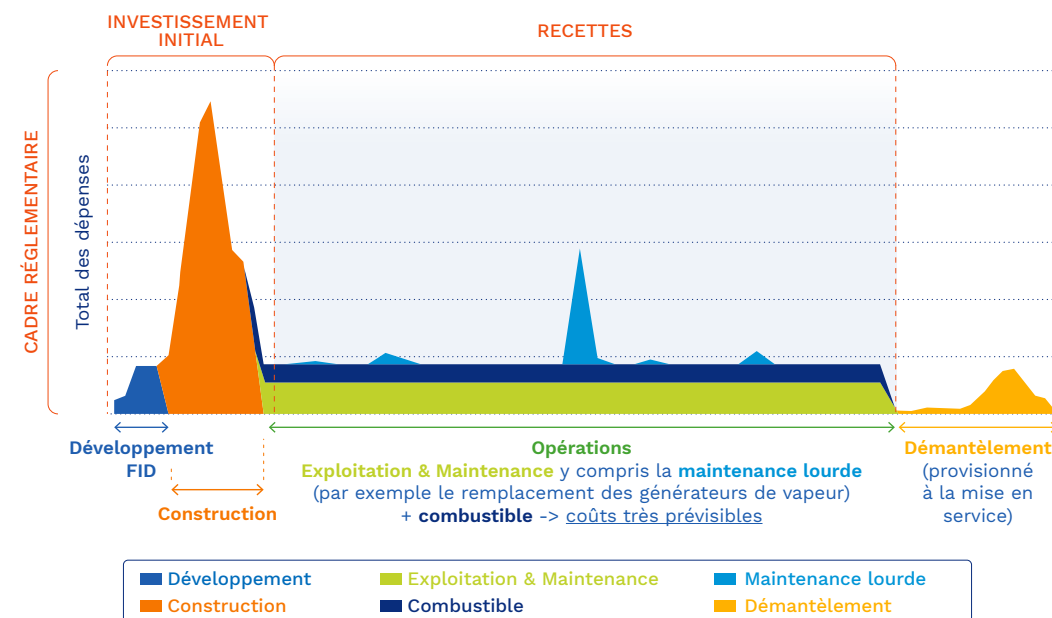
.....
L’intervention de la puissance publique permet de diminuer le coût du capital, et ainsi le coût de production en euros par mégawattheure.

Les éléments présentés dans la suite du paragraphe, ainsi que dans la fiche en annexe n° 3, ont vocation à éclairer le débat sur les conditions de financement à venir.

◆ **Le profil économique d'un projet de centrale nucléaire nécessite l'intervention de la puissance publique dans son financement**

Le profil économique d'un programme de centrales nucléaires se caractérise par un important investissement en phases de développement et de construction, de premiers revenus liés à la production d'électricité 10 à 15 ans après les premiers investissements, puis un retour d'investissement sur plusieurs décennies.

PRÉPONDÉRANCE DU COÛT DE CONSTRUCTION DANS LE COÛT OPÉRATIONNEL



Un programme de centrales nucléaires comporte plusieurs spécificités qui nécessitent des conditions de financement adaptées :

- la durée de la période d'investissement, qui correspond à la durée de la période de construction est relativement longue pour une infrastructure ;
- les durées d'exploitation envisagées pour les EPR2, d'au moins 60 ans, sont parmi les plus longues pour les actifs de production d'énergie, et ils doivent répondre à des exigences spécifiques en matière de sûreté ;
- les incertitudes quant aux perspectives de valorisation de l'actif sont fortes, compte tenu des évolutions des prix de l'électricité qui sont difficiles à prévoir.

Le profil économique d'un projet de centrale nucléaire se traduit ainsi par des caractéristiques qui structurent les principaux enjeux du financement :

- le coût de construction est le principal levier d'optimisation du coût opérationnel ;
- le coût de financement est le premier enjeu de l'optimisation du coût complet de production de l'électricité ;
- l'accès à des financements privés pendant les phases de développement et de construction doit surmonter l'obstacle d'un montant à financer significatif, d'une longue période avant les premiers revenus issus de la production d'électricité, et d'un risque perçu élevé en début de programme.

Dans son bilan 2018, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) estime que plus de 95 % des investissements dans le système électrique (réseaux et tous moyens de production confondus) étaient soutenus par des mécanismes régulatoires. Ces mécanismes peuvent prendre la forme de tarifs d'achat ou de contrats d'achat d'électricité hors marché.

Du fait de ces spécificités, l'État peut mettre en place un dispositif de régulation incitatif pour le maître d'ouvrage.

Sur la base de projets récents de constructions de nouveaux réacteurs nucléaires, et sur des projets d'infrastructures s'inscrivant dans le temps long, différents modèles de régulation et de préfinancement se dégagent. Par exemple, le modèle dit de « base d'actif régulé » (BAR), répandu dans de nombreux secteurs (aéroports, réseaux de transport...), consiste en un prix assurant une rémunération garantie à l'investisseur, basé sur la disponibilité de l'infrastructure. Autre exemple : le modèle dit de « contrat pour différence » (CfD), qui prévoit un prix cible, la différence positive entre ce prix cible et le prix de marché étant reversée au consommateur. En cas d'écart dans l'autre sens, le complément de prix est versé au producteur. C'est le schéma utilisé pour le financement du projet d'EPR à Hinkley Point C.

➔ **Pour plus d'informations** la fiche en annexe 3 présente les différentes typologies de financement des grands projets d'infrastructures qui peuvent également s'adapter aux projets nucléaires.

◆ **Le coût de financement du programme représente une part significative du coût complet**

Le coût de financement comporte :

- en phase de développement et de construction, les intérêts intercalaires cumulés jusqu'à la mise en service ;
- en phase d'exploitation :
 - le rendement attendu par les investisseurs en fonction notamment de leur apport à l'investissement initial et de la part qu'ils ont portée de risque de surcoût et de retard en phase de développement et de construction ;
 - et les intérêts à servir aux créanciers.

Le coût moyen pondéré du capital, ou coût de l'argent qui permet de réaliser le programme, dépend de la répartition du financement et de l'allocation des risques entre les parties prenantes publiques et privées du projet.

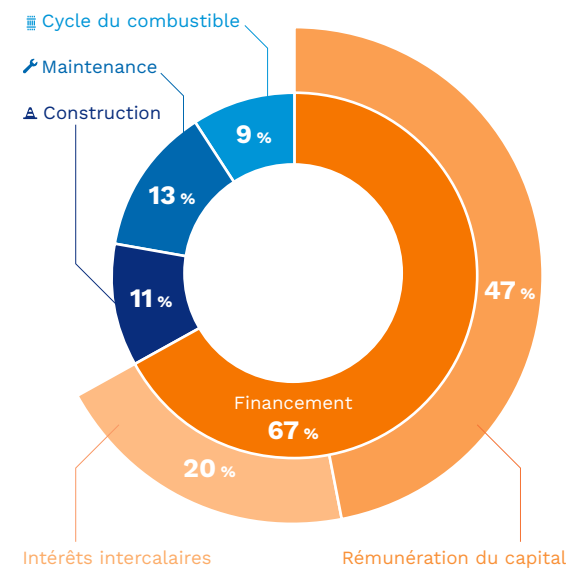
Le coût moyen pondéré du capital peut représenter une part significative du coût complet et avoir une influence notable sur le coût moyen de production. Une intervention de l'État dans le financement permet de diminuer le coût du capital, du fait du niveau de risque plus faible perçu par le marché. Inversement, une forte proportion d'investissements privés pénalise fortement le coût du financement, comme illustré ci-dessous.

ESTIMATION D'EDF DE LA SENSIBILITÉ DU COÛT COMPLET DE PRODUCTION AU COÛT DE FINANCEMENT

À titre d'illustration, dans l'hypothèse d'un coût moyen pondéré du capital de 7 %, le coût du financement représente plus des deux tiers du coût complet de production d'électricité (source : guide AEN sur la réduction des coûts du nucléaire⁹. Calculs basés sur un coût de construction hors financement de 4 500 USD/kWe, un facteur de charge de 85 %, une durée de fonctionnement de 60 ans et une durée de construction de 7 ans).

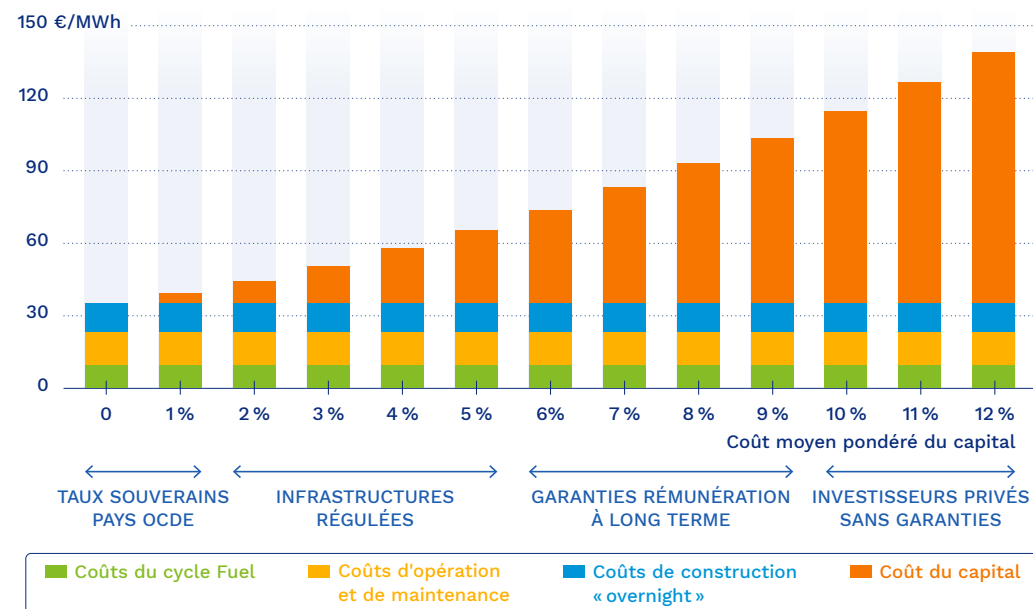
Le coût moyen pondéré du capital est fonction de la perception qu'ont les acteurs financiers des risques d'évolution dans les différentes catégories de coûts opérationnels, en particulier ceux de construction, et plus généralement dans le modèle économique du projet. Il est le premier facteur de variation du coût complet de production d'électricité.

RÉPARTITION DES COÛTS DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES SELON L'AEN



Source : AEN (2020)

COÛT DE PRODUCTION ACTUALISÉ



9. AEN, 2020, *Unlocking reductions in the construction costs of nuclear, a practical guide for stakeholders*.

◆ Enjeux liés au coût opérationnel

Comme tous les autres moyens de production d'électricité bas-carbone ainsi que les autres grandes infrastructures, le modèle économique des centrales nucléaires est très capitalistique. Il repose sur un investissement initial prépondérant, un coût en fonctionnement modéré et un coût marginal de production faible, voire très faible en proportion.

Une part prépondérante des incertitudes attachées au coût opérationnel concerne la phase de construction jusqu'à la mise en service de la centrale, et la génération des revenus associés à la production d'électricité.

En phase d'exploitation, les coûts de conduite et d'entretien sont faibles relativement à l'investissement initial. À l'exception des ajustements éventuels liés à des évolutions du cadre législatif ou réglementaire, ils sont également prédictibles et stables dans la durée. Le combustible fait généralement l'objet de contrats à long terme et d'une stratégie de diversification, permettant de sécuriser l'approvisionnement et de se couvrir de la volatilité des marchés.

Conformément à la réglementation française, le coût du démantèlement doit être provisionné à la mise en service de chaque réacteur. Il est donc intégré à l'assiette à financer. Compte tenu de l'effet d'actualisation sur 60 ans d'exploitation, il pèse peu sur le coût complet de production.

Une vision précise du coût de production de l'électricité nucléaire du parc existant a été établie par la **Cour des comptes dans ses rapports de 2012¹⁰** et sa réactualisation de 2014¹¹, accessibles au public.

En phase d'exploitation, les coûts de conduite et d'entretien sont faibles, relativement à l'investissement initial.

10. Rapport Cour des comptes 2012.

11. Rapport Cour des comptes 2014.

2.5 LES INCIDENCES SOCIO-ÉCONOMIQUES DU PROGRAMME À L'ÉCHELLE NATIONALE

Au-delà de la fourniture d'électricité, l'engagement d'un programme nucléaire est un moteur pour la relance de l'industrie en France et en Europe, et un vecteur de création d'emplois qualifiés, pérennes et non délocalisables.

2.5.1 Une opportunité pour la politique industrielle de la France et de l'Europe

◆ *Le nucléaire est la troisième filière industrielle française et un point fort pour la souveraineté*

La crise sanitaire de la Covid-19 et, plus récemment, la guerre entre la Russie et l'Ukraine ont mis en lumière les enjeux de maîtrise des principales chaînes de valeur industrielles. Ces situations renforcent la nécessité des politiques de réindustrialisation au sein de l'Union européenne face aux transformations technologiques et géopolitiques mondiales. Dans ce contexte, la relance d'un programme nucléaire en France s'inscrirait pleinement dans cette consolidation des atouts de compétitivité à long terme, et dans l'ambition de concilier économie et écologie.

Grâce à une part très élevée d'activité en France, un tel programme permet d'articuler industrie dans les territoires, décarbonation et souveraineté. En garantissant la pérennité d'un approvisionnement fiable et performant en électricité décarbonée, il contribuera à l'attractivité d'un écosystème favorable pour l'investissement industriel. Le programme s'inscrit aussi dans la continuité de l'effort initié sur le premier EPR à Flamanville pour reconstituer les compétences de construction nucléaire après une longue interruption d'activité. Il prendrait le relais des 500 millions d'euros consacrés par le plan France Relance au soutien des entreprises de la filière nucléaire en 2020 et 2021.

Le rapport parlementaire sur l'évaluation de la politique industrielle publié le 21 janvier 2021, et le rapport de France Stratégie sur lequel il s'appuie, rappellent que la France est devenue l'économie la plus désindustrialisée du G7 avec la Grande-Bretagne. Ainsi l'industrie n'y représente plus que 10,3 % des emplois, et sa part dans le PIB a reculé de 10 points depuis 1980, pour s'établir à 13,4 % en 2018, contre 25,5 % en Allemagne.

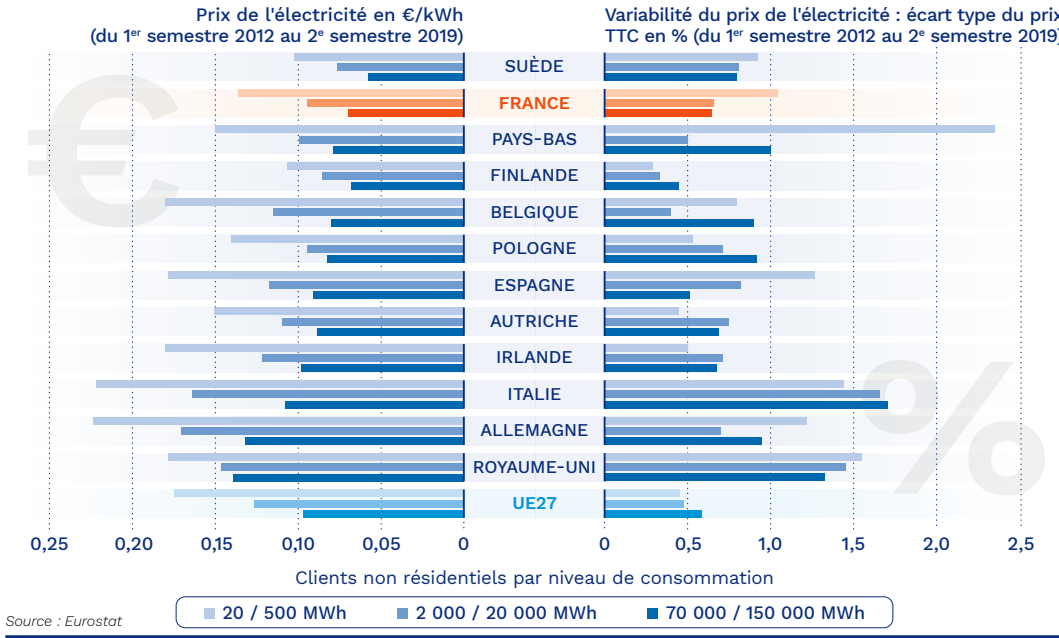
Dans ses propositions, ce rapport parlementaire encourage l'État à concilier transition écologique et enjeux industriels. Trois axes sont mis en avant : des efforts de réindustrialisation, la localisation d'industries essentielles et le soutien du tissu industriel local. Troisième filière industrielle derrière l'automobile et l'aéronautique, le secteur nucléaire est assurément un levier d'une telle politique sur chacun de ces trois objectifs.

◆ *Le nucléaire, facteur de prédictibilité et de compétitivité*

Business France constate, dans son tableau de bord de l'attractivité de la France, que « *l'attractivité d'un pays dépend en partie de sa capacité à assurer un accès à des sources d'énergie fiables et compétitives dans la durée* ». Il souligne l'avantage compétitif que confère à la France son électricité d'origine nucléaire pour créer les conditions favorables à l'investissement, et attirer ou conserver des activités industrielles.

La disponibilité de l'électricité figure parmi les premiers facteurs d'attractivité pour les investissements dans le secteur industriel. L'enjeu d'un accès fiable à l'électricité concerne toute activité dont l'intensité capitalistique est telle, qu'une perte de production induite par une coupure de courant, même programmée, serait difficilement compensable sur le plan commercial. C'est particulièrement le cas pour les installations qui requièrent un approvisionnement continu et de qualité, tels que les fours à verre, par exemple.

PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ EN €/KWH ET VARIABILITÉ



2.5.2 Le programme nucléaire, un facteur de développement socio-économique à plusieurs échelles

Une centrale nucléaire est un vecteur d'emplois directs et indirects, de sa phase d'étude à sa déconstruction, en passant par sa construction, son exploitation et sa maintenance. Dans son ensemble, la filière nucléaire française anime des bassins d'emplois entiers, souvent dans les territoires « périphériques », et favorise l'exportation des produits et savoir-faire des entreprises du secteur.

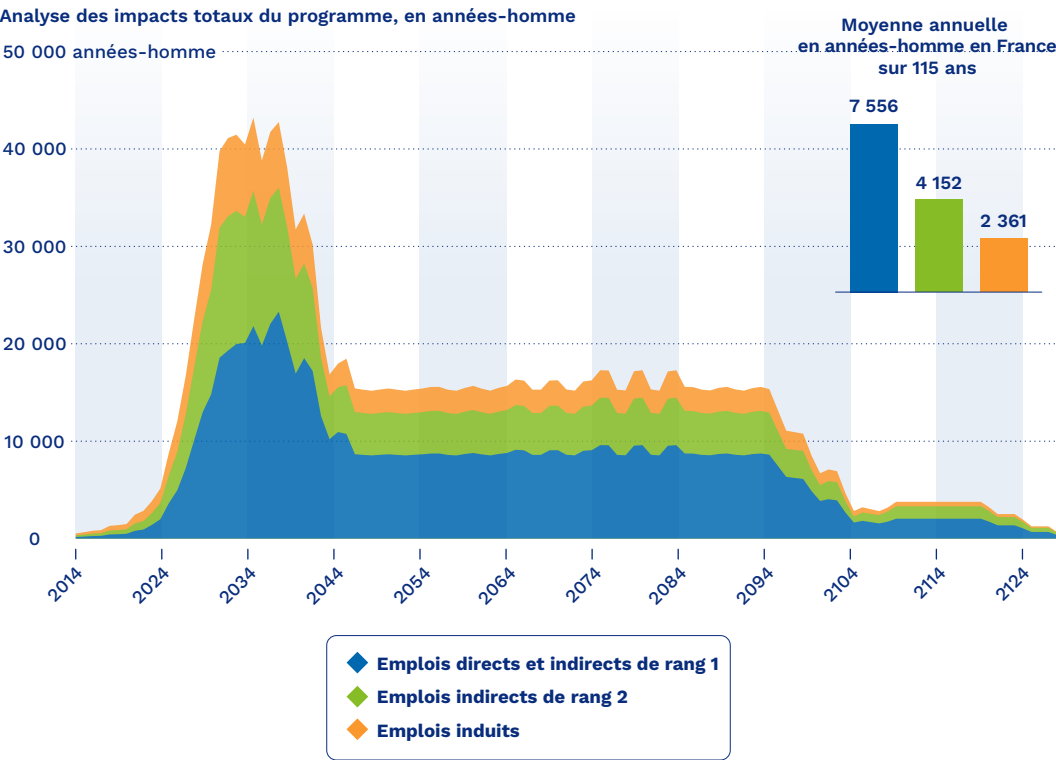
◆ *La création de nombreux emplois inscrits dans un temps long*

Entre la conception d'un nouveau réacteur et la fin de son démantèlement, c'est à l'horizon d'un siècle que s'inscrit l'activité économique qu'il génère. Les emplois qui concourent à le faire naître, à le faire vivre puis à l'accompagner dans ses dernières années, concernent donc plusieurs générations d'ouvriers, de techniciens, de cadres et d'ingénieurs. Leur nombre est très important et varie en fonction du chapitre de la vie du réacteur. Les emplois directs¹² ne sont pas les seuls à devoir être considérés : emplois indirects¹³ et emplois induits¹⁴, retombées fiscales sont autant de bénéfices supplémentaires pour le territoire d'accueil.

Entre la conception d'un nouveau réacteur et la fin de son démantèlement, c'est à l'horizon d'un siècle que s'inscrit l'activité économique qu'il génère.

12. Les emplois directs sont ceux des salariés d'EDF mobilisés sur le programme.
13. Les emplois indirects sont obtenus par un calcul rapportant la part des commandes d'EDF au bénéfice du programme sur le chiffre d'affaires des prestataires, et en le multipliant par le nombre de salariés du prestataire.
14. Les emplois induits correspondent au nombre d'emplois générés par la consommation courante (alimentation, habillement, logement, services, etc.) des familles des emplois directs et indirects.

ESTIMATION DES EMPLOIS MOBILISÉS PAR LE PROGRAMME DE 3 PAIRES DE RÉACTEURS EPR2



La première caractéristique des emplois de la filière électronucléaire est relative à leur niveau élevé de qualification. Plus des trois quarts des effectifs ont un statut cadre ou ETAM (employés, techniciens et agents de maîtrise), et la proportion de cadres est deux fois supérieure à celle de l'industrie française en général. Les opérateurs nucléaires suivent, en moyenne, près de neuf jours de formation par an, soit trois fois plus que la moyenne de l'industrie française¹⁵.

Enfin, les intervenants des entreprises prestataires sont soumis à des obligations de formation en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection, d'assurance qualité avec une « habilitation nucléaire ». La réalisation effective de ce cursus est vérifiée lors des formalités d'accès sur les sites. Au total, le cursus de formation des prestataires du nucléaire a représenté 866 000 heures de formation en 2013, délivrées par des organismes de formation audités par EDF.

Le roulement moyen dans les entreprises de la filière nucléaire est de 4,9 %, soit trois fois inférieur à celui des entreprises françaises. Il traduit une grande stabilité des salariés, qui s'explique par le haut niveau de qualification et de formation qui incite les entreprises à conserver une main-d'œuvre formée¹⁴.

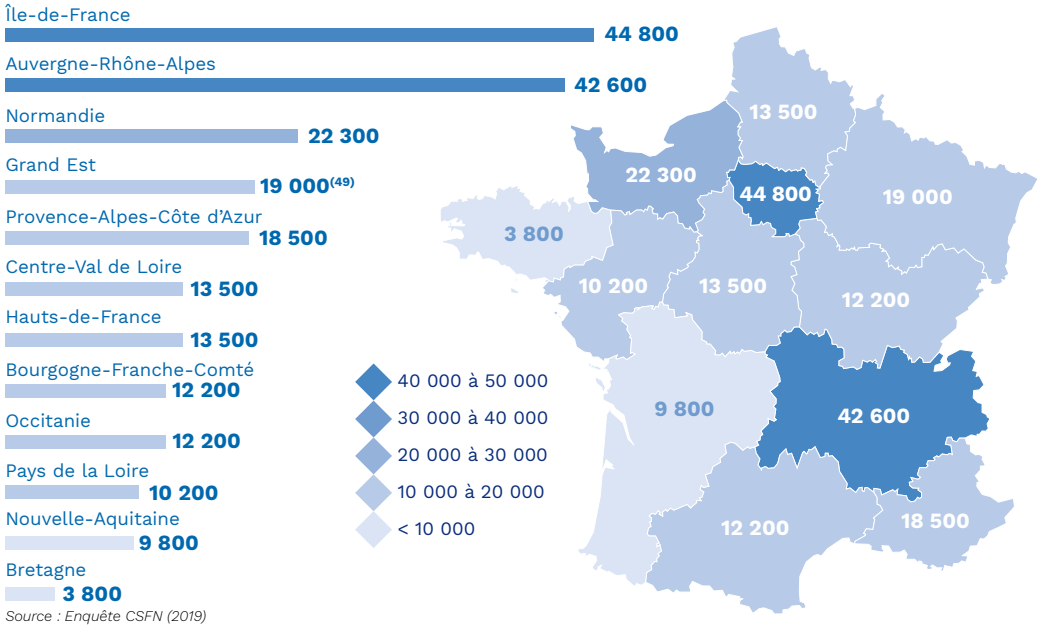
C'est aussi le cas pour les salariés d'EDF exerçant leur activité au sein des centrales. Une étude de l'Insee de fin 2020 explique : « Les sites d'EDF apportent à leurs territoires un emploi industriel très qualifié, stable, et des revenus élevés. Les cadres représentent 40 % des effectifs, et les professions intermédiaires (techniciens et contremaîtres) 55 %. Les métiers sont à dominante technique : ingénieurs et techniciens de la production et distribution d'énergie, ou techniciens d'exploitation et de maintenance. La rémunération moyenne de ces salariés dépasse significativement le salaire moyen dans l'industrie en France. La forte surreprésentation des cadres et professions intermédiaires — liée au niveau de qualification —, les contraintes spécifiques (travaux postés, travail de nuit, astreintes, etc.) et la taille du Groupe EDF, expliquent ce niveau de rémunération plus élevé. »

15. Cartographie de la filière nucléaire française, CSFN, 2019.

◆ Les emplois de la filière nucléaire sont localisés sur l'ensemble du territoire métropolitain

Les 220 000¹⁶ travailleurs que compte la filière nucléaire en France ne sont pas tous localisés à proximité des centrales. Partout dans le pays, les 3 600¹⁵ entreprises ayant une activité liée au nucléaire participent à l'activité industrielle et au développement des tissus économiques locaux.

RÉPARTITION DES EMPLOIS DE LA FILIÈRE NUCLÉAIRE EN FRANCE



Alors que 7 des 13 régions métropolitaines accueillent des centrales nucléaires, la filière nucléaire est implantée sur l'ensemble du territoire français. À l'image des emplois des sites nucléaires, les emplois de la filière nucléaire permettent de vitaliser des territoires, urbains ou ruraux.

Le palmarès des régions françaises en termes d'emplois nucléaires consacre l'Île-de-France, suivie de la région Auvergne-Rhône-Alpes et de la Normandie. Les trois représentent la moitié des effectifs de la filière. L'Île-de-France est la région qui accueille le plus de travailleurs du nucléaire. Alors que la région capitale ne produit que 5 % de l'électricité qu'elle consomme, elle est le lieu d'implantation de nombreux sièges d'entreprises et d'institutions de la filière nucléaire. Le plateau de Saclay, qui accueille des universités et des écoles scientifiques de renom, dont l'École polytechnique, est un haut lieu francilien pour la filière et son pan de recherche. Les services centraux de l'ASN, de l'IRSN, du CEA et de l'Agence pour l'énergie nucléaire (OCDE), sont également implantés en Île-de-France.

En dehors de ces secteurs denses et fortement peuplés, certaines zones d'emploi ont développé une véritable spécialisation nucléaire. Les agglomérations autour de Montbard, Vitry-le-François, Saint-Dizier, Montereau-Fault-Yonne, Forbach et Ambert démontrent l'ancrage équilibré de la filière dans les différents territoires de la métropole.

En Bretagne, où il n'y a aucune centrale nucléaire en exploitation, des entreprises clés pour la filière génèrent 1 000 emplois directs et indirects. C'est le cas de Triskem qui développe des outils de pointe pour détecter la radioactivité dans l'environnement, et des outils spécifiques pour le démantèlement des ouvrages nucléaires. Elle exporte depuis l'agglomération rennaise vers l'Europe et la Chine, notamment.

La description de la filière nucléaire en Normandie est présentée au § 4.5.

16. Source : Groupement des industriels français de l'énergie nucléaire (GIFEN).

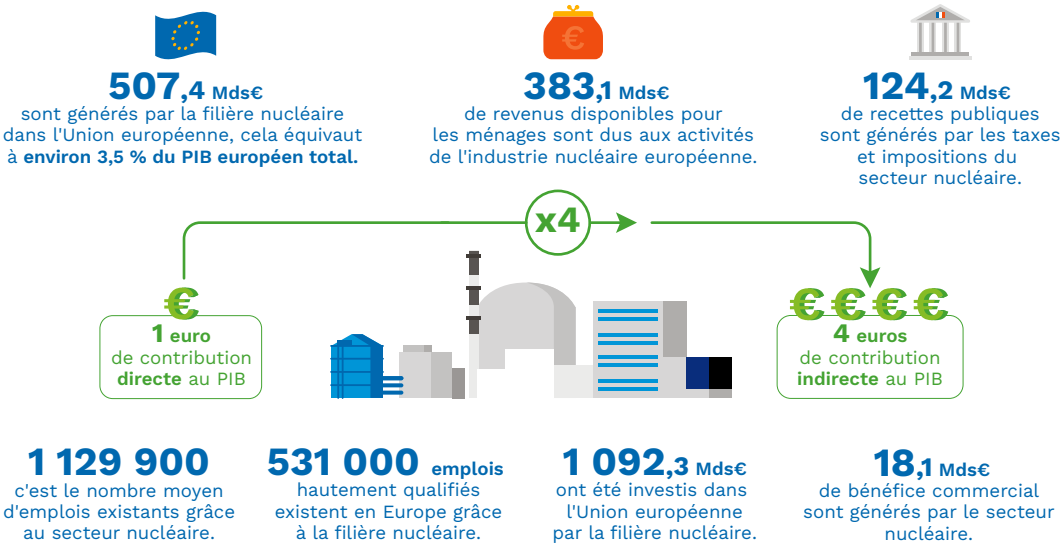
.....
En France,
3 600 entreprises
ont une activité liée
au nucléaire.
.....

⊕
7 des 13
régions
métropolitaines
accueillent des
centrales nucléaires,
mais la filière
est implantée
sur tout le territoire.

◆ *La filière nucléaire française est également pourvoyeuse d'activité en Europe*

La France produit la moitié de l'électricité d'origine nucléaire européenne, et la filière nucléaire française exerce un rôle de leader en Europe. D'autant que son tissu industriel, majoritairement localisé en France, s'est aussi ouvert à des entreprises exerçant dans la plupart des pays du continent. Avec la filière nucléaire française, c'est en réalité un véritable écosystème industriel européen, créateur de valeur pour la collectivité et exportateur qu'il s'agit de pérenniser.

**LE NUCLÉAIRE CRÉE DE LA VALEUR QUI PROFITE
À LA CROISSANCE EUROPÉENNE ET AUX REVENUS PUBLICS**



Source : Deloitte (2019)

2.5.3 La filière nucléaire française est également un secteur actif du commerce extérieur français

◆ *Le nucléaire permet de réduire les achats de ressources fossiles à l'étranger*

Les contributions du secteur nucléaire à la balance commerciale de la France sont de plusieurs ordres. L'impact le plus important est indirect : il est lié au niveau d'indépendance énergétique. De 60 % en 1950, le niveau avait chuté à 29 % en 1970, puis 22 % en 1973 à la veille du premier choc pétrolier, sous l'effet combiné de la croissance de la consommation d'énergie et de l'épuisement des ressources fossiles sur le territoire national. Malgré la poursuite de ce double effet, le programme nucléaire a porté l'indépendance énergétique de la France au-delà de 50 % à la fin du siècle dernier. Elle reste de 55 % en 2019.

La production d'électricité d'origine nucléaire permet de réduire la facture énergétique française, qui s'élevait à 44 milliards d'euros en 2019. Elle fluctue entre 35 et 70 milliards d'euros depuis dix ans, essentiellement au gré de l'évolution du prix du pétrole et du gaz.

L'économie réalisée grâce à l'énergie nucléaire se compte en dizaines de milliards d'euros. Même indirecte, une telle contribution s'apprécie à l'aune du déficit commercial de 59 milliards d'euros en 2019.

La transition vers une économie neutre en carbone, avec un transfert d'usage vers l'électricité, est de nature à réduire le niveau d'importation en produits pétroliers. C'est une opportunité pour contribuer à rééquilibrer la balance commerciale, à condition de recourir à des technologies domestiques.

◆ *Le nucléaire contribue directement à la réduction du déficit de la balance commerciale*

Plus directement, en dehors de la vente d'électricité à l'étranger qui représentait 2,3 milliards d'euros en 2018, les entreprises de la filière nucléaire française réalisent un chiffre d'affaires à l'export de 4,7 milliards d'euros¹⁷ dans ce secteur. Ce résultat n'inclut pas l'effet sur l'export dans d'autres secteurs pour des entreprises issues de la filière nucléaire qui ont diversifié leur champ d'action. Il ne tient pas compte non plus de l'export lié à la présence sur le territoire français de toutes les activités relevant des secteurs industriels pour lesquels l'accès à une électricité de qualité dans des conditions stables et performantes est un facteur d'attractivité et de compétitivité.

Les échanges correspondant aux 4,7 milliards d'euros d'export direct hors électricité se déroulent majoritairement en Europe. Ils contribuent donc à la réduction du déficit commercial entre la France et ses partenaires européens. Au-delà, ils bénéficient à un secteur industriel français dont le GIFEN estime le volume d'activité en dehors de la France à environ 10 milliards d'euros (y compris les filiales à l'étranger).

En valeur absolue, cet export nucléaire français de 4,7 milliards d'euros en 2018, est en retrait par rapport aux 5,6 milliards d'euros de 2010¹⁸.

17. CSFN, Cartographie de la filière nucléaire française 2019.

18. CSFN, Cartographie de la filière nucléaire française 2012.

.....
La production d'électricité d'origine nucléaire permet de réduire la facture énergétique française, qui s'élevait à 44 milliards d'euros en 2019.
.....

2.6

LES ALTERNATIVES À LA FAÇON
DE DÉPLOYER LE PROGRAMME
PROPOSÉ

Après avoir envisagé au chapitre 1 (§ 1.2.1) « l’option 0 » et exposé les conséquences vues d’EDF de ne pas engager un nouveau programme nucléaire en France, cette partie vient expliquer les alternatives envisagées dans la façon de déployer le programme incluant notamment le choix des sites proposés par EDF. L’alternative au choix du réacteur EPR2 à déployer par ce programme est développée au § 3.5.

2.6.1

Les alternatives au déploiement d’une série
de réacteurs

Parmi les enseignements tirés des difficultés rencontrées sur le projet de l’EPR de Flamanville 3, détaillées dans le rapport de Jean-Martin Folz d’octobre 2019, la principale conclusion est qu’il « s’agit concrètement d’afficher des programmes stables à long terme de construction de nouveaux réacteurs en France et d’entretien du parc existant qui donnent aux entreprises concernées la visibilité et la confiance nécessaires pour qu’elles engagent les efforts d’investissement et de recrutement indispensables ».

La réalisation d’un projet au sein d’un programme industriel permet de gagner en efficacité. Ce gain serait amplifié par la dynamique qu’il procurerait au sein de la filière nucléaire française et qui serait perceptible dès le premier projet.

Reproduire le lancement d’un projet unique sans suite, s’il était décidé, présenterait un risque fort pour la filière nucléaire française de ne pas se mobiliser dans de bonnes conditions (cf. § 2.1). Sans compter que, sur un plan financier, ne réaliser qu’un seul projet représenterait un coût unitaire bien supérieur à sa réalisation au sein d’un programme industriel. En effet, les coûts de développement de l’EPR2 ne seraient plus répartis sur la série de projets du programme (cf. § 2.3.3).

La réalisation du seul projet, sans l’intégrer au sein d’un programme industriel, aurait des conséquences sur la mobilisation de la filière nucléaire, son efficacité et, *in fine*, le coût du projet. Plus globalement, cela reviendrait à se placer dans une situation qui ne permettrait pas de réaliser de nouveaux réacteurs nucléaires à des rythmes tels que ceux définis dans les scénarios N de RTE.

2.6.2

Les alternatives à la réalisation du premier projet
sur le site de Penly

Le site de Penly, du fait de la maturité des études, est celui dont la mise en service serait la plus rapide. Il permettrait d’assurer le renouvellement des capacités de production nécessaires aux besoins énergétiques français et aux objectifs de neutralité carbone. De plus, cela permettrait de conserver les compétences difficilement reconstituées sur le chantier de Flamanville, tout en poursuivant les efforts de relance de la filière nucléaire.

Choisir un autre site que Penly pour la première paire d’EPR2 aurait pour conséquence de perdre du temps dans la mise en œuvre du programme de nouveaux réacteurs nucléaires.

Le décalage au démarrage qui en résulterait, entraînerait un décalage des premières mises en service des nouveaux réacteurs *a minima* de trois ans (si le choix de site pour la première paire se portait sur Gravelines,) et davantage dans le cas de tout autre site non encore étudié.

Concernant le site de Gravelines, sa spécificité géologique nécessiterait de prendre en compte les tassements différentiels des sols. Pour minimiser les effets de ces tassements entre bâtiments, une dalle de répartition des charges pourrait être construite sous les EPR2, comme celle sous les réacteurs déjà existants sur ce site. Les études nécessaires au dimensionnement de ce renforcement des sols sont en cours et aboutiront en 2023. Ces travaux spécifiques au site de Gravelines dureront cinq ans, ce qui explique le décalage potentiel indiqué plus haut.

Pour les sites en bord de rivière de Bugey ou Tricastin, les études spécifiques de conception de la source froide allongent la durée de réalisation de ces projets.

Cette alternative risquerait ainsi de compromettre une première mise en service à l’horizon 2035-2037.

.....

Choisir un autre site que Penly pour la première paire d’EPR2 aurait pour conséquence de perdre du temps dans la mise en œuvre du programme de nouveaux réacteurs nucléaires.

.....

.....

Sur un plan financier, ne réaliser qu’un seul projet représenterait un coût unitaire bien supérieur à sa réalisation au sein d’un programme industriel.

.....

> LISTE DES RÉFÉRENCES

- > **Contrat stratégique de la filière nucléaire – Janvier 2019**
<https://www.economie.gouv.fr/signature-contrat-strategique-filiere-nucleaire#>
- > **Présentation du GIFEN – Journée perspective France – Octobre 2020**
- > **Rapport « La construction de l'EPR de Flamanville » de Jean Martin Folz – Octobre 2019**
<https://www.economie.gouv.fr/rapport-epr-flamanville#>
- > **Rapport de la Cour des comptes sur la filière EPR – Juillet 2020**
<https://www.ccomptes.fr/fr/publications/la-filiere-epr>
- > **Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations - Specific Safety Guide SSG-35 – AIEA – 2015**
<https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1690Web-41934783.pdf>
- > **Audit des coûts du programme EPR2 – 4 octobre 2021**
<https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-39140-PDF2-2022-02-18-Audit-EPR2-NucAdvisor-Accuracy-Synthese.pdf>
- > **Guide AEN – Agence de l'énergie nucléaire – 2020**
<https://www.oecd-neo.org/>
- > **Agence internationale de l'énergie – World Energy Investment 2018**
<https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2018>
- > **Rapport d'information par le Comité d'évaluation et de contrôle des politiques publiques, sur l'évaluation de la politique industrielle, présenté par les députés Olivier Marleix et Thierry Michels – Assemblée nationale – 21 janvier 2021**
https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/rapports/cec/l15b3794_rapport-information
- > **France Stratégie – Novembre 2020 – « Les politiques industrielles de la France »**
<https://www.strategie.gouv.fr/publications/politiques-industrielles-france-evolutions-comparaisons-internationales>
- > **Business France – Tableau de bord de l'attractivité de la France 2020**
http://www.investinfrance.fr/wp-content/uploads/2017/08/TBA_2020_Rapport_Web_FR.pdf
- > **Cartographie de la filière nucléaire française – CSFN – 2019 –**
<https://www.franceindustrie.org/wp-franceindustrie/wp-content/uploads/2020/04/GIFEN-CP-cartographie-fili%C3%A8re-nucl%C3%A9aire-fran%C3%A7aise.pdf>
- > **Rapport annuel 2016 – Cour des comptes**
<https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/EzPublish/04-maintenance-centrales-nucleaires-RPA2016-Tome-1.pdf>
- > **Étude Insee – Analyses Centre-Val de Loire, no 62 – Novembre 2020 –**
https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/version-html/4804924/ce_ina_62.pdf
- > **État des lieux de la filière nucléaire française et retour d'expérience des projets EPR – GIFEN – Novembre 2019**
- > **Conditions à remplir pour mobiliser les capacités industrielles nécessaires au renouvellement du parc électronucléaire – GIFEN – Décembre 2019**
- > **Plan d'action détaillé de la mobilisation des compétences et capacités industrielles pour le Nouveau Nucléaire en France – GIFEN – Mars 2020**



CHAPITRE

3

LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU RÉACTEUR EPR2

L'EPR2 est un réacteur de Génération 3, en évolution par rapport à l'EPR, tout en conservant les atouts, et en premier lieu son haut niveau de sûreté. Conçu pour être exploité au moins 60 ans, il intègre, dès sa conception, les conséquences du réchauffement climatique. Sa puissance électrique, de l'ordre de 1 670 mégawatts électriques, permet à une paire de réacteurs EPR2 de produire chaque année l'équivalent de la moitié de la consommation électrique de la région Île-de-France.

CHAPITRE 3
LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES
DU RÉACTEUR EPR2

3.1	L'EPR2, UN RÉACTEUR OPTIMISÉ ET INDUSTRIALISÉ, EN FILIATION DIRECTE AVEC L'EPR ET LES RÉACTEURS À EAU PRESSURISÉE DU PARC EN EXPLOITATION	79
3.1.1	L'EPR, UN RÉACTEUR À EAU PRESSURISÉE	79
	• Fonctionnement d'un réacteur à eau pressurisée	80
3.1.2	L'EPR, UNE TECHNOLOGIE SÛRE, PERFORMANTE ET RESPECTUEUSE DE L'ENVIRONNEMENT, EN FILIATION DIRECTE AVEC LES RÉACTEURS ACTUELLEMENT EN FONCTIONNEMENT EN FRANCE	81
3.1.3	L'EPR2, UNE CONCEPTION OPTIMISÉE POUR INDUSTRIALISER L'EPR	81
	• Le retour d'expérience des projets EPR et du parc nucléaire actuel	82
	• Améliorer la constructibilité	82
	• Faire appel à la préfabrication en usine et à la modularité	83
	• Industrialiser le produit, s'appuyer sur les bonnes pratiques des autres industries et standardiser	84
	• Digitaliser l'ingénierie nucléaire et optimiser la construction grâce aux maquettes 3D et 4D	85
3.1.4	LE COMBUSTIBLE UTILISÉ DANS LES INSTALLATIONS EPR2	86
3.1.5	UNE CONCEPTION AU PLUS PRÈS DE L'EXPLOITATION FUTURE	87
3.2	UNE CONCEPTION AU SERVICE DE LA SÛRETÉ, DE LA SÉCURITÉ, Y COMPRIS EN PÉRIODE DE CRISE, ET DE LA MAÎTRISE DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	88
3.2.1	UNE CONCEPTION DE L'EPR2 QUI S'INTÈGRE DANS LA DÉMARCHE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE D'EDF	88
3.2.2	UN RÉACTEUR EPR2 BASÉ SUR DES STANDARDS DE SÛRETÉ ÉLEVÉS AVEC DES OPTIONS DE SÛRETÉ INSTRUITES DE MANIÈRE ANTICIPÉE POUR FIGER LA CONCEPTION	89
	• Le palier EPR2 est basé sur un référentiel de sûreté issu de celui de l'EPR, qui prend en compte l'évolution des standards nationaux et internationaux	89
	• Des options de sûreté instruites par l'ASN permettant de figer la conception de manière anticipée	90
3.2.3	DES SIMPLIFICATIONS DANS LA CONCEPTION DE L'EPR2, TOUT EN GARANTISSANT LE MÊME NIVEAU DE SÛRETÉ QUE L'EPR	91
	• Des simplifications et optimisations issues du retour d'expérience de Flamanville 3	91
	– Évolution de l'architecture des systèmes de sûreté de l'EPR2	91
	– Une compartimentation supprimée à l'intérieur du bâtiment réacteur	91
	• Des choix techniques dont l'ASN et l'IRSN ont vérifié le niveau de sûreté	91
	– Une enceinte renforcée en béton et un revêtement métallique	91
	– Une station de pompage simplifiée pour les sites bord de mer	92

3.2.4	L'EXPLOITATION D'EPR2 S'APPUIE SUR LES PRINCIPES DU PARC EXISTANT POUR LA MAÎTRISE DE LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET DE LA SÉCURITÉ, Y COMPRIS EN PÉRIODE DE CRISE	93
	• Maîtrise de la sûreté nucléaire en exploitation	93
	– La démarche de prévention	93
	– L'organisation de crise	93
	• La sécurité des installations	94
3.2.5	LA PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE DÈS LA CONCEPTION ET SON PROLONGEMENT EN EXPLOITATION	96
	• Principes de prise en compte de l'environnement à la conception appliqués par EDF	96
	– La gestion optimisée des effluents	96
	– La gestion optimisée des déchets	96
	– Quelques exemples d'avancées en matière d'environnement pour le projet EPR2	96
	• La prise en compte de l'environnement dans l'exploitation de l'EPR2	97
3.2.6	DISPOSITIONS PRISES À LA CONCEPTION DE L'INSTALLATION POUR EN FACILITER LE DÉMANTÈLEMENT	98
3.3	UN RÉACTEUR EPR2 QUI S'INSCRIT DANS LA POLITIQUE FRANÇAISE DU CYCLE COMBUSTIBLE ET LES FILIÈRES DE GESTION DES DÉCHETS DES RÉACTEURS EXISTANTS	100
3.3.1	LES GRANDS PRINCIPES DU CYCLE DU COMBUSTIBLE ET DE LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS EN FRANCE	100
	• La sécurité d'approvisionnement en combustible du parc nucléaire français	101
	• La politique et les filières de gestion des déchets radioactifs	101
	– Notion de durée de vie des déchets	101
	– Notion de niveau d'activité des déchets	101
	– Filières de gestion des déchets radioactifs	102
	• Les principes de gestion des déchets radioactifs	103
	• Les déchets issus de la gestion du combustible utilisé	104
	• Les déchets issus de l'exploitation et de la maintenance des réacteurs	106
	• Les déchets issus de la déconstruction des réacteurs	107
3.3.2	CAPACITÉ DES FILIÈRES EXISTANTES À PRENDRE EN CHARGE LE COMBUSTIBLE USÉ ET LES DÉCHETS RADIOACTIFS DU PROGRAMME EPR2	107
	• Les déchets issus de la gestion des combustibles usés d'un EPR2	108
	• Les déchets issus de l'exploitation et la maintenance d'un EPR2	109
	• Les déchets liés à la déconstruction d'un EPR2	110
	• Le financement associé aux déchets radioactifs, à la gestion du combustible utilisé et à la déconstruction d'EPR2	111
	• Conclusion sur la capacité des filières existantes à prendre en charge les déchets radioactifs et les combustibles usés du programme EPR2	111
	– Première évaluation de la gestion des déchets radioactifs TFA et FMA-VC issus des six EPR2	111
	– Première évaluation de la gestion des déchets MAVL et HA issus des six EPR2	111
	– Modalités de prise en compte de ces déchets dans le PNGMDR	112

3.4	UN RÉACTEUR CONÇU POUR LE SIÈCLE À VENIR QUI INTÈGRE LES EFFETS PRÉVISIBLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	113
3.4.1	LE CHANGEMENT CLIMATIQUE	113
3.4.2	LES DÉMARCHES DE VEILLE ET D'ANALYSE RÉALISÉES PAR EDF	113
	• La démarche de veille climatique à EDF	113
	• La démarche ADAPT	113
3.4.3	LA PRISE EN COMPTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE À LA CONCEPTION DU RÉACTEUR EPR2	114
	• Études de sûreté	114
	• Études environnementales	115
	• Volet performance	115
	• Prise en compte du changement climatique pour une installation EPR2 en bord de rivière	116
3.4.4	UN RÉACTEUR DE FORTE PUISSANCE ÉLECTRIQUE ET MANŒVRABLE POUR S'INSÉRER DANS LE MIX ÉLECTRIQUE DE DEMAIN	116
3.5	LES ALTERNATIVES AU RÉACTEUR EPR2	117
3.5.1	ALTERNATIVES À UN RÉACTEUR DE TECHNOLOGIE FRANÇAISE	117
	• Les technologies de nouveaux réacteurs nucléaires actuellement disponibles dans le monde	117
	– Le HPR1000 chinois	117
	– Le VVER1200 russe	118
	– L'AP1000 américain	118
	• Des alternatives au détriment des intérêts de la collectivité en termes de maîtrise de la technologie nucléaire, de souveraineté et de retombées économiques	118
3.5.2	ALTERNATIVES À NE PAS SE PLACER DANS LE CONTINUUM DES RÉACTEURS À EAU PRESSURISÉE EXPLOITÉS PAR EDF ET DE L'OPTIMISATION DU RÉACTEUR EPR, AVEC UN HAUT NIVEAU DE SÛRETÉ À LA CONCEPTION	119
	• Une amélioration continue de la sûreté impliquant de s'appuyer sur la dernière génération de réacteurs	119
	• Une amélioration nécessaire avec EPR2 pour tirer parti du retour d'expérience du réacteur EPR	120
3.5.3	ALTERNATIVES À UN RÉACTEUR DE FORTE PUISSANCE	120
	• Le SMR français NUWARD™	120
	• Une alternative pensée pour l'export qui ne pourrait intervenir qu'en complément des réacteurs de forte puissance pour la France	121
	LISTE DES RÉFÉRENCES	122

3.1 L'EPR2, UN RÉACTEUR OPTIMISÉ ET INDUSTRIALISÉ, EN FILIATION DIRECTE AVEC L'EPR ET LES RÉACTEURS À EAU PRESSURISÉE DU PARC EN EXPLOITATION

Le modèle de réacteur EPR2 porte l'industrialisation de la tête de série EPR réalisée en France. L'EPR2 est une version optimisée du premier réacteur EPR construit à Flamanville. Il en reconduit l'essentiel des caractéristiques, et il répond à un niveau d'exigences au moins équivalent en termes de sûreté, de sécurité et de performances environnementales, qui figurent parmi les plus élevées au monde.

L'EPR2 est un réacteur de Génération 3, en évolution par rapport à l'EPR, tout en en conservant les atouts, et en premier lieu son haut niveau de sûreté. Conçu pour être exploité au moins 60 ans, il intègre, dès sa conception, les conséquences du réchauffement climatique. Sa puissance électrique, de l'ordre de 1 670 mégawatts électriques, permet à une paire de réacteurs EPR2 de produire l'équivalent de la moitié de la consommation électrique de la région Île-de-France. Le réacteur EPR2 est également manœuvrable pour adapter sa puissance en fonction de l'offre et de la demande en électricité, en particulier dans un mix électrique décarboné, avec une part importante d'énergies renouvelables non pilotables. Enfin, il permet un fonctionnement avec du combustible MOX¹, et assure ainsi la cohérence avec la politique du cycle du combustible.

Les alternatives au réacteur EPR2 sont présentées au § 3.5. Pour EDF, il n'y a pas d'alternative technologique crédible qui apporterait une capacité de puissance pilotable suffisante pour garantir l'atteinte de l'objectif de neutralité carbone d'ici à 2050.

3.1.1 L'EPR, un réacteur à eau pressurisée

Une installation de production d'électricité transforme une source d'énergie en énergie électrique. Dans le cas d'une installation d'électricité nucléaire, l'énergie provient du combustible nucléaire, à base d'uranium. Il existe différents types d'installation de production d'électricité à partir de combustible nucléaire. Le Réacteur à eau pressurisée (REP) est la technologie la plus répandue dans le monde, avec environ 55 % des réacteurs installés. C'est aussi la technologie utilisée par les réacteurs actuellement en exploitation en France, et l'EPR de Flamanville 3 en cours de mise en service. Pour ces raisons, EDF a retenu cette technologie pour la réalisation d'un nouveau palier technique dans le cadre d'un programme de nouveaux réacteurs nucléaires en France.

Faire le choix d'un réacteur à eau pressurisée, c'est choisir une technologie bien connue d'EDF. C'est pouvoir s'appuyer sur l'expérience d'un parc nucléaire standardisé de 56 réacteurs en fonctionnement (+ les deux réacteurs de Fessenheim arrêtés en 2020), représentant plus de 2 000 années-réacteurs (somme arithmétique des années d'exploitation de l'ensemble des réacteurs à eau pressurisée français).

.....

Faire le choix d'un réacteur à eau pressurisée, c'est choisir une technologie bien connue d'EDF.

.....

1. Le MOX, ou « mixed oxides », est un mélange d'oxydes issu du traitement du combustible usé des centrales nucléaires. Il est constitué d'un mélange d'environ 91 % d'uranium « appauvri », et de 9 % de plutonium

◆ Fonctionnement d'un réacteur à eau pressurisée

Pour ces installations, la chaleur dégagée par la réaction nucléaire (fission) est transférée au sein de l'installation par de l'eau. Cette dernière circule dans différents circuits fermés, distincts et indépendants, permettant d'assurer un rôle de barrière vis-à-vis des substances radioactives.

Une centrale nucléaire de type « Réacteur à eau pressurisée » (REP) est composée de trois circuits distincts :

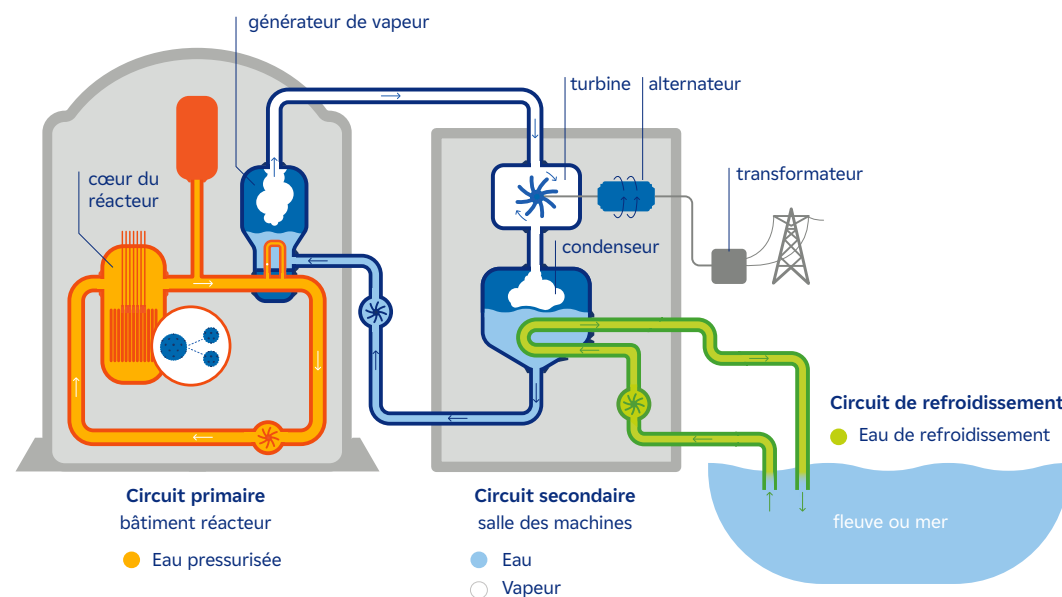
• Le circuit primaire

Dans le réacteur, la fission des atomes d'uranium produit une grande quantité de chaleur. Cette chaleur fait augmenter la température de l'eau à environ 320°C, dans un circuit fermé appelé circuit primaire. L'eau y est maintenue sous une pression de 155 bars pour l'empêcher de bouillir.

• Le circuit secondaire

L'eau du circuit primaire transmet sa chaleur à un deuxième circuit fermé, le circuit secondaire, par l'intermédiaire d'un générateur de vapeur. Dans ce dernier, l'eau chaude du circuit primaire circule dans des tubes, transmet sa chaleur à l'eau du circuit secondaire ce qui la transforme en vapeur. La pression de cette vapeur fait tourner une turbine qui entraîne à son tour un alternateur. Grâce à l'énergie fournie par la turbine, l'alternateur produit un courant électrique. Un transformateur élève la tension du courant électrique produit par l'alternateur pour qu'il puisse être plus facilement transporté dans les lignes très haute tension.

RÉACTEUR À EAU PRESSURISÉE (REP) SANS AÉRORÉFRIGÉRANT



Source : EDF

• Le circuit de refroidissement

À la sortie de la turbine, la vapeur du circuit secondaire est transformée en eau grâce à un condenseur dans lequel circule de l'eau froide provenant d'une mer ou d'un fleuve. Ce troisième circuit est appelé circuit de refroidissement. En bord de rivière, l'eau de ce troisième circuit peut alors être refroidie au contact de l'air circulant dans de grandes tours appelées aéroréfrigérants.

Ces trois circuits d'eau sont étanches les uns par rapport aux autres.

➔ Pour plus d'informations site edf.fr.

3.1.2 L'EPR une technologie sûre, performante et respectueuse de l'environnement, en filiation directe avec les réacteurs actuellement en fonctionnement en France

Les 56 réacteurs actuellement en fonctionnement en France sont des réacteurs à eau pressurisée, construits dans le cadre du programme nucléaire français de la fin du XX^e siècle. Ils relèvent tous de la Génération 2, et ils résultent du déploiement et de la standardisation des principales technologies développées jusqu'aux années 1960, dans les réacteurs dits de Génération 1. Les réacteurs dits de Génération 2 constituent actuellement l'essentiel du parc nucléaire en exploitation dans le monde.

➔ Pour plus d'informations sur les générations de réacteur.

Les réacteurs dits de Génération 3 ont été conçus à partir des années 1990, pour répondre à un niveau accru d'exigences de sûreté, afin de réduire la probabilité de fusion du cœur. Ils intègrent le retour d'expérience des accidents survenus à Three Mile Island (aux États-Unis en 1979) et à Tchernobyl (en 1986). Le réacteur EPR, qui est de Génération 3, intègre également les enseignements tirés de l'accident de la centrale japonaise de Fukushima Daiichi, provoqué par le tsunami de 2011.

L'EPR est le réacteur français de dernière génération qui répond à un très haut niveau d'exigences, en termes de sûreté nucléaire et de protection de l'environnement. C'est un réacteur de Génération 3, issu majoritairement de la technologie française, sûr, certifié et aux performances améliorées par rapport à la précédente génération de réacteurs. Sa mise en œuvre a été validée par les autorités de sûreté de quatre pays différents : la France, la Finlande, la Chine et le Royaume-Uni.

La puissance de l'EPR est le résultat d'une démarche prolongeant l'augmentation de la puissance des paliers français (900, 1 300 et 1 450 mégawatts électriques) afin d'optimiser le coût du kilowatt installé et de minimiser l'occupation foncière des installations nucléaires. Ce point est développé dans les alternatives au réacteur de forte puissance au § 3.5.3.

3.1.3 L'EPR2, une conception optimisée pour industrialiser l'EPR

L'EPR2 s'inscrit dans une logique d'industrialisation de l'EPR, à partir des enseignements tirés de la réalisation de la tête de série construite à Flamanville 3 (cf. § 2.1.1). Les premières réalisations d'EPR en France et dans le monde permettent d'améliorer la performance opérationnelle de sa mise en œuvre.

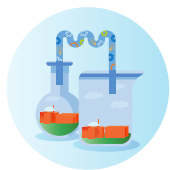
Sa conception est guidée par la planification de son exécution, dans la perspective d'une série de trois paires de réacteurs EPR2 en France. Elle s'attache principalement à faciliter la construction et la maîtrise de la qualité industrielle. Elle intègre des optimisations de performance issues du retour d'expérience de l'exploitation du parc nucléaire français.

L'EPR2 bénéficie d'une large reconduction de solutions techniques et de leur référentiel de mise en œuvre, mis au point au cours de la réalisation des premiers EPR en France et dans le monde. Les principaux leviers de cette optimisation sont développés ci-après.

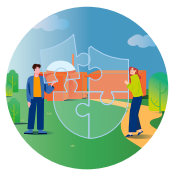
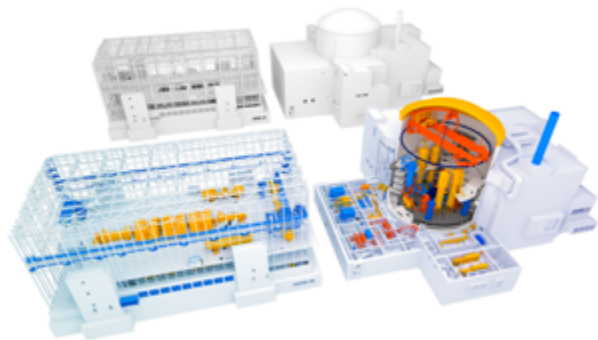
Les réacteurs dits de Génération 3 (comme l'EPR) ont été conçus pour répondre à un niveau accru d'exigences de sûreté.

L'EPR2 bénéficie d'une large reconduction de solutions techniques et de leur référentiel de mise en œuvre, mis au point au cours de la réalisation des premiers EPR en France et dans le monde.

PRINCIPAUX LEVIERS D'OPTIMISATION DU RÉACTEUR EPR2



1. S'appuyer sur le retour d'expérience des EPR dans le monde, ainsi que sur le parc en exploitation.



7. Tout en conservant le niveau de sûreté de l'EPR, parmi les plus élevés au monde.



2. Améliorer la constructibilité.



3. Faire appel à la préfabrication en usine et à la modularité.



4. Industrialiser le produit, s'appuyer sur les bonnes pratiques des autres industries et standardiser.



5. Digitaliser l'ingénierie nucléaire et optimiser la construction grâce aux maquettes 3D et 4D.



6. Fonctionner en entreprise étendue, et mobiliser le tissu industriel.

◆ Le retour d'expérience des projets EPR et du parc nucléaire actuel

Le retour d'expérience est largement développé aux paragraphes 2.1.1 et 2.1.2. Il est documenté ou porté par des personnels d'EDF et de Framatome ayant pris part aux projets de construction d'EPR à Flamanville, à Olkiluoto en Finlande, à Taishan en Chine, ou à Hinkley Point en Grande-Bretagne. Il est aussi issu de l'implication de personnels de l'exploitation et de la maintenance du parc nucléaire actuel d'EDF.

◆ Améliorer la constructibilité

La constructibilité est définie comme l'optimisation de la conception et de la réalisation d'un projet de construction (source ESTP²).

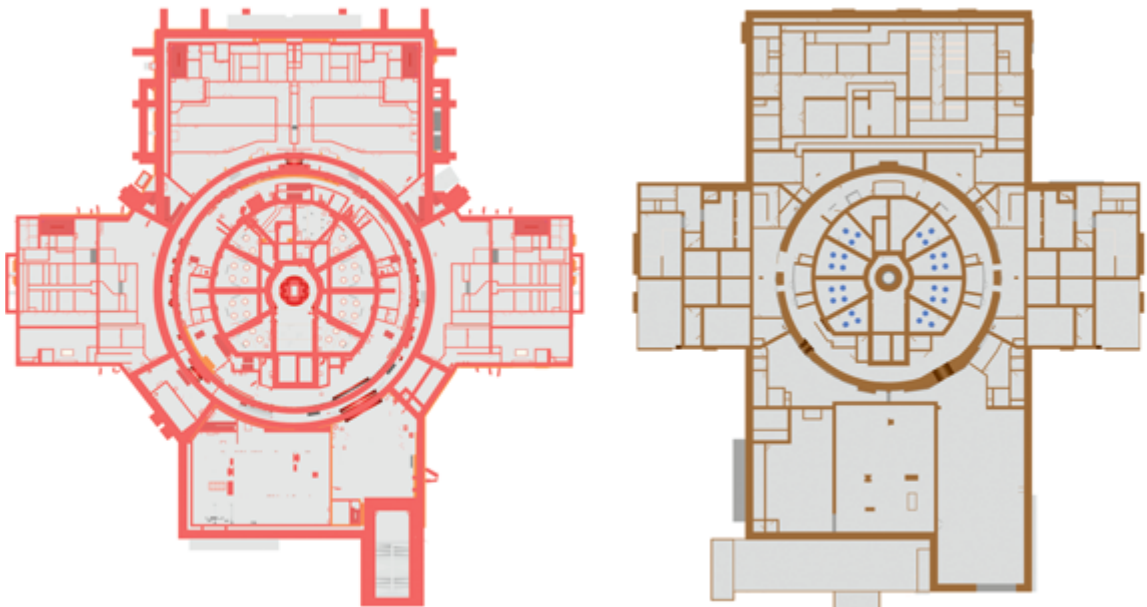
Des simplifications de la conception permettent d'améliorer la constructibilité du génie civil et de l'installation des systèmes électromécaniques. Ces points optimisent le planning et le coût de construction, sans remettre en cause le haut niveau de sûreté tel que décrit au § 3.2.

La simplification des structures des bâtiments, obtenue en associant les entreprises de génie civil dans le cadre d'expertises ciblées est déterminante. Elle intervient en appui de la conception préliminaire pour identifier les « singularités », dont le cumul impacte significativement le planning de construction. À fonctionnalité égale, elles ont été remplacées par des configurations plus simples à construire. Le réalignement de murs d'un local à l'autre, ou d'un étage à l'autre en est un exemple.

La constructibilité de l'enceinte du réacteur EPR2 a été améliorée sans remettre en cause le niveau de sûreté, avec les mêmes performances que l'enceinte de l'EPR en termes de confinement et de résistance aux agressions externes (tel que détaillé au § 3.2.3).

.....
La constructibilité de l'enceinte du réacteur EPR2 a été améliorée sans remettre en cause son haut niveau de sûreté.
.....

2. Site ESTP : La constructibilité.



Comparaison de la structure des bâtiments entre un EPR (à gauche) et un EPR2 (à droite).

Cette volonté de simplification s'applique également à la réduction du nombre d'épreuves hydrauliques. Ces épreuves à réaliser sur le chantier pour valider l'intégrité de chaque circuit sont un levier important de sécurisation, voire de gain sur le planning de construction. La prise en compte de cet objectif dès la conception des circuits, de leurs équipements et de leur mode de montage électromécanique permet d'éviter les discontinuités de caractéristiques au sein d'un circuit ; elle limite ainsi le nombre de portions de circuit distinctes à soumettre à une épreuve hydraulique individuelle.

La conception de l'EPR2 divisée par trois le nombre d'épreuves hydrauliques dans les circuits de l'îlot nucléaire, en passant d'environ 1800 épreuves réalisées sur l'EPR de Flamanville, à 600.

◆ Faire appel à la préfabrication en usine et à la modularité

La préfabrication, de certains grands ensembles ou de modules, facilite les travaux sur chantier. Largement mises en œuvre à Taishan et actuellement à Hinkley Point C, le retour d'expérience montre leur efficacité, à condition de disposer de la surface suffisante pour l'organisation du chantier.

.....
La préfabrication, de certains grands ensembles ou de modules, facilite les travaux sur chantier.
.....

LE RECOURS À UNE STRUCTURE MODULAIRE

La construction de certains bâtiments électriques est facilitée par le recours à une structure modulaire. La préfabrication en usine d'équipements complets ou de modules hors chantier permet de n'avoir plus qu'à les « raccorder » aux bâtiments existants sur le site. Cette technique permet de sécuriser et de réduire le temps de construction.

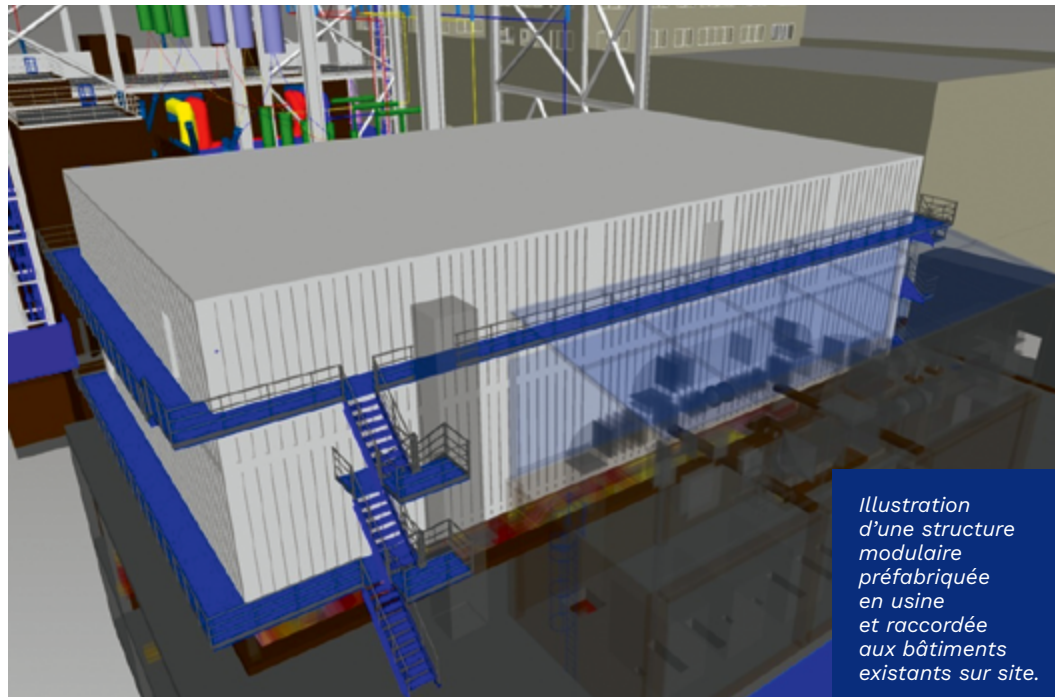


Illustration d'une structure modulaire préfabriquée en usine et raccordée aux bâtiments existants sur site.

◆ Industrialiser le produit, s'appuyer sur les bonnes pratiques des autres industries et standardiser

La réduction du nombre de références d'équipements au profit de modèles standards de l'industrie, disponibles dans les catalogues des fournisseurs, est un facteur de simplification et de sécurisation de la qualité de réalisation. Elle relève d'une démarche générale dans la conception de l'EPR2, issue du Plan excell (cf. § 2.1.4), qui concerne de nombreuses catégories d'équipements.

À titre d'exemple, la tuyauterie des systèmes constitutifs de l'EPR2 se réfère à un catalogue limitant le choix à deux nuances d'acier, et à deux épaisseurs par diamètre. Cette rationalisation optimise les quantités à approvisionner. En recourant principalement à des articles déjà disponibles dans les catalogues des fournisseurs, cette rationalisation renforce l'assurance qualité de l'installation. Basée sur un retour d'expérience conséquent, elle réduit les coûts de conception, d'approvisionnement, de construction, d'exploitation et de maintenance des équipements de l'EPR2.

Autres exemples :

- le nombre de modèles de portes est divisé par trois, passant de près de 300 à moins de 100 ;
- pour les tuyaux, une diminution de 40 % du nombre de références entre l'EPR2 et les EPR de Hinkley Point C, passant de plus de 400 à environ 250 ;
- la réduction du nombre d'armoires de contrôle-commande, liée à :
 - une réinterrogation systématique sur le nombre de données à traiter en entrées / sorties par le contrôle-commande numérique, dans la conception des différents systèmes fonctionnels constitutifs de l'EPR2 ;
 - l'amélioration des performances des automates et des réseaux.

Concernant l'utilisation des bonnes pratiques des autres industries, on peut citer le remplacement de certaines galeries souterraines en béton par des tuyauteries en polyéthylène haute densité.

Ce remplacement permet de recourir à un type de tuyauterie couramment utilisé, notamment par l'industrie pétrochimique. Il apporte les garanties de sûreté demandées, tout en simplifiant la phase de construction et en diminuant l'impact sur l'environnement (cf. § 3.2.5).

Le nombre de modèles de portes est divisé par trois, passant de près de 300 à moins de 100.



Tuyaux en polyéthylène haute densité qui remplaceront, sur les EPR2, les galeries béton enterrées du circuit d'eau brute secourue.

◆ Digitaliser l'ingénierie nucléaire et optimiser la construction grâce aux maquettes 3D et 4D

L'EPR2 est le premier réacteur à être conçu entièrement à partir de données numériques dans un outil qui permet de capitaliser sur sa durée de vie l'ensemble des données utilisées. Cette gestion sous forme « data centric » permet de limiter les sources d'erreur, dans la mesure où la donnée numérique devient la source unique de donnée.

L'EPR2 est le premier réacteur à être conçu entièrement à partir de données numériques.

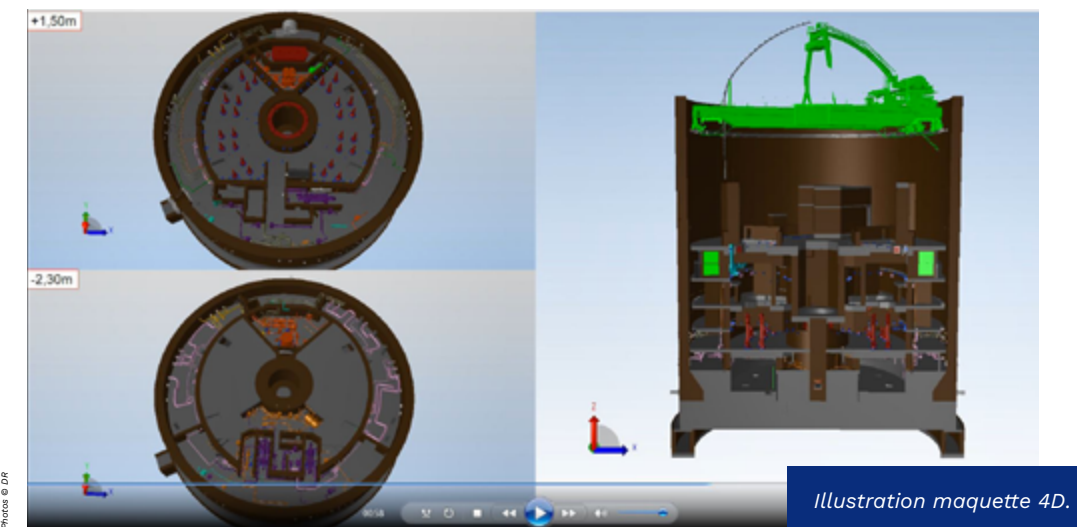


Illustration maquette 4D.

Le « planning 4D » (pour quatre dimensions) correspond à une maquette présentant les trois dimensions de l'espace plus la dimension du temps. C'est donc une maquette en 3D qui représente l'état attendu de la construction à tout instant, ce qui permet de mieux prévoir l'articulation entre les différents travaux.

3.1.4 Le combustible utilisé dans les installations EPR2

Comme pour le parc en exploitation, le combustible utilisé dans le réacteur EPR2 se présente sous la forme de pastilles³. Celles-ci sont empilées dans un tube de gainage, appelé « crayon combustible », obturé et soudé de manière étanche pour confiner le combustible. Les crayons combustibles regroupés forment un « assemblage combustible ». Les ordres de grandeur pour un assemblage combustible EPR2 sont d'un peu plus de 700 kilos et de 4 mètres de longueur.

Le cœur complet d'un EPR2 est composé de 241 assemblages de combustible chargés dans la cuve du réacteur. Ce cœur est renouvelé tous les 18 mois pour un tiers, à chaque arrêt pour maintenance / rechargement.

Le combustible utilisé dans le réacteur EPR2 sera évolutif et aura vocation à utiliser les meilleures techniques disponibles, en visant des améliorations de sûreté et de performance.

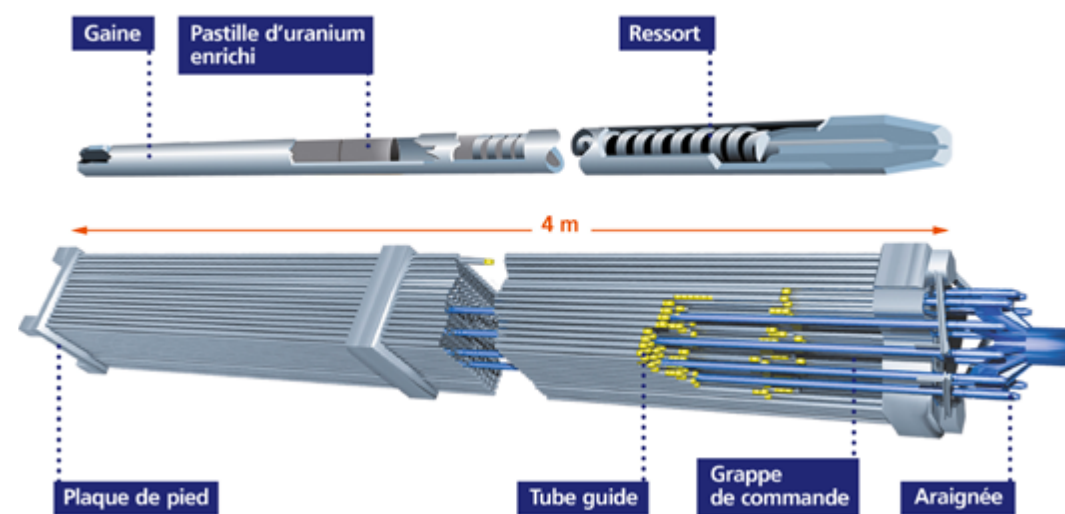
En cohérence avec les évolutions de gestion du combustible sur le parc actuel, le réacteur EPR2 est conçu pour fonctionner avec des chargements de combustibles :

- soit composés uniquement d'oxyde d'uranium (UO_2) ;
- soit composés d'oxydes mixtes, c'est-à-dire un mélange d'oxyde d'uranium et d'oxyde de plutonium appelés MOX, utilisés à hauteur de 30 %. Le MOX est produit par recyclage des combustibles usés.

Si le projet est confirmé à l'issue du débat, ces deux types de gestion du combustible pourront être mis en œuvre sans étude ou modification supplémentaire.

À l'image des réacteurs 900 mégawatts du parc nucléaire actuel, qui se sont adaptés à l'utilisation du MOX, les installations EPR2 pourront aussi s'adapter aux évolutions potentielles de la stratégie de traitement-recyclage des combustibles, moyennant des études et autorisations complémentaires.

ASSEMBLAGE COMBUSTIBLE



3. Chaque pastille d'uranium pèse environ 7 g et peut libérer autant d'énergie qu'une tonne de charbon.

CE QUE DIT LE RAPPORT DE L'ÉTAT DANS LE CADRE DE L'INSTRUCTION MENÉE QUANT AUX CONDITIONS TECHNIQUES ET ÉCONOMIQUES D'UNE DÉCISION DE CONSTRUCTION DE NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES DE GRANDE PUISSANCE DE TECHNOLOGIE EPR2

« L'EPR2 intégrerait également, dès sa conception, la possibilité de consommer des combustibles MOX, contenant de l'uranium appauvri issu du processus d'enrichissement de l'uranium naturel et du plutonium obtenu comme produit du processus de retraitement des assemblages usés. Tout comme l'EPR, l'EPR2 serait ainsi compatible avec la poursuite au-delà de l'horizon 2040 de la stratégie de traitement-recyclage des combustibles nucléaires mise en œuvre actuellement en France. »

3.1.5 Une conception au plus près de l'exploitation future

L'EPR2 vise aussi des performances optimales en exploitation. Le projet bénéficie de l'implication directe de personnels issus de l'exploitation et de la maintenance, porteurs de l'expérience acquise sur le parc nucléaire d'EDF, du retour d'expérience du début d'exploitation des EPR de Taishan, et de la préparation de celle de l'EPR de Flamanville.

Le bénéfice tiré par cette implication permet :

- de porter des exigences avec le point de vue de l'exploitation ;
- d'éclairer les choix de conception avec l'expérience de l'organisation de l'exploitation des réacteurs nucléaires et la connaissance des référentiels d'exploitation d'EDF ;
- d'influencer certains choix de conception, et de préparer la phase d'exploitation des futurs EPR2 ;
- de consolider la prévision de performance en exploitation, notamment au niveau de la manœuvrabilité du réacteur, de la maîtrise des volumes de maintenance, de la maturité du planning de référence des arrêts pour maintenance, de l'inspectabilité des installations, etc.

DES ERGONOMES IMPLIQUÉS DANS LA CONCEPTION

Une équipe d'ergonomes est également impliquée dans la revue des options de conception. Leur action porte en priorité sur les interventions durant la maintenance, et sur l'interface homme / machine en salle de commande. Le but est d'optimiser la réalisation des opérations de maintenance et d'exploitation du réacteur. Dans ce cadre, ils assistent à des interventions sur le parc en exploitation, afin de sécuriser certaines hypothèses. C'est, par exemple, le cas de l'étude faite à Gravelines sur les conditions d'intervention des plongeurs dans la station de pompage.

Conditions d'accès et de travail pour les interventions de maintenance et d'exploitation.



3.2 UNE CONCEPTION AU SERVICE DE LA SÛRETÉ, DE LA SÉCURITÉ Y COMPRIS EN PÉRIODE DE CRISE, ET DE LA MAÎTRISE DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

3.2.1 Une conception de l'EPR2 qui s'intègre dans la démarche de sûreté nucléaire d'EDF

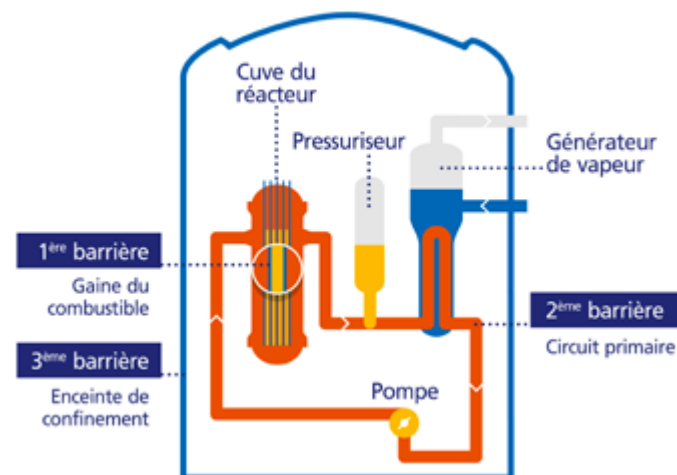
En filiation directe avec l'EPR et les réacteurs du parc en exploitation, la conception de l'EPR2 intègre la démarche de sûreté d'EDF, qui prévoit différentes mesures ayant pour but :

- de prévenir les accidents par des choix de conception appropriés et par une qualité irréprochable de construction des centrales ;
- d'assurer une exploitation rigoureuse et une maintenance plaçant la sûreté en première priorité ;
- d'accompagner les dispositions techniques de démarches managériales visant à assurer une bonne rigueur dans l'application des procédures et dans l'exercice du contrôle ;
- de se prémunir des défaillances techniques, organisationnelles et humaines par des lignes de défense successives ;
- d'intégrer, tout au long de la vie de l'installation, l'expérience acquise et les progrès dans la connaissance des risques ;
- de se préparer à la gestion d'une crise éventuelle.

À la conception, la sûreté des centrales repose notamment sur :

- **l'interposition en série** (principe des poupées russes) de trois barrières physiques de confinement prévues pour isoler les produits radioactifs de l'environnement : la gaine du combustible, l'enveloppe d'acier du circuit primaire, l'enceinte de confinement en béton ;

LES TROIS BARRIÈRES DE SÛRETÉ



- **des systèmes et matériels de sauvegarde du réacteur diversifiés et redondants**, qui interviennent de façon progressive en cas d'anomalie ou de défaillance.

- **le principe de défense en profondeur**, qui consiste à prendre en compte de façon systématique et déterministe les défaillances des dispositions matérielles, techniques, humaines ou organisationnelles régissant une installation ou un processus, et à s'en prémunir par des lignes de défense successives et complémentaires ;

PRINCIPE DE DÉFENSE EN PROFONDEUR



LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE

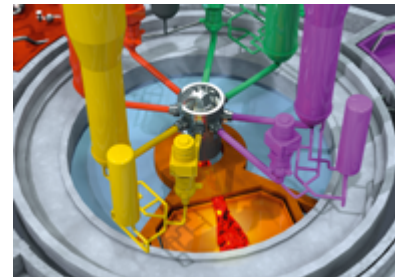
La sûreté nucléaire est constituée par l'ensemble des dispositions techniques et mesures d'organisation relatives à la conception, à la construction, au fonctionnement, à l'arrêt et au démantèlement des installations nucléaires, ainsi qu'au transport des substances radioactives en vue de prévenir les accidents ou d'en limiter les effets.

3.2.2 Le réacteur EPR2 basé sur des standards de sûreté élevés avec des options de sûreté instruites de manière anticipée pour figer la conception

♦ **Le palier EPR2 est basé sur un référentiel de sûreté issu de celui de l'EPR, qui prend en compte l'évolution des standards nationaux et internationaux**

Pour accompagner le développement des réacteurs de Génération 3, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a transmis les directives techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau pressurisée. Ces directives fondent le référentiel de sûreté de l'EPR de Flamanville. Le développement de l'EPR2 s'inscrit dans cette continuité, tout en prenant en compte l'évolution des standards internationaux dès sa conception, en particulier ceux tirés de l'accident de Fukushima en 2011, ainsi que le retour d'expérience de l'instruction par l'ASN du dossier de mise en service de l'EPR de Flamanville. Le guide ASN n° 22, publié en juillet 2017, présente les recommandations de l'ASN et de l'IRSN pour la conception des Réacteurs à eau pressurisée (REP).

Parmi les améliorations de sûreté prévues au niveau de l'EPR, il y a notamment la mise en place du récupérateur de corium, reprise par l'EPR2, qui permet en cas d'accident avec fusion du cœur, de récupérer et de refroidir le corium (substance radioactive qui résulterait de la fusion des assemblages combustibles en cas d'accident grave). Ce dispositif garantirait l'intégrité durable du radier de l'enceinte du réacteur, et limiterait les conséquences sur l'environnement et le public.



Récupérateur de corium de l'EPR (source : EDF).

Photos © DR

LA PRISE EN COMPTE DES ENSEIGNEMENTS DE L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA DANS LE GUIDE N° 22 DE L'ASN

Les enseignements tirés de l'accident de Fukushima ont été intégrés dans le guide ASN n° 22 relatif à la conception des réacteurs à eau pressurisée. La prise en compte de ce retour d'expérience pour le réacteur EPR2 conduit, par exemple, à :

- une prise en compte renforcée, dès la conception, d'événements naturels externes extrêmes (« agressions externes naturelles extrêmes »), tels que séisme, canicule, inondation, grand froid et vent ;
- une séparation entre les systèmes de prévention et ceux de gestion du risque de fusion du cœur, dans l'hypothèse d'une situation accidentelle ;
- une évolution dans la conception de systèmes support, tels que les architectures de ventilation, l'utilisation de multigroupes électrogènes diesels pour renforcer la robustesse face à une perte de sources électriques.

◆ Des options de sûreté instruites par l'ASN permettant de figer la conception de manière anticipée

L'expérience acquise sur les chantiers de Flamanville, d'Olkiluoto et de Taishan a permis à EDF et Areva NP (devenu Framatome) d'envisager la simplification et l'optimisation de l'EPR. Sur la base des premières études menées depuis 2011, un avant-projet sommaire a été entrepris, fin 2014, pour concevoir une évolution de l'EPR. Ces études ont donné lieu à l'élaboration d'un dossier d'options de sûreté, soumis à l'ASN en 2016. L'instruction du dossier d'options de sûreté, par l'ASN et son appui technique l'IRSN, a permis à EDF de figer, en 2017, les choix de conception du réacteur EPR2. La conception retenue pour la chaudière EPR2 est globalement celle de l'EPR. Cela permet de bénéficier d'une conception et d'une fabrication éprouvées pour fabriquer et installer les équipements du circuit primaire, tels que la cuve et les générateurs de vapeur. Ce sont ces choix de conception qui ont servi de base à la proposition d'un programme de trois paires de réacteurs EPR2.

L'ASN ET SON APPUI TECHNIQUE L'IRSN



L'ASN (Autorité de sûreté nucléaire) est une autorité indépendante, qui assure, au nom de l'État, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour les installations et activités nucléaires civiles, et contribue à l'élaboration de la réglementation et à l'information du public.



L'IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire) est un appui technique aux autorités de sûreté nucléaire et au ministère chargé de l'Énergie et de la Sûreté nucléaire.

3.2.3 Des simplifications dans la conception de l'EPR2, tout en garantissant le même niveau de sûreté que l'EPR

La conception de l'EPR2 intègre des simplifications et des optimisations visant à rendre la construction plus efficiente, bénéficiant à la maîtrise de la qualité, du coût et de la durée de construction, tout en garantissant le même niveau de sûreté que l'EPR.

◆ Des simplifications et optimisations issues du retour d'expérience de Flamanville 3

Les simplifications et optimisations issues du retour d'expérience de Flamanville 3 proviennent à la fois de la prise en compte de l'instruction par l'ASN de son dossier de mise en service, et des pratiques d'exploitation de Flamanville 3.

Évolution de l'architecture des systèmes de sûreté de l'EPR2

Les systèmes qui assurent les fonctions de sûreté (systèmes de protection, de sauvegarde...) et leurs systèmes supports (alimentation électrique, refroidissement...) doivent assurer leur fonction en cas de défaillance de l'un de leurs composants (une pompe, par exemple). Les systèmes de sûreté de l'EPR2 sont donc constitués de plusieurs ensembles de composants redondants et indépendants (un ensemble est appelé « train »), qui accomplissent une même fonction de sûreté (par exemple, l'injection d'eau dans le cœur du réacteur). Chaque train permet, à lui seul, d'accomplir en totalité la fonction de sûreté pour laquelle il est conçu.

L'EPR de Flamanville est conçu avec une quadruple redondance, soit quatre trains de sauvegarde. Ce choix permet de réaliser la maintenance préventive de l'un des trains lorsque le réacteur est en puissance et qu'il produit de l'électricité. Ce train est alors considéré hors service le temps de sa maintenance.

Le retour d'expérience de l'EPR de Flamanville 3 a conduit le projet EPR2 à privilégier une maintenance des systèmes de sauvegarde lorsque le réacteur est à l'arrêt. Cet abandon de la maintenance préventive en puissance permet alors de supprimer un des trains de sauvegarde. L'architecture des systèmes de sûreté de l'EPR2 est, par conséquent, constituée de trois trains de sûreté, tout en conservant le même objectif de sûreté et de disponibilité de l'installation.

Une compartimentation supprimée à l'intérieur du bâtiment réacteur

Le « two-room-concept » appliqué à l'EPR de Flamanville consiste à ajouter des parois internes à l'intérieur du bâtiment réacteur, pour compartimenter les circuits et les équipements. Il répond au besoin exprimé par les électriciens allemands (qui ont participé à la conception de l'EPR de Flamanville) de faire entrer couramment du personnel dans ce bâtiment pour des activités d'exploitation ou de maintenance, lorsque le réacteur est en puissance. La mise en œuvre de cette disposition s'est avérée un facteur de complexité notable à la construction des premiers EPR. EDF n'utilisant pas cette pratique dans son exploitation en France, le concept est abandonné sur l'EPR2, au profit d'une simplification de l'aménagement interne du bâtiment réacteur.

◆ Des choix techniques dont l'ASN et l'IRSN ont vérifié le niveau de sûreté

L'ASN et l'IRSN ont vérifié le niveau de sûreté des choix techniques suivants, dans leur avis sur le dossier d'options de sûreté⁴.

Une enceinte renforcée en béton et un revêtement métallique

La double fonction de confinement et de protection du bâtiment réacteur de l'EPR2 est assurée par une enceinte en béton avec une paroi épaisse précontrainte unique, et un revêtement métallique interne. Le bâtiment combustible et le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde abritant la salle de commande sont protégés par une paroi épaisse unique renforcée pour les murs externes. Au niveau des activités de génie civil, cette architecture permet de réduire significativement la complexité de la construction des premiers EPR, tout en conservant le même niveau de performance et de sûreté de haut niveau, en conformité avec les objectifs de sûreté d'un réacteur de Génération 3.

Les systèmes de sûreté de l'EPR2 sont constitués de plusieurs ensembles de composants redondants et indépendants qui accomplissent une même fonction de sûreté.

4. Avis n° 2019-AV-0329 de l'ASN du 16 juillet 2019 : <https://www.asn.fr/content/download/166010/file/2019-AV-0329.pdf>

À la suite de l'instruction du sujet dans le cadre du dossier d'options de sûreté, l'ASN a pris position dans son avis du 16 juillet 2019⁵ : « *Sans préjudice des dispositions du Code de la défense relatives à la maîtrise des conséquences des actes de malveillance, l'ASN considère que le principe d'une enceinte à simple paroi épaisse est acceptable, à l'égard des fonctions de confinement et de protection contre les agressions externes d'origine naturelle et humaine.* »

Une station de pompage simplifiée pour les sites en bord de mer

La protection de la station de pompage de l'EPR de Flamanville est basée sur un bâtiment « bunkerisé » unique. Pour l'EPR2, la solution mise en œuvre, et répondant aux mêmes exigences de sûreté, repose sur trois bâtiments séparés en deux emplacements distincts et fonctionnant avec des systèmes de refroidissement diversifiés :

- les stations de pompage de production (permettant d'apporter l'eau au circuit de refroidissement) et de sûreté (assurant le refroidissement des systèmes de sûreté). Ces stations de pompage fonctionnent avec l'eau de mer ;



LES PRINCIPAUX CHOIX DE CONCEPTION DE L'EPR2 ONT ÉTÉ REVUS PAR L'ASN

Dès le début de la définition du modèle de réacteur EPR2, les principaux choix de conception et les règles à prendre en compte en matière de sûreté ont été soumis à l'avis de l'ASN, afin de stabiliser au plus tôt le référentiel applicable. En avril 2016, EDF a soumis à l'ASN le Dossier d'options de sûreté (DOS), pour recueillir son avis et celui de l'IRSN sur le référentiel de sûreté et les principales options de conception retenues. Les choix techniques qui ont conduit à la configuration technique du « basic design » (conception préliminaire) de l'EPR2 tiennent compte des conclusions de cette instruction.

- **En juillet 2019, l'ASN a publié son avis relatif au dossier d'options de sûreté**
L'avis publié par l'ASN permet de confirmer la pertinence, du point de vue de la sûreté nucléaire, des principales options de conception retenues. Ainsi, pour le groupe permanent réacteurs, consulté par l'ASN, « *les options de conception retenues [...] sont de nature à assurer un niveau de sûreté au moins équivalent à celui du réacteur EPR Flamanville 3* », soit l'un des niveaux les plus élevés au monde. À la suite de cet avis, deux points restaient à valider. Ils ont fait l'objet d'une instruction entre l'ASN et EDF qui a permis de les clore mi-2021 :
 - l'application de la démarche d'exclusion de rupture* pour les tuyauteries de la chaudière (dans le circuit primaire principal et le circuit secondaire principal), pour laquelle l'ASN demandait des compléments, avec un retour d'expérience de sa mise en œuvre sur l'EPR de Flamanville ;
 - la prise en compte d'une chute accidentelle d'avion militaire, ou de la chute intentionnelle d'un avion commercial dans la démonstration de sûreté.

- **EDF a transmis la version préliminaire du rapport de sûreté de l'EPR2 en février 2021**
Afin de stabiliser au maximum la conception de l'EPR2, EDF souhaitait intégrer, le plus en amont possible, l'avis de l'ASN, sur les grandes options techniques. Après le dossier d'options de sûreté, EDF a donc transmis à l'ASN, en février 2021, le rapport préliminaire de sûreté. Issu de la conception préliminaire de l'installation, ce rapport présente, en particulier, les résultats des études de sûreté : études d'accident avec et sans fusion du cœur, études d'agressions, études probabilistes de sûreté, études de conséquences radiologiques sur les populations... Elles représentent une première phase de vérification et de validation de la conception de l'EPR2. Les résultats obtenus par EDF à l'issue de cette phase confirment les choix de conception retenus. Si le projet se poursuit, ce rapport sera formellement instruit par l'ASN dans le cadre des autorisations réglementaires. Il constitue, en effet, l'une des pièces essentielles pour la délivrance du Décret d'autorisation de création d'une installation nucléaire de base (cf. § 5.2).

* <https://www.asn.fr/l-asn-informe/actualites/epr-2-demarche-d-exclusion-de-rupture-acceptable>

5. Avis n° 2019-AV-0329 de l'ASN du 16 juillet 2019.

- et un bâtiment doté d'aéroréfrigérants, permettant un refroidissement totalement diversifié (refroidissement par l'air au lieu de l'eau) pour le refroidissement des circuits et l'appoint d'eau en cas d'accident.

Les ouvrages assurant le refroidissement ont ainsi été rationalisés au regard des enjeux de sûreté. La suppression de la bunkérisation facilite la construction.

3.2.4 L'exploitation d'EPR2 s'appuie sur les principes du parc existant pour la maîtrise de la sûreté nucléaire et de la sécurité, y compris en période de crise

◆ Maîtrise de la sûreté nucléaire en exploitation

La démarche de prévention

Comme pour les installations actuellement en fonctionnement, il est prévu qu'EDF assure un contrôle permanent du niveau de sûreté des réacteurs EPR2.

Au quotidien, EDF surveille le bon fonctionnement de ses installations : surveillance des différents indicateurs sur le comportement des matériels, rondes sur le terrain, contrôles périodiques du bon fonctionnement des systèmes de sécurité des réacteurs...

Pendant les arrêts pour maintenance, qui interviennent tous les 18 mois et permettent de procéder au renouvellement d'une partie du combustible, EDF surveille l'état des composants, réalise un certain nombre d'essais et, si nécessaire, change préventivement des composants dans le cadre des opérations de maintenance.

Tous les 10 ans, un réexamen approfondi de la sûreté de l'installation est réalisé. Ces Réexamens périodiques (RP) sont l'occasion de mener les travaux rendus nécessaires pour intégrer l'expérience acquise en matière de sûreté, ainsi que les progrès faits dans la connaissance des risques. C'est au terme de ces visites de contrôle poussées que l'Autorité de sûreté nucléaire valide l'autorisation de poursuivre l'exploitation du réacteur.

L'organisation de crise

En complément des mesures de prévention prévues à la conception et pendant l'exploitation des installations, une ligne de défense supplémentaire consiste à se préparer à gérer une crise éventuelle. L'exploitant est le premier responsable de la sûreté et de la radioprotection de son installation dans le cadre du Plan d'urgence interne (PUI). Responsable de l'installation nucléaire accidentée, il doit mettre en œuvre une organisation et des moyens permettant de maîtriser l'accident, d'en évaluer et d'en limiter les conséquences, de protéger les personnes sur le site, d'alerter et d'informer régulièrement les autorités publiques. Ce dispositif a été préalablement défini dans un Plan d'urgence interne (PUI) que l'exploitant a eu l'obligation de préparer et qui a été soumis aux pouvoirs publics.

Cette organisation, avec des responsabilités partagées entre l'exploitant et les pouvoirs publics, est décrite de façon complète par l'Autorité de sûreté nucléaire⁶, dont le rôle est de contrôler les actions de l'exploitant, conseiller les autorités, participer à l'information de la population et des médias, adresser et recevoir les notifications et demandes d'assistances internationales.



EDF ET LES POUVOIRS PUBLICS ONT DÉVELOPPÉ DES PLANS D'URGENCE

- **Le plan d'urgence interne (PUI)** définit les moyens et les modalités de mise en œuvre des actions d'urgence de la responsabilité de l'exploitant pour informer les pouvoirs publics, communiquer, protéger le personnel, le public et l'environnement, et préserver ou rétablir la sûreté de l'installation ;
- au-delà de toutes les dispositions de conception et d'exploitation qui sont prises pour minimiser le risque d'accident radiologique ou de rejet important dans l'environnement, le PUI, relayé par le **Plan particulier d'intervention (PPI)** — dont la mise en œuvre est de la responsabilité du préfet de département d'implantation des réacteurs — permet de protéger la population d'un hypothétique rejet accidentel.

6. ASN, Situation d'urgence.

.....
Les ouvrages assurant le refroidissement ont été rationalisés au regard des enjeux de sûreté.
.....

.....
Afin de stabiliser au maximum la conception de l'EPR2, EDF a souhaité intégrer, le plus en amont possible, l'avis de l'ASN, notamment sur les grandes options techniques.
.....

L'ORGANISATION DES PLANS D'URGENCE

ÉCHELLE LOCALE ÉCHELLE NATIONALE

EXPERTISE	DÉCISION	COMMUNICATION
Exploitant 	Exploitant Poste de commandement de direction	Exploitant Cellule de communication
	Préfecture Centre opérationnel départemental	Préfecture Cellule de communication
Exploitant 	Exploitant Poste de commandement de direction	Exploitant Cellule de communication
	ASN Poste de commandement technique	ASN Poste de commandement communication
IRSN Centre technique de crise		IRSN Centre technique de crise

- L'exploitant** est le premier responsable de la sûreté et de la radioprotection de son installation, dans le cadre du Plan d'urgence interne (PUI).
- LES POUVOIRS PUBLICS**
 - Le gouvernement** prépare, appuie et coordonne les actions de secours menées dans le territoire.
 - Le préfet** est le directeur des opérations de secours dans le cadre du dispositif Orsec et du Plan particulier d'intervention (PPI).
 - Les services de secours** (sécurité civile, pompiers, Samu, gendarmerie, police...) interviennent sur le terrain conformément aux décisions du préfet.
 - L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN)**, contrôle les actions de l'exploitation, conseille les autorités, participe à l'information de la population et des médias, adresse et reçoit les notifications et demandes d'assistance internationales.
 - L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)**, apporte une expertise technique à l'ASN (mesure de la radioactivité et évaluation du risque).
- OBJECTIF : PROTÉGER LA POPULATION, LES TRAVAILLEURS ET L'ENVIRONNEMENT**

Source : ASN

LE PLAN PARTICULIER D'INTERVENTION (PPI)

Le Plan particulier d'intervention (PPI) est un dispositif établi par l'État pour protéger les personnes, les biens et l'environnement, et pour faire face aux risques particuliers liés à la présence d'une installation industrielle et / ou nucléaire*.

Si un événement nucléaire se produisait et qu'il était susceptible d'avoir des conséquences à l'extérieur du site, le préfet prendrait la direction des opérations, et s'appuierait notamment sur ce plan qui est une des dispositions spécifiques de l'ORSEC (Organisation de la réponse de sécurité civile).

* Voir les articles L. 741-6 et R. 741-18 du Code de la sécurité intérieure qui détaillent les principes des PPI.

L'organisation nationale de crise d'EDF est en charge d'assister l'équipe de crise locale. L'organisation de crise est renforcée par la Force d'action rapide nucléaire (FARN) capable d'acheminer de l'extérieur des moyens humains et matériels. Des dispositions sont prises pour permettre les raccordements à l'installation nécessaires (eau et électricité).

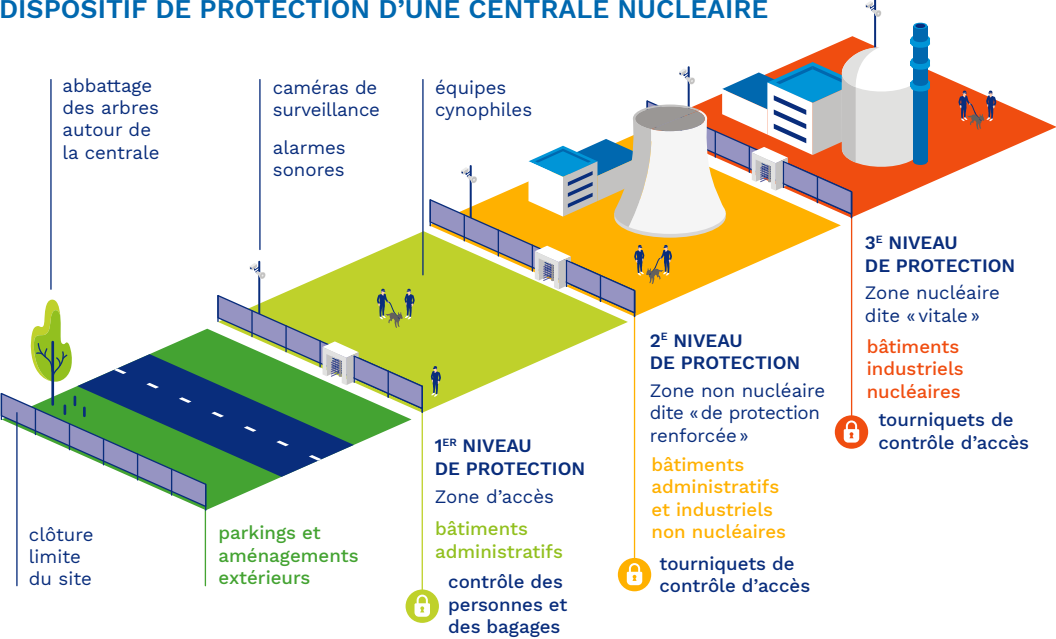
➔ Pour plus d'informations sur la FARN en pdf et en vidéo

♦ La sécurité des installations

Les actes de malveillance sont pris en compte au titre du Code de la défense, depuis la phase de conception jusqu'au démantèlement de l'installation. Les menaces à prendre en compte sont fixées par l'État via la directive nationale de sécurité.

Le schéma ci-dessous illustre les mesures prises pour renforcer la sécurité autour des centrales nucléaires. Visant à rendre les intrusions, même pacifistes, beaucoup plus difficiles, ces mesures font l'objet d'exercices de crise réguliers.

DISPOSITIF DE PROTECTION D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE



PROTECTION DES CENTRALES NUCLÉAIRES

Les centrales nucléaires bénéficient d'une protection et d'une surveillance constantes, réalisées en coordination étroite avec l'ensemble des services de l'État concernés*, particulièrement le service du Haut fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS).

La publication du HFDS en référence** donne les principes pour « répondre aux défis de la sécurité nucléaire ». À titre d'illustration, un millier de gendarmes spécifiquement entraînés est affecté 24 heures sur 24 à la sécurité des installations, sur les 19 sites nucléaires en France. De la même manière, le ministère de la Défense, via l'armée de l'air, est en charge de la surveillance de l'espace aérien, le survol d'une centrale étant interdit sur un rayon de 5 kilomètres et de 1000 mètres d'altitude.

S'agissant des intrusions, les systèmes de détection et de sécurité fonctionnent parfaitement, et les intrus éventuels sont systématiquement et très rapidement interpellés par les forces de l'ordre et les équipes de sécurités dédiées (EDF et prestataires) affectées à la protection et à la sécurité des sites.

La résistance des installations nucléaires aux actes de malveillance ou de terrorisme est réévaluée de manière permanente, pour l'adapter aux nouveaux risques et l'améliorer de manière continue. Il appartient à l'État français de définir la menace et ses évolutions, et aux opérateurs nucléaires d'y répondre. La sécurité du parc nucléaire d'EDF s'inscrit dans un cadre législatif et réglementaire très strict, comprenant des dispositions classées « confidentiel défense », qu'EDF, en tant qu'exploitant responsable, applique rigoureusement.

* Ministère de l'Intérieur, ministère de la Défense, ministère de la Transition écologique et solidaire.

** Plus de détails accessibles sur https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/18097-1_repondreDefisSecuriteNucleaire_A4_def_light-1.pdf

Les centrales nucléaires bénéficient d'une protection et d'une surveillance constantes.

3.2.5 La prise en compte de l’environnement et du développement durable dès la conception et son prolongement en exploitation

◆ Principes de prise en compte de l’environnement à la conception appliqués par EDF

La gestion optimisée des effluents

La construction et l’exploitation d’une installation nucléaire entraînent des rejets d’effluents radioactifs et chimiques par voie liquide et par voie atmosphérique, encadrés par la réglementation. Au-delà du respect des limites réglementaires, EDF agit pour réduire ces rejets, autant que techniquement et raisonnablement possible, et à des coûts économiquement acceptables, sur la base notamment des principes suivants :

- la réduction à la source de la production d’effluents ;
- la collecte sélective des effluents selon leur nature physique, radiologique, radiochimique et chimique, et le traitement par le moyen le plus adapté à leurs caractéristiques ;
- l’entreposage, le contrôle et la comptabilisation des effluents pour garantir, en toutes circonstances, le respect des dispositions réglementaires, notamment les limites de rejets.

La gestion optimisée des déchets

La gestion des déchets, plus particulièrement celle des déchets radioactifs, est un enjeu majeur. EDF s’est inscrit dans une démarche d’optimisation de la gestion de ces déchets (aussi bien en termes de quantité que d’activité des déchets), en concevant les opérations de manière à réduire le volume des déchets ultimes à stocker. La gestion optimisée des déchets radioactifs repose, en particulier, sur les principes suivants :

- la réduction à la source de la production de déchets radioactifs ;
- la réduction de la nocivité et du volume de déchets radioactifs ;
- la collecte sélective puis le traitement et le conditionnement avant évacuation vers des centres d’entreposage ou de stockage adaptés à leur nature.

Enfin, la gestion optimisée des déchets conventionnels repose également sur le principe de réduction à la source, aussi bien en quantité qu’en dangerosité, mais aussi sur le principe de hiérarchisation des modes de traitement des déchets, dans le respect de l’application du principe de proximité : réutilisation, recyclage, toute autre valorisation, (notamment énergétique), élimination.

Il est également possible de réutiliser et de mutualiser l’existant, grâce à :

- la réutilisation d’équipements et de bâtiments existants sur le site ;
- la mutualisation de systèmes et d’équipements ; afin de limiter l’emprise au sol globale sur l’ensemble du site, d’éviter la construction de nouveaux bâtiments, de réduire la nécessité de nouvelles galeries et systèmes. L’application de cette démarche est favorable à la préservation des espaces naturels.

Quelques exemples d’avancées en matière d’environnement pour le projet EPR2

L’environnement a été pris en compte dès les premières phases de conception du projet, en suivant une démarche d’éco-conception. Elle a notamment mené aux choix suivants, au bénéfice de l’environnement :

- l’utilisation de Polyéthylène haute densité (PEHD) pour certaines tuyauteries d’eau brute (cf. 3.1.3) a l’avantage d’un impact sur l’environnement moindre que l’acier⁷, et permet également une moindre consommation de béton, car ces tuyauteries peuvent être enterrées et ne nécessitent donc pas des galeries dédiées. À noter toutefois que ce remplacement ne peut se réaliser que pour certaines catégories de tuyauteries, les moins exigeantes en termes de caractéristiques mécaniques ;
- l’utilisation de câbles minéraux pour l’instrumentation du cœur du réacteur, car leur durée de vie est plus longue que celle des câbles organiques soumis à un fort rayonnement. Les câbles minéraux utilisés pour l’EPR2 sont qualifiés pour 60 ans, alors que les câbles organiques ne peuvent être qualifiés que pour 10 ans ;

7. Selon les études d’Analyse de cycle de vie (ACV) de l’Ademe, notamment.

- le poste d’évacuation d’énergie électrique associé au réacteur EPR2 est de technologie « aérienne à étages », en remplacement de la technologie de Poste source à enveloppe métallique (PSEM) qui nécessite d’employer de l’hexafluorure de soufre (SF₆) comme gaz isolant. Or, le SF₆ est un gaz à effet de serre à très fort potentiel de réchauffement global, 22 800 fois supérieur à celui du CO₂. Il reste toutefois du SF₆ dans le poste aérien, mais dans une moindre mesure, de l’ordre de 2,7 % de la quantité habituellement utilisée.

Plus globalement, les études de conception sont menées de manière itérative afin de minimiser l’impact potentiel des installations sur l’environnement. À titre d’exemple, pour chaque site, des études sont menées pour optimiser la position des points de rejet en mer des eaux chaudes, et minimiser ainsi les effets de la tache thermique sur l’environnement.

Lorsque cela est possible, des exigences ou des critères de mieux-disance en lien avec l’environnement et le développement durable sont indiqués dans les contrats. Exemples :

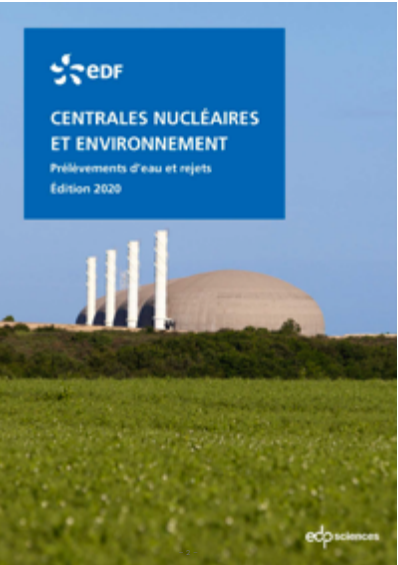
- un critère de rendement énergétique est associé au contrat du groupe turbo-alternateur (GTA). Ce critère permet de bonifier l’offre la plus performante en termes d’efficacité énergétique et de puissance obtenue ;
- des exigences en termes de traitement des obsolescences ont été intégrées aux contrats de contrôle commande, et font l’objet d’un critère de mieux-disance ;
- le marché de génie civil pour le site de Penly intègre un critère de mieux-disance environnementale ;
- les contrats EPR2 exigent que les fournisseurs disposent d’un système de management environnemental certifié, et intègrent des exigences transverses environnementales et de tri et traitement des déchets sur le chantier ;
- les contrats EPR2 intègrent des exigences d’actions d’insertion locale pour l’accès ou le retour à l’emploi de personnes rencontrant des difficultés sociales ou professionnelles ;
- enfin, un bonus associé au chiffre d’affaires de sous-traitance locale, *a minima* pour les contrats principaux avec prestations sur site et les contrats d’ensemblier, permet de favoriser l’ancrage territorial.

◆ La prise en compte de l’environnement dans l’exploitation des EPR2

Le projet EPR2 bénéficie de l’expérience d’EDF en termes de maîtrise de l’impact sur l’environnement des installations en exploitation. Cela permet de proposer des améliorations de conception, comme celles présentées au paragraphe précédent, et d’être en mesure de connaître et d’ajuster la conception pour faciliter la maîtrise des rejets associés pour la phase d’exploitation future.

Si l’analyse de l’impact sur l’environnement de l’installation est bien une donnée spécifique à chaque site, une grande partie des éléments émis par l’installation (comme les rejets gazeux ou radioactifs), est considérée comme générique au palier EPR2.

Comme pour les unités de production en fonctionnement, les unités EPR2 feront l’objet d’un contrôle continu des rejets et d’une surveillance de l’environnement par EDF, conformément aux prescriptions réglementaires. Les contrôles permettent de vérifier le respect des limites fixées par l’Autorité de sûreté nucléaire. Ils concernent les prélèvements d’eau, les rejets radioactifs, chimiques et thermiques, ainsi que les paramètres d’environnement (activités volumiques, concentrations, températures...). En complément, l’exploitant effectue une surveillance de l’environnement pour s’assurer, sur la durée, d’absence d’impact sanitaire et environnemental des prélèvements et des rejets de son installation.



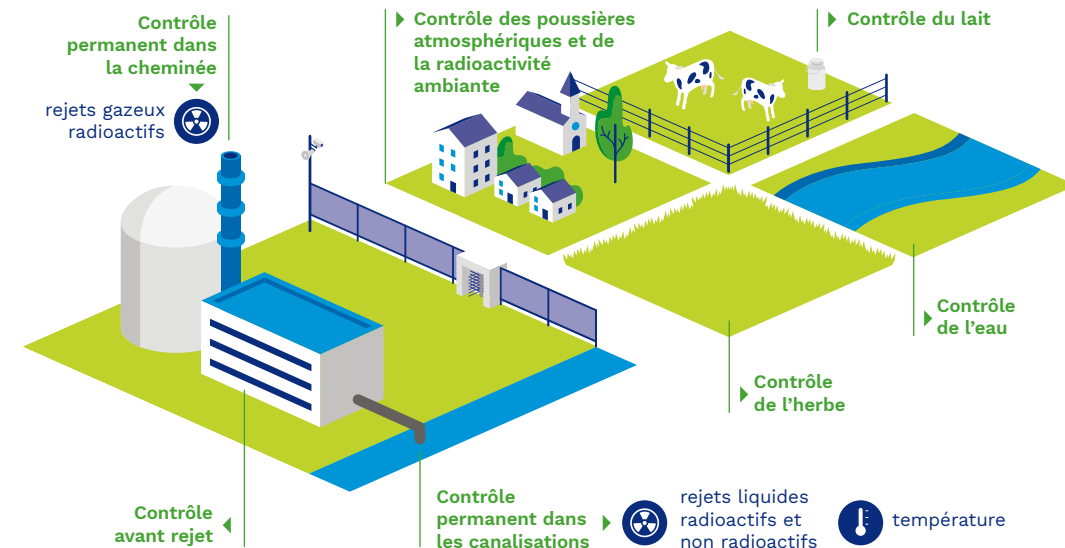
Le guide Centrales nucléaires et environnement donne un panorama complet des liens entre l’exploitation d’une installation nucléaire et l’environnement. Il est consultable sur le site Internet EDF.

Le projet EPR2 bénéficie de l’expérience d’EDF en termes de maîtrise de l’impact sur l’environnement des installations en exploitation.

+
20 000
prélèvements
donnant
lieu à plus
de 3 000 analyses,
sont réalisés
chaque année
dans les centrales
nucléaires
en France.

Aujourd'hui, chaque CNPE surveille ses rejets et les évolutions potentielles de l'environnement autour du site. En moyenne, 20 000 prélèvements sont réalisés chaque année en France donnant lieu à plus de 3 000 analyses, dont les résultats sont publics (www.mesure-radioactivite.fr).

SURVEILLANCE DES REJETS D'UNE INSTALLATION NUCLÉAIRE ET CONTRÔLES DANS L'ENVIRONNEMENT À PROXIMITÉ



Les unités de production EPR2 seraient implantées sur des CNPE existants : elles pourraient ainsi bénéficier des dispositifs de surveillance éprouvés, déjà en place depuis plusieurs décennies, et qui seraient complétés pour prendre en compte les impacts des nouvelles unités.

Enfin, comme pour les installations du parc actuel, les études d'impact des unités de production EPR2 seront révisées tous les dix ans. Un bilan de la surveillance et des incidences sera alors établi et, si besoin était, les dispositifs de contrôle et de surveillance seraient ajustés. Par exemple, pour tenir compte d'une évolution de l'environnement proche de l'installation ou d'évolutions dans les méthodologies d'analyse d'impact.

Conformément à la réglementation, le réexamen de sûreté réalisé par EDF tous les dix ans intègre un volet environnement qui présente un bilan de la surveillance réalisée et des optimisations mises en place au cours du temps, pour répondre aux évolutions environnementales, techniques et réglementaires.

3.2.6 Dispositions prises à la conception de l'installation pour en faciliter le démantèlement

L'optimisation de la déconstruction et de la production de déchets associés est prise en compte dès la conception, que ce soit par l'installation elle-même ou par les règles d'exploitation définies à la conception. Les moyens utilisés pour atteindre cet objectif sont listés ci-dessous.

- **Limiter l'activation des ouvrages et des matériels**, c'est-à-dire la radioactivité induite sur un matériau par la radioactivité qui le traverse. Cette limitation passe, par exemple, par la présence des éléments chimiques contribuant significativement au débit de dose ambiant, en particulier le cobalt.

- **Limiter la contamination des ouvrages et des matériels**, en prévenant la corrosion des circuits appelés à véhiculer du fluide primaire, par le maintien d'un conditionnement chimique adapté (pH adéquat notamment).

- **Prévenir l'exposition radiologique des intervenants** avec, par exemple, un casematage des générateurs de vapeur (mise en place d'un écran radiologique) au niveau du plancher de la piscine du bâtiment réacteur.

- **Favoriser le maintien en propreté radiologique de l'installation**, avec la définition — dès la conception — d'un zonage propreté / déchets à respecter tout au long de la phase d'exploitation, délimitant les zones de production possible de déchets nucléaires et les zones à déchets conventionnels.

- **Prévenir, détecter et maîtriser les risques de pollution de l'environnement**, avec notamment un agencement des piscines du bâtiment combustible qui n'offre aucun mur en contact direct avec l'extérieur.

- **Faciliter la mise hors service définitive de l'installation** avec, dans la mesure du possible, un design des circuits contaminés leur permettant d'être purgeables et nettoyables.

- **Limiter la quantité de déchets produits *in fine* lors de la déconstruction**, en optimisant le volume de béton et d'acier (dont le ferrailage) nécessaire à la construction de l'installation.

- **Faciliter la gestion des déchets issus *in fine* de la déconstruction**, notamment en prévoyant et simplifiant la séquence d'évacuation des équipements à démanteler.

- **Préserver la sécurité et la santé des intervenants lors de la déconstruction**, en évitant le recours à des matériaux et process mettant en œuvre des produits dangereux, par exemple les substances corrosives, toxiques, mutagènes, cancérigènes, reprotoxiques.

- **Limiter les rejets (normaux ou accidentels) dans l'environnement lors de la déconstruction**, en utilisant, par exemple, le confinement statique⁸ offert par l'enceinte du bâtiment réacteur pendant certaines opérations de démantèlement.

- **Mutualiser les besoins en exploitation et en déconstruction**, avec notamment la réutilisation des moyens de manutention lourds, comme le pont polaire du bâtiment réacteur.

- **Garder la mémoire de la conception, de la construction et de l'exploitation** : une documentation de conception et de construction complète permet, avec les documents d'exploitation, un bilan et une cartographie précise des matières radioactives et autres matériaux dangereux à la fin de l'exploitation, et de mieux planifier la déconstruction.

La conception des réacteurs s'appuie sur l'expérience internationale et les réflexions menées sur les activités de démantèlement antérieures, sur les études en cours pour le démantèlement de Fessenheim, et les premiers retours d'opérations de déconstruction en France, tels que ceux du démantèlement du réacteur à eau sous pression de Chooz A.

La gestion des déchets radioactifs associés au futur démantèlement est décrite au § 3.3.2.

8. Par opposition au confinement dynamique qui nécessite, par exemple, un système de ventilation.

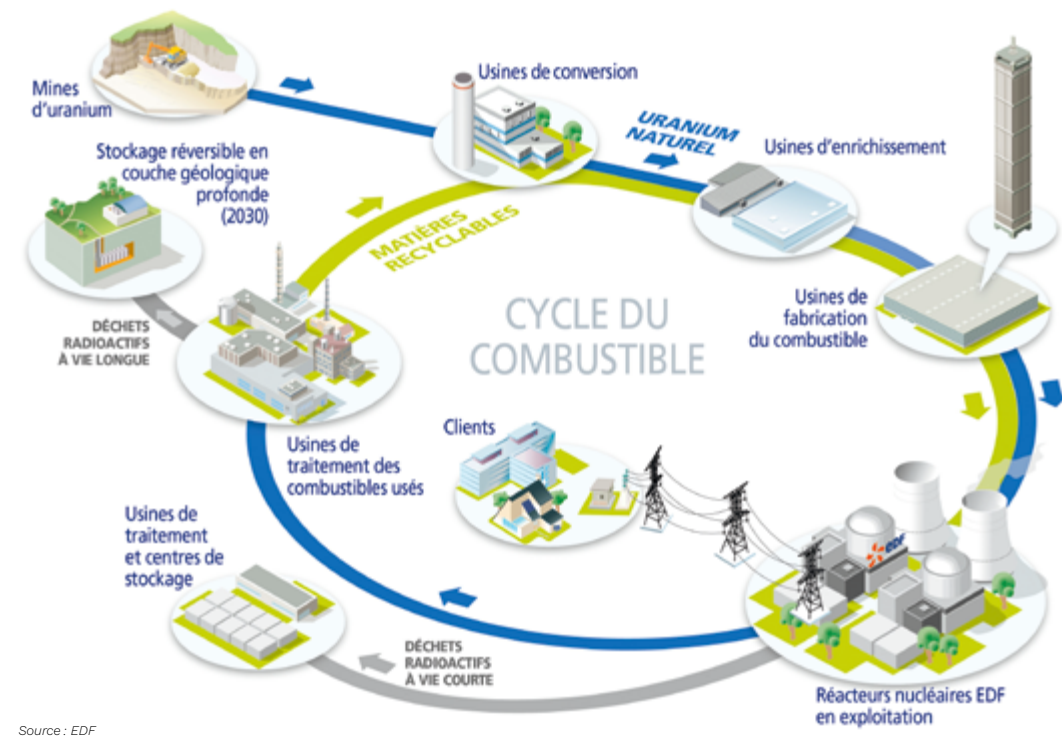
3.3 UN RÉACTEUR EPR2 QUI S'INSCRIT DANS LA POLITIQUE FRANÇAISE DU CYCLE COMBUSTIBLE ET LES FILIÈRES DE GESTION DES DÉCHETS DES RÉACTEURS EXISTANTS

Le réacteur EPR2, en filiation directe avec l'EPR et les réacteurs à eau pressurisée du parc en exploitation (cf. § 3.1), s'inscrit naturellement dans la politique française du cycle du combustible, laquelle repose sur la stratégie de retraitement et de recyclage par des filières de gestion des déchets des réacteurs existants.

La première sous-partie rappelle les grands principes qui ne sont pas propres au réacteur EPR2. La seconde sous-partie vérifie que les moyens de gestion du cycle du combustible seront bien en capacité de prendre en charge les déchets et les combustibles usés produits par le réacteur EPR2, si le programme était décidé.

3.3.1 Les grands principes du cycle du combustible et de la gestion des déchets radioactifs en France

LE CYCLE DU COMBUSTIBLE — SCHÉMA GLOBAL



Les opérations destinées à fournir du combustible aux centrales nucléaires sont multiples : extraction de l'uranium, conversion, enrichissement, fabrication d'assemblages, traitement-recyclage du combustible usé, transport. La maîtrise du cycle du combustible, s'appuie sur un réseau de partenaires industriels sûrs, diversifiés et performants sur le long terme.

◆ La sécurité d'approvisionnement en combustible du parc nucléaire français

Pour garantir la sécurité d'approvisionnement en combustible du parc nucléaire français, EDF utilise plusieurs leviers :

- la diversification géographique des sources d'approvisionnement et des fournisseurs à chaque étape du cycle du combustible (la mine, la conversion, l'enrichissement et la fabrication des assemblages) ;
- la sécurisation contractuelle avec la négociation de contrats d'approvisionnement de long terme ;
- une gestion robuste des stocks (cf. encart PNGMDR p. 103).

◆ La politique et les filières de gestion des déchets radioactifs

Au-delà des installations nucléaires de production d'électricité, les propriétés de la radioactivité sont également utilisées dans d'autres secteurs d'activité, comme la santé. Les principes de gestion des déchets présentés ci-dessous concernent l'ensemble de ces secteurs.

La réglementation distingue différentes catégories de déchets radioactifs en fonction de leur « durée de vie » et de leur niveau d'activité, afin de les prendre en charge dans des filières de gestion adaptées.

Notion de durée de vie des déchets

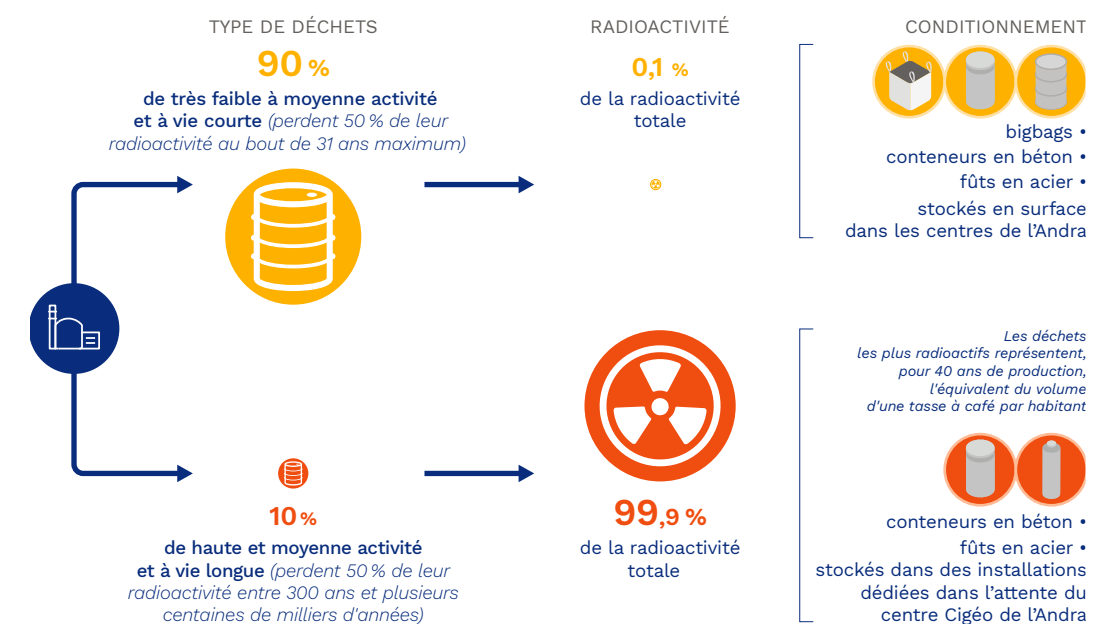
La radioactivité d'un atome diminue régulièrement dans le temps. Cette décroissance est rapide pour les déchets à vie courte, et beaucoup plus lente pour les déchets à vie longue.

Trois niveaux sont utilisés :

- vie très courte pour les déchets dont la radioactivité est divisée par deux en 100 jours ou moins ;
- vie courte pour ceux dont la radioactivité est divisée par deux en moins de 31 ans ;
- vie longue pour ceux dont la radioactivité est divisée par deux en plus de 31 ans.

Notion de niveau d'activité des déchets

2 GRANDES CATÉGORIES DE DÉCHETS RADIOACTIFS PRODUITS PAR UNE CENTRALE



La radioactivité d'un atome diminue régulièrement dans le temps. Cette décroissance est rapide pour les déchets à vie courte, et beaucoup plus lente pour les déchets à vie longue.

Le niveau d'activité donne une indication sur le niveau de l'intensité du rayonnement radioactif à un moment donné, et donc sur la dangerosité potentielle. Ce niveau d'activité est exprimé en becquerels⁹.

Quatre niveaux d'activité sont définis : très faible, faible, moyenne, haute.

Filières de gestion des déchets radioactifs

En fonction de leur activité et de leur durée de vie, les déchets radioactifs sont conditionnés et orientés vers des filières de gestion adaptées.

GESTION DES DÉCHETS PAR NIVEAU D'ACTIVITÉ ET DURÉE DE VIE



Source : www.andra.fr

Tous les déchets radioactifs produits par EDF, quelle que soit leur nature, disposent aujourd'hui de filières de gestion industrielles sûres, respectueuses de la santé et de l'environnement.

Tous les déchets radioactifs produits par EDF, quelle que soit leur nature, disposent aujourd'hui de filières de gestion industrielles sûres, respectueuses de la santé et de l'environnement, contrôlées par l'Autorité de sûreté nucléaire. Pour les 10 % de déchets à vie longue, un projet de stockage géologique réversible est en cours de développement (CIGEO), permettant de garantir aux générations futures une option de gestion pour le très long terme qui les libère de toute contrainte de gestion active.

En France, c'est l'Andra¹⁰ qui est chargée du stockage de ces déchets. Les besoins associés à la gestion des déchets font l'objet d'un plan spécifique : le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR).

9. Le becquerel.
10. Andra : Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs.

LE PLAN NATIONAL DE GESTION DES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS (PNGMDR)

Le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR) s'assure que les matières et les déchets radioactifs sont gérés de façon durable, dans le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement. Il cherche également à limiter les charges qui seront supportées par les générations futures.

Le PNGMDR constitue un outil de pilotage privilégié pour mettre en œuvre ces principes dans la durée, selon un cadre réglementaire fixé par le Code de l'environnement et la loi du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs. Ce plan dresse le bilan de la politique de gestion des substances radioactives sur le territoire national, propose des pistes pour optimiser leur gestion, recense les besoins nouveaux et détermine les objectifs à atteindre, notamment en termes d'études et de recherches pour l'élaboration de nouvelles filières de gestion. La force du PNGMDR est sa vocation d'exhaustivité : il concerne à la fois les déchets ultimes et les matières radioactives valorisables, les filières de gestion existantes et celles en projet, en développement ou à définir. Il concerne également toutes les catégories de déchets radioactifs, quelle que soit leur origine. Il intègre, en outre, les orientations de la politique énergétique.

Gouvernance du PNGMDR

Le PNGMDR est élaboré sous la maîtrise d'ouvrage de la Direction générale de l'énergie et du climat (DGECS*), sur la base des présentations et échanges réalisés au sein d'un groupe de travail pluraliste. Ce dernier rassemble des producteurs, des gestionnaires de déchets radioactifs, des autorités d'évaluation et de contrôle, ainsi que des associations de protection de l'environnement. Les travaux de ce groupe de travail sont mis à la disposition du public, notamment sur le site de l'ASN. L'élaboration de la 5^e édition du PNGMDR a donné lieu à plusieurs étapes d'expression du public et des parties prenantes :
– un débat public s'est tenu en 2019, à la suite duquel le ministère de la Transition écologique (MTE) a publié, en février 2020, des premières orientations ;
– ce débat a été suivi d'une concertation post-débat public conduite par le MTE sous le contrôle de garants de la Commission nationale du débat public (CNDP), qui a associé une commission « orientations », regroupant le ministère, les organismes publics experts (Andra, IRSN, ASN), les producteurs ainsi que des associations environnementales à la rédaction des projets de textes ;
– l'Autorité environnementale a rendu un avis sur les projets de textes élaborés. À l'issue de la consultation publique sur les projets de texte (plan, décret et arrêté associés), qui a eu lieu du 13 mai au 16 juin 2022, le ministère publiera une synthèse des avis et remarques. Cette 5^e édition du PNGMDR (2022-2026), éventuellement amendée, sera transmise au Parlement et rendue public.

* Direction appartenant au ministère de la Transition énergétique.

Les principes de gestion des déchets radioactifs

EDF est responsable du devenir des déchets radioactifs liés à la gestion de ses assemblages de combustibles usés, à l'exploitation et à la déconstruction de ses centrales nucléaires, sans transfert possible ni limitation dans le temps.

La démarche industrielle de gestion des déchets répond à quatre principes :

- limiter les quantités et la toxicité de déchets produits ;
- trier les déchets par nature, niveau de radioactivité et période radioactive ;
- traiter et conditionner les déchets en fonction de leur nature ;
- stocker les déchets ultimes dans des installations dédiées garantissant la sûreté à long terme.

La politique de « gestion des déchets radioactifs » d'EDF décline ces principes de gestion sous forme d'orientations clés :

- assurer la maîtrise, la qualité et la traçabilité des inventaires de déchets produits et à produire ;
- optimiser le volume des déchets ultimes ;
- identifier ou développer les filières adaptées pour chaque type de déchet, assurant une prise en charge sûre, respectueuse de l'environnement et performante industriellement et économiquement ;
- assurer, dans la durée, la robustesse et la maîtrise industrielle et économique des filières ;
- assurer la gestion opérationnelle des déchets dans le respect de la réglementation, en particulier des exigences environnementales, de sécurité et de sûreté nucléaire, en recherchant l'optimum technico-économique ;
- sécuriser le financement de la prise en charge des déchets radioactifs produits et à produire, conformément aux obligations légales.

Le financement de la prise en charge des déchets radioactifs produits et à produire est sécurisé, conformément aux obligations légales.

L'exploitant nucléaire assume la responsabilité juridique, financière et technique de la gestion des déchets générés par l'exploitation et la déconstruction¹¹ de ses installations nucléaires. Le financement de la gestion des déchets issus des centrales de production d'électricité est strictement encadré par la loi, provisionné, sécurisé par des actifs dédiés, audité régulièrement par les autorités compétentes et intégré au coût global de l'électricité.

La réglementation française a créé un mécanisme spécifique pour sécuriser ce financement :

- la loi prescrit, en effet, à chaque exploitant d'installation nucléaire, de constituer des actifs financiers dédiés au financement des charges relatives à la gestion à long terme des déchets radioactifs, ainsi qu'au démantèlement des installations nucléaires ;
- ces actifs sont identifiés et isolés de la gestion des autres actifs ou placements financiers de l'entreprise. Ils obéissent à des critères précis afin d'assurer leur disponibilité le moment voulu, et font l'objet d'un suivi et d'un contrôle strict et régulier de l'État et des commissaires aux comptes d'EDF.

Les actifs dédiés sont cédés au fur et à mesure, de manière à financer les dépenses de déconstruction et de gestion des déchets au moment de leur occurrence.

◆ *Les déchets issus de la gestion du combustible usé*

+

MATIÈRES VALORISABLES ISSUES DES COMBUSTIBLES USÉS

Actuellement, les matières valorisables énergétiquement extraites du combustible UNE* usé, l'uranium de retraitement et le plutonium, sont recyclées une fois pour la fabrication de nouveaux combustibles (on parle de monorecyclage) :

- le plutonium issu du traitement, mélangé à de l'uranium appauvri, est recyclé sous forme de combustibles MOX, rechargés dans certains réacteurs nucléaires 900 mégawatts électriques, et le sera, à l'avenir, potentiellement dans les réacteurs 1300 mégawatts électriques**, EPR et EPR2 (réacteurs « moxés ») ;
- l'Uranium issu du traitement (URT), réenrichi, est recyclé sous forme de combustible URE et utilisé dans certains réacteurs. Après une suspension du recyclage de l'URT pour des raisons économiques et industrielles en 2010, EDF a décidé de relancer prochainement une filière afin de reprendre le recyclage en réacteur.

La stratégie de recyclage du plutonium permet de réduire de 10 % les besoins en uranium naturel, et la reprise du recyclage de l'uranium permettra une réduction de 10 % à 15 % supplémentaires.

* UNE : Uranium naturel enrichi.

** Un dossier de demande d'introduction de précurseurs MOX dans le réacteur 4 de Paluel est en cours d'instruction.

11. La déconstruction englobe les opérations de préparation au démantèlement, le démantèlement à proprement parler et le déclassement de l'installation (sa sortie du statut INB).

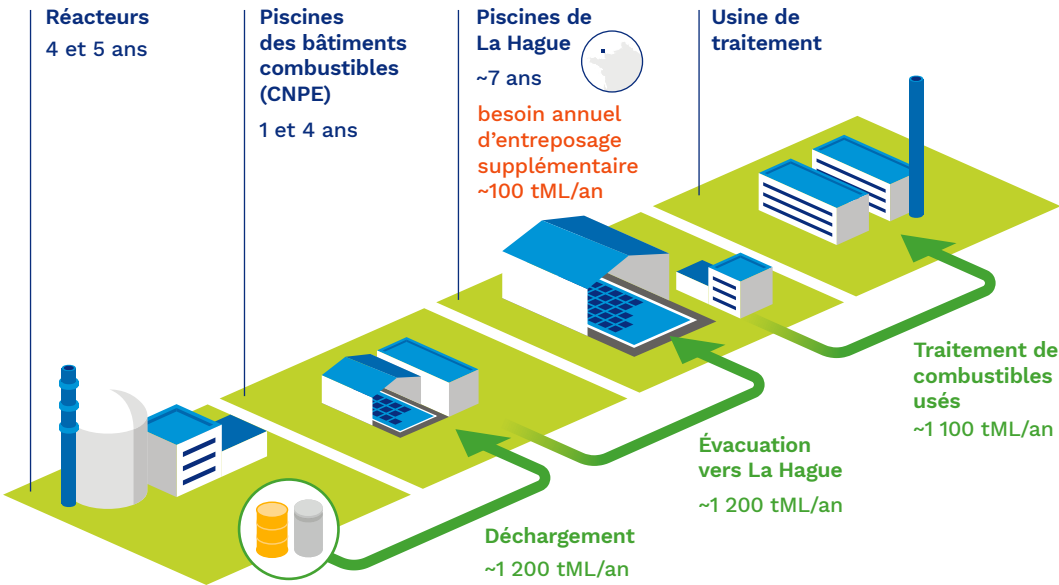
La France a fait le choix d'une stratégie de traitement et de recyclage du combustible nucléaire usé, répondant ainsi aux exigences du Code de l'environnement qui stipule (*article 542-1-2*) que « *la réduction de la quantité et de la nocivité des déchets radioactifs est recherchée, notamment par le traitement des combustibles usés, le traitement et le conditionnement des déchets radioactifs* ». Ce choix, qui permet d'économiser des ressources et de diminuer le volume de déchets produits tout en les conditionnant de manière sûre, participe aux objectifs de gestion durable des matières et déchets radioactifs.

Les matières valorisables extraites du combustible à l'Uranium naturel enrichi (UNE) usé sont recyclées pour la fabrication de nouveaux combustibles.

L'exploitation du parc nucléaire par EDF en France conduit à entreposer aujourd'hui environ 100 tonnes de combustibles usés supplémentaires chaque année. Ce niveau est limité par rapport à la quantité de combustibles usés déchargés des réacteurs (environ 1 200 tonnes par an), en raison de la mise en œuvre du traitement-recyclage du combustible usé, qui permet de diminuer les tonnages à entreposer d'un facteur 10.

Lors des arrêts programmés des réacteurs, les Assemblages de combustibles usés (ACU) sont retirés de la cuve du réacteur et transférés dans la piscine de désactivation du bâtiment « combustible ». Ces assemblages y restent entreposés un à quatre ans, selon le type de combustible, pour permettre leur décroissance thermique et radioactive. Ils sont ensuite évacués dans des emballages de transport blindés vers les usines de traitement d'Orano, à La Hague.

FLUX DES COMBUSTIBLES USÉS



Sur place, les assemblages sont de nouveau entreposés en piscine avant d'être traités pour en extraire les matières valorisables qui représentent 96 % du combustible usé. Les 4 % restants sont des déchets non recyclables appelés déchets ultimes. Ceux-ci sont entreposés sous forme de colis vitrifiés (CSD-V) et de colis compactés (CSD-C) sur le site d'Orano, à La Hague, dans des installations spécifiques. Ils y poursuivent leur décroissance thermique et radioactive, en attendant d'être stockés dans un centre de stockage en couche géologique profonde.

.....

La stratégie de traitement et de recyclage du combustible nucléaire permet d'économiser des ressources et de diminuer le volume de déchets produits.

.....

SCÉNARIOS DE TRAITEMENT-RECYCLAGE DU COMBUSTIBLE USÉ

La stratégie de traitement-recyclage du combustible nucléaire est un enjeu majeur pour réduire les volumes de déchets produits par le fonctionnement des réacteurs.

La Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) préserve cette stratégie au moins jusqu'à l'horizon des années 2040, au-delà desquelles la politique du cycle du combustible est prévue d'être réinterrogée, du fait notamment de la durée de vie des installations actuelles du cycle.

Pour préparer l'avenir post-2040, des études sont engagées conformément à la PPE sur la fermeture du cycle par le multirecyclage dans des réacteurs à eau pressurisée, puis à plus long terme dans des réacteurs de génération 4. Ainsi les différentes stratégies de traitement-recyclage prises en compte dans les études du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs, intégrant le déploiement d'un futur palier EPR2, visent à garantir dans la durée la bonne gestion des matières et des déchets. Ces stratégies, sont les suivantes :

- l'« arrêt du recyclage à l'horizon 2040 » : stratégie consistant à interrompre le retraitement des combustibles ;
- la poursuite du « monorecyclage » au-delà de l'horizon 2040 : stratégie actuellement mise en œuvre en France et consistant à retraiter les combustibles de type UNE (Uranium naturel enrichi) ;
- le « multirecyclage » : stratégie industrielle à long terme visant à assurer la fermeture du cycle en traitant la totalité des combustibles usés ; la valorisation des matières issues du traitement de tous les combustibles usés constitue un intérêt majeur en termes d'économie de ressources naturelles et de diminution des impacts environnementaux.

Ces différentes stratégies conduisent :

- à la production de déchets de Haute activité (HA) composés de produits de fission vitrifiés (CSD-V) issus du retraitement ;
- à la production de déchets de Moyenne activité à vie longue (MA-VL) composés de déchets de structure issus du retraitement des combustibles usés (CSD-C) ;
- à la production, selon les stratégies de traitement, d'assemblages combustibles usés, entreposés en vue de leur traitement et du recyclage ultérieur de leurs matières, ou requalifiés en déchets radioactifs si aucune filière industrielle de traitement-recyclage ne devait être envisagée.

◆ Les déchets issus de l'exploitation et de la maintenance des réacteurs

Les déchets radioactifs produits sur site lors de l'exploitation et la maintenance sont de type TFA, FMA-VC et MA-VL. Ils proviennent majoritairement :

• pour les phases d'exploitation / production d'électricité :

- des systèmes d'épuration de l'eau et de traitement des effluents usés : filtres à eau, résines, concentrats d'évaporation d'effluents, boues ;
- des installations de gestion des effluents gazeux (dégazage, épuration de l'air) : pièges à iode / charbon actif, filtres à très haute efficacité, filtres d'air liés aux systèmes de ventilation et de traitement des effluents gazeux ;
- des activités des laboratoires et d'essais : produits scintillants, verreries, sources scellées ou non ;
- des opérations de gestion des combustibles usés : commandes de grappes rebutées, grappes sources ou bouchon rebutées, sources primaires, étuis de crayons absorbants / inox / bouchons, étuis de tête de grappes, squelettes d'assemblage, embouts d'assemblages combustible, instrumentation du cœur ;

- des opérations d'entretien courant et des accès en zone contrôlée : papiers, cartons, gants vinyle, chiffons, petites pièces de métal, gravats, calorifuge, tubes fluorescents, piles, tenue de zone nucléaire, chaussures de sécurité ;

• pour les phases de maintenance (principalement lors des arrêts de réacteur) :

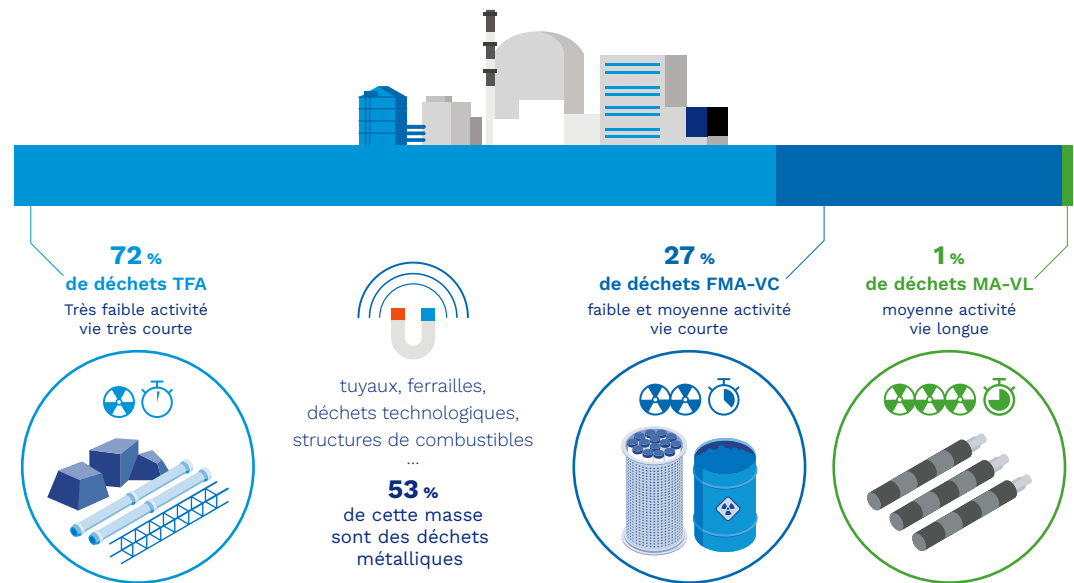
- des activités de logistique et de préparation de chantier : laine de verre, vinyle, toile ignifugée, carton, papier, PVC, chiffons, linge ;
- des opérations de maintenance sur les équipements : huiles, solvants, peinture, produits chimiques, métaux, céramiques, joints, pièces usagées ;
- des opérations de génie civil : gravats, béton, peinture, résine époxy ;
- des opérations de renouvellement des matériels : piles et divers accumulateurs, tubes fluorescents, instrumentation ;

• par ailleurs, les activités dites « tertiaires » génèrent quelques déchets radioactifs :

- ceux issus du fonctionnement de la laverie et de l'atelier de décontamination (déchets de vêtements, gants, plastiques, textiles, filtres) ;
- ceux issus des activités de soin du personnel pris en charge dans des locaux classés « zones à production potentielle de déchets radioactifs ».

◆ Les déchets issus de la déconstruction des réacteurs

NATURE DES DÉCHETS RADIOACTIFS PRODUITS LORS DU DÉMANTÈLEMENT



Source : EDF

La majorité de la masse des déchets radioactifs est à vie courte

3.3.2 Capacité des filières existantes à prendre en charge le combustible usé et les déchets radioactifs du programme EPR2

Le combustible usé et les déchets radioactifs qui seront produits par l'exploitation et le démantèlement de six EPR2 seront de même nature que ceux du parc actuel.

Le combustible usé et les déchets produits par le futur parc EPR2 pourront être gérés dans la continuité des filières existantes et dans les filières à l'étude, quelle que soit la stratégie de retraitement-recyclage retenue. En ce sens, le PNGMDR étudie les différents scénarios en termes de stratégies de traitement-recyclage et de parc nucléaire dont le déploiement de nouveaux réacteurs EPR2, dans l'objectif de définir et mettre en œuvre, dans les délais nécessaires,

Le combustible usé et les déchets radioactifs qui seront produits par l'exploitation et le démantèlement de six EPR2 seront de même nature que ceux du parc actuel.

.....
Les premiers combustibles usés issus des EPR2 pourraient commencer à être évacués en piscine d'entreposage à l'horizon 2045.
.....

les moyens sûrs de gestion des matières et des déchets produits selon ces scénarios, en cohérence avec la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE).

◆ **Les déchets issus de la gestion des combustibles usés sur l'EPR2**

Les combustibles prévus à la conception pour être utilisés sur l'EPR2 sont, soit de type oxydes d'uranium (UO₂), soit composés d'oxydes mixtes (30 % de MOX) en monorecyclage.

L'évaluation des quantités de déchets produits par la gestion des Assemblages de combustibles usés (ACU) de l'EPR2, dépend de la stratégie de traitement-recyclage des combustibles usés. Avec une mise en service industrielle à l'horizon 2035-2037 de la première paire de réacteurs EPR2, trois cycles de 18 mois en cuve, et au moins quatre à cinq années en piscine de désactivation pour leur refroidissement, on estime que les premiers combustibles usés issus des EPR2 pourraient commencer à être évacués en piscine d'entreposage à l'horizon 2045.

Ainsi, une modification de stratégie combustible qui nécessiterait l'utilisation d'un type de combustible différent de ceux prévus à la conception de l'EPR2, entraînerait un besoin d'études de faisabilité technique et des dossiers d'autorisations spécifiques, comme pour le passage au MOX des réacteurs 900 ou 1300 mégawatts électriques.

La faisabilité technique de l'utilisation d'uranium de retraitement ne pose pas de problème particulier. Concernant la mise en œuvre du multirecyclage, la faisabilité technique de l'utilisation de ce type de combustible en réacteur à eau pressurisé est à l'étude, conformément à la demande de la Programmation pluriannuelle de l'énergie.

Pour permettre d'assurer une évaluation prenant en compte les différentes stratégies de traitement-recyclage de combustible envisagées, l'évaluation des quantités de déchets associés à la gestion des assemblages de combustibles usés est réalisée pour chacune de ces stratégies (multirecyclage, monorecyclage et arrêt du recyclage).

Les conséquences des stratégies de traitement-recyclage sur les déchets produits sont présentées ci-après.

Dans le cas du « multirecyclage », les assemblages de combustibles usés MOX et URE, issus du retraitement des combustibles UNE, seraient à leur tour retraités pour fabriquer des combustibles neufs. Dans ce scénario, les volumes estimés de déchets radioactifs issus des assemblages de combustibles usés d'un EPR2, pour une durée de fonctionnement de 60 ans, seraient de l'ordre de :

CATÉGORIE	OPTION « MULTIRECYCLAGE »
Volume HA	310 m ³
Volume MA-VL	210 m ³

Dans le cas de la poursuite du « monorecyclage » au-delà de l'horizon 2040, les assemblages de combustibles usés déjà issus d'un premier recyclage, non retraités à court terme, seraient à entreposer en vue d'un recyclage ultérieur. Les volumes estimés de déchets radioactifs et / ou le nombre d'assemblages de combustibles usés non retraités d'un EPR2, pour une durée de fonctionnement de 60 ans, seraient de l'ordre de :

CATÉGORIE	OPTION « MONORECYCLAGE »
Nombre d'ACU non retraités	1 500 (MOX et URE)
Volume HA	160 m ³
Volume MA-VL	120 m ³

Dans le cas de l'arrêt du recyclage à l'horizon 2040, qui correspond notamment au scénario associé à l'alternative à l'engagement d'un programme de nouveaux réacteurs nucléaires en France, scénarios M du rapport RTE sur les futurs énergétiques (cf. § 1.2.2), les assemblages de combustibles usés seraient requalifiés en déchets. Les volumes estimés de déchets radioactifs et / ou le nombre d'assemblages de combustibles usés non retraités d'un EPR2, pour une durée de fonctionnement de 60 ans, seraient de l'ordre de :

CATÉGORIE	OPTION « ARRÊT DU RECYCLAGE »
Nombre d'ACU non retraités	3 300 (MOX et URE)
Volume HA	—
Volume MA-VL	—

◆ **Les déchets issus de l'exploitation et la maintenance d'un EPR2**

Si le projet est décidé, les premiers déchets d'exploitation et de maintenance seront produits au démarrage des installations, soit à l'horizon 2035.

Les déchets radioactifs produits sur site lors de l'exploitation

L'identification des déchets qui seront générés par de nouveaux réacteurs EPR2 en phase d'exploitation, se base sur deux éléments :

- la connaissance des procédés et des matériels qui seront exploités ;
- le retour d'expérience du parc en exploitation basé sur la même filière technologique des réacteurs à eau pressurisée.

Les natures de déchets produits ne sont pas spécifiques au réacteur EPR2. Elles varient, comme pour le parc actuel, en fonction :

- du zonage des déchets et des activités réalisées dans la partie de l'installation considérée : îlots nucléaires, communs de site, locaux tertiaires ;
- de l'état du réacteur en fonctionnement normal ou en arrêt pour rechargement et / ou maintenance.

Les volumes de déchets radioactifs produits sur site lors de l'exploitation

La production de déchets de fonctionnement dépend de nombreux paramètres (puissance du réacteur, stratégie de maintenance...), et elle est variable d'une année sur l'autre.

Les volumes de déchets d'exploitation du réacteur EPR2 sont estimés, comme pour le réacteur EPR, sur la base de la production de déchets d'exploitation des réacteurs du parc actuellement en fonctionnement.

Le volume de déchets produits en exploitation par un réacteur est peu corrélé au niveau de puissance de ce réacteur. De ce fait, pour une production équivalente, un réacteur EPR2, plus puissant que les réacteurs actuellement en fonctionnement, devrait produire moins de déchets.

Les réacteurs EPR2 sont conçus pour fonctionner au moins 60 ans. Les volumes estimés de déchets d'exploitation produits sur cette durée (hors gestion du combustible usé) par un réacteur EPR2 sont présentés ci-dessous :

CATÉGORIE	VOLUMES CONDITIONNÉS À ÉVACUER SUR 60 ANS / EPR2
MA-VL	60 m ³
FMA-VC	6 700 m ³
TFA	3 900 m ³

.....
Si le projet est décidé, les premiers déchets d'exploitation et de maintenance seront produits au démarrage des installations, soit à l'horizon 2035.
.....

Si le projet est décidé, les premiers déchets liés à la déconstruction seraient générés à l'horizon 2100.

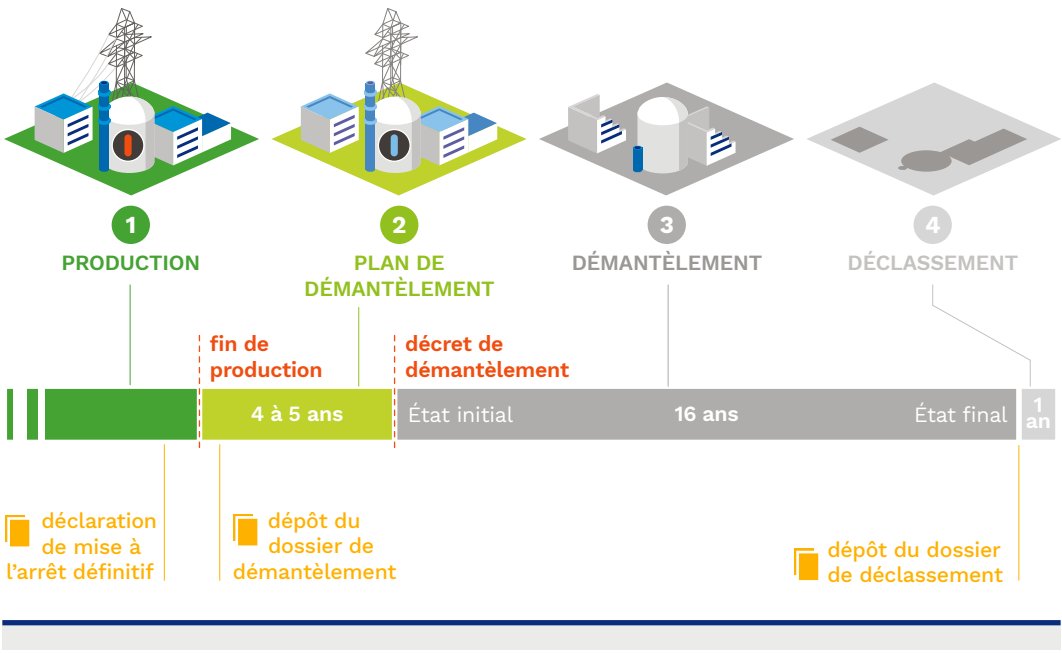
◆ Les déchets liés à la déconstruction d'un EPR2

Si le projet est décidé, les premiers déchets liés à la déconstruction seraient générés à l'horizon 2100.

PLANNING DE DÉCONSTRUCTION ENVISAGÉ

Comme pour Fessenheim, la déconstruction du réacteur EPR2 démarrera sans période d'attente pour décroissance, afin de rendre aussi court que possible, dans des conditions économiquement acceptables, le délai entre l'arrêt définitif du fonctionnement de l'installation et son démantèlement, conformément aux principes énoncés dans le Code de la santé publique et le Code de l'environnement. Le démantèlement à proprement parler est précédé d'une phase de préparation au démantèlement (PDEM) qui dure quatre à cinq ans.

PLANNING DE DÉCONSTRUCTION ENVISAGÉ



L'optimisation de la déconstruction et de la production de déchets est prise en compte dès la conception, en intégrant les contraintes et enjeux d'exploitation.

L'optimisation de la déconstruction et de la production de déchets est prise en compte dès la conception, en intégrant les contraintes et enjeux d'exploitation. Elle fait l'objet d'une pièce réglementaire, appelée plan de démantèlement, à fournir dans le cadre du dossier de demande d'autorisation qui sera déposé si le projet se poursuit à l'issue du débat (cf. § 5.3).

La conception de l'EPR2 et son plan de démantèlement bénéficient du retour d'expérience, au sein d'EDF, des projets suivants :

- programme de déconstruction des centrales nucléaires de première génération, dont principalement le projet de déconstruction du premier REP : Chooz A ;
- programme de déconstruction des deux premières unités du palier 900 mégawatts électriques : Fessenheim.

À partir de l'inventaire physique et radiologique disponible, et de la prise en compte des mêmes hypothèses de conditionnement que celles prises pour le parc actuellement en exploitation, il est possible d'estimer les volumes de déchets qui seront produits lors du démantèlement d'un réacteur EPR2.

Les volumes de déchets produits et conditionnés lors du démantèlement d'un EPR2 sont les suivants :

CATÉGORIE	VOLUMES DE DÉCHETS CONDITIONNÉS
MA-VL	340 m ³
FMA-VC	9 700 m ³
TFA	16 000 m ³

Nota : la règle adoptée pour les arrondis est celle de l'inventaire national, en présentant les chiffres avec uniquement deux chiffres significatifs.

◆ Le financement associé aux déchets radioactifs, à la gestion du combustible usé et à la déconstruction de l'EPR2

Comme indiqué au § 2.4.2, le financement de la prise en charge des déchets radioactifs produits et à produire est sécurisé, en particulier pour la phase de déconstruction, conformément aux obligations légales.

Pour le programme EPR2, s'il était décidé, le montant provisionné¹² s'élèverait à environ 1,7 Md€₂₀¹³ pour la gestion de la déconstruction, des déchets long terme et des combustibles usés.

◆ Conclusion sur la capacité des filières existantes à prendre en charge les déchets radioactifs et les combustibles usés du programme EPR2

Les déchets radioactifs qui seront produits par l'exploitation et la déconstruction de six EPR2 seront de même nature que ceux du parc actuel. Ils pourront donc être gérés en continuité dans les filières existantes, et dans les filières à l'étude pour la gestion des déchets du parc de réacteurs à eau sous pression.

Si le projet est décidé, les premiers déchets d'exploitation seront générés à l'horizon 2035 au démarrage des installations, et ceux liés à la déconstruction à l'horizon 2100. Les premiers combustibles usés issus des EPR2 pourraient commencer à être évacués en piscine d'entreposage à l'horizon 2045.

Première évaluation de la gestion des déchets radioactifs TFA et FMA-VC issus des six EPR2

L'augmentation des volumes de déchets qui serait associée à l'intégration des déchets des six EPR2 est de 5 % pour les FMA-VC et les TFA.

Compte tenu des capacités actuelles des centres de stockage TFA et FMA-VC, des augmentations de capacités (par extension ou création) seront nécessaires, indépendamment de la décision concernant le programme de construction de nouveaux réacteurs EPR2. La temporalité de ces augmentations de capacité dépend de multiples facteurs, mais EDF estime, à ce jour, qu'elles se situeront vers 2040 pour le Cires¹⁴ (pour la capacité actuelle de 650 000 mètres cubes) et vers 2060 pour le CSA.

De nouvelles capacités devront donc être mises en service, et elles seront dimensionnées pour prendre en compte les déchets radioactifs des réacteurs alors existants (en exploitation ou en déconstruction) ou en projet. À cet effet, les schémas industriels des centres de stockage sont élaborés et régulièrement mis à jour par l'Andra, en coordination avec les producteurs de déchets, dans le cadre du PNGMDR.

Première évaluation de la gestion des déchets MAVL et HA issus des six EPR2

Le projet Cigéo est conçu pour être progressif et adaptable, afin de prendre en compte les évolutions de la politique énergétique nationale et les évolutions technologiques. Les études préliminaires menées par l'Andra, dans le cadre des travaux relatifs au nouveau nucléaire, montrent que si le centre de stockage Cigéo devait, le moment venu, accueillir les

Les déchets radioactifs qui seront produits par l'exploitation et la déconstruction de six EPR2 seront de même nature que ceux du parc actuel. Ils pourront donc être gérés en continuité dans les filières existantes, et dans les filières à l'étude pour la gestion des déchets du parc de réacteurs à eau sous pression.

12. Le provisionnement se fera progressivement selon le calendrier de chargement du combustible de chaque réacteur.
13. Sur la base d'un taux réel de 2,2 % par an et pour une durée de fonctionnement de 60 ans.
14. Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (andra.fr).

déchets HA et MA-VL générés par les six EPR2, en plus de ceux générés par le parc actuel et à caractéristiques similaires, l'emprise souterraine des ouvrages serait augmentée. Toutefois, cette augmentation ne présente pas de sujets rédhitoires identifiés à ce stade, notamment quant à la capacité de la couche d'argile à accueillir les déchets HA et MA-VL supplémentaires : les exigences de sûreté en exploitation et à long terme seraient respectées. L'emprise augmentée pourrait avoir des impacts notamment sur la conception du stockage (sans en remettre en cause les grands principes), ou sur l'allongement de la durée de fonctionnement de Cigéo.

En lien avec les délais de production et d'expédition des déchets produits par les réacteurs EPR2, des études complémentaires pourront être menées, en particulier sur la stratégie de déploiement du centre de stockage. Ces études prendront en compte l'évolution de la distribution spatiale des ouvrages souterrains, et l'adaptation de la stratégie de maintenance et gestion des ouvrages souterrains.

Modalités de prise en compte de ces déchets dans le PNGMDR

Si le programme EPR2 se poursuit, les déchets radioactifs associés seront alors comptabilisés dans les inventaires de déchets à venir, pour prise en charge par les filières de gestion existantes et à venir. Cette intégration se réalisera par la prise en compte des données sur les déchets des six EPR2 dans une future version du PNGMDR.

Cette future version devrait également intégrer les évolutions de choix de politique énergétique, qui pourraient être prises dans le cadre de la Programmation pluriannuelle de l'énergie.



CE QUE DIT LE RAPPORT DE L'ÉTAT À LA SUITE DE L'INSTRUCTION DES « CONDITIONS TECHNIQUES ET ÉCONOMIQUES D'UNE DÉCISION DE CONSTRUCTION DE NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES DE GRANDE PUISSANCE DE TECHNOLOGIE EPR2 »

Les conséquences d'un programme de six EPR2 sur le cycle de combustible et la gestion des déchets radioactifs seraient les suivantes :

« Les déchets qui seraient produits par de nouveaux réacteurs de type EPR2 sont similaires à ceux déjà produits par le fonctionnement du parc de réacteurs nucléaires actuel.

Pour les déchets les moins radioactifs, les besoins de stockage d'ores et déjà identifiés, que ce soit en matière de volume ou de capacités radiologiques et physico-chimiques, pour accueillir les déchets du parc existant ne sont pas remis en cause pour une quantité de déchets équivalant au déploiement de six réacteurs EPR2.

Pour les déchets les plus radioactifs (destinés au stockage géologique profond), il n'est pas identifié, à ce stade, d'éléments rédhitoires à leur accueil dans le centre Cigéo. »

Par ailleurs, il semble important de rappeler également, comme le précise le rapport, que « ces analyses restent prospectives dans la mesure où les enjeux de la gestion à long terme des déchets radioactifs générés par de nouveaux réacteurs sont à mettre en regard des dates prévisionnelles de mise en stockage des déchets qu'ils produiraient : production des déchets de démantèlement à la fin du siècle en cours et stockage géologique des déchets les plus radioactifs à l'horizon du début du siècle prochain ».

3.4 UN RÉACTEUR CONÇU POUR LE SIÈCLE À VENIR QUI INTÈGRE LES EFFETS PRÉVISIBLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

3.4.1 Le changement climatique

Le changement climatique est avéré, les rapports du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) le montrent et étudient plusieurs trajectoires possibles d'évolution selon les scénarios envisageables d'émissions mondiales de gaz à effet de serre.

Ces trajectoires partent sur différents scénarios correspondants aux futurs possibles. Comme les installations EPR2 sont amenées à fonctionner jusqu'à l'horizon 2100, elles sont exposées aux conséquences à long terme du changement climatique. C'est pourquoi le changement climatique a été pris en compte dès la conception pour le palier EPR2.

3.4.2 Les démarches de veille et d'analyse réalisées par EDF

◆ La démarche de veille climatique à EDF

Pour permettre d'intégrer au mieux les évolutions prévisibles du climat, EDF s'est doté d'un service climatique en 2016. Il assure une veille et analyse des données issues du GIEC et des services climatiques institutionnels comme Météo France, afin d'en tirer les données pertinentes pour les différentes installations de production d'électricité d'EDF.

Pour chaque CNPE, le service climatique réalise des projections régionalisées permettant d'obtenir les évolutions hydroclimatiques à des horizons de temps adaptés aux projets nucléaires, et des projections en climat futur (température de l'eau, de l'air et débit des cours d'eau) au droit des sites en exploitation.

Ces données sont réactualisées tous les cinq ans. Elles permettent de vérifier les évolutions concernant les aléas climatiques, afin de les comparer aux références prises dans les études de sûreté et de les mettre à jour, le cas échéant. L'objectif, *in fine*, est de s'assurer que les protections contre la canicule, les inondations ou le manque d'eau sont suffisantes.

Pour les études d'impact sur l'environnement, qui sont actualisées tous les dix ans, ce sont les projections hydroclimatiques qui sont prises en compte. Elles permettent d'actualiser les analyses d'incidence sur l'environnement des installations.

◆ La démarche ADAPT

Le projet ADAPT pour « adaptation au dérèglement climatique » est une démarche mise en place depuis 2018. Elle va au-delà du travail d'ingénierie pour tenir compte du caractère évolutif du changement climatique, et surtout de son caractère systémique.

Cette démarche est construite autour de plusieurs enjeux :

- **la compréhension des phénomènes climatiques** afin de traduire les différents travaux (dont ceux du GIEC) sur les territoires, de challenger les études scientifiques et les méthodes afin de trouver un langage commun qui permette, dès à présent, d'imaginer les futurs possibles ;
- **l'évaluation des impacts** en s'appuyant notamment sur des territoires de référence, déjà soumis aux conditions climatiques projetées, et en construisant des scénarios extrêmes sur la base de cas d'études grandeur nature. Un exercice est mené pour la centrale de Chooz depuis 2020 par la R&D d'EDF. Les premiers résultats permettent d'avoir une vision de la situation à l'horizon 2050.

Ces travaux ont pour objectifs de mobiliser et d'agir en sensibilisant les territoires à mener des actions collectives en préservant la biodiversité.

.....

Pour permettre d'intégrer au mieux les évolutions prévisibles du climat, EDF s'est doté d'un service climatique en 2016.

.....

3.4.3 La prise en compte du changement climatique à la conception pour le palier EPR2

Les réacteurs EPR2 sont conçus pour être résilients au changement climatique sur toute leur durée de fonctionnement de 60 ans.

Les réacteurs EPR2 sont conçus pour être résilients au changement climatique sur toute leur durée de fonctionnement de 60 ans.

La conception tient compte de l'évolution des valeurs d'agressions externes, particulièrement pour ce qui concerne les températures d'air et d'eau, ainsi que les niveaux d'eau permettant de caler le niveau de la plateforme accueillant les installations.

Les données utilisées s'appuient sur les travaux de la veille climatique assurée par EDF sur la base de scénarios du GIEC. Ainsi, certaines des données de base de conception intègrent les évolutions estimées jusqu'à la fin du siècle (températures d'air, niveau marin haut, par exemple) avec des marges qui rendront l'installation résiliente à une aggravation ultérieure.

Le projet distingue les données nécessaires à la conception des systèmes intervenant dans la démonstration de sûreté, des données de conception, moins sévères, des systèmes utiles au fonctionnement normal pour lesquels les exigences de résilience au changement climatique sont moindres. Pour ces dernières, des mesures d'exploitation pourront être prises, en toute sûreté, durant les périodes de conditions climatiques extrêmes.

- La conception de l'EPR2 intègre des évaluations des aléas associés :
- **au niveau marin le plus haut** qui, à partir du niveau maximal théorique (coefficient 120) intègre d'une part, une surcote millénale (c'est-à-dire un événement exceptionnel qui n'a lieu que tous les 1000 ans), et d'autre part, une évaluation de l'évolution du niveau marin ;
 - **au niveau d'étiage** (plus basses eaux) : prise en compte du débit millénal avec un facteur de minoration ;
 - **aux températures chaudes** (air et eau) : évaluations sur la base des modèles climatiques utilisant les données des scénarios du GIEC.

Les autorisations demandées par le projet en termes de rejets thermiques intégreront aussi les effets du changement climatique, sous deux volets :

- intégration du changement climatique dans les limites thermiques des autorisations de rejet ;
- conception de systèmes spécifiquement dédiés à la limitation de l'apport thermique en rivière (aéroréfrigérant de purge), afin de limiter l'impact environnemental du fonctionnement des réacteurs en cas de faible débit des rivières, qui serait dû, par exemple, à une sécheresse.

Ces autorisations se basent sur les dossiers réglementaires à fournir (cf. § 5), notamment le rapport préliminaire de sûreté et l'étude d'impact environnemental, qui prennent bien en compte les données disponibles sur le changement climatique, sur la base des scénarios du GIEC.

◆ Études de sûreté

Le changement climatique est pris en compte dans la conception et le dimensionnement des moyens de protection contre les agressions, qui font partie intégrante de la démonstration de sûreté relative à la protection contre les agressions. La manière dont il est pris en compte dépend de la famille d'agressions.

Concernant le projet EPR2, la logique industrielle retenue est, dans un souci d'optimisation des études, de définir un design générique adapté à la plupart des sites d'implantation possibles en France. Ce design générique intègre des marges afin de réduire le risque de devoir le modifier dans le futur.

Concernant l'implantation d'une centrale nucléaire sur un site particulier, on vérifie que les caractéristiques de ce dernier sont enveloppées par celles du design générique. Si ce n'est pas le cas, des études complémentaires sont réalisées pour déterminer si des évolutions de conception ou de contraintes d'implantations (exemple : modification du niveau de plateforme) sont nécessaires.

Ce design générique repose — pour les agressions dont l'évolution est certaine et peut être projetée — sur la prise en compte du scénario de changement climatique pénalisant. Des marges de conception sont également prises en compte afin de couvrir les incertitudes liées à l'évolution des connaissances ou des tendances futures.

- Au final, et à titre d'exemple pour le projet EPR2 :
- pour les sites prévus en bord de mer : une marge de conception de 1 mètre est actuellement prise, en plus des conservatismes liés à l'intégration d'un niveau d'aléas extrême pour couvrir les impacts du changement climatique sur la hausse du niveau de la mer ;
 - pour tous les sites : il existe une source froide diversifiée indépendante de la source froide naturelle principale, basée sur un aéroréfrigérant du type de celui existant sur la centrale de Civaux. Cette source froide dispose de sa propre réserve d'eau permettant de refroidir le cœur, en cas d'accident, de façon autonome sur plusieurs jours.

◆ Études environnementales

Le changement climatique est pris en compte dans l'étude d'impact environnemental de l'EPR2. Ces éléments font partie intégrante de la démonstration de maîtrise des inconvénients, conformément aux exigences réglementaires, qui demandent une description « des incidences du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique » (article R. 122-5 du Code de l'environnement).

- Les études d'impact environnemental sont nécessairement spécifiques au site sur lequel s'implante une centrale nucléaire. Dans le cadre d'un projet neuf tel que l'EPR2, l'étude d'impact environnemental va notamment répondre aux enjeux suivants :
- **évaluation des besoins en prélèvements d'eau** et pour la dilution des rejets liquides, en regard :
 - de la disponibilité de la ressource en eau (en rivière) et de son évolution prévisible en climat futur, à la fois en termes quantitatifs et qualitatifs (débits des cours d'eau et températures d'eau) ;
 - des incidences sur l'environnement, notamment sur le milieu aquatique ;
 - **justification de la robustesse de la démonstration de maîtrise des inconvénients sur la durée de vie du projet.**

À la suite de l'instruction de l'étude d'impact, des autorisations de prélèvements d'eau et rejets (notamment les rejets thermiques) sont accordées pour le fonctionnement normal de l'installation.

Dans le cadre de ces études, des adaptations peuvent être identifiées durant la phase de conception (optimisation de la localisation des points de rejet ou de gestion de la ressource en eau, par exemple), ainsi que dans la définition des demandes d'autorisations de prélèvements d'eau et de rejets. L'étude d'impact est ensuite réalisée sur la base de ces choix optimisés, à la fois en termes de conception, d'incidences environnementales et de demande de limites réglementaires.

L'état initial de l'étude d'impact se base notamment sur une caractérisation de l'évolution du milieu naturel en l'absence du projet. Des projections hydroclimatiques sont réalisées sur les principaux paramètres influençant l'analyse des incidences sur l'environnement (débit des cours d'eau ou températures d'eau, par exemple). Ces projections sont réalisées sur la base des données scientifiques disponibles (exemples : données du GIEC ou données de Météo France) et en définissant des hypothèses adaptées, pour disposer des résultats d'évolutions futures de ces paramètres au droit du site considéré.

◆ Volet performance

Le changement climatique est pris en compte dans le dimensionnement des systèmes nécessaires à la production, susceptibles d'être impactés par les effets du changement climatique. Ces systèmes vont contribuer directement aux performances de la centrale en termes de production (et donc de disponibilité). À titre d'illustration, les études de conception de la station de pompage de production intègrent les effets du changement climatique, ce qui a un impact direct sur les dimensions des équipements (tambours filtrants, etc.) et du bâtiment.

Le changement climatique est pris en compte dans l'étude d'impact environnemental de l'EPR2.

◆ *Prise en compte du changement climatique pour une installation EPR2 en bord de rivière*

Au-delà de la prise en compte du changement climatique dans la conception des parties génériques de l'installation EPR2 (bâtiment réacteur), la partie refroidissement des installations, qui dépend de la source froide disponible (mer ou fleuve), nécessite une conception spécifique au site.

Pour les sites en bord de rivière, cette conception fait l'objet d'une attention particulière quant à la prise en compte des températures d'air et d'eau, et des étiages (faibles débits des rivières en cas de sécheresse).

Compte tenu de l'avancement des études de conception de la source froide de l'EPR2 pour les sites en bord de rivière, il est uniquement possible, à ce stade, de donner les ordres de grandeurs des prélèvements en rivière nécessaires au fonctionnement des deux réacteurs EPR2 : environ 10 mètres cubes par seconde de prélèvements en rivière (dont 8 mètres cubes par seconde sont restitués), soit un débit plus de dix fois inférieur à celui d'une installation en bord de mer (où toute l'eau est restituée). Ce gain est notamment obtenu par l'utilisation de tours aéroréfrigérantes pour le refroidissement.

3.4.4 Un réacteur de forte puissance électrique et manœuvrable pour s'insérer dans le mix électrique de demain

Le développement des énergies renouvelables (EnR), dans le cadre de la Programmation pluriannuelle de l'énergie, fait évoluer les caractéristiques du mix énergétique, notamment sa composante solaire. Cette tendance fait déjà sentir des effets croissants dans l'exploitation du parc nucléaire actuel, dont la capacité de modulation — qui tient compte du rapport température / consommation d'électricité — est de plus en plus mise à contribution pour compenser la variabilité des EnR. Les situations jusqu'à présent exceptionnelles de forte modulation lors de week-ends ensoleillés ou venteux (à l'image du 17 mars 2019 où 20 gigawatts de modulation étaient enregistrés au regard des 61 gigawatts de puissance installée du parc), vont croître pour permettre d'assurer l'équilibre global production / consommation. La crise de la Covid a d'ailleurs constitué un cas pratique de l'enjeu de la modulation du parc nucléaire dans une situation de baisse de la demande, conjuguée aux effets de la production éolienne.

Les nouveaux EPR2 devront donc s'insérer dans un mix comportant une proportion importante d'énergies renouvelables caractérisées par leur variabilité (cf. § 1.1.2). La question de la manœuvrabilité des réacteurs EPR2 a été prise en compte dès le début de la conception. L'EPR2 est ainsi capable de réaliser sept baisses journalières de 100 % Pn¹⁵ à 25 % Pn par semaine, ou quatre baisses de 100 % Pn à 25 % Pn suivies d'un arrêt de type 48 heures :

- jusqu'à 65 % d'avancement dans le cycle d'usure du combustible (18 mois), sans condition de placement d'arrêts entre les unités d'une même paire ;
- jusqu'à 80 % en considérant un décalage de six mois entre les arrêts des deux unités d'une même paire vis-à-vis des capacités de traitement.

.....
Les nouveaux EPR2 devront s'insérer dans un mix comportant une proportion importante d'énergies renouvelables caractérisées par leur variabilité.

15. Pn = puissance nominale, soit la puissance maximale du réacteur, c'est-à-dire 1670 mégawatts électriques.

3.5 LES ALTERNATIVES AU RÉACTEUR EPR2

Le réacteur EPR2 proposé par EDF pour le programme de nouveau nucléaire en France est :

- un réacteur s'appuyant sur une technologie française ;
- un réacteur dans le continuum des réacteurs à eau pressurisée exploités par EDF, et de l'optimisation du réacteur EPR, avec un haut niveau de sûreté à la conception ;
- un réacteur de forte puissance.

Chacune de ces caractéristiques appelle des alternatives développées ci-après.

3.5.1 Alternatives à un réacteur de technologie française

◆ *Les technologies de nouveaux réacteurs nucléaires actuellement disponibles dans le monde*

Entre 1970 et 1999, les trois quarts des nouvelles capacités nucléaires se situaient en Amérique du Nord et en Europe. Cette même proportion concerne la Chine et la Russie entre les années 2000 et 2019. Cette deuxième vague mondiale d'installations de capacités électronucléaires a déjà connu un record en 2020, avec une cinquantaine de réacteurs en construction. Au milieu des années 2030, on estime que la capacité électronucléaire des pays émergents devrait dépasser celle des économies matures. Quatre cents nouveaux réacteurs pourraient être construits dans le monde au cours des 30 prochaines années.

Trois grands acteurs étrangers — la Chine, la Russie, les États-Unis (et, dans une moindre mesure, la Corée du Sud) — se distinguent, et sont en capacité de proposer des réacteurs nucléaires.

Le HPR-1000¹⁶ chinois

La décennie 2010-2020 aura vu l'avènement de l'industrie nucléaire chinoise autonome. Lancé sur la mise en service d'une trentaine de réacteurs de Génération 2, le programme s'est brièvement interrompu en 2011, à la suite de l'accident de Fukushima. La Chine a alors décidé de passer à des réacteurs de Génération 3, et a mis en compétition deux technologies : l'EPR français et l'AP1000 américain. Un premier réacteur de chaque a été mis en service en 2018.

Dans l'intervalle, la Chine a poursuivi la construction de son autonomie et la mise au point d'une technologie propre : le Hualong, dit HPR-1000. Avec la mise en service du premier réacteur Hualong à Fuqing, fin 2020, elle dispose désormais d'une technologie domestique sur laquelle repose l'ambition affichée par ses instances politiques, tant en matière d'équipement domestique que de déploiement international.

La décennie 2020 sera celle du déploiement des réacteurs nucléaires de Génération 3 en Chine. Le projet de 14^e plan quinquennal affiche l'objectif de 72 gigawatts de puissance électronucléaire installée en 2025. China Huaneng Group a d'ores et déjà élargi le cercle des électriciens nucléaires en se voyant attribuer la conduite d'un projet de réacteurs Hualong. Avec 50 gigawatts en fonctionnement et 21 gigawatts supplémentaires approuvés fin 2020, le pays est sur le point d'atteindre le deuxième rang mondial en termes de capacité nucléaire installée, derrière les États-Unis et devant la France. La première place devrait lui revenir d'ici à la fin de la décennie, avec 137 gigawatts en 2030, puis 200 gigawatts en 2035, moyennant six à huit nouveaux réacteurs par an.

16. http://en.cgnpc.com.cn/encgn/c100048/business_tt.shtml

.....
Trois grands acteurs étrangers se distinguent et sont en capacité de proposer des réacteurs nucléaires : la Chine, la Russie et les États-Unis.

Dans le même temps, avec le même tissu scientifique et industriel, la Chine poursuivra ses efforts de recherche et de développement dans des voies complémentaires de l'exploitation de l'énergie nucléaire, telles que les SMR, les surgénérateurs, les réacteurs à haute température et la fusion.

Le VVER-1200¹⁷ russe

Depuis le début des années 2000, la Russie a rationalisé et réorganisé son secteur industriel en charge de la maîtrise et de la mise en œuvre des technologies nucléaires. C'est vrai, en particulier, dans le cycle du combustible et dans la production d'électricité (conception, fabrication de composants, construction, services à l'exploitant...). Le ministère de l'Énergie atomique, devenu le complexe industriel public Rosatom, bénéficie du soutien du budget fédéral. Le secteur nucléaire russe a pu relancer des investissements industriels sur le territoire fédéral, et financer, par le biais d'accords intergouvernementaux, la réalisation de centres de recherche et de centrales nucléaires dans plusieurs pays étrangers.

L'URSS avait développé des réacteurs à eau bouillante de type RBMK, des réacteurs à eau sous pression de type VVER, ainsi que des réacteurs à neutrons rapides prototypes. Après la remise en cause de la technologie RBMK, à la suite de l'accident survenu à Tchernobyl en 1986, la Russie a fait le choix de remplacer ses centrales RBMK par des VVER, et de développer sa technologie de Génération 3 à partir de cette filière. Dans la dynamique de ce programme domestique, la Russie a mobilisé Rosatom sur une stratégie d'exportation auprès de pays d'importance géopolitique. Dans les années 2010, la Russie est ainsi devenue le premier exportateur de réacteurs nucléaires, avec actuellement 35 réacteurs en développement dans 12 pays, dont sept sont effectivement en cours de construction à l'étranger.

L'AP1000¹⁸ américain

Dans un rapport du *Department of Energy* en avril 2020, les États-Unis soulignent l'enjeu géostratégique attaché à la maîtrise de la technologie nucléaire, tout particulièrement pour assurer la sécurité de l'approvisionnement énergétique des activités régaliennes et de souveraineté. Ils affirment fortement leur volonté de « *restaurer l'avantage compétitif américain* » dans l'énergie nucléaire sur la scène mondiale. Ce regain d'intérêt fait écho aux dynamismes chinois et russe, et au nombre croissant de pays affichant le projet d'entreprendre un programme électronucléaire.

L'ambition de restaurer un *leadership* qui s'était érodé à partir des années 1980 dans la compétition des réacteurs de forte puissance, s'appuie sur une stratégie de saut technologique concentré sur le développement des *Small Modular Reactors*. Les États-Unis avaient déjà poursuivi une stratégie similaire dans les années 1990 : ils proposaient une « Génération 3 » de réacteurs nucléaires à partir du développement du modèle AP600 — devenu AP1000 — de Westinghouse, basé sur le concept de sûreté passive.

Depuis, l'évolution du marché des réacteurs de Génération 3 a démontré l'avantage compétitif des pays bénéficiant d'une filière industrielle portée par un programme domestique de constructions neuves.

◆ Des alternatives au détriment des intérêts de la collectivité en termes de maîtrise de la technologie nucléaire, de souveraineté et de retombées économiques

Dans l'éventualité du choix d'une technologie de réacteur nucléaire étranger pour le programme envisagé en France, que ce soit le HPR-1000 chinois, le VVER-1200 russe, l'AP1000 américain ou l'APR-1400 coréen, les conséquences seraient les suivantes :

- ces réacteurs relèvent tous de pays extra-européens qui n'apportent pas les garanties nécessaires en termes de capacité d'adaptation aux exigences réglementaires applicables en France. Ils nécessitent, par ailleurs, un transfert de compétences et de droits de propriété ;
- ces technologies extra-communautaires ne présentent pas de potentiel de performance opérationnelle et économique accru par rapport à l'EPR. C'est notamment ce qu'ont montré les constructions simultanées de l'EPR et de l'AP1000 dans un même environnement chinois ;

17. <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/0be/0be1220af25741375138ecd1afb18743.pdf>

18. <https://www.westinghousenuclear.com/new-plants/ap1000-pwr>

- intrinsèquement, ces technologies correspondent également à des réacteurs de puissance plus faible, augmentant ainsi le nombre de projets à réaliser et le besoin global de foncier pour atteindre les 13 à 27 gigawatts électriques de nouvelles capacités nucléaires installées, envisagées dans les scénarios N de RTE ;
- leur adoption en France conduirait à un effort important d'adaptation de l'écosystème nucléaire français à leurs caractéristiques, et de leur design aux exigences réglementaires et aux caractéristiques de l'environnement industriel français. Elle passerait par plusieurs étapes, qui pourraient faire perdre au moins six ou sept ans sur le planning de mise en service de ces installations, alors même que le rapport *Futurs énergétiques 2050* de RTE souligne la nécessité de décider rapidement ;
- à ce processus de conception et d'instruction par l'ASN, s'ajouterait l'effort de formation des ingénieurs, exploitants et fournisseurs, et des experts de l'Autorité de sûreté ;
- un tel basculement supposerait de lourds investissements au sein de la filière industrielle pour adapter son outil et le rendre compatible avec la nouvelle filière, au prix d'un délai, de surcoûts et de risques induits ;
- le choix d'une technologie étrangère, *a fortiori* dans le contexte géopolitique actuel qui écarte de fait le choix du modèle russe, réinterrogerait la souveraineté française à l'heure d'enjeux de gouvernance et de sécurité d'approvisionnement accrus. Cela réduirait les marges de manœuvre de la filière nucléaire française dans le déploiement d'un programme, les retombées économiques seraient moindres, et le maintien des compétences spécifiques au nucléaire pourrait être menacé.

Ce choix technologique entraverait enfin la dynamique engagée en France de reconstitution de la capacité industrielle à construire des réacteurs nucléaires au niveau de performance souhaitée. Cela pourrait même déstabiliser la maîtrise industrielle nécessaire à la garantie de la sûreté nucléaire. Une telle perspective serait au détriment des intérêts de la collectivité en termes de maîtrise de la technologie nucléaire dans ses différentes applications, de souveraineté et de retombées économiques.

➔ En conclusion, le choix d'une technologie française pour le programme de nouveaux réacteurs nucléaires envisagé en France, permet de s'appuyer sur une référence déjà en service commercial, et dont la mise en œuvre dans le contexte national est possible rapidement.

3.5.2 Alternatives à ne pas se placer dans le continuum des réacteurs à eau pressurisée exploités par EDF et de l'optimisation du réacteur EPR, avec un haut niveau de sûreté à la conception

◆ L'amélioration continue de la sûreté impliquant de s'appuyer sur la dernière génération de réacteurs

La sûreté nucléaire française repose sur le principe de l'amélioration continue, et c'est sur ce principe fondamental que le parc nucléaire français a été construit et exploité. De fait, les réacteurs nucléaires exploités par EDF en France ont bénéficié de cette amélioration continue, en particulier à travers les réexamens de sûreté décennaux se traduisant par des améliorations introduites lors des visites décennales.

Pour le quatrième réexamen périodique des réacteurs 900 mégawatts électriques, EDF a retenu comme orientation générale de tendre vers les objectifs de sûreté nucléaire fixés pour les réacteurs de dernière génération, dont le réacteur de référence EDF est l'EPR de Flamanville 3. Une concertation volontaire¹⁹ sur ce sujet a été organisée par le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN), du 6 septembre 2018 au 31 mars 2019.

En faisant le choix de s'appuyer sur la technologie française, fruit de l'amélioration continue des réacteurs à eau pressurisée, et sur des réacteurs de forte puissance de type EPR bénéficiant du plus haut niveau de sûreté, la décision d'un réacteur de dernière génération s'impose pour engager un programme de nouveaux réacteurs en France sur la période 2020-2030.

19. La concertation.

.....

La sûreté nucléaire française repose sur le principe de l'amélioration continue, et c'est sur ce principe fondamental que le parc nucléaire français a été construit et exploité.

.....

◆ *Une amélioration nécessaire avec l'EPR2 pour tirer parti du retour d'expérience du réacteur EPR*

Le réacteur EPR2 bénéficie du haut niveau de sûreté à la conception du réacteur EPR, en répliquant largement ses caractéristiques technologiques au niveau de la chaudière nucléaire, du groupe turbo-alternateur et des principaux composants. Plus largement, cela lui permet de tirer pleinement parti de l'expérience de la filière nucléaire française dans la construction des projets d'EPR récents et de sa montée en compétences.

Pour autant, le modèle EPR2 intègre également des modifications du design de l'EPR, afin d'en faciliter la construction et l'industrialisation, au bénéfice des coûts et des délais de mise en œuvre. Dans sa conception, le réacteur EPR2 est pensé pour être construit par paire, afin de gagner en efficacité lors de la construction du deuxième réacteur sur le même site.

➔ Choisir de rester sur le modèle EPR, sans y apporter d'amélioration, reviendrait à ne pas prendre en compte le retour d'expérience de construction de l'EPR de Flamanville et des autres EPR dans le monde. Ce serait se priver, notamment, des améliorations attendues du modèle EPR2 en termes de coût et de délais de mise en œuvre.

3.5.3 Alternatives à un réacteur de forte puissance

◆ *Le SMR français NUWARD™*

En France, un modèle de SMR (Small Modular Reactor) est aussi en cours de développement, sous le pilotage d'EDF. Le projet NUWARD™ a été initié par EDF en tant que projet industriel en 2019, sur la base de travaux de R&D réalisés dès le début de la décennie voire antérieurement par les partenaires du projet TechnicAtome, le CEA, Naval Group et EDF.

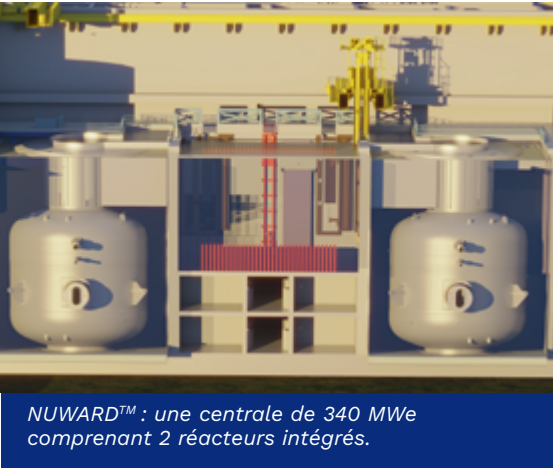
NUWARD™ est une centrale nucléaire de petite taille, basée sur la technologie éprouvée des réacteurs à eau pressurisée, et constituée de deux unités de 170 MW chacun (de l'ordre de 10 fois moins qu'un EPR2) soit 340 MW. Elle a vocation à compléter la gamme de réacteurs d'EDF pour répondre à une demande mondiale fortement croissante de moyens de production d'électricité pilotables et décarbonés à partir de 2030. Elle vise en particulier le remplacement d'unités de production charbon ou gaz et la croissance des usages de l'électricité.

Tout en s'appuyant sur des technologies éprouvées, NUWARD™ intègre dans sa conception :

- **des innovations technologiques** visant à atteindre une très forte intégration du réacteur dans la cuve ;
- **une enceinte de confinement métallique immergée** associée à des systèmes de refroidissement passifs garantissant une autonomie de plusieurs jours en situation accidentelle ;
- **un bâtiment abritant l'îlot nucléaire semi-enterré**, lui assurant ainsi une protection contre les agressions externes ;
- **une standardisation des équipements** et une modularisation des principales fonctions et systèmes pour bénéficier d'effets de série et optimiser la construction sur site.

Pour atteindre ses objectifs de compétitivité, le réacteur NUWARD™ sera constitué d'un nombre limité de modules, fabriqués et testés en usine, permettant de tirer parti de la standardisation et de l'effet de série.

En fonction de la stratégie de transfert de technologie et de la maturité de l'industrie locale, certaines parties non nucléaires de la centrale pourraient être fabriquées localement, par exemple le système de refroidissement par eau, une partie des travaux de génie civil, les turbines et le dispositif de manutention.



NUWARD™ : une centrale de 340 MWe comprenant 2 réacteurs intégrés.

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU SMR NUWARD™

- Puissance nominale de 340 mégawatts électriques (deux réacteurs intégrés de 540 mégawatts thermiques, combustible UO₂ enrichi à moins de 5 %).
- Design modulaire et standardisé, pour un assemblage en usine et un délai de chantier réduit au maximum.
- Sûreté passive permettant l'absence de contre-mesures au-delà des limites du site (y compris en postulant une situation accidentelle).
- Conception internationale pour satisfaire les exigences de multiples autorités de sûreté sans redesign important.
- Cible de premier béton de la centrale de référence en France en 2030.
- Conception polyvalente pour l'usage en cogénération, production d'hydrogène, dessalement, capture et valorisation du CO₂.
- Optimisation de l'intégration dans le paysage et de l'impact environnemental.

◆ *Une alternative pensée pour l'export qui pourrait intervenir en complément des réacteurs de forte puissance pour la France*

Marchés du SMR NUWARD™

Certains pays ont des besoins de production d'électricité décarbonée dans une gamme de puissance 200-400 MW, et disposent de réseaux de taille moyenne, c'est-à-dire qu'ils ne leur permettent pas d'introduire des moyens de production très centralisés. De plus, leur capacité d'investissement est parfois limitée, de l'ordre du milliard d'euros. Dans ces pays, les SMR pourraient donc représenter une solution de production d'électricité décarbonée adaptée. NUWARD™ est par conséquent un produit résolument tourné vers l'export, et vise notamment le remplacement des centrales à charbon ou gaz.

Au-delà de la fourniture d'électricité, les SMR permettent de répondre à d'autres besoins. Afin de servir les besoins liés à la mobilité, en croissance, le SMR peut être dédié à alimenter un électrolyseur et donc produire de l'Hydrogène. Il est également possible d'envisager de la cogénération, et d'alimenter en chaleur des villes ou des industries comme la chimie, l'agroalimentaire ou la sidérurgie. Enfin, un SMR peut également être exploité pour produire de l'eau douce, par exemple dans les pays du Moyen-Orient où cette ressource est rare. Ces différentes applications servent des besoins du marché tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre, au-delà de la production électrique.

Maturité du design NUWARD™

La conception est à un stade beaucoup moins avancé que les réacteurs de forte puissance, puisque le projet est en phase d'avant-projet sommaire (ou conceptual design) jusqu'au fin 2022 / début 2023, une phase de sélection et de prédimensionnement des grandes options d'architecture de la centrale. Des études importantes sont encore nécessaires en phase d'avant-projet détaillé (ou *basic design*) pour confirmer dans les années à venir la performance de la centrale, sa compétitivité et sa démonstration de sûreté. Pour contribuer à l'atteinte de la neutralité carbone, l'accélération des travaux de conception doit permettre d'initier la commercialisation à l'export à partir de 2026, tout en lançant le projet d'une centrale de référence en France dont le chantier débiterait en 2030 en France.

Du fait de ces différentes raisons et comme l'illustrent les scénarios RTE N1-3, il n'est pas envisagé de scénario de renouvellement du parc nucléaire exclusivement à partir de SMR. Dans le scénario N03, il est envisagé de compléter un palier EPR2 assurant la plus grande part de puissance décarbonée pilotable par une série de SMRs, en utilisant les sites nucléaires existants sur lesquels l'implantation d'EPR n'est pas possible ou pas prévue, celle-ci pouvant apporter quelques gigawatts en complément.

➔ Le projet objet de cette saisine, basé sur une paire de réacteurs EPR2 apporte une nouvelle capacité de production nucléaire de deux fois 1 670 MWe soit 3 340 MWe. **Pour mettre à disposition une capacité de production d'électricité équivalente, il serait nécessaire de réaliser environ dix projets de centrales SMR NUWARD™.** Cette technologie est donc plutôt envisagée en France comme une technologie complémentaire aux réacteurs de forte puissance, comme présenté dans le scénario de mix électrique N03 de RTE.

NUWARD™ est un produit résolument tourné vers l'export, et vise notamment le remplacement des centrales à charbon ou gaz.

> LISTE DES RÉFÉRENCES

- > **Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), périodes 2019-2023 et 2024-2028, entrée en vigueur le 21 avril 2020 par décret.**
<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2020/4/21/TRER2006667D/jo/texte>
<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20200422%20Programmation%20pluriannuelle%20de%20l%27e%CC%81nergie.pdf>
- > **Futurs énergétiques 2050 – RTE – 2021.**
<https://www.rte-france.com/analyses-tendances-et-prospectives/bilan-previsionnel-2050-futurs-energetiques#Lesdocuments>
- > **Travaux relatifs au nouveau nucléaire – PPE 2019-2028 – Février 2022.**
https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2022.02.18_Rapport_nucleaire.pdf
- > **Dossier du maître d'ouvrage du débat public sur la cinquième édition du PNGMDR – 2019.**
<https://pngmdr.debatpublic.fr/pngmdr/description-du-plan>
- > **Dossier de concertation piscine accessible sur**
<https://projet-piscine.edf.fr>
- > **Guide Centrales nucléaires et environnement – EDF – 2020.**
https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/producteur-industriel/nucleaire/ENVIRONNEMENT/guide_2020_-_centrales_nucleaires_et_environnement.pdf
- > **Le fonctionnement d'une centrale nucléaire**
<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/le-fonctionnement-d-une-centrale-nucleaire#:~:text=La%20fission%20des%20atomes%20d,qui%20produit%20de%20l'%C3%A9lectricit%C3%A9>
<https://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/nucleaire/essentiel-sur-fonctionnement-reacteur-nucleaire-electrogene.aspx>



CHAPITRE

4

LE PROJET DE LA PREMIÈRE PAIRE DE RÉACTEURS EPR2 DU PROGRAMME SUR LE SITE DE PENLY ET SON RACCORDEMENT AU RÉSEAU DE TRANSPORT ÉLECTRIQUE

La première paire d'EPR2 est prévue à Penly, à proximité immédiate des deux premiers réacteurs mis en service au début des années 1990. Situé en bord de mer, le site est particulièrement adapté pour l'accueil de la première paire du programme, en permettant une implantation optimisée et une empreinte environnementale limitée, au sein d'une région où la filière électronucléaire est à même de répondre au défi de ce chantier hors norme.

CHAPITRE 4

LE PROJET DE LA PREMIÈRE PAIRE DE RÉACTEURS EPR2 DU PROGRAMME SUR LE SITE DE PENLY ET SON RACCORDEMENT AU RÉSEAU DE TRANSPORT ÉLECTRIQUE

4.1	LE TERRITOIRE D’ACCUEIL DE LA PREMIERE PAIRE D'EPR2 DU PROGRAMME À PENLY	129
4.1.1	UN SITE DE PRODUCTION D’ÉLECTRICITÉ DONT L’HISTOIRE S’INSCRIT DANS CELLE DE SON TERRITOIRE	129
	• Le territoire de proximité	129
	– Le territoire d’ultra-proximité : Petit-Caux et Falaises du Talou	130
	– Des liens historiques avec le territoire dieppois	131
	– Des liens à renforcer avec la communauté de communes des Villes Sœurs	132
	• Une forte contribution du CNPE au dynamisme économique local	132
4.1.2	UN CONTEXTE TERRITORIAL FAVORABLE DANS UNE RÉGION TOURNÉE VERS LES ÉNERGIES	134
	• La Normandie : une région industrielle et exportatrice d’énergie	134
	• La Normandie, le littoral de l’énergie	135
	• Une vocation inscrite dans le SRADDET	135
	• Une vocation traduite par plusieurs projets de production d’électricité de grande ampleur	136
	• Une animation du secteur énergétique au travers de Normandie Énergies	136
	• Une filière nucléaire très développée en Normandie	136
4.2	UN SITE AUX CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES FACILITANTES	138
4.2.1	UN SITE TRÈS BIEN CONNU D’EDF	138
4.2.2	UN SITE PRÉSENTANT DE NOMBREUX ATOUTS TECHNIQUES	138
4.2.3	DES CONTRAINTES PROPRES À PENLY À PRENDRE EN COMPTE DANS LA CONCEPTION	138
4.3	LES CARACTÉRISTIQUES DU PROJET DE LA PREMIÈRE PAIRE D’EPR2 DU PROGRAMME À PENLY	140
4.3.1	LA CONCEPTION DES FUTURS RÉACTEURS EPR2 SUR LE SITE DE PENLY	140
	• Des installations spécifiques ou adaptées au site de Penly	140
	– Les installations EPR2 sur le site de Penly	140
	– Le circuit de refroidissement	141
	• Des études de sûreté qui prennent en compte les risques spécifiques au site de Penly	142

4.3.2	LE PHASAGE ET LA DESCRIPTION DES TRAVAUX ENVISAGÉS	144
	• Le planning du chantier de construction de la première paire d'EPR2 du programme à Penly	144
	• Des travaux préparatoires permettant d’intégrer les installations sur le site	145
	– Un agrandissement nécessaire de l’espace disponible	145
	– Les travaux préparatoires identifiés	145
	– Le reprofilage de la falaise : décalage du pied de falaise et création de la terrasse de préfabrication	146
	– L’agrandissement de la plateforme de front de mer	146
	– Les terrassements au niveau des futures installations	147
	• Les infrastructures de chantier	148
	– Réalisation du poste d’accès chantier	148
	– Installations et aménagements de chantier	149
	• La réalisation des ouvrages de rejet en mer	149
	• Les travaux de génie civil	150
	• Les montages électromécaniques	150
	• Les épreuves hydrauliques et essais	150
4.3.3	LES DISPOSITIONS DU CHANTIER POUR NE PAS PERTURBER L’EXPLOITATION DES RÉACTEURS EXISTANTS	150
4.4	LE RACCORDEMENT AU RÉSEAU ÉLECTRIQUE	152
4.4.1	PRÉSENTATION DE RTE	152
	• Assurer une mission de service public	152
	• Accompagner la décarbonation du pays	153
	• Le retour d’expérience en matière de raccordement de sites de production électrique	153
	• Assurer une intégration environnementale exemplaire	154
4.4.2	LA SOLUTION ENVISAGÉE DE RACCORDEMENT	154
	• Les grands principes	154
	• Le planning de réalisation des ouvrages de raccordement	154
	• L’absence de mise en œuvre du projet de création d’une paire d'EPR2	154
	• Les enjeux associés à la solution technique de raccordement	156
	• La description du milieu concerné par le raccordement	157
	• Les principaux impacts sur l’environnement et le paysage	158
	– De manière pérenne	158
	– De manière ponctuelle, en phase de travaux	160
4.4.3	LA CONTRIBUTION DE RTE AU DÉBAT PUBLIC	160
	• Les engagements et pratiques en matière d’information et de concertation	160
4.4.4	LES PROCÉDURES ASSOCIÉES À LA SOLUTION DE RACCORDEMENT	161
	• La concertation au titre de la « circulaire Fontaine »	161
	• La déclaration d’utilité publique	162
	• La loi sur l’eau (IOTA)	162
	• L’arrêté de dérogation espèces protégées	162
	• L’autorisation de défrichement	162

	• Le permis de construire	162
	• L’approbation du projet d’ouvrage (APO) / consultation des maires et des gestionnaires de Déclaration préalable de travaux (DP)	162
	• L’étude d’impact	162
4.5.	LES EFFETS DU PROJET EPR2 SUR LE TERRITOIRE	163
4.5.1	LES EFFETS SUR L’ENVIRONNEMENT	163
	• Les effets sur le milieu aquatique : prélèvements et rejets	164
	– Les enjeux liés à la préservation de la ressource en eau	164
	– Les rejets	165
	• Les rejets d’effluents radioactifs gazeux	167
	• Les incidences potentielles sur le milieu naturel, la faune et la flore	168
	• Les incidences spécifiques des activités de construction	172
	• Les effets potentiels sur le paysage	172
	• Les incidences potentielles sur le monde agricole et la pêche	175
	• La production de déchets	175
4.5.2	L’AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE POUR ACCUEILLIR LES NOUVEAUX SALARIÉS TOUT EN BÉNÉFICIAINT AUX HABITANTS	175
	• Le développement d’une offre temporaire et pérenne de logement	176
	• L’adaptation des services publics en adéquation avec les orientations de planification en matière d’urbanisme	176
	• Des adaptations à apporter aux réseaux de transport	177
	• La recherche d’une maximisation des retombées économiques locales	177
4.5.3	LE DÉFI DES COMPÉTENCES AU CŒUR DU DÉVELOPPEMENT SOCIO-ÉCONOMIQUE	177
	• L’estimation des emplois et compétences pour le projet à Penly	177
	– Estimation des effectifs du chantier	177
	– Estimation des emplois mobilisés par le projet EPR2	178
	• Les besoins liés aux unités en exploitation	179
	• Des métiers en tension	179
	• Des actions déjà engagées	180
4.5.4	UN PLAN D’ACTION DU TERRITOIRE POUR ACCOMPAGNER LE PROJET ET DÉVELOPPER LES RETOMBÉES POSITIVES POUR LE TERRITOIRE, SANS LE DÉSTABILISER	181
	• Une mobilisation de nombreux représentants du territoire	181
	• La préparation des différents thèmes associés à un dispositif Grand Chantier	182
	• Point à date du plan d’action territorial au premier semestre 2022	184
	LISTE DES RÉFÉRENCES	186

4.1 LE TERRITOIRE D’ACCUEIL DE LA PREMIÈRE PAIRE D’EPR2 DU PROGRAMME À PENLY

4.1.1 Un site de production d’électricité dont l’histoire s’inscrit dans celle de son territoire

◆ Le territoire de proximité

Le Centre nucléaire de production d’électricité (CNPE) de Penly est implanté sur la commune de Petit-Caux (Seine-Maritime) à 15 kilomètres au nord-est de Dieppe. Il occupe une superficie de 230 hectares, sur la côte de la Manche. Les travaux de construction se sont échelonnés entre 1980 et 1992, sur une zone choisie pour ses caractéristiques géologiques favorables, et la proximité de la mer comme source de refroidissement.

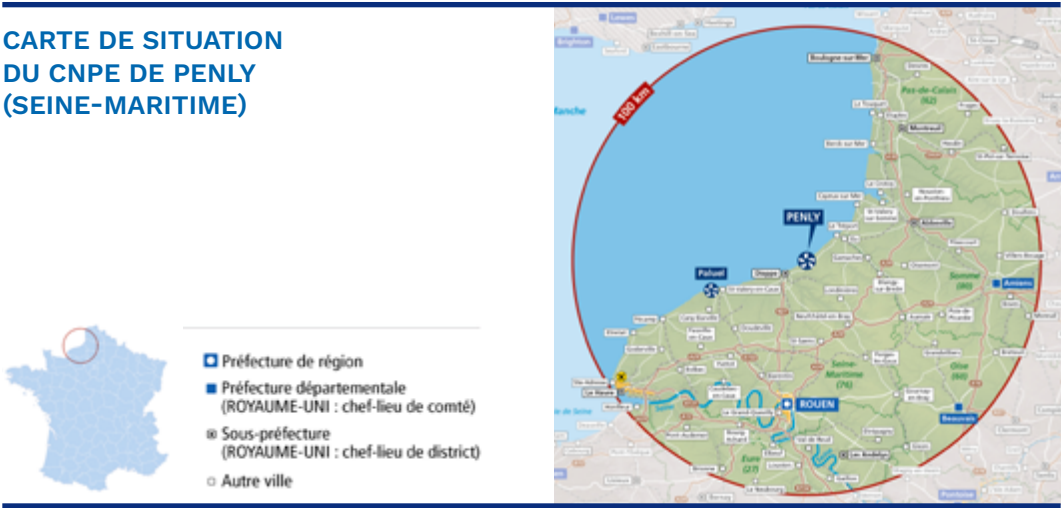
Les installations de Penly regroupent deux unités de production d’électricité de type réacteur à eau pressurisée (REP) d’une puissance de 1300 mégawatts électriques chacune, refroidies par l’eau de la Manche. La première unité de Penly a commencé à produire de l’électricité en 1990, et la seconde en 1992. L’emprise de la centrale occupe, en partie, le domaine public maritime (75 hectares), au titre d’une concession d’occupation accordée à EDF.

Le site était, dès son origine, dimensionné pour accueillir quatre réacteurs nucléaires de 1300 MWe. Il a déjà fait l’objet d’études pour accueillir deux réacteurs supplémentaires à ceux existants lors de précédents projets. Les EPR2 étant plus puissants (1 670 MWe) et prenant donc plus de place au sol que les réacteurs de 1300 MWe, des travaux préparatoires complémentaires (terrassement, notamment) seront nécessaires.

L’énergie électrique est évacuée par deux lignes à 400 000 volts qui se dirigent, l’une vers la région de Rouen (Barnabos), et l’autre vers la région d’Amiens (Argœuvres).

Le projet de réacteurs EPR2 s’intégrerait sur le foncier disponible du CNPE, mais du foncier complémentaire serait nécessaire pour pouvoir réaliser le chantier dans de bonnes conditions.

Le site était, dès son origine, dimensionné pour accueillir quatre réacteurs nucléaires de 1300 MWe. Il a déjà fait l’objet d’études pour accueillir deux réacteurs supplémentaires à ceux existants lors de précédents projets.





CNPE de Penly
(Seine-Maritime).

© EDF

Le territoire d'ultra-proximité : Petit-Caux et Falaises du Talou

L'histoire des communes en ultra-proximité est intimement liée à celle du site. En effet, ces communes ont entamé un processus de coopération avec EDF dès le projet d'implantation de la centrale, à la fin des années 1970 :

- 1978 : création d'un Syndicat intercommunal à vocation multiple (SIVOM) ;
- 24 août 1982 : création d'un district à fiscalité propre ;
- 1^{er} janvier 2002 : création de la communauté de communes du Petit-Caux ;
- 1^{er} janvier 2016 : création de la commune nouvelle de Petit-Caux.

La limite entre les communes de Saint-Martin-en-Campagne et Penly avait été réaménagée pour que deux unités de production soient situées sur chaque commune, dans le cas de la construction de quatre réacteurs.

Petit-Caux a été créée par la fusion des dix-huit communes de l'ex-communauté de communes du Petit-Caux (dont Saint-Martin-en-Campagne et Penly). Elle possède une portion littorale importante de près de 15 kilomètres allant de Bracquemont à Tocqueville-sur-Eu.

Sa population de 9 628 habitants en 2019 ne doit pas faire oublier son caractère rural ; les administrés sont répartis sur près de 90 kilomètres carrés, avec une densité de population assez faible de 106 habitants par kilomètre carré. Le territoire s'inscrit dans une double dynamique : il est à la fois tourné vers la mer par ses falaises, ses plages, mais aussi vers la terre où les plaines agricoles occupent une large part du territoire et de la population active.

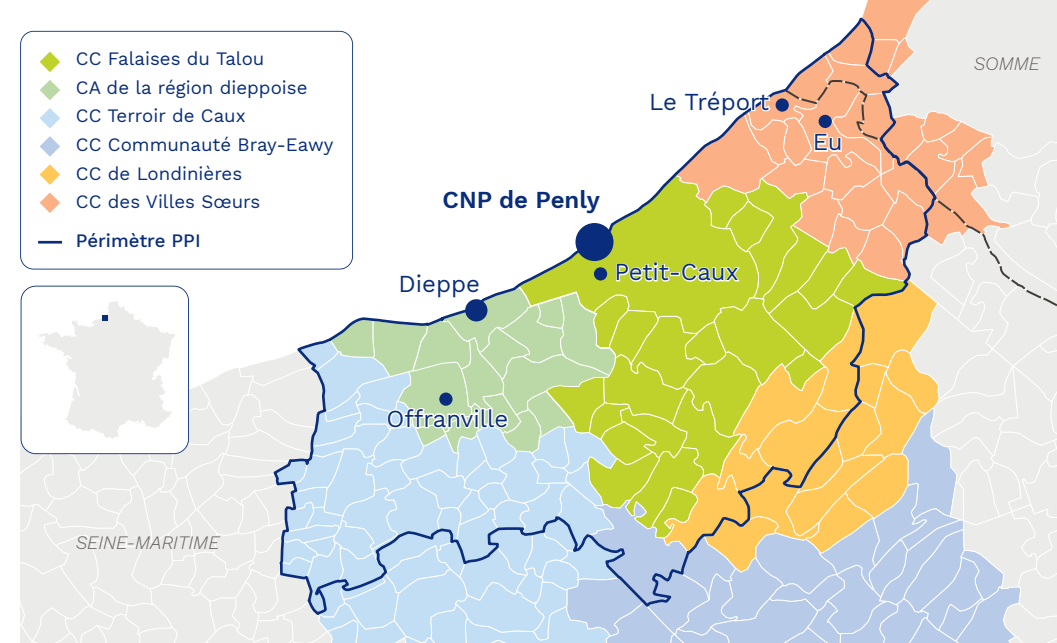
Le territoire de Petit-Caux connaît une forte croissance démographique avec environ 40 % d'augmentation de sa population entre 1999 et 2019. Ce dynamisme tranche fortement avec la stagnation démographique de l'agglomération dieppoise.

La commune de Petit-Caux en ultra-proximité du site a une population de 9 628 habitants en 2019 qui a augmenté de 40 % en 10 ans.

Le territoire de proximité de la centrale de Penly, qui inclut Petit-Caux et le CNPE, s'étend principalement sur quatre établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) :

- la communauté de communes Falaises du Talou (24 000 habitants) ;
- la communauté d'agglomération de la région dieppoise – Dieppe Maritime (55 000 habitants) ;
- la communauté de communes des Villes Sœurs (37 000 habitants) ;
- la communauté de communes Terroir de Caux (38 000 habitants).

LES 6 COMMUNAUTÉS DE COMMUNES AUTOUR DU CNPE



La commune de Petit-Caux fait partie de la communauté de communes « Falaises du Talou », composée de 24 communes. L'énergie est un atout économique fort et un marqueur territorial assumé. La centrale nucléaire ainsi que le futur parc éolien *offshore* de Dieppe – Le Tréport ont d'ailleurs inspiré le slogan du territoire : « Falaises du Talou, une vague d'énergie en Normandie. »

Des liens historiques avec le territoire dieppois

Le Dieppois correspond au territoire naturel du CNPE de Penly, acteur connu et reconnu qui joue un rôle de premier ordre.

Surnommée « la ville aux quatre ports », Dieppe compte 28 241 habitants en 2019. Elle fait partie de la communauté de communes d'agglomération de la région dieppoise, appelée Dieppe-Maritime. Le tissu d'entreprises du territoire est principalement constitué de PME (Petites et moyennes entreprises) et TPE (Très petites entreprises). Le secteur de l'industrie arrive en deuxième position en nombre d'entreprises, mais largement en tête en nombre de salariés, avec près de 8 000 emplois soit 45 % des emplois en entreprise.

Le CNPE constitue le principal employeur privé (emplois directs et indirects) du Dieppois. Son apport économique est notable, comme l'évoque le tableau page suivante.



LA FORTE DIMENSION INDUSTRIELLE DU DIEPPOIS

De tradition industrielle (automobile, métallurgie, mécanique de précision, horlogerie, textile, etc.), l'économie dieppoise dispose d'un tissu de PME et de quelques grands employeurs fortement pourvoyeurs d'emplois. Aujourd'hui, près d'un salarié sur 4 (23,2 %) du Dieppois travaille dans l'industrie, soit 4 points de plus que la moyenne nationale. L'économie dieppoise conserve une dimension industrielle relativement forte, dans un contexte national de désindustrialisation.

LES 20 PRINCIPAUX EMPLOYEURS DU PAYS DIEPPOIS

■ secteur privé ■ secteur public

EMPLOYEURS	SITE(S)	SALARIÉS
Centre hospitalier général de Dieppe	Dieppe	1 820
Commune de Dieppe	Dieppe	1 080
EDF	Penly, Dieppe	850
Davigel	Martin-Église, Offranville, Beautot	820
Département de Seine-Maritime	Dieppe, Auffay	630
Association de parents d'enfants inadaptés de la région dieppoise	Dieppe, Martin-Église, Arques, Luneray	440
Auchan	Dieppe	415
Nestlé	Rouxmesnil-Bouteilles	375
Renault Alpine	Dieppe	320
Transmanche	Dieppe	310
Rexam	Offranville	275
Defial Normival	Luneray	275
La Poste	Multi-sites	260
Precision Components Industrie	Saint-Nicolas-d'Aliermont	220
Toshiba	Martin-Église	215
CPAM	Dieppe	200
Lunor	Luneray	200
Pain Clément	Val-de-Saône	180
Plastiques et tissages de Luneray	Ambrumesnil	175
Clinique Mégival	Saint-Aubin-sur-Scie	170

Source : INSEE Clap 2012, hors défense et hors mission d'interim

Poids économique

L'activité du Pays Dieppois génère 2,8 % de la richesse dégagée en région Normandie. Si la fabrication est le secteur le plus important du territoire, l'économie s'appuie aussi sur le tourisme et la pêche. Son taux de chômage se situe en dessous de celui de la Seine-Maritime, mais dans la moyenne normande.

À Dieppe, plus d'un habitant sur cinq a moins de 18 ans, et plus d'un habitant sur trois a moins de 30 ans. Bien que cette jeunesse constitue une richesse, elle est en moyenne moins diplômée et connaît un taux de chômage supérieur à la moyenne nationale et normande. Ainsi, 13,2 % des jeunes de 18 à 29 ans ne sont plus à l'école et n'ont aucun diplôme, contre 11,7 % en moyenne dans des villes de même nature. Entre 15 et 29 ans, le taux de chômage atteint 30 %, ce qui est bien supérieur à la moyenne régionale.

Des liens à renforcer avec la communauté de communes des Villes Sœurs

Pourtant voisine, la communauté de communes des Villes Sœurs (Eu, Le Tréport et Mers-les-Bains), à cheval sur les régions Normandie et Hauts-de-France, a historiquement moins de relations avec la centrale de Penly. Dans le cadre du plan d'action territorial (cf. § 4.5.4), les Villes Sœurs se sont déjà beaucoup impliquées : elles vont ainsi être intégrées au projet de territoire (infrastructures, logements, etc.). L'enjeu est d'étendre le dynamisme économique généré par l'activité de la centrale vers cette communauté de communes.

À l'ouest, le territoire de proximité de la centrale de Penly est limitrophe de celui de la centrale de Paluel, située à 55 kilomètres. Les deux centrales partagent une commission locale d'information nucléaire commune, la CLIN76, présidée par le conseil départemental de la Seine-Maritime. Les deux sites dépendent de la sous-préfecture de Dieppe.



LA COMMISSION LOCALE D'INFORMATION NUCLÉAIRE (CLIN)

La CLIN de Paluel-Penly est une instance indépendante et commune aux deux centrales nucléaires normandes. Créée en 1991, sa mission est l'information du public sur l'activité des deux centrales. La CLIN est composée de membres de la société civile, d'associations, d'experts, de l'Autorité de sûreté nucléaire et des directeurs des deux sites. Instance d'observation, de vigilance, de réflexion et de débats contradictoires, la CLIN produit une information aussi objective et intelligible que possible, qu'elle diffuse auprès des habitants du périmètre du plan particulier d'intervention (20 kilomètres aux alentours), ainsi que du département. L'ensemble de ses travaux est accessible sur le site Internet : <https://www.clin76.fr>

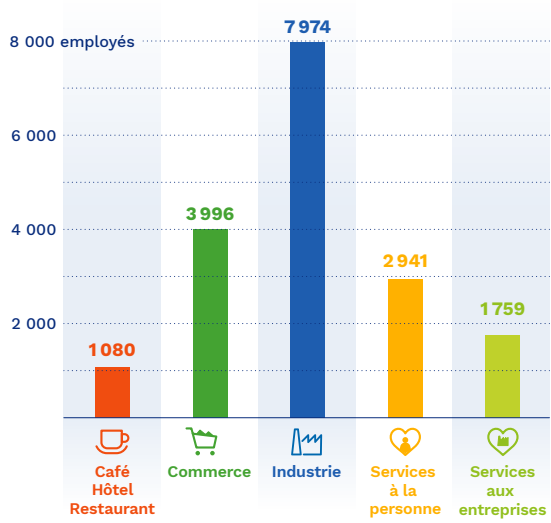
◆ Une forte contribution du CNPE au dynamisme économique local

Le site génère une activité directe, mais aussi une activité indirecte par la mobilisation d'entreprises locales dans le cadre de ses activités.

La présence d'EDF contribue à soutenir l'écosystème local. Récemment, à l'initiative des industriels locaux et d'EDF, Dieppe Méca Énergies (DME)¹ a été créé. Ce groupement d'entreprises propose une offre spécialisée dans les secteurs de la mécanique, la métallurgie, la fabrication

1. <https://www.dieppe-meca-energies.com>

EFFECTIF DES ENTREPRISES SELON L'ACTIVITÉ PRINCIPALE EXERCÉE



Source : INSEE, CCIRM Fichier consulaire (2021)

La présence d'EDF contribue à soutenir l'écosystème local du Pays Dieppois.

DME regroupe 150 entreprises pour environ 9 000 emplois, dont beaucoup de sous-traitants de l'industrie.

de produits finis, le BTP, les services à l'industrie et la logistique. Dieppe Méca Énergies (DME) regroupe 150 entreprises pour environ 9 000 emplois, dont beaucoup de sous-traitants de l'industrie. Encore très présente aujourd'hui, l'activité industrielle doit cependant être confortée ; il s'agit d'un enjeu territorial fort qu'EDF doit prendre en compte dans le cadre du projet EPR2 à Penly. Celui-ci permettrait d'intégrer des enjeux sociaux forts autour de la formation et du développement de l'emploi en local, notamment vers les populations les plus jeunes. Le cas échéant, ce projet pourrait s'appuyer sur un tissu industriel déjà développé. Ces enjeux industriels et territoriaux s'intègrent aussi dans un écosystème plus large à la maille régionale normande (cf. § 4.1.2).

LA CENTRALE DE PENLY EN 2021

- 797 salariés EDF et 412 salariés permanents d'entreprises prestataires.
- 600 à 1 000 personnes amenées à travailler pour le site dans le cadre des arrêts pour maintenance des installations.
- 26 embauches, 61 apprentis et 83 stagiaires scolaires.
- 51,3 millions d'euros de fiscalité locale, dont 11,9 pour la seule taxe foncière.
- 82 millions d'euros investis dans l'exploitation et la maintenance, notamment au travers du programme « Grand Carénage » visant à permettre la poursuite de l'exploitation des centrales nucléaires après 40 ans.
- 28,7 millions d'euros de commandes passées aux entreprises locales pour la maintenance.

4.1.2 Un contexte territorial favorable dans une région tournée vers les énergies

◆ La Normandie : une région industrielle et exportatrice d'énergie

Quatrième région en termes de production d'électricité, la région Normandie produit 15 % de l'électricité nationale.

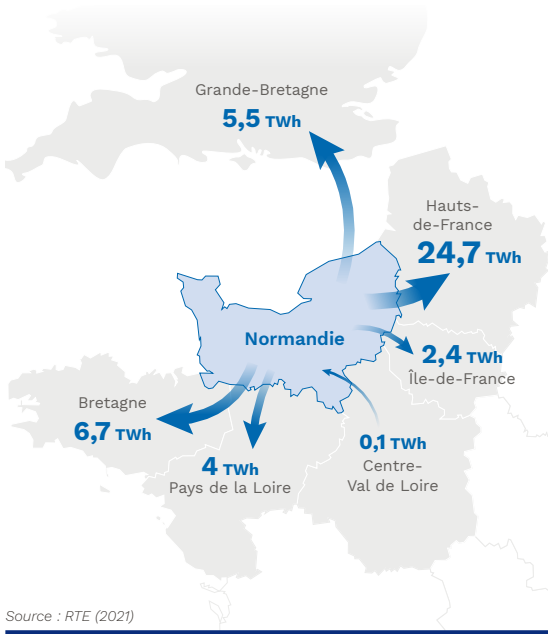
Malgré un recul continu de l'emploi industriel depuis 2000, la Normandie reste une région de poids pour l'industrie française (première région française en part du PIB), notamment dans l'agroalimentaire, l'énergie, la pharmacie, la chimie, la construction automobile, navale et aéronautique et l'industrie du verre. Dix territoires normands sont labellisés « Territoire d'industrie ».

La Normandie est structurée par filière d'activité :

- 11 filières font l'objet de contrats pluriannuels avec la région, qui conditionnent leur financement à l'atteinte d'objectifs définis conjointement. L'une d'entre elles — Normandie Énergies² — est importante pour le Groupe EDF dans le domaine de l'énergie ;
- 3 pôles de compétitivité : le pôle TES (numérique), Nextmove (automobile et mobilité), Hippolia (filrière équine) ;

2. <https://www.normandie-energies.com>

BILAN ÉLECTRIQUE DE LA NORMANDIE



- 17 domaines d'excellence, dont Dieppe Méca Énergies³ (sous-traitance industrielle) et des groupements d'entreprises comme le **GIPNO**⁴ (Groupement des industriels prestataires du Nord-Ouest), Arcene (qualité environnementale du bâti et performance énergétique) ou Sotraban.

La région Normandie dispose également du Campus d'excellence international normand des énergies (CEINE)⁵ dédié aux métiers de l'énergie, qui propose aux jeunes Normands les meilleurs parcours de formation. Porté collectivement par l'Académie de Normandie, la région, les industriels du secteur et Normandie Énergies, son objectif est d'apporter, par la formation, une réponse à un besoin en emplois et en compétences dans la filière énergie. Cela s'inscrit également dans la nécessité de former aux métiers de demain, dans un contexte de profondes mutations des compétences et qualifications des jeunes.

Depuis 2017, la région Normandie s'est dotée d'une agence de marketing territorial — Normandie Attractivité — dont la mission est de mettre en valeur le territoire, son économie, son patrimoine, ses paysages, ses valeurs et ses habitants. Structurée autour d'une marque territoriale et d'un réseau d'ambassadeurs, Normandie Attractivité encourage les nouvelles installations sur le territoire normand, qu'il s'agisse d'y étudier, d'y travailler, ou tout simplement de s'y installer.

◆ La Normandie, le littoral de l'énergie

Avec 36 000 salariés dans la filière énergie, la Normandie est la première région française en nombre d'emplois. Elle détient également la première place pour le raffinage de pétrole (39 % de la capacité française), la quatrième pour la production d'électricité, et est la deuxième région la plus consommatrice d'énergie, du fait de la forte présence industrielle.

La production électrique annuelle est, en moyenne, de l'ordre de 60 TWh. Avec les mises en service de l'EPR de Flamanville et des trois parcs éoliens *offshore* de Fécamp, Courseulles-sur-Mer et Dieppe – Le Tréport, la Normandie renforcera encore sa place dans la production électrique française. Toutefois, la région reste en queue de peloton sur les énergies renouvelables non marines (dernière région avant l'Île-de-France), même si la progression est constante sur les nouvelles capacités de production.

La Normandie est une terre d'énergies dans laquelle EDF occupe une place importante par la taille de son parc de production et ses projets (EPR de Flamanville, projet d'une paire d'EPR2 à Penly, énergies marines renouvelables, projet d'une piscine d'entreposage de combustibles nucléaires usés à La Hague).

La côte de la Seine-Maritime concentre quatre des plus grands projets énergétiques normands actuels : deux projets de parc éolien *offshore*, un projet d'interconnexion électrique avec la Grande-Bretagne, et le projet EPR2.

◆ Une vocation inscrite dans le SRADDET

La vocation de production d'énergie de la région Normandie est inscrite dans le schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET). Elle joue un rôle essentiel dans l'approvisionnement des régions voisines des Hauts-de-France, Pays de la Loire, Bretagne, et surtout Île-de-France. Fruit d'un travail de concertation entamé en 2017, le SRADDET a été définitivement approuvé par les élus de la région Normandie fin 2019, et validé par le préfet de région en juillet 2020.

Le nucléaire conserve sa place primordiale dans le mix normand. Le SRADDET indique ainsi que : « *Même si la PPE prévoit une réduction de la part du nucléaire dans la production d'électricité (50 % à l'horizon 2025), en Normandie, cette production va augmenter en valeur absolue. En effet, les réacteurs présents sont parmi les plus récents des 58 du parc national, et leur démantèlement n'interviendra pas avant 2030. À leur production, s'ajoutera celle de l'EPR.* »

3. <https://www.dieppe-meca-energies.com>

4. <http://www.gipnordouest.com>

5. Campus des métiers et des qualifications <https://www.education.gouv.fr/les-campus-des-metiers-et-des-qualifications-de-normandie-41675>

Le Campus d'excellence international normand des énergies (CEINE) est dédié aux métiers de l'énergie.

La Normandie est une terre d'énergies dans laquelle EDF occupe une place importante par la taille de son parc de production et ses projets.

10 territoires normands sont labellisés « Territoire d'industrie ».

La Normandie connaît le développement de grands projets de production d'électricité qui concrétisent les ambitions régionales.

♦ Une vocation traduite par plusieurs projets de production d'électricité de grande ampleur

Depuis plusieurs années, la Normandie connaît le développement de grands projets de production d'électricité qui concrétisent les ambitions régionales. Parmi eux, ayant fait l'objet de procédures de participation du public, figurent :

- le projet d'EPR à Flamanville, objet d'un débat public en 2005-2006 ;
- le projet de Penly 3, objet d'un débat public en 2010, abandonné ensuite sur décision politique ;
- les projets de parcs éoliens en mer à Fécamp et Courseulles, objets de débats publics en 2013 ;
- le projet de parc éolien en mer à Dieppe – Le Tréport, prévu à l'horizon 2025, objet d'un débat public en 2015, et faisant l'objet d'une concertation continue depuis ;
- le projet de piscine d'entreposage de combustibles nucléaires usés à La Hague, ayant fait l'objet d'une concertation préalable entre novembre 2021 et juillet 2022. Il fera l'objet d'une concertation continue tout au long de l'année 2023.

Concernant les futurs parcs éoliens en mer, figurent également le parc de centre Manche 1, déjà décidé, et le centre Manche 2 (puissance annoncée pour ces deux parcs : 2,5 GW). Les informations concernant les parcs éoliens en mer se trouvent sur <https://www.eoliennesenmer.fr>.

♦ Une animation du secteur énergétique au travers de Normandie Énergies

La région Normandie soutient et anime un secteur énergétique fort, au travers de Normandie Énergies, qui fédère les acteurs normands de l'énergie couvrant ainsi toute la chaîne de valeur, de la production d'énergie à l'utilisateur, et traitant l'ensemble des sources de production : nucléaire (énergie et santé), pétrole, gaz et énergies renouvelables (solaire, éoliennes terrestres et en mer, biogaz, hydrogène, biomasse), ainsi que les nouveaux usages (efficacité énergétique, récupération d'énergie, stockage, mobilité, réseaux intelligents).

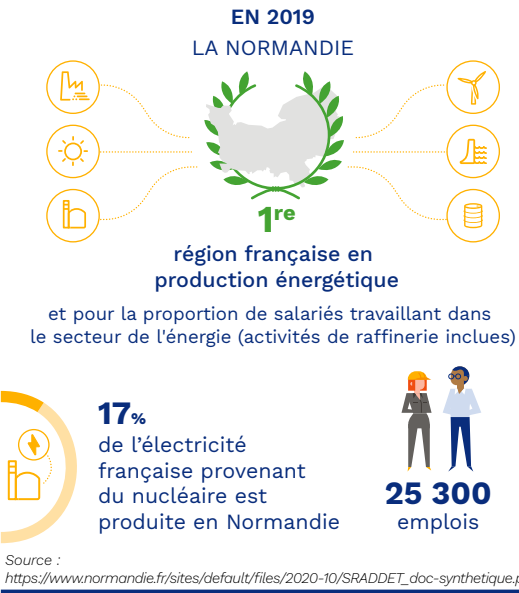


Le projet de nouveaux réacteurs nucléaires permettrait de maintenir dans la durée cette vocation d'acteur énergétique, puisque les deux EPR2 assureraient à eux seuls une production d'électricité équivalente à la consommation électrique actuelle de la Normandie.

♦ Une filière nucléaire très développée en Normandie

Présente sur l'ensemble du cycle, de l'amont à l'aval, la filière nucléaire y est bien développée. Elle représente plus de 22 000 emplois directs et indirects sur le territoire, et un poids économique supérieur à 1 milliard d'euros.

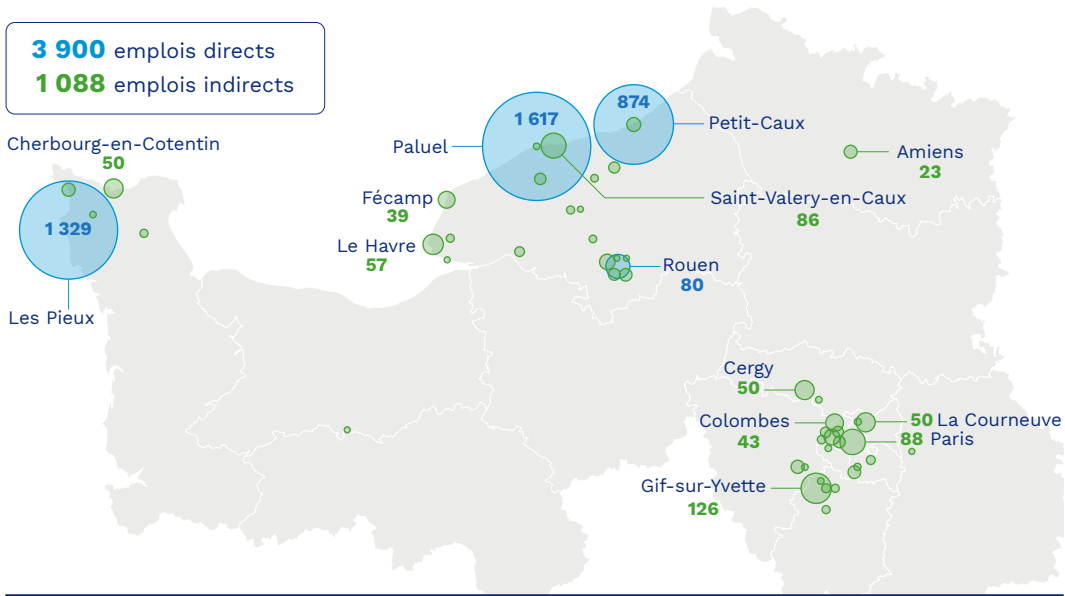
EXTRAIT DES ÉLÉMENTS DE DIAGNOSTIC DU SRADDET NORMAND



Le territoire Normand accueille :

- trois centrales nucléaires exploitées par EDF : Penly et Paluel en Seine-Maritime, et la centrale de Flamanville dans la Manche qui accueille également le premier EPR français ;
- un centre de traitement du combustible nucléaire situé dans la commune de La Hague et exploité par Orano ;
- un centre de stockage de déchets radioactifs, géré par l'Andra (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) dans la Manche, aujourd'hui en phase de fermeture, qui ne reçoit plus de colis de déchets ;
- de nombreuses activités autour du nucléaire médical (Caen).

EMPLOIS DIRECTS ET INDIRECTS LIÉS À L'ACTIVITÉ DES CENTRALES NUCLÉAIRES NORMANDES



(Étude Insee – 2022).

PLUS DE 6 000 EMPLOIS GÉNÉRÉS PAR L'ACTIVITÉ DES CENTRALES NUCLÉAIRES NORMANDES (ÉTUDE INSEE 2022)

Avec trois centrales nucléaires sur son littoral et le premier réacteur de nouvelle génération prêt à être mis en service en France, l'activité nucléaire d'EDF est bien représentée en Normandie. Elle emploie directement 3 900 salariés. Les commandes passées par les centrales normandes génèrent 2 200 emplois indirects chez leurs principaux fournisseurs et sous-traitants, la moitié de ces emplois étant concentrés dans une vingtaine d'établissements. Un quart de ces emplois indirects est localisé en Normandie, le plus souvent à proximité des centrales. Les centrales normandes font principalement appel aux activités d'ingénierie, de contrôle et d'analyses techniques (un emploi indirect sur cinq), dont les fournisseurs sont le plus souvent localisés en dehors de la région. Celles de réparation et d'installation de machines, ou de travaux de construction, font surtout appel à des fournisseurs locaux.

Les commandes passées par les centrales normandes génèrent 2 200 emplois indirects chez leurs principaux fournisseurs et sous-traitants.

22 000 emplois directs et indirects sur le territoire sont générés par la filière nucléaire.

4.2 UN SITE AUX CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES FACILITANTES

4.2.1 Un site très bien connu d'EDF

Conçu à l'origine pour quatre réacteurs d'une puissance de 1300 MWe, le site de Penly accueille actuellement deux réacteurs, mis en service en 1990 et 1991. Il a successivement fait l'objet d'études complémentaires d'implantation pour deux réacteurs supplémentaires en 1993, puis pour un EPR en 2006 et en 2010. Ce dernier projet a finalement été abandonné sur décision politique.

EDF dispose ainsi d'une connaissance très précise du site. De nombreuses études sont disponibles sur le foncier, l'urbanisme, la sensibilité environnementale ainsi que les critères techniques associés au refroidissement des installations, aux caractéristiques des sols, au niveau d'aléa sismique, à l'impact des rejets et à la connexion au réseau de transport très haute tension.

Les analyses de faisabilité d'implantation d'une paire d'EPR2 ont ainsi capitalisé sur cette connaissance, et ont confirmé que le site de Penly présente des caractéristiques favorables à l'accueil de deux unités de production de type EPR2.

4.2.2 Un site présentant de nombreux atouts techniques

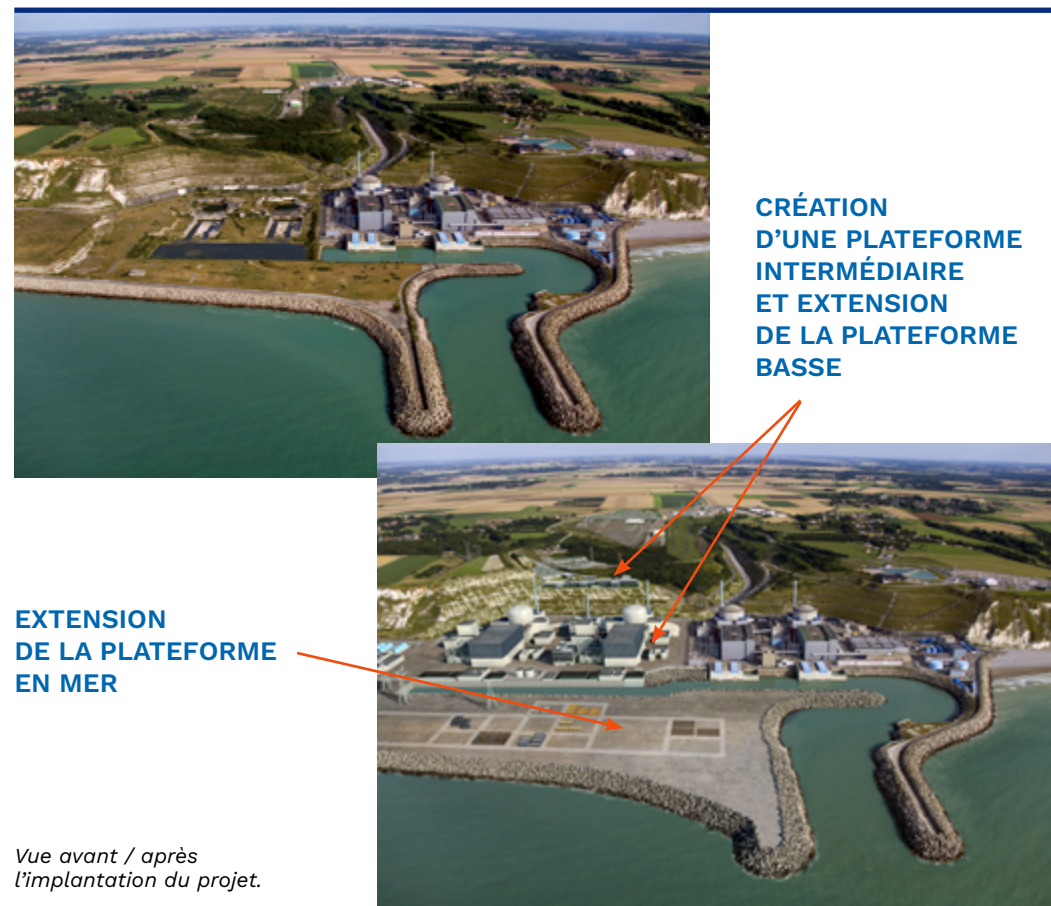
Le site de Penly bénéficie de nombreux avantages pour construire de nouveaux réacteurs :

- il dispose d'un foncier de réserve existant sur le site, à la fois en bas de falaise et en haut de falaise ;
- il a été conçu, initialement, pour l'installation de quatre unités nucléaires de forte puissance, avec notamment un chenal d'amenée d'eau dimensionné en fonction des transits nécessaires à quatre unités de production ;
- situé en bord de mer, le site bénéficie de très bonnes capacités d'alimentation en source froide, ainsi que de dilution des rejets thermiques ;
- son niveau sismique est très faible et les spécificités de sols sont bonnes. Celles-ci offrent d'excellentes caractéristiques géotechniques pour réaliser les fondations des bâtiments les plus lourds, notamment le bâtiment réacteur (la géologie du site de Penly présente une grande homogénéité latérale : comme pour le site existant, les bâtiments les plus lourds seront fondés dans la craie saine (non altérée par les phénomènes météorologiques).

4.2.3 Des contraintes propres à Penly à prendre en compte dans la conception

Les seules contraintes identifiées lors des études techniques suivant les 10 critères présentés au § 2.2.1. sont l'exiguïté de la plateforme en bas de falaise, le besoin de foncier supplémentaire en haut de falaise pour mener à bien la phase chantier, et la nécessité d'analyser avec RTE les conditions d'injection sur le réseau de transport d'électricité. Les réacteurs EPR2 ont une emprise au sol plus importante que les réacteurs actuels. Le chantier de construction nécessitera de la surface afin de disposer les grues, les zones de préfabrication, les zones d'entreposage de matériels ou de déblais, ainsi que les zones pour accueillir les entreprises et les parkings.

Des travaux préparatoires importants sont donc à prévoir pour élargir la plateforme du chantier, en gagnant à la fois sur la falaise (par son reprofilage en décalant son pied), et sur la mer (par extension de la plateforme en bas de falaise). Un complément de foncier est à acquérir en haut de falaise pour optimiser l'installation de la zone chantier et les conditions d'accès au site.



Vue avant / après l'implantation du projet.

La problématique de l'évacuation d'énergie est instruite plus globalement par RTE (cf. § 4.4). Le projet s'inscrirait dans le cadre de ses projets patrimoniaux (remplacement du poste 400 kV) et des évolutions du réseau dans le nord-ouest de la France, nécessaires pour mener la transition énergétique avec l'implantation de parcs éoliens *offshore* et de nouvelles installations nucléaires.

Avec l'ensemble de ces éléments en sa faveur, Penly serait le site prêt le plus rapidement, ce qui permettrait la mise en service de la première paire de réacteurs EPR2 à l'horizon 2035-2037 (voir calendrier du chantier au 4.3.2).



DE NOMBREUX ACTEURS EN FAVEUR DE L'ACCUEIL D'UN NOUVEAU PROJET

Au-delà des critères techniques, la mobilisation des parties prenantes est un critère indispensable et complémentaire pour l'accueil d'un nouveau projet sur un territoire. Depuis de nombreuses années, EDF travaille avec le territoire de Penly afin de construire ensemble un projet d'avenir. Malgré la déception qu'a pu constituer l'arrêt des précédents projets, de nombreux représentants et acteurs économiques de la Seine-Maritime et de la région Normandie ont toujours soutenu et continuent à appeler de leurs vœux un nouveau projet à Penly. Cette volonté d'accueillir des EPR2 sur ce site a ainsi fait l'objet de plusieurs expressions publiques (cf. § 4.5.4).

EDF travaille avec le territoire de Penly afin de construire ensemble un projet d'avenir.

4.3 LES CARACTÉRISTIQUES DU PROJET DE LA PREMIÈRE PAIRE D'EPR2 DU PROGRAMME À PENLY

La conception du projet EPR2 à Penly se base sur la conception standard du palier EPR2 décrite au chapitre 3, en adaptant notamment son circuit de refroidissement aux spécificités du site, et en prenant en compte les caractéristiques locales dans les études de sûreté. L'exploitation des réacteurs EPR2 à Penly s'inscrira dans les principes définis pour le palier EPR2, et dans la continuité des réacteurs existants.

Pour bien s'intégrer au site de Penly, le projet EPR2 nécessite la réalisation de travaux préparatoires de grande ampleur, afin d'agrandir l'espace disponible et de permettre d'accueillir les installations EPR2. Les grandes phases du chantier s'enchaîneront ensuite : la réalisation des ouvrages de prise d'eau et de rejet en mer, le génie civil, les montages électromécaniques des équipements à l'intérieur des bâtiments, les épreuves hydrauliques et les essais de démarrage des différentes installations, puis l'essai général de l'installation.

Ce chantier hors norme de plus de 10 ans, nécessitera d'intégrer des dispositions pour ne pas perturber l'exploitation des deux réacteurs en fonctionnement, Penly 1 et 2. Le phasage et la description des travaux envisagés permettent de mesurer l'ampleur du chantier, dont les effets sur le territoire sont traités dans le § 4.5.

4.3.1 La conception des futurs réacteurs EPR2 sur le site de Penly

◆ Des installations spécifiques ou adaptées au site de Penly

Les installations EPR2 sur le site de Penly

Une unité de production EPR2 est composée d'un ensemble de bâtiments à vocation industrielle, avec notamment :

- le bâtiment réacteur où se déroule la réaction nucléaire ; il se trouve dans un ensemble de bâtiments appelé « îlot nucléaire » ;
- la salle des machines où est produite l'électricité ;
- la station de pompage qui permet le prélèvement d'eau de refroidissement dans la mer.

Pour permettre un « effet de série », la conception des réacteurs EPR2 se veut la plus standardisée possible, avec notamment un îlot nucléaire et une salle des machines définis pour l'ensemble du palier EPR2. Néanmoins, une partie des équipements — comme la station de pompage et l'agencement même de l'ensemble des deux unités de production EPR2 — sont définis de manière spécifique au site de Penly.

Certains bâtiments sont communs aux deux unités de production EPR2, tels que le bâtiment de traitement des effluents et celui du pôle opérationnel d'exploitation, où se trouvent les bureaux de l'exploitant et un stockage d'équipements.

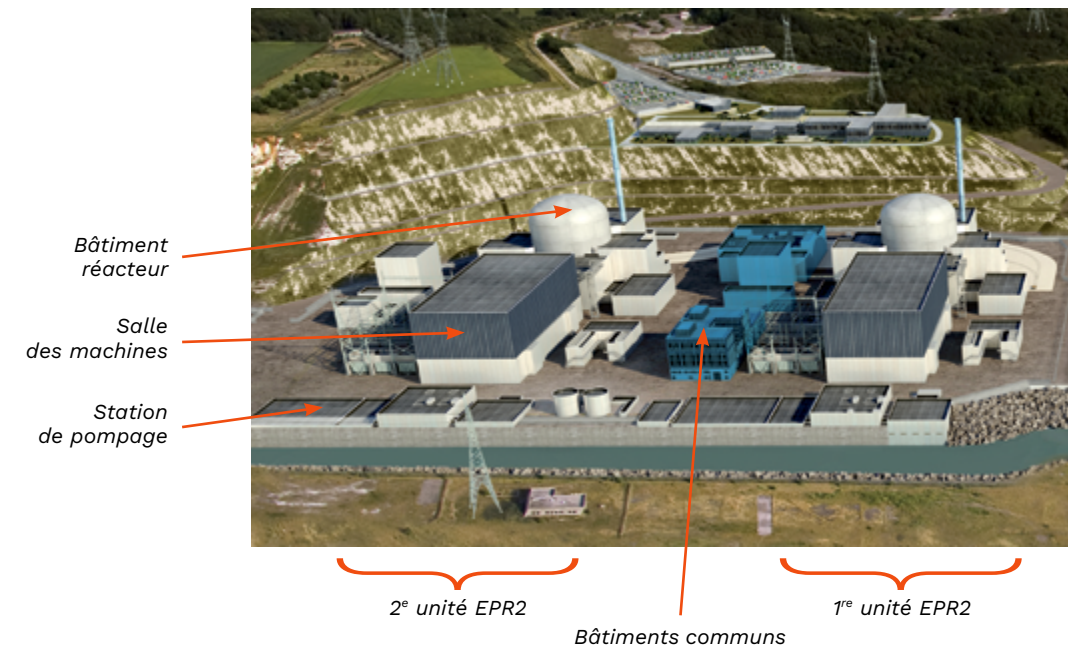
Enfin, du fait de l'implantation sur un CNPE en fonctionnement, certaines installations sont communes aux quatre unités de production du site. Il s'agit notamment :

- des ouvrages d'approvisionnement en eau douce et en eau déminéralisée ;
- du centre de crise local qui sert à la gestion de certaines situations d'urgence.

Au-delà de ces bâtiments, d'autres installations nécessaires à l'exploitation des unités de production sont à prévoir : halle de stockage, bâtiment d'accès, bureaux, parkings, bâtiment de formation (simulateur).

Pour permettre un « effet de série », la conception des réacteurs EPR2 se veut la plus standardisée possible.

PRÉVISUALISATION DES INSTALLATIONS EN PHASE EXPLOITATION



PRÉVISUALISATION DES INSTALLATIONS EN PHASE EXPLOITATION



Le circuit de refroidissement

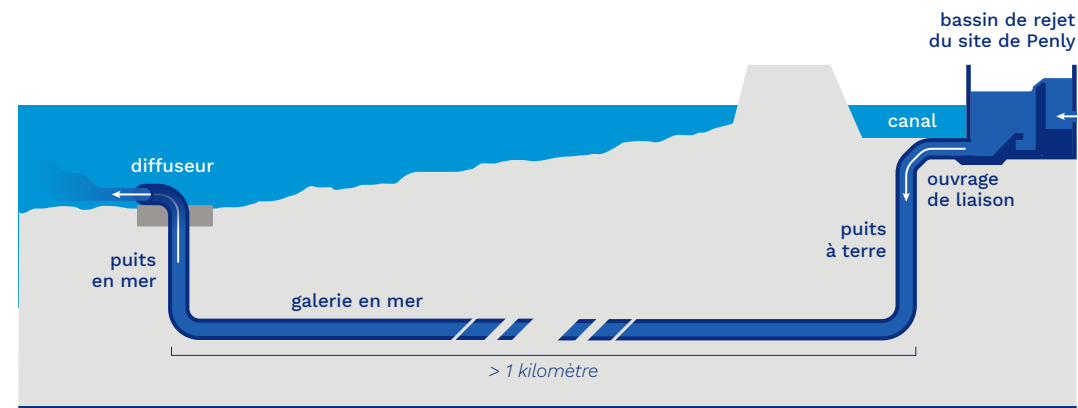
Les unités du CNPE de Penly et les futures unités EPR2 ont un circuit de refroidissement (cf. § 3.1.1) de type ouvert. Dans ce cas, la source froide alimentant le circuit de refroidissement est l'eau de la mer. Cette eau est directement pompée en Manche. Elle est ensuite traitée et filtrée avant de circuler dans les tubes du condenseur où elle se réchauffe, puis elle est presque immédiatement restituée intégralement au milieu via des galeries de rejets en mer. Pour le projet EPR2, deux nouvelles galeries seraient construites, d'une longueur supérieure à 1 kilomètre pour assurer une bonne diffusion des eaux réchauffées, sur le même principe que les rejets existants du CNPE actuel.

Le circuit de réfrigération de la centrale comporte :

- le chenal de prise d'eau en mer, commun à l'ensemble des unités de production d'un même site ;
- la station de pompage où s'effectuent une filtration et un pompage, et qui envoie l'eau de mer au condenseur ;
- le rejet en mer, réalisé via un bassin de rejet avec déversoir et une galerie sous-marine terminée par un diffuseur ancré sur les fonds immergés.

La conception de ces éléments intègre ceux qui sont spécifiques aux eaux de la Manche au niveau du site (température, niveau de la mer, qualité physico-chimique de l'eau...).

EMPLACEMENT DES OUVRAGES DE REJETS PRINCIPAUX



◆ Des études de sûreté qui prennent en compte les risques spécifiques au site de Penly

Afin de démontrer la sûreté de ses installations, EDF doit rédiger un document : le rapport préliminaire de sûreté, portant la démonstration de la maîtrise des risques conventionnels et radiologiques. Ce rapport couvre l'ensemble des risques, radiologiques ou non, susceptibles d'affecter les personnes ou l'environnement. C'est l'une des pièces du dossier réglementaire de demande d'autorisation de création (cf. § 5). Il prend en compte les risques internes associés aux installations elles-mêmes, par exemple une rupture de tuyauterie et l'inondation qui en découlerait, ou un incendie du stockage de fioul.

Il prend également en compte les risques associés, aux événements externes à l'installation, qu'ils soient d'origine naturelle comme le changement climatique, la tornade ou le séisme, ou d'origine industrielle comme l'incendie d'un camion au niveau de la route à proximité.

Une grande partie du rapport préliminaire de sûreté est valable pour l'ensemble du palier EPR2 (cf. § 3.2.3), mais certaines parties sont spécifiques au site de Penly. Ainsi, la démonstration de sûreté nucléaire couvre les différents types d'événements externes (séisme, inondation, etc.) spécifiques aux différents sites d'implantation. La présence d'unités de production existantes sur le site, comme à Penly, est également prise en compte. De même, le dimensionnement des installations permettant le prélèvement et le rejet de l'eau à des fins de refroidissement, dépend de la configuration du site, mais également des caractéristiques de la « source froide », telles les eaux de la Manche pour Penly.

Comme pour toute installation actuellement en fonctionnement, EDF assurera un contrôle permanent du niveau de sûreté des installations EPR2. Des plans d'urgence spécifiques au site devraient également intégrer les futures installations EPR2. Pour plus d'informations sur la maîtrise de la sûreté de la sécurité en exploitation, voir § 3.2.4.

.....
Comme pour le parc existant, EDF assurera un contrôle permanent du niveau de sûreté des installations EPR2.
.....

LE PLAN PARTICULIER D'INTERVENTION (PPI)

Le Plan particulier d'intervention (PPI) est un dispositif établi par l'État pour protéger les personnes, les biens et l'environnement, et pour faire face aux risques particuliers liés à la présence d'une installation industrielle et / ou nucléaire. Le PPI du CNPE de Penly s'étend à 20 kilomètres autour du site, et comprend 106 communes et 127 981 habitants.



LES BONS RÉFLEXES EN CAS D'ACCIDENT À LA CENTRALE NUCLÉAIRE DE PENLY

VOUS ÊTES CONCERNÉS



DOCUMENT À CONSERVER

Document PPI de la centrale de Penly.

QU'EST-CE QUE LE PPI ?

Le Plan particulier d'intervention (PPI) est un dispositif établi par l'État pour protéger les personnes, les biens et l'environnement et pour faire face aux risques particuliers liés à l'existence d'une installation industrielle et/ou nucléaire.

Si un événement nucléaire se produisait et qu'il était susceptible d'avoir des conséquences à l'extérieur du site, le préfet prendrait la direction des opérations et s'appuierait notamment sur ce plan, qui est une des dispositions spécifiques de l'ORSEC (Organisation de la réponse de sécurité civile).

POURQUOI ÊTES-VOUS CONCERNÉS PAR CE PPI ?

Le PPI nucléaire est défini sur un territoire délimité autour de la centrale nucléaire de Penly. Vous habitez ou exercez votre activité professionnelle dans cette zone et vous bénéficiez à ce titre de la mise à disposition d'iode stable.

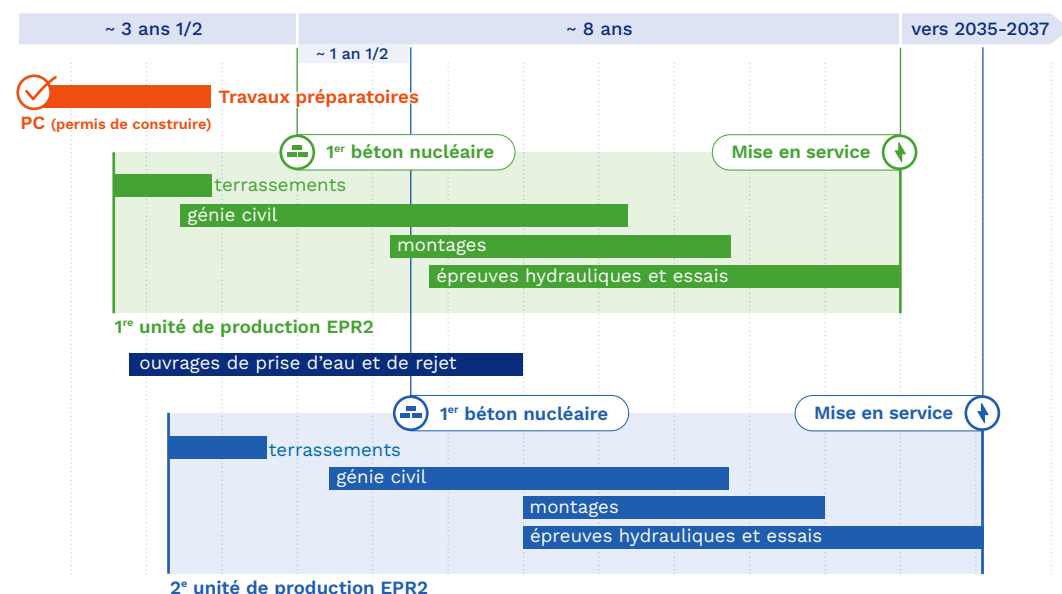
L'accident nucléaire de Fukushima en 2011 au Japon a conduit les pouvoirs publics à réviser l'ensemble des PPI.

Pour les centrales nucléaires, le rayon du PPI a été étendu de 10 km à 20 km afin d'optimiser la réactivité des pouvoirs publics et de mieux sensibiliser et préparer la population à réagir en cas d'alerte nucléaire.

4.3.2 Le phasage et la description des travaux envisagés

◆ Le planning du chantier de construction de la première paire d'EPR2 du programme à Penly

PLANNING PRÉVISIONNEL DU CHANTIER



À partir de l'obtention du permis de construire, la première étape des travaux porte sur les travaux préparatoires qui correspondent aux aménagements et terrassements permettant de disposer de la place suffisante pour construire puis exploiter les installations d'une part, et à la mise en place des routes, réseaux et bâtiments nécessaires au pilotage et à la bonne exécution du chantier d'autre part.

Compte tenu de l'historique du site de Penly, la durée de ces travaux est estimée à trois ans et demi environ, jusqu'au jalon dit « J0 » correspondant au « premier béton » de l'îlot nucléaire.

Jusqu'à la mise en service industrielle (MSI), plusieurs étapes s'enchaîneront :

- la réalisation des ouvrages de prise d'eau et de rejet en mer ;
- la réalisation du génie civil ;
- les montages électromécaniques des équipements à l'intérieur des bâtiments ;
- les épreuves hydrauliques et les essais de démarrage des différentes installations puis de l'installation dans son ensemble.

S'agissant de la première paire du programme EPR2, le planning de construction du premier réacteur prend en compte une année supplémentaire jusqu'à sa mise en service industrielle, par rapport au sixième réacteur du programme, de l'ordre de 9 ans. Le début de la construction de l'îlot nucléaire du second réacteur de la paire d'EPR2 à Penly interviendrait 18 mois après celui du premier réacteur.

En dépit des incertitudes liées à l'obtention des autorisations réglementaires, elles-mêmes conditionnées par la tenue du débat public et les suites données par le maître d'ouvrage, le planning général de la première paire de réacteurs EPR2 à Penly repose sur les hypothèses d'un « premier béton » du premier réacteur en 2028, pour une première mise en service industrielle à l'horizon 2035-2037.

◆ Des travaux préparatoires permettant d'intégrer les installations sur le site

Un agrandissement nécessaire de l'espace disponible

Le CNPE de Penly a été créé au début des années 1980 par déroctage de la falaise et remblai en pied de falaise. La plateforme obtenue devait permettre d'accueillir quatre unités de production. Mais comme l'emprise au sol des EPR2 est supérieure à celle des unités 1300 MWe qui n'ont pas été construites, il est nécessaire d'agrandir la plateforme de 24 hectares. Ces derniers s'ajoutent aux 75 hectares de la plateforme basse sur laquelle sont implantées les installations existantes. La figure ci-dessous illustre les aménagements nécessaires à l'accueil du projet EPR2.



Cette augmentation de la superficie nécessaire aux installations est due notamment à deux éléments :

- la prise en compte du retour d'expérience des dernières constructions avec l'augmentation de l'espace entre les bâtiments ;
- au niveau de puissance des EPR2, supérieur d'environ un quart à une installation de 1300 MWe, comme celles présentes à Penly.

Le retour d'expérience a également amené à retenir la préfabrication de certaines parties massives de l'installation, comme le dôme du bâtiment réacteur, à proximité immédiate de ce dernier pour en optimiser la construction.

Cette action nécessite :

- de créer un espace dédié, appelé terrasse de préfabrication, qui serait réalisé dans la portion de la falaise qui a déjà été travaillée à la construction du site ;
- d'être en capacité de déplacer ces éléments, grâce à une grue lourde, de la terrasse de préfabrication vers les deux bâtiments réacteurs.

Les travaux préparatoires identifiés

Les travaux préparatoires du site démarrent après l'obtention du permis de construire (cf. § 5.2), et des autorisations permettant — pendant les périodes biologiques adaptées — le débroussaillage, le défrichement potentiel et la relocalisation éventuelle de la faune et de la flore à protéger. Viennent ensuite, notamment, le reprofilage de la falaise avec le décalage du pied de falaise ; la création d'une terrasse de préfabrication l'extension de la plateforme du front de mer les terrassements sous l'emprise des deux unités de production EPR2 et la mise en place des infrastructures nécessaires au chantier. La création de la terrasse de préfabrication et de la plateforme en front de mer permet d'augmenter les surfaces allouées à la construction des deux unités EPR2, en particulier aux opérations de préfabrication des éléments massifs.

La préfabrication de certaines parties massives de l'installation se ferait à proximité immédiate pour optimiser la construction.

Le reprofilage de la falaise : décalage du pied de falaise et création de la terrasse de pré-fabrication

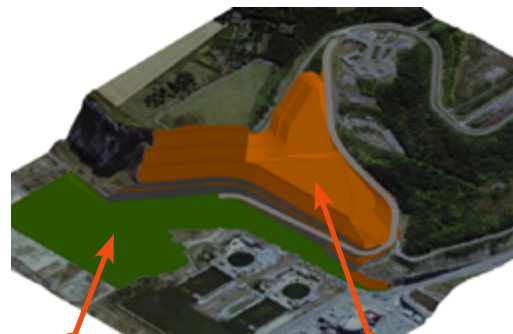
La première phase de travaux sur le site de Penly consisterait à reprofiler la falaise de craie afin d'augmenter la surface disponible pour la construction des unités de production. Ces travaux ne toucheront que la partie de la falaise qui a déjà été modifiée dans les années 1980. Les modifications se feront, dans un premier temps, sur toute sa hauteur pour créer la place nécessaire à la plateforme, permettant l'implantation des unités de production EPR2, puis sur la partie haute de la falaise afin de créer une terrasse de préfabrication. Ce reprofilage serait réalisé par des moyens mécaniques (pelles mécaniques, brise-roche hydrauliques, raboteuses), l'emploi d'explosifs étant exclu afin de maintenir les caractéristiques structurelles de la craie.

REPROFILAGE DE LA FALAISE

État actuel de la falaise



Simulation 3D du projet de reprofilage de la falaise



Plateforme

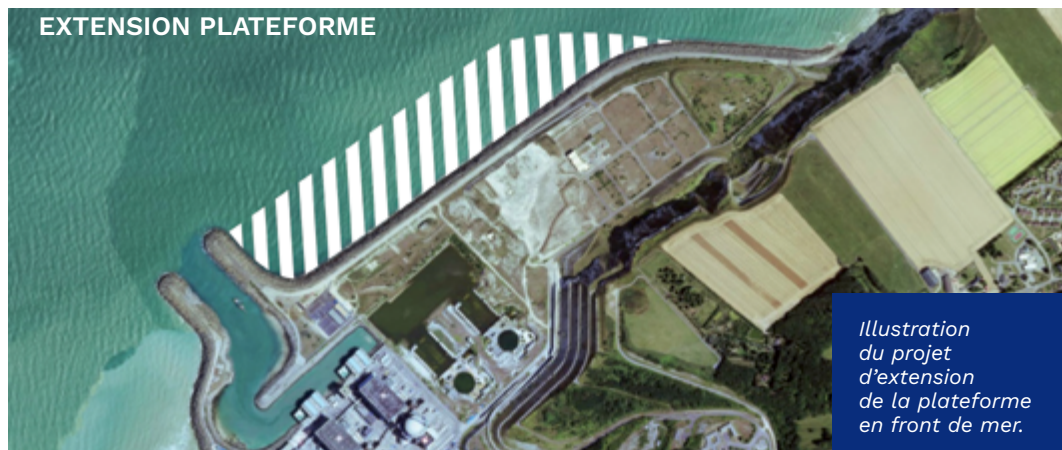
Terrasse de préfabrication

Les déblais issus des travaux seront utilisés pour étendre la plateforme en front de mer, dans une démarche de réemploi.

Le volume de déblais générés serait de l'ordre de 5 210 000 mètres cubes, dont 2 900 000 mètres cubes provenant du reprofilage de la falaise, et 1 900 000 mètres cubes pour les activités de terrassement. Il s'agira donc essentiellement de craie meuble ou dure. Les déblais issus de ces travaux seront utilisés, comme lors de la création du site dans les années 1980, pour étendre la plateforme du front de mer d'une surface équivalente à 24 hectares, dans une démarche de réemploi.

L'agrandissement de la plateforme de front de mer

La majeure partie de la craie extraite de la falaise est utilisée pour étendre la plateforme vers la mer. Ces aménagements envisagés sont dans la continuité de ceux réalisés lors de la construction du site dans les années 1980.



EXTENSION PLATEFORME

Illustration du projet d'extension de la plateforme en front de mer.

Pour créer cet agrandissement, la première étape consiste à construire une digue d'enclosure et des casiers, jusqu'au niveau haut de la mer, à l'aide notamment de moyens maritimes. À l'abri de

ces casiers, le remblai peut ensuite être poussé ou benné directement dans l'eau. Les blocs cubiques rainurés (BCR) et les enrochements de protection de la digue existante sont retirés juste avant la mise en œuvre du remblai contre la plateforme existante. La nouvelle digue est elle-même protégée par des enrochements et des BCR installés à l'avancement de la digue actuelle.

Environ 15 000 BCR doivent être préfabriqués sur site, malgré le réemploi de BCR existants. Ce sont des éléments en béton non armé, d'un poids compris entre 14 et 27 tonnes, destinés à protéger la nouvelle digue (selon le même principe que la digue actuelle).

L'extension de la plateforme en mer est utilisée pendant le chantier pour faciliter sa réalisation. Elle accueille notamment des installations temporaires de type bases vie entreprises ou zones de stockage associées aux travaux à proximité.

Les terrassements au niveau des futures installations

Les travaux de terrassement au niveau des futures installations consistent à effectuer successivement :

- l'extension de l'enceinte étanche existante. Cette enceinte en béton permet de limiter au maximum les venues d'eau depuis la mer pendant la durée des travaux ;
- la consolidation du bouchon du chenal existant et l'ajout d'une route permettant de fluidifier les circulations pendant le chantier ;
- la vidange de l'eau présente dans les excavations existantes, afin d'y permettre le début des travaux ;
- la démolition des structures en béton existantes (voir photo ci-dessous) ;



Photo des ouvrages en béton existants à démolir.

- les excavations des fonds de fouille sous l'emprise des bâtiments permanents. La totalité des déblais générés par ces excavations de fond de fouille est réutilisée pendant le chantier. Un entreposage de matériaux dédiés à être réutilisés en remblais techniques ou paysagers est créé en pied de falaise dans la pointe du site ;
- le fond des excavations est protégé par du béton de propreté ;
- le reprofilage du canal d'amenée, pour l'optimiser et l'adapter à l'écoulement requis pour alimenter les quatre unités de production. Le niveau du fond ne sera, *a priori*, pas modifié. Les matériaux extraits seront soit entreposés sur site, soit réutilisés en remblais.

Ces travaux interviennent principalement dans la zone du bloc usine (voir figure ci-dessous).



◆ Les infrastructures de chantier

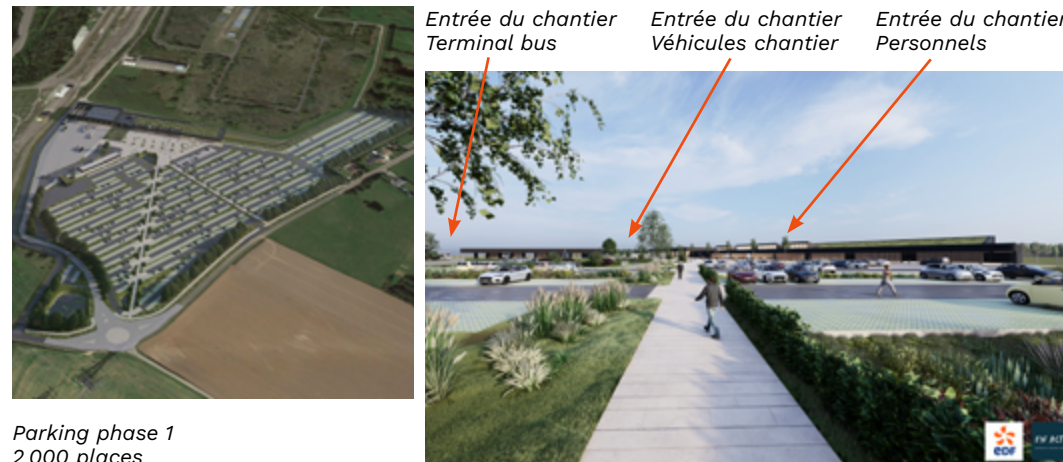
La phase de travaux préparatoires inclut, outre les grands travaux présentés ci-dessus, la mise en place de toutes les infrastructures nécessaires au bon déroulement du chantier : accès, parkings, zones de stockage de matériels et matériaux, ateliers, bureaux, voiries, réseaux d'eau, d'électricité et de télécommunications.

Réalisation du poste d'accès chantier

Pour des raisons de sécurité et de sûreté, l'accès au chantier est contrôlé. Il se fait par un poste d'accès et de contrôle, donnant sur la route départementale.

Le poste d'accès chantier est un bâtiment permettant d'assurer un accès sécurisé au chantier pour les piétons et les véhicules. À proximité de ce poste, se trouvent les infrastructures et aménagements extérieurs associés : places de stationnement (voitures, vélos), aires d'attente, voiries, gare routière, ouvrages de gestion des eaux pluviales, espaces verts, etc.

ILLUSTRATION DU FUTUR POSTE D'ACCÈS CHANTIER



Parking phase 1
2 000 places

Installations et aménagements de chantier

Pour le bon déroulement du chantier, les installations et aménagement suivants sont prévus :

- locaux d'accueil du personnel présent sur le site pendant les travaux (bureaux, sanitaires, réfectoires, poste de garde...) ;
- zones de stockage (couvertes ou non) des matériels et matériaux nécessaires à la réalisation du chantier ;
- aires de travail et d'ateliers divers (concassage, traitement des métaux, centrale à béton, ferrailage, préfabrication), zones de réparation de matériels, de laboratoires d'essais ;
- parkings nécessaires à la phase de chantier ;
- aires de transit des déchets ;
- dispositifs de traitement des eaux : bassins de décantation, déshuileurs, stations d'épuration pour la période chantier (qui serviront ensuite à l'exploitation des unités EPR2) ;
- disponibilité des réseaux sur chaque zone : eau brute et potable (avec compteurs d'eau), électricité et télécoms ;
- raccordement de chaque zone aux réseaux de collecte des eaux usées et des eaux pluviales.

Les installations nécessaires uniquement au chantier seront déconstruites à la fin.

◆ La réalisation des ouvrages de rejet en mer

La construction de l'installation nécessite la réalisation de deux ouvrages de rejet en mer. Ceux-ci permettent de rejeter les eaux du circuit de refroidissement au large, afin de garantir la meilleure diffusion et une réduction maximale des impacts environnementaux. Chaque ouvrage est composé d'un puits à terre, d'un tunnel de rejet, d'un puits en mer et d'un ouvrage de diffusion.

La réalisation de l'ouvrage principal de rejet se fait par l'intermédiaire de deux chantiers menés de front :

- chantier à terre : chantier de creusement des deux puits à terre et des deux tunnels (ou galeries sous-marines) ;
- chantier en mer : chantier de creusement des deux puits en mer et de réalisation des deux diffuseurs.

Le chantier à terre est implanté, pour sa partie de surface, face aux stations de pompage des futures unités de production, sur la plateforme de front de mer et le chenal. Le chantier en mer est implanté à environ 1 kilomètre au large, au droit des puits de rejet.

◆ Les travaux de génie civil

Les travaux de génie civil sont localisés dans la zone des futures unités de production EPR2, située en pied de falaise, au nord du site en exploitation et contiguë à l'unité de production Penly 2. Cette phase comprend la mise en place de ferrailage et le coulage du béton structural pour le bâtiment réacteur et les bâtiments auxiliaires, construits en béton armé.

Les ateliers de préfabrication sont prévus sur la terrasse destinée à cet effet pour les éléments les plus lourds, et sur les plateformes en front de mer, à + 12 mètres ou + 22 mètres, voire + 114 mètres, pour les autres.

Les travaux nécessitent l'utilisation de nombreux moyens de levage (grues à tour, grues mobiles) et l'installation d'une centrale à béton (située en plateforme haute).

◆ Les montages électromécaniques

Les montages électromécaniques consistent à mettre en place tous les matériels nécessaires au fonctionnement de l'unité de production, des plus gros composants (cuve, générateur vapeur, turbine, échangeurs), en passant par les tuyauteries, jusqu'aux plus petits équipements. Pendant cette phase, les travaux de montage ont lieu principalement dans les bâtiments. Le reste du site est utilisé pour des installations d'entreposage, de préparation et de préfabrication.



◆ Les épreuves hydrauliques et essais

Les épreuves hydrauliques de chaque circuit interviennent à la fin de leur montage, les équipements sont testés en les mettant en pression avec de l'eau : la pression exerce un effort mécanique sur les parois, les soudures ou les liaisons boulonnées, et permet de déceler d'éventuels défauts. Les essais sont réalisés tout d'abord pour chaque circuit indépendamment les uns des autres, puis l'ensemble est testé, avant de charger le combustible et de procéder aux essais de démarrage.

Ces différents essais doivent démontrer que les installations fonctionnent tel que prévu à la conception. Les essais de démarrage doivent permettre, en particulier, de s'assurer que les fonctions du réacteur sont remplies conformément à ce qui était prévu en conception, et que les performances des matériels des systèmes sont conformes à leurs spécifications.

4.3.3 Les dispositions du chantier pour ne pas perturber l'exploitation des réacteurs existants

Afin de séparer les activités et gérer les risques associés à chaque activité, la zone de chantier est entièrement séparée du site en exploitation par des clôtures sécuritaires. Pour les risques du chantier qui pourraient avoir des conséquences au-delà de ces clôtures, une analyse est réalisée pour définir les parades adéquates permettant de préserver l'intégrité et le bon fonctionnement de ces installations.

À titre d'exemple, l'utilisation d'explosifs pour reprofiler la falaise n'a pas été retenue pour le projet EPR2 (bien qu'elle l'ait été à l'origine de la construction du CNPE), car elle présentait un risque pour les installations existantes, et ne préserverait pas la qualité de la craie extraite pour permettre son utilisation en remblai.



« Cheminées »
autour des grues.

Autre exemple : sur les grues qui le nécessiteraient, au-delà de la vérification de leur tenue au séisme et au vent, des « cheminées » pourront être installées afin de diminuer le rayon d'impact en cas d'accident.

4.4 LE RACCORDEMENT AU RÉSEAU ÉLECTRIQUE



RTE est associé à ce débat public en tant que maître d'ouvrage chargé du raccordement au réseau électrique des EPR2 (pages 152 à 162).

Le projet porté par EDF de deux unités de production de type EPR2 de 1670 MW chacune, à Penly en Seine-Maritime, a donné lieu à une saisine obligatoire de la CNDP dans le cadre de l'article L. 121-8 du Code de l'environnement.

RTE (Réseau de transport d'électricité) est associé à la démarche du débat public sur le « *projet d'une première paire de réacteurs EPR2 sur le site de Penly (Normandie), dans le cadre de la proposition d'EDF pour un programme de nouveaux réacteurs nucléaires en France* », en tant que maître d'ouvrage chargé du raccordement au réseau électrique de cette première paire, au titre de ses missions de service public (article L. 121-4 I du Code de l'énergie).

Les deux tranches nucléaires existantes sont actuellement raccordées au poste électrique de Penly, via deux liaisons aériennes 400 kV. Chacune assure à la fois l'évacuation de l'électricité produite et l'alimentation des équipements auxiliaires⁶.

La solution envisagée pour le raccordement d'une paire de réacteurs EPR2 sur le site de Penly consisterait à raccorder les nouveaux réacteurs sur le poste électrique 400 kV de Penly reconstruit : le futur poste électrique de Navarre 400 kV. En effet, pour des raisons de vétusté indépendantes du projet EPR2, RTE a lancé, en 2020, le projet de reconstruction du poste de Penly sur un site à proximité immédiate du poste actuel. La concertation au titre de ce projet se tiendra en 2022. Étant donné l'échéance du raccordement d'une paire d'EPR2 sur le site de Penly postérieure à celle de la réalisation de ce nouveau poste, le raccordement au poste électrique de Navarre est la solution préférentielle.

La solution de principe envisagée consiste à créer quatre liaisons électriques 400 kV entre le nouveau site nucléaire et le nouveau poste électrique de Navarre.

4.4.1 Présentation de RTE

◆ Assurer une mission de service public

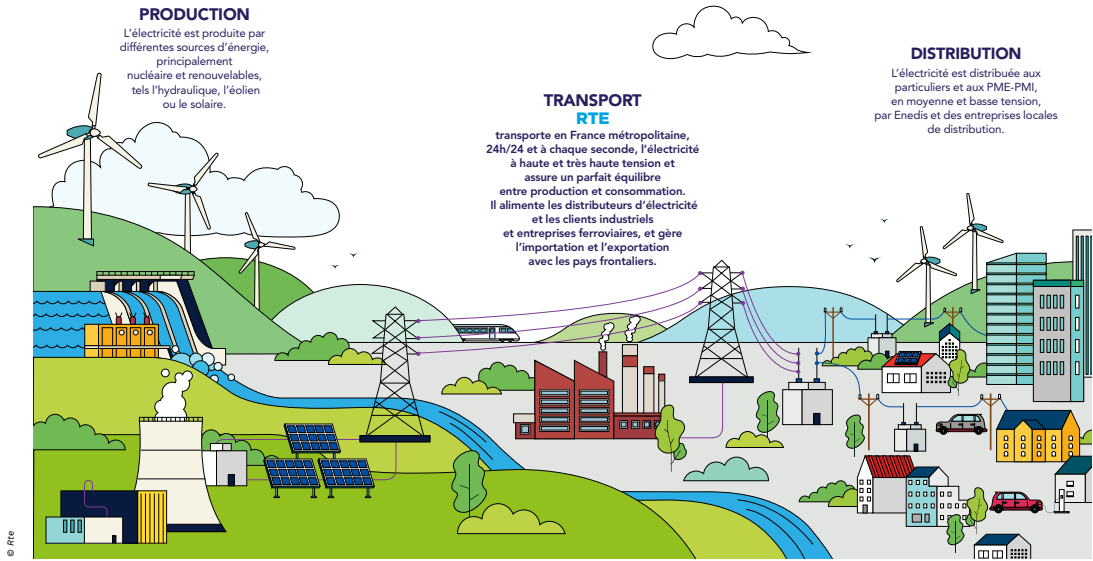
Gestionnaire du réseau public de transport d'électricité en France, RTE doit assurer, au titre de ses missions de service public, le raccordement et l'accès au réseau public de transport d'électricité dans des conditions non discriminatoires. RTE agit, dans le présent document, au titre de sa mission de service public en charge d'assurer le raccordement et l'accès au réseau public de transport sans discrimination vis-à-vis du moyen de production en faisant la demande.

RTE est donc le garant du bon fonctionnement et de la sûreté du système électrique. Cela à tout moment et avec la même qualité de service sur le territoire métropolitain continental, grâce à la mobilisation de ses 9 500 salariés qui gèrent en temps réel les flux électriques et l'équilibre entre la production et la consommation.

À ce titre, RTE exploite, maintient et développe le réseau à haute et très haute tension (de 63 000 à 400 000 kV) le plus étendu d'Europe. Interconnecté avec 7 pays, il compte plus de 100 000 kilomètres de lignes aériennes, plus de 6 000 kilomètres de lignes souterraines, 2 800 postes électriques en exploitation ou coexploitation, et 51 lignes transfrontalières.

En outre, RTE a la mission légale de réaliser des études prévisionnelles ou prospectives sur le secteur électrique, en concertation avec les parties prenantes, pour éclairer les choix publics notamment sur le mix électrique.

6. Les auxiliaires correspondent aux équipements qui sont indispensables pour assurer le bon fonctionnement de l'installation nucléaire, et à la sécurité de fonctionnement.



En tant qu'opérateur industriel de la transition énergétique, RTE optimise et transforme son réseau pour raccorder les installations de production d'électricité quels que soient les choix énergétiques futurs.

◆ Accompagner la décarbonation du pays

Le défi pour RTE est majeur : moderniser et développer le réseau de transport d'électricité pour être en mesure d'accompagner la décarbonation du pays. À court terme, d'importants défis climatiques et énergétiques sont à relever à l'échelle mondiale, européenne et au niveau de chaque pays.

DES SCÉNARIOS POUR ATTEINDRE LA NEUTRALITÉ CARBONE

Fin 2021, RTE a publié des scénarios prospectifs permettant d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. En parallèle à la maîtrise de la demande d'électricité, l'ensemble de ces scénarios soulignent l'importance d'une forte électrification de l'économie nationale pour sortir des énergies fossiles. Cela implique que des moyens de production faiblement émetteurs de gaz à effet de serre soient mis en service, et que le réseau soit adapté pour les intégrer au système électrique. Des informations complémentaires sont disponibles sur le site : www.rte-france.com.

◆ Le retour d'expérience en matière de raccordement de sites de production électrique

RTE dispose d'expérience en matière de raccordement des différents sites de production électrique répartis sur le territoire. Le réseau de transport d'électricité s'est développé durant le XX^e siècle pour accompagner et répondre à l'évolution du mix électrique français et européen.

En particulier, le réseau de grand transport d'électricité (400 kV et une partie du 225 kV) a tout d'abord été développé pour relier les lieux de production, historiquement les massifs montagneux où se trouvent les barrages hydrauliques, et les centres de consommation : villes et centres industriels.

Il s'est ensuite fortement étendu à l'échelle du territoire national sous l'effet de l'adaptation significative du réseau qui s'est opérée dans les années 1980 et 1990, en lien avec le programme de développement électronucléaire. Cinquante-six réacteurs en exploitation sont actuellement raccordés au réseau de transport d'électricité.

Depuis les années 2010, le réseau de grand transport se développe également en mer avec les raccordements, en cours et à venir, des futurs parcs éoliens en mer au large des côtes françaises.

◆ Assurer une intégration environnementale exemplaire

Le respect et la protection durable de l'environnement sont des objectifs que RTE poursuit dans le cadre de ses missions de service public. RTE veille à intégrer les préoccupations liées à l'environnement le plus en amont possible, et à chaque étape d'élaboration d'un projet. Des mesures sont ainsi définies dans le but d'éviter, de réduire et, en dernier lieu, lorsque c'est nécessaire, de compenser les impacts négatifs significatifs sur l'environnement.

Au quotidien, RTE cherche à améliorer son action en faveur de l'environnement, en s'appuyant sur ses capacités de formation, de recherche et d'innovation, et sur son système de management de l'environnement certifié ISO 14001.



© Marc Carven, EDF

4.4.2 La solution envisagée de raccordement

◆ Les grands principes

La solution envisagée par RTE pour évacuer l'énergie des réacteurs EPR2 consisterait à les raccorder au futur poste électrique de Navarre 400 kV. Celui-ci sera construit à environ 500 mètres du poste existant (Penly 400 kV), auquel sont actuellement raccordées les deux unités de production nucléaires Penly 1 et 2. Quatre nouvelles liaisons électriques seraient donc créées pour assurer le raccordement au poste électrique de Navarre 400 kV (voir le détail section 3.3.3 – Les caractéristiques techniques du raccordement).

Le coût de la solution de raccordement est estimé, à ce jour, à environ 60 millions d'euros aux conditions économiques 2022.

◆ Le planning de réalisation des ouvrages de raccordement

Si EDF, maître d'ouvrage de l'installation d'une paire d'EPR2, décidait de poursuivre le projet, le planning du raccordement au réseau public d'électricité — dont la réalisation est de la responsabilité de RTE au titre de ses missions de service public — s'articulerait avec celui d'EDF comme indiqué ci-après :

- 2023-2026 : obtention des autorisations et études techniques ;
- 2027-2029 : extension du poste de Navarre ;
- 2029-2032 : construction des lignes électriques entre Navarre et EPR ;
- 2033-2035 : alimentation des EPR durant la phase d'essai.

La durée de réalisation des travaux et de la mise en service des liaisons de raccordement à l'issue de la phase d'obtention des autorisations administratives serait d'environ 4 ans.

◆ L'absence de mise en œuvre du projet de création d'une paire d'EPR2

Quelle qu'en soit la raison, si le projet de nouvelle production nucléaire ne se réalisait pas, RTE ne créerait pas les quatre nouvelles lignes aériennes ou souterraines à 400 kV de raccordement envisagées, et ne réaliserait pas les travaux d'extension du futur poste de Navarre.

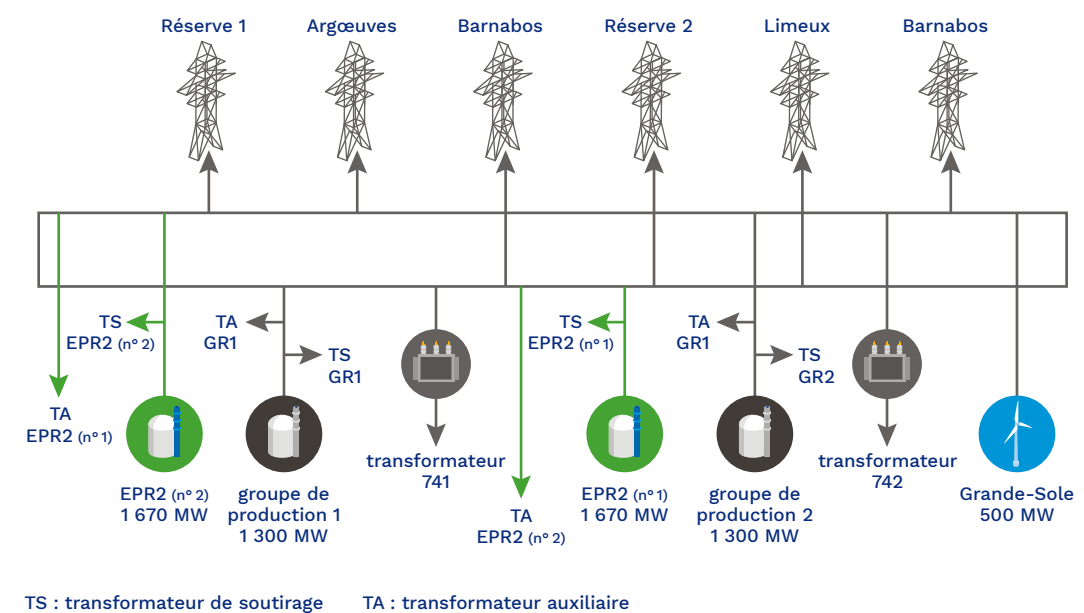


La capacité de raccorder les projets d'envergure représenterait une emprise d'environ 2 hectares, permettant l'installation de 6 cellules supplémentaires, dont 4 seraient allouées au raccordement des 2 EPR2.

Cette absence de mise en œuvre n'aurait pas d'impact sur le projet de construction du poste de Navarre : il est stratégique dans l'adaptation du réseau de transport d'électricité sur la zone Normandie-Manche-Paris, laquelle est identifiée comme zone de fragilité électrique dans le SDDR 2019 et dans l'étude RTE sur les futurs énergétiques 2050.

La zone électrique concernée par le projet est marquée par une forte dynamique en matière de projets structurants pour le système électrique : développement important de la production *offshore* sur la façade normande qui présente un des meilleurs potentiels de vent en France, nouvelles interconnexions avec le Royaume-Uni, projets industriels de décarbonation, ou encore de Power to Gas... (voir la fiche n° 4 – « Les autres projets RTE en Normandie »).

SCHÉMA FONCTIONNEL DU FUTUR POSTE DE NAVARRE 400 KV



La solution de principe envisagée pour raccorder la paire de réacteurs EPR2 consisterait à créer quatre liaisons électriques 400 kV (en vert sur le schéma fonctionnel) entre le nouveau site nucléaire et le nouveau poste électrique de Navarre.

Deux liaisons électriques seraient à créer pour évacuer la production de chacun des deux réacteurs EPR2 en technologie aérienne, compte tenu du niveau de puissance important à transporter. Elles seraient réalisées entre le poste de Navarre et le site EDF de Penly, soit une longueur d'environ 3 kilomètres chacune pour environ 25 nouveaux pylônes à installer au total.

Deux liaisons électriques seraient à créer pour assurer l'alimentation des auxiliaires de chacun des deux réacteurs en technologie souterraine, compte tenu du niveau de puissance plus faible à transporter. Elles seraient d'une longueur d'environ 3 kilomètres chacune, cheminant principalement sous voirie existante dans l'enceinte du CNPE, au sein d'une même tranchée. On parlerait d'une liaison souterraine « double ».

Une extension du poste de Navarre sur environ 2 hectares serait également réalisée, afin d'y installer quatre cellules supplémentaires pour accueillir les quatre liaisons ainsi créées.



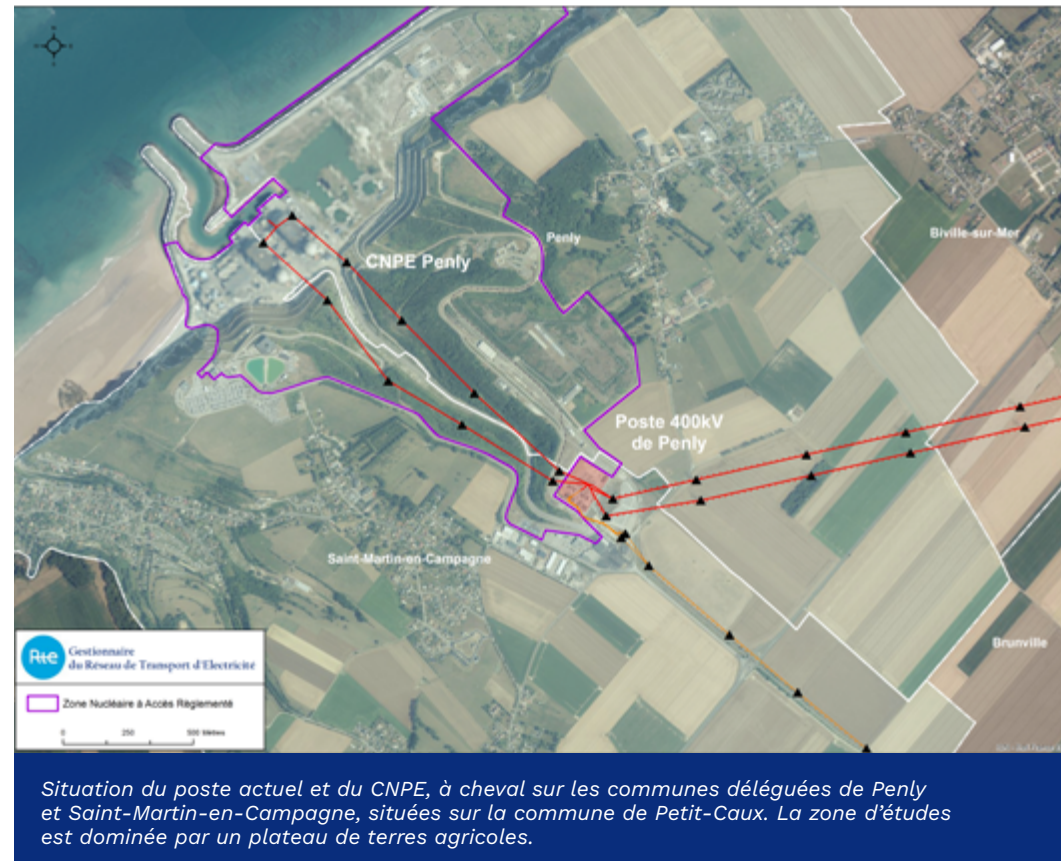
Étant donné l'emplacement prévisible du futur poste de Navarre, les nouveaux tracés de raccordement de la paire de réacteurs EPR2 seraient majoritairement situés dans l'enceinte du site industriel d'EDF. Actuellement à l'étude, ils sont positionnés dans cette infographie à titre indicatif et explicatif. La procédure associée à leur définition (voir le paragraphe « Concertation au titre de la circulaire Fontaine ») pourrait faire l'objet d'un atelier spécialement organisé dans le cadre du débat public.

- ➔ **Pour plus d'informations** sur les lignes aériennes (LA) et souterraines (LS) 400 kV : voir les fiches annexes n° 6 et n° 7.
- ➔ **Pour plus d'informations** sur la consistance des travaux de raccordement : voir la fiche annexe n° 8.

◆ Les enjeux associés à la solution technique de raccordement

Le site de Penly se caractérise par une certaine maturité d'études et d'analyses de faisabilité d'implantation d'un projet de nouvelles installations nucléaires, prenant en compte l'urbanisme, la sensibilité environnementale ainsi que des analyses techniques associées au refroidissement des installations, aux caractéristiques des sols et au niveau d'aléa sismique. Étant situés majoritairement dans l'enceinte du CNPE, les ouvrages de raccordement s'inscrivent dans cette ressource documentaire et cette connaissance du territoire d'accueil.

Les principaux enjeux et impacts génériques concernant un raccordement sont décrits ci-après, avant mise en œuvre de la séquence « éviter-réduire-compenser » (ERC).



Photos © DR

RTE réalisera l'ensemble des études techniques et environnementales, ainsi qu'un état initial de l'environnement, afin de proposer la solution technique la plus adaptée possible aux caractéristiques de la zone et limitant les effets du projet sur l'environnement. Dans un premier temps, RTE proposera des mesures d'évitement des enjeux et impacts identifiés, puis de réduction et, s'il reste des impacts résiduels, des mesures de compensation.

Ces études ont vocation à alimenter le volet raccordement électrique de l'étude d'impact environnemental du projet de création d'une première paire d'EPR2.

◆ La description du milieu concerné par le raccordement

La zone d'opération est caractérisée par un paysage de plateaux qui s'interrompent brutalement sur les hautes falaises de craies au contact de la Manche. Les grandes cultures, notamment céréalières, y occupent une place importante avec des terres réputées pour être de bonne qualité. Outre la présence de la centrale nucléaire de Penly, le réseau électrique (poste et lignes électriques) est présent sur le plateau du Petit-Caux et fait partie des paysages agricoles ouverts. Accolée à la centrale, on note également la présence de la zone artisanale du Bois Nicolas.

Outre les dispositions relatives à la loi « littoral », la zone côtière située entre Dieppe et Le Tréport présente plusieurs zones protégées. Toutefois, la zone d'étude, située quasi exclusivement dans l'enceinte du CNPE, n'est pas directement concernée par des sites naturels faisant l'objet d'une protection réglementaire.

La zone présente des enjeux archéologiques probables. À proximité, sur l'emprise du projet de poste électrique de Grande Sole (raccordement du parc éolien en mer de Dieppe – Le Tréport), plusieurs vestiges datés entre les I^{er} et III^e siècles ont, par exemple, été découverts. La zone agricole de la Grande Sole est concernée par un risque d'effondrement et d'affaissement, avec la présence de marnières.

Enfin, la zone d'étude est concernée par les documents suivants :

- SCOT du Pays Dieppois – Terroir de Caux, approuvé le 28 juin 2017 et dont la modification simplifiée a été approuvée le 8 juillet 2021 ;
- carte communale de Penly, en cours de révision à l'heure de la rédaction de ce dossier.

◆ Les principaux impacts sur l'environnement et le paysage

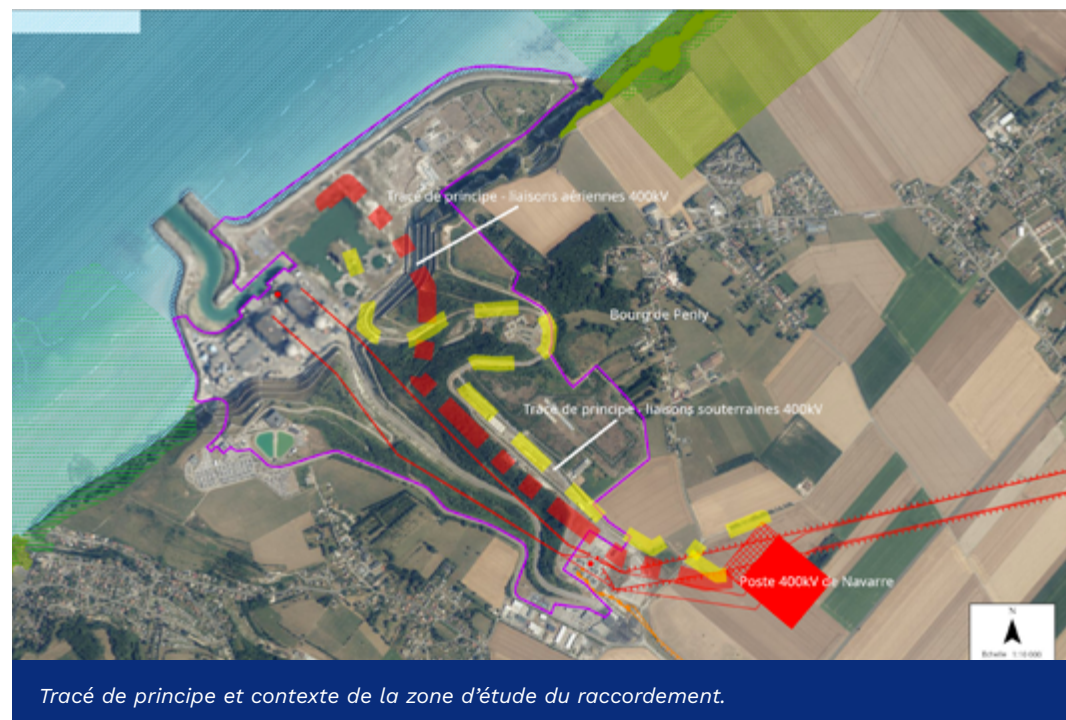
De manière pérenne

Milieu physique

Une ligne électrique et un poste ont des incidences limitées sur le milieu physique. RTE réalise des études d'impacts sur les postes et les lignes aériennes, en regardant notamment certains impacts à enjeux sur le milieu physique (gestion rationnelle de l'espace, préservation des sols, sous-sols, masses d'eau, pollutions, déchets). À son actif, RTE a plusieurs centaines d'études d'impacts sur le sujet, et dispose donc d'un recul important sur cette thématique.

Par ailleurs, RTE s'est doté de politiques de prévention et de maîtrise des impacts (0 phyto, limitation des emprises au sol, gestion des pollutions, gestion des déchets et économie circulaire, référentiel HSE) et, de manière globale, analyse, répertorie et évalue en continu les mesures ERC types qu'il met en œuvre sur ses ouvrages. RTE est certifié ISO 14001.

D'une manière générale, la recherche de tracés et d'un emplacement devra intégrer l'existence de secteurs sensibles comme les captages en eau potable, le réseau hydrographique et les zones humides associées, les zones d'aléas retrait-gonflement des argiles.



Tracé de principe et contexte de la zone d'étude du raccordement.

Milieu naturel

Une ligne électrique aérienne peut avoir des incidences sur le milieu naturel du fait de son tracé et de l'implantation de ses supports. Ces effets correspondent principalement aux coupes régulières et sélectives de la végétation par abattage, élagage ou débroussaillage qui sont effectuées en moyenne tous les 4 à 5 ans sous ces ouvrages lorsqu'ils sont implantés en milieu forestier / boisé. Cet entretien doit permettre d'éviter tout incident causé par une trop grande proximité entre la végétation et la ligne. Le risque de collision d'oiseaux ou de chiroptères avec les câbles d'une ligne aérienne peut également exister, mais le phénomène reste limité. Si la décision du projet devait être prise, RTE mettrait en œuvre la démarche ERC environnementale, comme sur l'ensemble de ses projets d'aménagement, avec en priorité éviter, puis réduire et enfin compenser — si nécessaire — les impacts résiduels de son projet.

Plus globalement, des diagnostics écologiques sont réalisés afin d'identifier la présence potentielle d'espèces protégées, et ainsi rechercher des passages et / ou des emplacements de moindre sensibilité. L'évitement des stations d'espèces protégées et / ou des sites sensibles est privilégié.

CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES (CEM) : ÉTAT DES CONNAISSANCES

Ces 40 dernières années, de nombreuses expertises ont été réalisées à propos de l'effet éventuel des champs électriques et magnétiques sur la santé, par des organismes officiels tels que l'OMS (Organisation mondiale de la santé), le CIRC (Centre international de recherche sur le cancer) et, au niveau français, l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail).

L'ensemble de ces expertises conclut à l'absence de preuve d'un effet significatif sur la santé. Dans sa monographie EHC 238, l'OMS indique que l'impact des champs électriques et magnétiques sur la santé publique — si tant est qu'il existe — serait faible et incertain.

Ces expertises ont permis à des instances internationales telles que la Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (ICNIRP) d'établir des recommandations sanitaires (« Health Guidelines ») relatives à l'exposition du public aux champs électriques et magnétiques. Elles constituent la base de la réglementation, et notamment la recommandation européenne de 1999.

La France applique cette recommandation européenne : tous les nouveaux ouvrages électriques doivent ainsi respecter un ensemble de conditions techniques définies par un arrêté interministériel. Celui en vigueur, l'arrêté technique du 17 mai 2001, reprend (article 12 bis) les limites de 5 000 V/m et de 100 μ T issues de la recommandation européenne.

Le dispositif des plans de contrôle et de surveillance des CEM, mis en place par le décret n° 2011-1697 du 1^{er} décembre 2011 et repris dans le Code de l'énergie au travers des articles R. 323-43 à R. 323-48, étend la limite de 100 μ T à l'ensemble du réseau, et permet de vérifier, par des mesures directes et indépendantes, que ces valeurs sont également respectées dans les zones fréquentées régulièrement par le public.

Éléments complémentaires

RTE est particulièrement soucieux de la qualité et de la transparence des informations communiquées au public, et a notamment passé un accord avec l'Association des maires de France pour répondre à toute demande en ce sens. RTE a créé un site dédié aux champs électriques et magnétiques (cf. référence n° 19), et met également à disposition du public un MOOC d'information sur les CEM (cf. référence n° 20).

Milieu humain

La création d'une ligne électrique n'implique aucun transfert de propriété au profit de RTE, y compris à l'emplacement des pylônes ou sur le passage des câbles enterrés, mais une servitude indemnisable pour la durée de présence de l'ouvrage. La présence d'une ligne électrique ne prive pas le propriétaire de l'usage de son terrain. Cependant, à l'aplomb d'une liaison souterraine, une servitude limitant la constructibilité est instaurée sur une largeur de 5 mètres (6 mètres dans le cas d'une liaison double). En revanche, RTE recherchera systématiquement l'acquisition à l'amiable des terrains sur lesquels sera implanté le poste électrique, ou son extension, le cas échéant.

La construction d'une ligne peut générer des effets sur le milieu humain : aspect visuel, bruit, occupation au sol... La recherche d'un tracé vise, si possible, à s'écarter des zones les plus densément habitées.

En matière de bruit, le projet est soumis aux prescriptions et valeurs limites à respecter de l'arrêté technique du 17 mai 2001, fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les réseaux électriques.

Concernant les champs électriques et magnétiques, ce même arrêté technique fixe des valeurs limites issues des recommandations européennes et scientifiques. Les lignes électriques de RTE sont soumises au dispositif de contrôle et de surveillance des champs électromagnétiques, conformément au Code de l'énergie.

Paysage

L'aspect paysager constitue souvent l'impact majeur d'un ouvrage électrique aérien et d'un poste électrique. Il dépend de la perception des équipements et des structures depuis les zones d'habitat, les routes et les lieux fréquentés, mais aussi de l'ambiance paysagère initiale, de la présence d'arrière-plans ou d'écrans visuels, de la possibilité de regroupement avec des infrastructures de même configuration.

De manière ponctuelle, en phase de travaux

Avant les travaux, les meilleures périodes d'intervention et les modes opératoires sont examinés : il faut éviter le dérangement de la faune sensible, intervenir en dehors des périodes de nidification ou de reproduction de certaines espèces, éviter les périodes de floraison d'espèces exotiques envahissantes pour limiter leur propagation... Les risques de pollution accidentelle sont maîtrisés par des dispositions telles que la vérification du matériel et des engins, des kits absorbants à disposition sur le chantier, des bacs de récupération, l'usage de produits biodégradables...

Si la présence d'espèces protégées est identifiée, des mesures supplémentaires sont mises en œuvre (recours à des plaques pour les accès, balisage et protection des zones sensibles telles que mares, fossés, zones humides, suivi écologique...).

Les travaux peuvent générer du bruit, des poussières et perturber la circulation locale. Ils peuvent également générer des dommages aux cultures et aux sols : ornières, piétinements, pertes de récolte, réseaux de drainage ou d'irrigation, clôtures... Des constats préalables sont effectués avec les agriculteurs avant l'ouverture du chantier et à l'achèvement de celui-ci. Les préjudices liés à ces travaux sont indemnisés conformément aux barèmes arrêtés au plan national avec la profession agricole.

4.4.3 La contribution de RTE au débat public

◆ Les engagements et pratiques en matière d'information et de concertation

RTE fait de l'écoute des acteurs locaux une priorité. Il entretient naturellement le dialogue avec les territoires, en mettant au cœur de ses préoccupations l'intégration de ses ouvrages dans le paysage, la préservation de l'environnement et la contribution à la création et au maintien du tissu économique local. L'objectif est de parvenir, par l'information et la concertation, à des solutions partagées avec les acteurs concernés.

RTE prendra part au dispositif de participation du public organisé sous l'égide de la Commission particulière du débat public (CPDP). En particulier, RTE s'engage à apporter une information de qualité concernant les conditions de raccordement, afin d'expliquer de manière accessible et pédagogique les caractéristiques techniques ainsi que les mesures d'insertion environnementale et d'accompagnement du projet de raccordement.

L'articulation avec les temps d'information et de participation du public organisés par EDF, favorisera la compréhension du projet dans une vision globale. RTE participera notamment à tous les rendez-vous qui seront organisés dans le cadre du débat public et où sa présence, en tant que maître d'ouvrage de la réalisation du raccordement au réseau public de transport d'électricité, sera jugée nécessaire.

.....
RTE s'engage à apporter une information de qualité concernant les conditions de raccordement.
.....

Tous les documents d'information, de présentation et d'explication qui seront élaborés par RTE, seront également disponibles sur le site Internet dédié au débat public qui servira aussi à centraliser les questions.

4.4.4 Les procédures associées à la solution de raccordement

Le raccordement d'une première paire de réacteurs EPR2 sur le site de Penly est soumis à diverses autorisations administratives et procédures. Les principales concernent la réalisation d'une concertation, la déclaration d'utilité publique (DUP) tant sur la partie extension du poste électrique que sur la partie lignes (aérienne et souterraine). En cas de besoin, seront également nécessaires un arrêté de dérogation d'espèces protégées et une autorisation de défrichement, un éventuel permis de construire (PC) de l'extension du poste électrique, une approbation du projet d'ouvrage (APO), autorisation délivrée par le préfet de département pour la partie ligne aérienne, et une consultation des maires et des gestionnaires de domaines et de services publics concernés par le projet, pour la partie ligne souterraine et poste.

◆ La concertation au titre de la « circulaire Fontaine »

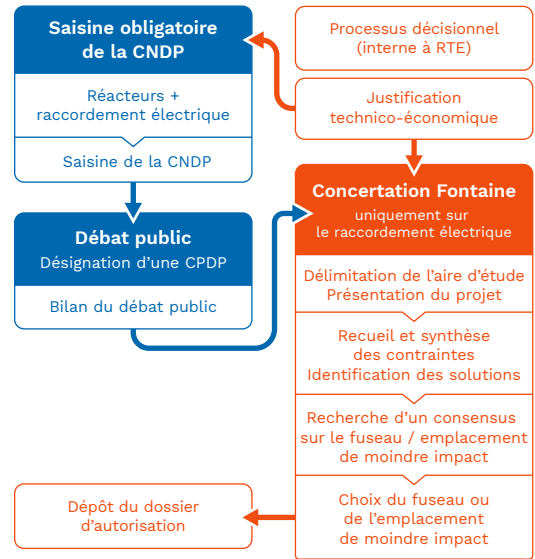
Pour tout projet de raccordement, RTE est soumis à une concertation dite « Fontaine », décrite dans la circulaire signée par la ministre déléguée à l'Industrie du 9 septembre 2002.

Menée sous l'égide du préfet, cette concertation associe les élus, les services experts de l'État et les associations représentatives des populations concernées par le projet. Elle permet de prendre connaissance des caractéristiques techniques et des éventuelles mesures d'insertion environnementale et d'accompagnement.

Distincte du débat public, la concertation Fontaine sera néanmoins conduite en articulation, afin de tenir compte des contributions qui seraient importantes à prendre en compte pour la mise en œuvre de la solution technique de raccordement de la paire de réacteurs EPR2. Les deux types de concertation (débat avec le public et concertation avec les parties prenantes) ne s'opposent pas mais, au contraire, sont complémentaires et s'enrichissent mutuellement. Un atelier sur l'aire d'étude du raccordement, ainsi que sur les fuseaux envisagés, pourrait être organisé dans le cadre du débat public.

Pour mémoire, les caractéristiques générales et techniques du poste de Navarre auront déjà fait l'objet d'une concertation Fontaine en 2022, dans le cadre des procédures associées au projet intitulé « Reconstruction du poste de 400 kV de Penly ».

LA CONCERTATION « FONTAINE » ET LE DÉBAT PUBLIC



◆ **La déclaration d'utilité publique**

La déclaration d'utilité publique permet à l'administration de reconnaître le caractère d'intérêt général d'un projet d'ouvrage électrique, et permet, en conséquence, de sécuriser l'obtention des servitudes pour la maîtrise du foncier et l'implantation de la solution technique de raccordement (liaisons).

◆ **La loi sur l'eau (IOTA)**

La sollicitation d'une autorisation environnementale ou d'une déclaration IOTA reste à confirmer à ce stade, notamment au regard de la réglementation loi sur l'eau (Installations, ouvrages, travaux et activités ou IOTA). Si une autorisation environnementale est sollicitée, elle intégrera alors les autorisations mentionnées ci-après.

◆ **L'arrêté de dérogation espèces protégées**

En cas de besoin, cette autorisation requiert un passage préalable en Commission du conseil national pour la protection de la nature (CNP) ou en Conseil scientifique régional du patrimoine naturel (CSRPN) en fonction des espèces.

◆ **L'autorisation de défrichement**

En cas de besoin, la procédure à suivre dépendra de la superficie concernée par le défrichement.

◆ **Le permis de construire**

Un éventuel permis de construire (PC) pour la mise en œuvre de la solution technique concernerait la construction des cellules électriques en extension du poste de Navarre, pour accueillir les liaisons de raccordement de la paire de réacteurs EPR2.

◆ **L'approbation du projet d'ouvrage (APO) / consultation des maires et des gestionnaires de Déclaration préalable de travaux (DP)**

Il s'agit d'une autorisation délivrée par le préfet de département, après avis des maires et des gestionnaires de domaine public, qui vérifie *a priori* la conformité des lignes aériennes à la réglementation technique en vigueur.

Par ailleurs, avant le début des travaux, les projets de construction de lignes souterraines, ainsi que ceux de construction / extension de postes font l'objet d'une consultation des maires des communes et des gestionnaires des domaines publics, sur le territoire ou l'emprise desquels les ouvrages doivent être implantés. Les gestionnaires de services publics concernés par le projet sont également concernés.

◆ **L'étude d'impact**

Conformément aux articles L. 122-1 à L. 122-3-4 du Code de l'environnement, le projet global EPR2 Penly fera l'objet d'une évaluation environnementale, incluant la réalisation d'une étude d'impact.

4.5 LES EFFETS DU PROJET EPR2 SUR LE TERRITOIRE

4.5.1 Les effets sur l'environnement

Avant d'engager la construction d'une centrale nucléaire et avant l'enquête publique, une étude d'impact environnemental est réalisée ; il s'agit d'une obligation légale pour tout projet de grande envergure. Cette étude, dont le contenu est fixé par la réglementation, s'intéresse à toutes les phases du projet depuis la conception jusqu'à l'exploitation, en passant par le chantier.

Elle traite de nombreuses thématiques : la population, la santé humaine, la biodiversité, les terres, le sol, l'eau, l'air, le climat, les biens matériels, le patrimoine culturel y compris les aspects architecturaux et archéologiques, et le paysage... Elle propose des mesures pour éviter les effets négatifs du projet ou, à défaut, lorsque l'évitement n'est pas possible, les réduire autant que possible, et enfin les compenser, le cas échéant, si des effets négatifs notables perdurent.

À ce stade du projet EPR2 à Penly, l'étude d'impact est en cours de réalisation sur la base des données techniques nécessaires à la conception du projet. EDF dispose d'une part, de données de surveillance de l'environnement, en lien avec l'exploitation des deux réacteurs actuels de Penly, et d'autre part, de résultats d'inventaires spécifiques réalisés dans le cadre du projet. Toutes ces données permettent de connaître et d'appréhender les enjeux environnementaux locaux du site de Penly.

Ce sous-chapitre présente donc un aperçu des principaux effets potentiels du projet EPR2 (pendant les travaux et pendant l'exploitation) sur l'environnement au regard des enjeux environnementaux locaux, en l'état des connaissances disponibles.

Les éléments relatifs à la prise en compte de l'environnement à la conception et du changement climatique sont traités aux chapitres 3.2.5 et 3.4, car ils s'appliquent à la conception de l'EPR2 quelque soit le site.

Pour des informations détaillées sur les impacts d'une centrale nucléaire en fonctionnement sur son environnement et sur les dispositifs de surveillance, le lecteur pourra consulter le **document « Centrales nucléaires et environnement »**, disponible sur le site internet edf.fr.

.....
**L'étude d'impact
environnemental
(obligatoire)
s'intéresse à toutes
les phases du projet.**
.....

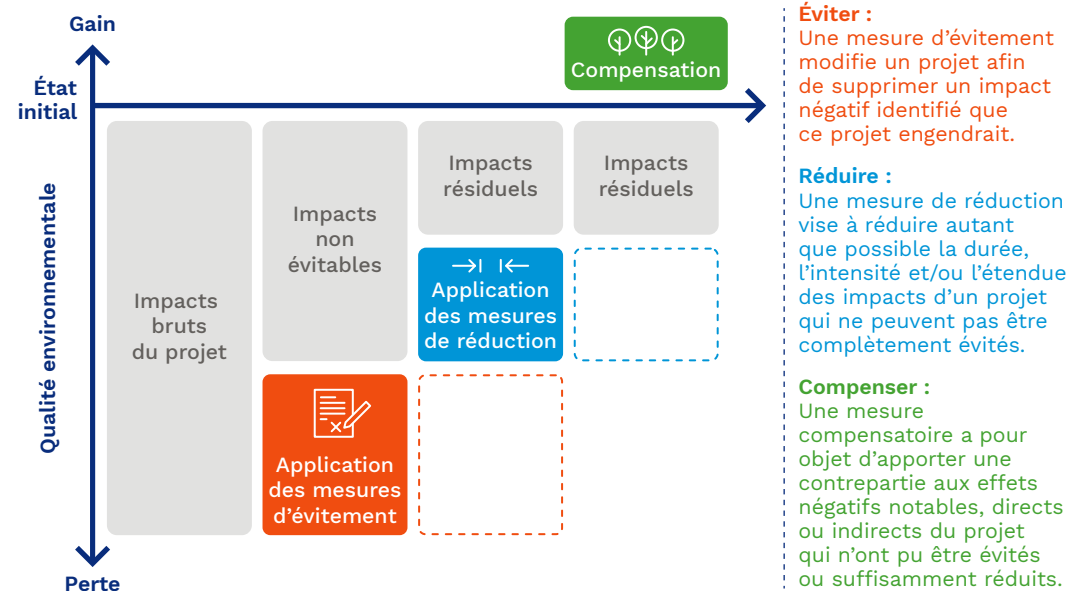


LA DÉMARCHE ERC

La conception du projet EPR2 à Penly suit la démarche « éviter-réduire-compenser » (ERC). Elle prévoit, en premier lieu, d'éviter les effets négatifs notables d'un projet sur l'environnement. Si ceux-ci n'ont pas pu être évités, des mesures doivent être prises pour les réduire. Enfin, si les impacts résiduels, après évitement et réduction, restent notables, des mesures de compensation sont nécessaires.

Ces mesures ERC sont définies sur la base des meilleures techniques disponibles, et sont sélectionnées puis mises en œuvre en fonction de leur performance environnementale, de leur faisabilité technico-économique, ou encore de leur degré de maturité industrielle.

SÉQUENCE ÉVITER, RÉDUIRE, COMPENSER



Source : « THEMA, La séquence Éviter, Réduire, Compenser : un dispositif consolidé » Ministère de l'Environnement (2017)

◆ Les effets sur le milieu aquatique : prélèvements et rejets

Les enjeux liés à la préservation de la ressource en eau

La préservation de la ressource en eau douce est un enjeu majeur, de plus en plus prégnant compte tenu du dérèglement climatique. Il figure dans tous les plans de gestion de la ressource en eau pour lesquels le site de Penly est concerné, par exemple dans le Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 2022-2027, qui prévoit d' « adapter les pratiques pour réduire les demandes en eau », ou encore de « garantir » un équilibre pérenne entre ressources en eau et demandes. À une échelle plus réduite, d'après le Schéma d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) de la vallée de l'Yères, la qualité physico-chimique et biologique de l'eau de l'Yères est globalement bonne. Le lit mineur du fleuve et ses affluents, mais aussi les zones humides du lit majeur, sont intégralement classés en zone Natura 2000.

SITUATION DE L'YÈRES PAR RAPPORT AU SITE DE PENLY



L'enjeu de la préservation de la ressource en eau concerne donc directement le site de Penly, dont la source d'alimentation en eau douce est l'Yères. La compatibilité du projet avec les prescriptions des plans et programmes locaux et régionaux en matière de gestion de l'eau, ainsi qu'avec l'évolution de la disponibilité de la ressource en eau liée au changement climatique, devra être examinée dans l'étude d'impact produite à l'issue du débat public, si la poursuite du projet est confirmée.

Les prélèvements

Le chantier nécessite de l'eau douce, principalement pour la fabrication du béton et le fonctionnement de l'unité de concassage. Elle sert également au nettoyage et à l'entretien des matériels et à l'arrosage des pistes pour limiter les envols de poussières. Pendant la phase des montages électromécaniques, de l'eau déminéralisée est utilisée pour la première mise en propreté des équipements sensibles et les premiers rinçages internes des tuyauteries. Dans la mesure du possible, et afin de limiter la consommation, l'eau douce est recyclée : par exemple, les eaux de lavage sont collectées et utilisées par les activités de concassage et de production de béton. La consommation mensuelle d'eau douce serait d'environ 7 000 mètres cubes. Au plus fort des travaux de génie civil, la consommation atteindrait 10 000 mètres cubes par mois, compte tenu de la fabrication du béton. L'eau utilisée proviendra principalement de prélèvements dans l'Yères, selon les mêmes modalités que celles mises en place pour les unités de production actuellement en fonctionnement.

Pendant son exploitation, un réacteur nucléaire situé en bord de mer utilise :

- l'eau de mer, nécessaire au circuit de refroidissement ;
- l'eau douce, nécessaire au fonctionnement de divers équipements et systèmes de la centrale, en particulier les circuits primaire et secondaire.

L'eau de mer est prélevée dans le canal situé entre la digue et les unités de production. L'eau douce, nécessaire à la production d'eau déminéralisée et au fonctionnement des systèmes de la centrale, est aujourd'hui prélevée dans l'Yères, avec un volume annuel maximal autorisé par décision de l'ASN (2008-DC-0089) de 600 000 mètres cubes par an. L'autorisation comporte une limite annuelle maximale, une limite journalière maximale (9 600 mètres cubes par jour) et un débit instantané maximum.

Avec les deux unités de production EPR2, le volume de prélèvement dans l'Yères nécessaire serait porté à 960 000 mètres cubes par an maximum, et devra faire l'objet de l'instruction réglementaire décrite au § 5.1. L'augmentation du volume est limitée grâce à la conception de l'EPR2, qui permet d'utiliser en substitution partielle à l'eau douce prélevée dans l'Yères, des eaux actuellement rejetées à la mer : eau de pluie, eau collectée en pied de falaise, et eau issue de la station d'épuration de Saint-Martin-en-Campagne. Ainsi, une partie des besoins en eau douce des unités de production EPR2 serait couverte par des sources d'eau alternatives à l'Yères, permettant de limiter l'augmentation des prélèvements dans ce cours d'eau. Il ne serait pas nécessaire de modifier les installations de prélèvement existantes, ni les canalisations.

Les rejets

Les rejets thermiques

Le refroidissement des condenseurs est effectué en circuit ouvert : il est assuré par la circulation d'eau prélevée puis rejetée en mer. Au passage dans les condenseurs, cette eau subit un échauffement conduisant à des rejets thermiques.

Ces derniers sont encadrés par la réglementation qui limite la température au rejet et l'échauffement de l'eau, entre sa température au prélèvement de l'eau et sa température au rejet.

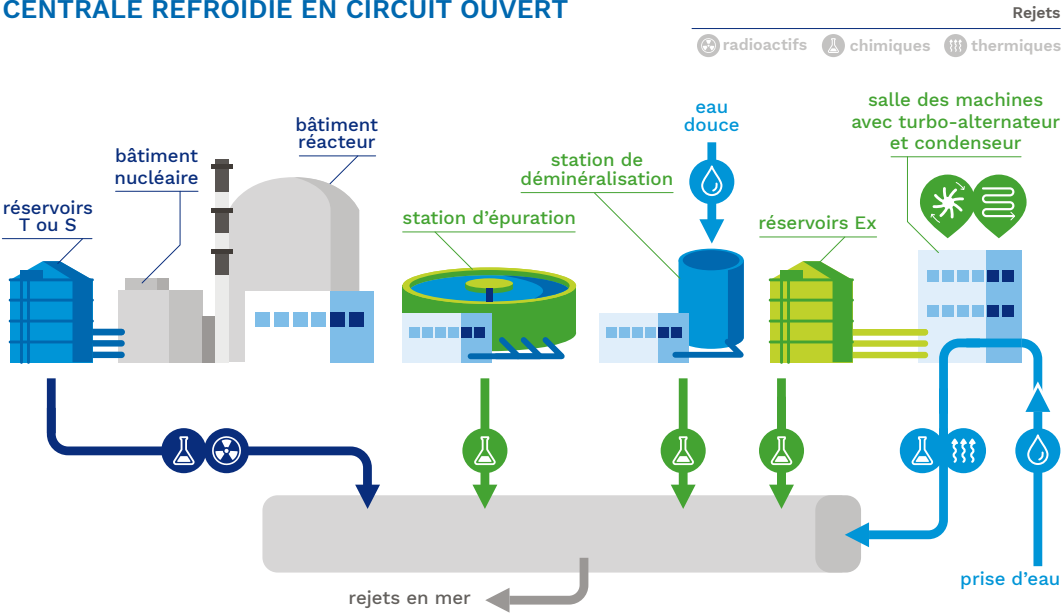
Les deux unités de production du CNPE de Penly utilisent environ 2,9 milliards de mètres cubes d'eau par an, et en restituent la totalité. Ce volume serait porté à 4,4 milliards de mètres cubes par an avec les unités de production EPR2 envisagées.

Dans la mesure du possible, et afin d'en limiter la consommation, l'eau douce serait recyclée.

Une partie des besoins en eau douce des unités de production EPR2 serait couverte par des sources d'eau alternatives à l'Yères.

Les rejets liquides

CENTRALE REFROIDIE EN CIRCUIT OUVERT



Source : page 133 - Centrales nucléaires et environnement.

Le réacteur nucléaire est le siège de la formation de substances radioactives (radionucléides) dont une infime partie se retrouve dans les effluents. Les effluents radioactifs liquides produits sont collectés de façon sélective avant d'être orientés vers les systèmes de traitement appropriés. Les rejets d'effluents radioactifs liquides s'effectuent, après contrôle, via un ouvrage de rejet en mer.

Catégorie de radionucléides	Ordre de grandeur des rejets annuels d'effluents radioactifs liquides, ramenés à une unité de production (en GBq)
Tritium	10 000 à 35 000
Carbone 14	8 à 20
Iode	< 0,01
Autres produits de fission ou d'activation, émetteurs bêta ou gamma	< 0,5

Source : page 28 – Centrales nucléaires et environnement.

Les substances chimiques sont principalement rejetées dans le milieu marin, sous forme liquide. Les substances rejetées sont liées aux conditionnements des circuits (bore, lithine, amines, hydrazine...), à la production d'eau déminéralisée (fer, chlorures...), issues du traitement par chloration du circuit de refroidissement ou de l'usure des circuits (métaux). Ces rejets sont de même nature que ceux des réacteurs existants de Penly. Le suivi hydrobiologique réalisé jusqu'à ce jour pour les deux unités déjà en exploitation n'a pas mis en évidence d'altération du milieu.

L'impact potentiel de ces rejets sur les écosystèmes marins et la santé humaine sera analysé dans le cadre de l'étude d'impact. Ces rejets ne seront envisagés que si aucun impact notable n'est mis en évidence, en lien avec les quantités rejetées, la toxicité et l'écotoxicité des substances, et au regard des concentrations mesurées dans le milieu marin. À noter que les eaux usées issues du chantier puis des deux unités de production seront collectées et rejetées dans l'environnement, après traitement par une station d'épuration construite sur la plateforme basse.

Les dispositifs de surveillance et les modalités de mise à disposition des résultats auprès des administrations et du public sont précisément encadrés par la réglementation. Le rejet des effluents dans l'environnement est encadré par des limites réglementaires établies par l'Autorité de sûreté nucléaire à l'issue de la procédure d'autorisation. La définition de ces limites prend en compte les installations projetées et les installations existantes, en fonctionnement normal et dégradé.

➔ Pour plus d'informations Centrales nucléaires et environnement – Édition 2020, chapitre 8.7

Les rejets d'effluents radioactifs gazeux

Les effluents radioactifs gazeux proviennent du dégazage du circuit primaire et de la ventilation des locaux exposés à la radioactivité. Les effluents radioactifs gazeux sont stockés et traités par décroissance radioactive, et / ou circulent au travers de filtres, avant d'être rejetés à l'atmosphère au moyen d'une cheminée. Le rejet des effluents dans l'environnement est encadré par des limites réglementaires établies par l'Autorité de sûreté nucléaire à l'issue de la procédure d'autorisation. La définition de ces limites prend en compte les installations projetées et les installations existantes, en fonctionnement normal et dégradé.

Catégorie de radionucléides	Ordre de grandeur des rejets annuels d'effluents gazeux liquides, ramenés à une unité de production (en GBq)
Tritium	350 à 650
Carbone 14	120 à 270
Iode	< 0,04
Autres produits de fission ou d'activation, émetteurs bêta ou gamma	< 0,004
Gaz rares	300 à 1 000

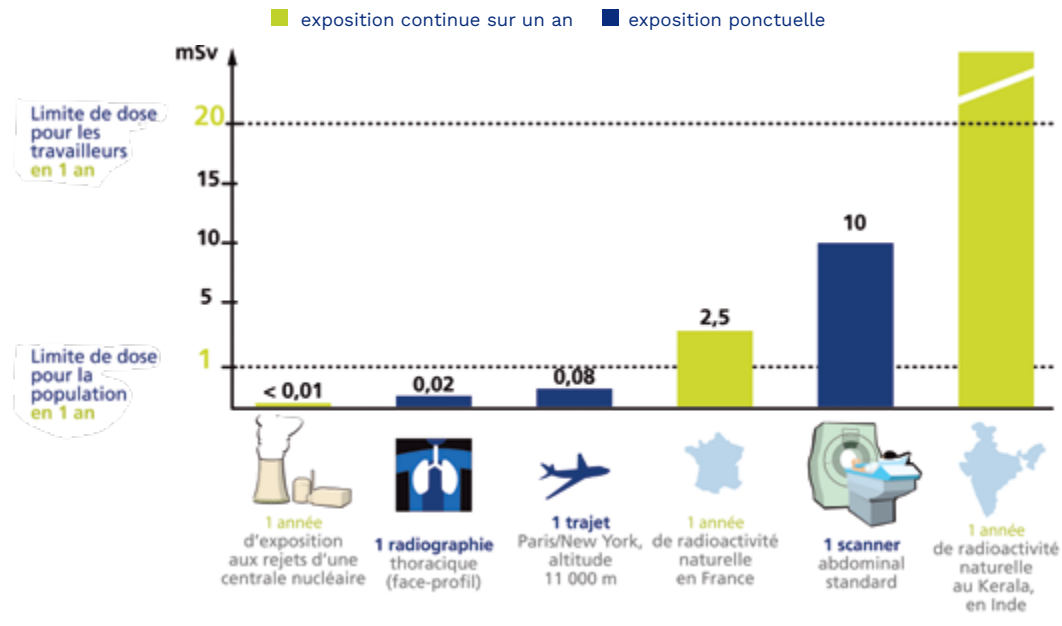
Source : page 28 – Centrales nucléaires et environnement.

LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE

La surveillance de l'environnement repose sur un programme établi conformément à la réglementation. Ce programme comporte des visites et des inspections programmées, ou inopinées, de la part de l'ASN qui réalise des expertises indépendantes. Ce programme implique au moins 20 000 mesures et prélèvements par an, pour chaque centrale nucléaire française (cf. § 3.2.5). Il permet notamment d'évaluer précisément l'impact des installations à partir d'un bilan radio-écologique initial réalisé avant le début des travaux. Cette surveillance démontre, en particulier, que les centrales nucléaires représentent une source d'exposition très faible par rapport à la radioactivité naturelle ou à des expositions ponctuelles liées, par exemple, à la réalisation d'une radiographie, comme l'illustre la figure page suivante.

7. Centrales nucléaires et environnement.

COMPARATIF DES NIVEAUX D'EXPOSITION À LA RADIOACTIVITÉ



◆ Les incidences potentielles sur le milieu naturel, la faune et la flore

Le site d'implantation du projet se situe à proximité de plusieurs espaces remarquables, dont un à proximité immédiate, classé comme zone Natura 2000⁸ : le littoral cauchois. Il est notamment caractérisé par ses falaises crayeuses, ses plages de galets, ses pelouses aérohalines (exposées aux embruns marins), ses vallonées et ses fourrés à argousier. Ce milieu accueille des habitats d'intérêt communautaire et des espèces d'intérêt patrimonial et / ou protégées. Il a un triple rôle de couloir migratoire, de halte après un périple en mer, et de zone de nidification pour de nombreux oiseaux, des plus communs aux plus menacés.

Par ailleurs, en bord de mer, les zones où avaient été préparées les fondations d'un précédent projet forment des bassins d'eau douce qui accueillent des cortèges faunistique et floristique d'intérêt.

Le milieu marin présente une sensibilité biologique du fait, en particulier, de la présence d'une réserve halieutique, de nourriceries, de mammifères marins. Le site est situé à proximité de frayères et nourriceries de nombreuses espèces de poissons et crustacés, et d'une zone de passage de poissons migrateurs amphihalins. Une zone conchylicole se trouve à proximité du site. La surveillance du milieu marin repose sur un partenariat avec l'Ifremer qui a débuté en 1975. Le milieu marin est suivi régulièrement depuis 1987 au travers d'une surveillance réalisée par l'Ifremer. À titre d'exemple, afin de réduire les impacts potentiels du projet sur la faune piscicole, et en lien avec les prélèvements d'eau de mer, la création d'un tunnel de retour des poissons aspirés lors du pompage d'eau de mer vers le milieu marin est prévue.

En résumé, le site de Penly s'inscrit dans un milieu naturel riche et, bien que le site soit en lui-même fortement anthropisé, il accueille de nombreux habitats et espèces qui présentent un enjeu environnemental.

Dans le cadre du projet de création d'une paire de réacteurs EPR2 à Penly, et en application de la démarche ERC, la priorité est donnée à l'évitement des habitats naturels à enjeu, au premier rang desquelles les falaises littorales et leurs pelouses aérohalines.

8. Les sites Natura 2000 sont désignés pour protéger un certain nombre d'habitats et d'espèces représentatifs de la biodiversité européenne.

ESPACES NATURELS BÉNÉFICIAIRE D' ACTIONS DE PROTECTION OU DE GESTION À PROXIMITÉ DU SITE



Les pelouses calcaires semi-arides et les pelouses aérohalines : des habitats naturels présents sur le site de Penly.

EXEMPLES D'ESPÈCES REMARQUABLES IDENTIFIÉES SUR LE SITE DE PENLY



Fauvette grisette (*Sylvia communis*).



Grenouille rousse (*Rana temporaria*).



Lucine (*Hamearis lucina*).



Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*).



Ophrys bourdon (*Ophrys fuciflora*).



Crapaud commun (*Bufo bufo*).



Linotte mélodieuse (*Carduelis cannabina*).



Damier de la succise (*Euphydryas aurinia*).

Photos © Natureimages



Localisation des zones d'évitement relatives aux falaises et pelouses aérolines.

© EDF

Les impacts qui ne peuvent être évités sont réduits par une adaptation du chantier. Il s'agit notamment d'aménager la période de certains travaux : les opérations de défrichage et de débroussaillage interviennent d'octobre à février, évitant ainsi les périodes de reproduction et de nidification des oiseaux. L'adaptation du calendrier s'applique aussi aux opérations de terrassement ou de vidange des bassins (pour les amphibiens), qui interviennent préférentiellement au début de l'automne. Le projet prévoit aussi la création d'abris ou de gîtes artificiels (pierriers, andains) pour les amphibiens et les reptiles. Par ailleurs, les mesures suivantes sont prévues : balisages et protection des espaces naturels à enjeu, limitation du nombre d'accès pour les engins de chantier terrestres, systèmes antipollution accidentelle, nettoyage des engins de chantier pour empêcher la propagation des espèces exotiques envahissantes.

Les aménagements nécessaires à la création des unités de production EPR2 à Penly devraient néanmoins conduire à la modification et à la destruction d'habitats, avec un impact potentiel sur la faune et la flore locales. Cet impact résiduel devra être géré via la mise en place de mesures de compensation écologique dédiées.

Les premières études réalisées conduisent à identifier un besoin de compensation concernant certains habitats présents sur la zone d'implantation et qui n'auront pu être évités. En l'état, les besoins en termes de compensation concernent des habitats ouverts et semi-ouverts (environ deux tiers des besoins), des habitats boisés fermés ou semi-fermés (environ un quart des besoins) et des plan d'eau et zones humides (près de 10 % des besoins).

L'identification de sites de compensation écologique est en cours. Ceux-ci peuvent être situés au sein du CNPE de Penly (par exemple, en améliorant les fonctionnalités des espaces naturels existants, ou en revalorisant des emprises du chantier à l'issue de la construction des EPR2), ou en dehors (en fonction des opportunités territoriales). La recherche de zones de compensation hors du site est menée en lien étroit avec les collectivités locales et les organismes compétents. EDF devra assurer la pérennité des mesures, du démarrage des travaux jusqu'à la fin d'exploitation des unités de production EPR2 projetées.

.....
Les impacts
qui ne peuvent être
évités sont réduits
par une adaptation
du chantier.
.....

◆ *Les incidences spécifiques des activités de construction*

Compte tenu de la nature des travaux préparatoires envisagés, le volume de déblais générés serait de l'ordre de 5 210 000 mètres cubes, dont 2 900 000 mètres cubes provenant du reprofilage de la falaise, et 1900 000 mètres cubes pour les activités de terrassement. Il s'agira donc essentiellement de craie meuble ou dure.

Au regard des volumes en jeu, EDF s'est fixé comme objectif que les matériaux excavés au cours des travaux de terrassement soient réutilisés, dans la mesure du possible, en remblai sur le site. Les déblais serviraient ainsi à l'extension du front de mer vers le large, comme matériaux de terrassement, ou encore pour la constitution de merlons en limite de site pour protéger les riverains des nuisances du chantier. Une autre partie des déblais servirait à la constitution de plateformes où les activités du chantier pourraient ensuite s'installer. Les matériaux non réutilisables et non valorisables du fait de leurs caractéristiques techniques pourraient faire l'objet de stockage définitif ou d'aménagements paysagers.

Des pistes de valorisation locales sont également à l'étude avec les acteurs du territoire, notamment en vue de l'utilisation de la craie en amendement calcaïque pour l'agriculture.

La zone d'implantation des réacteurs, en elle-même, est éloignée des habitations d'environ 600 mètres. Mais des zones de préassemblage, de préfabrication et des bases vie seraient situées sur les hauteurs du site. Et le chantier entraînera une augmentation de la circulation, qu'il s'agisse du transport des intervenants du chantier ou du transport de matériaux et d'équipements. EDF dispose de retours d'expérience de ses différents chantiers ; ses enseignements guident la définition de mesures environnementales et l'adoption de « bonnes pratiques » de nature à limiter l'impact des travaux pour le territoire, dont voici quelques exemples.

Pour le bruit, l'utilisation d'équipements homologués, en bon état et bien entretenus, est une mesure fondamentale pour réduire les émissions. Il s'agit des véhicules, des centrales à béton, des groupes électrogènes. L'insonorisation d'équipements et l'installation de silencieux est une option complémentaire pour les équipements les plus bruyants.

Le chantier est aussi susceptible de générer des poussières, notamment compte tenu des travaux de terrassement, de concassage des roches et de la circulation d'engins de chantier. Ce risque concerne tout particulièrement les premières étapes du chantier et, dans une moindre mesure la totalité du chantier. L'arrosage des pistes en période sèche, le capotage des concasseurs, le lavage des camions sont autant de mesures qui permettent de limiter les envolées de poussières.

La circulation et l'activité des engins des chantiers sont, par ailleurs, sources d'émissions de gaz d'échappement. Ici encore, le recours à des véhicules en bon état et bien entretenus est un moyen de réduire ces émissions.

Pour maîtriser le risque de pollution des sols par des poussières mises en suspension par les eaux de ruissellement, ou par des fuites de produits, sont prévus : le stockage approprié des produits et matériaux, un maintien des voiries propres par un nettoyage régulier, des dispositifs de collecte des eaux pluviales, accompagnés d'installations de traitement (bassins de décantation, filtres), de façon à éviter le rejet accidentel dans l'environnement.

◆ *Les effets potentiels sur le paysage*

Les unités de production existantes sont situées à au moins 600 mètres des premières habitations. En contrebas des falaises, elles sont peu visibles depuis les terres, mais le sont depuis la mer. L'accès à la plateforme en bord de mer se fait par la valleuse aménagée, mais végétalisée sur ses flancs. En haut de falaise, la centrale de Penly marque le paysage par les aménagements annexes situés sur le plateau (entrée, clôture, parc de stationnement, concentration de lignes électriques à proximité). En elle-même, la centrale reste peu visible du territoire.

Pendant les travaux, les grues et centrales à béton seraient visibles hors du site. L'impact visuel pourrait être limité par le maintien des espaces végétalisés autour du CNPE, qui constitueraient un écran, voire par des reboisements ponctuels et des merlons constitués à partir des déblais excédentaires. Les installations temporaires nécessaires aux travaux peuvent également faire l'objet d'un travail d'insertion paysagère.

ESQUISSES DU CHANTIER EPR2, DEPUIS LA DESCENTE À LA MER À L'EST



En phase de fonctionnement, au regard de la topographie du site de Penly et de leur localisation, les unités EPR2 ne seraient pas plus visibles du territoire que les réacteurs existants, à l'exception des cheminées. Les nouveaux réacteurs s'établiraient dans l'alignement des deux réacteurs existants, avec des tons et des volumes sensiblement identiques. Bien que visibles, ils se feront relativement discrets en se fondant avec les équipements déjà en place. Les équipements et les infrastructures liés aux EPR2 ne seraient pas ou peu perceptibles depuis l'entrée du site et depuis les extérieurs.

VUE DEPUIS LA RUE DES PÊCHEURS APRÈS FINALISATION DES TRAVAUX DES DEUX UNITÉS DE PRODUCTION EPR2 (Étude d'impact paysager EODD)



Les nouveaux réacteurs s'établiraient dans l'alignement des deux réacteurs existants, avec des tons et des volumes sensiblement identiques.

ESQUISSES VUES DEPUIS LA FALAISE AU-DESSUS DE LA PLAGE DE SAINT-MARTIN-EN-CAMPAGNE (Étude d'impact paysager EODD)



◆ Les incidences potentielles sur le monde agricole et la pêche

Le site de Penly s'étend actuellement sur 230 hectares. Il dispose, en outre, de réserves foncières qu'EDF souhaite optimiser pour les travaux de construction des EPR2 et de toutes les zones de chantier nécessaires. Il est ainsi prévu d'agrandir la plateforme en mer et de reprofiler la falaise (cf. § 4.3.2). Ces deux opérations devraient permettre de gagner de l'espace sur terre et sur mer, donc de limiter les besoins fonciers à l'extérieur du site et l'artificialisation des terres⁹, en évitant, en particulier, la consommation de terres agricoles. Mais ces optimisations ne suffiront pas aux besoins fonciers nécessaires : l'acquisition de 48 hectares sera nécessaire. L'ingénierie du projet EPR2 optimise l'emprise des équipements industriels permanents pour maximiser l'usage du foncier déjà disponible.

Au total, l'emprise du projet serait de 183 hectares. L'extension de la réserve foncière d'EDF vise des surfaces dont une partie est agricole. Des échanges ont été entamés dès 2018 pour préparer les acquisitions, en lien avec les acteurs du monde agricole, afin de s'assurer d'une bonne prise en compte des enjeux agricoles locaux et d'une compensation appropriée. Une partie de cette extension prise sur les terrains agricoles ne le serait que de façon temporaire, pour les besoins du chantier. Le retour éventuel de ces surfaces à la nature, voire à l'agriculture, est à l'étude.

Les activités de pêche pourraient aussi être concernées par l'implantation du projet. Des mesures de réduction des nuisances et de surveillance spécifiques sont à l'étude ; elles seraient mises en œuvre pendant la phase de réalisation des travaux en mer (creusement des tunnels de rejet des eaux de refroidissement et agrandissement de la plateforme). Par ailleurs, la zone d'exclusion maritime actuelle du CNPE serait élargie pour englober les futures zones de rejet et protéger les abords maritimes des unités de production EPR2. Cet élargissement doit être proportionné aux enjeux et aux besoins, et faire l'objet d'une concertation avec la commission nautique locale.

◆ La production de déchets

Les déchets radioactifs et conventionnels générés par le fonctionnement des unités de production EPR2 seraient du même type que ceux générés par les installations actuellement en fonctionnement (cf. § 3.3). La production des déchets radioactifs présentée est la même quel que soit le site du programme. La production de déchets conventionnels et leur évacuation se feraient dans la continuité de ceux du CNPE de Penly et selon les engagements du groupe pour les réduire au maximum.

4.5.2 L'aménagement du territoire pour accueillir les nouveaux salariés tout en bénéficiant aux habitants

L'ampleur du chantier de construction d'une paire de réacteurs nucléaires nécessite d'anticiper l'aménagement du territoire, en prenant en compte des enjeux temporaires spécifiques au temps des travaux, et des besoins définitifs liés au fonctionnement, sur plusieurs décennies, d'installations de production. EDF dispose de nombreux retours d'expérience en la matière, grâce au projet de Flamanville 3, en particulier, et au parc en exploitation.

Le dimensionnement des infrastructures devra être anticipé pour accueillir les équipes amenées à travailler pour les besoins du chantier. Les premières estimations de personnel nécessaire à la conduite du chantier font état de plus de 5 000 personnes pendant plus de quatre ans, et environ 7 500 au moment du pic d'activité. Ce pic, lié aux travaux de génie civil notamment, représente 5 % d'augmentation de la population sur le périmètre des quatre communautés de communes.

Cette évaluation prévisionnelle ne traite que des emplois directs (EDF) et indirects (entreprises titulaires de contrats et sous-traitants) sur le chantier ; elle ne prend pas en compte les emplois induits par ce surcroît de population (services, commerces, logements...).

EDF dispose de nombreux retours d'expérience grâce au projet de Flamanville 3, en particulier, et au parc en exploitation.

9. <https://www.ecologie.gouv.fr/artificialisation-des-sols>

.....

Les emplois directs et indirects pérennes nécessaires à l'exploitation des deux EPR2, peuvent être évalués à plus de 1 000 personnes.

.....

Au-delà de la phase chantier et à l'issue de la mise en service industrielle, les emplois directs et indirects pérennes nécessaires à l'exploitation des deux EPR2, peuvent être évalués à plus de 1 000 personnes, dont environ 800 salariés EDF. Des compléments seront également nécessaires pour réaliser les arrêts pour maintenance périodiques, comme ceux effectués sur les deux unités de production du CNPE de Penly ; plusieurs centaines d'intervenants pour des arrêts de simple rechargement, à 2 000 personnes pour des visites décennales avec des volumes de maintenance importants.

Les conséquences de cet accroissement de population devraient donc concerner un territoire plus large que la commune de Petit-Caux : on peut estimer que le périmètre incluant les communautés de communes des Villes Sœurs, de Falaises du Talou, de Terroir de Caux et de l'agglomération de Dieppe-Maritime serait directement impacté. Des services et des infrastructures dépendants du département de la Seine-Maritime et de la région Normandie sont également susceptibles d'être concernés, par exemple en matière de transport, d'éducation, de formation, de services de santé et de distribution d'eau potable.

◆ **Le développement d'une offre temporaire et pérenne de logement**

Il apparaît nécessaire de consolider la vision des besoins en logements pérennes et temporaires pour assurer l'accueil des travailleurs et de leurs familles, sans déstabiliser le marché actuel, notamment l'offre touristique. Dans un contexte actuel tendu, il faudra privilégier la mobilisation du parc existant via l'identification et l'analyse de la vacance de l'habitat et des réhabilitations de logements, mais également engager la construction de logements pérennes pour la population qui s'installera de manière définitive sur le territoire.

On peut estimer le besoin à environ 1 000 logements dans un périmètre de 30 kilomètres. En parallèle, la construction de structures temporaires pour les besoins du chantier apparaît nécessaire (structures modulaires collectives, bungalows de camping, logements individuels ou partagés...). Dans ce cadre, une réflexion sur l'utilisation « après-chantier » est à identifier en amont : reconversion pour d'autres usages (résidence de tourisme, appart-hôtel, logement étudiant, logements privés ou sociaux...) ou démontage pour réutilisation sur un autre emplacement, un autre usage ou un autre chantier.

L'implantation de capacités de logements supplémentaires est à envisager pour satisfaire le besoin sans affecter la filière touristique.

◆ **L'adaptation des services publics en adéquation avec les orientations de planification en matière d'urbanisme**

Plus globalement, et en fonction de l'implantation des travailleurs et de l'analyse des possibilités et capacités déjà existantes, des aménagements de certaines communes et collectivités devront être engagés, notamment dans le cadre du programme Grand Chantier (cf. § 4.5.4) si l'État décide de placer ce projet sous ce label, pour accueillir ces nouvelles populations : réseaux divers, assainissement et eau potable, écoles et équipements petite enfance, équipements sportifs, équipements touristiques et culturels...

Une attention particulière devra être apportée sur l'offre médicale et paramédicale (médecins généralistes et spécialistes, dentistes, infirmiers...) dans un contexte déjà en fort déficit sur une grande partie du territoire. Un groupe de travail spécifique, auquel participe le CHR de Dieppe, est mis en place dans le cadre du plan d'action territorial qui associe les élus et un grand nombre d'acteurs territoriaux. Une réflexion sur le développement de maisons de santé rassemblant des professions médicales et paramédicales pourrait être menée.

Sur les aspects de la sécurité, l'augmentation de la population et l'agrandissement significatif d'une installation nucléaire pourraient nécessiter une adaptation des moyens de gendarmerie, police, SDIS, organisation PPI, CHR de Dieppe, etc. qui sera étudiée, en cas de besoin, par les autorités.

Toutes ces évolutions nécessaires devront être intégrées au schéma d'organisation et de développement du territoire, et déclinées dans les différents documents d'urbanisme des collectivités. Cela, afin d'assurer une cohérence globale entre attractivité, développement économique,

.....

Toutes ces évolutions nécessaires devront être intégrées au schéma d'organisation et de développement du territoire, et déclinées dans les différents documents d'urbanisme des collectivités.

.....

spécificités paysagères et environnementales, structuration de l'urbanisme et des axes de communication... Dans ce cadre, la question de l'artificialisation des sols pour des usages urbains et économiques sera également essentielle.

◆ **Des adaptations à apporter aux réseaux de transport**

La caractérisation des besoins de transport de matériaux de construction (notamment pour le génie civil), des colis lourds et imposants, et des flux de personnels doit permettre d'anticiper les impacts de la création des EPR2 sur le réseau de transport du territoire.

Le site de Penly n'est aujourd'hui accessible que par le réseau routier, en particulier via la RD 925 et la RD 313, et une voie ferrée Rouxmesnil-Bouteilles / Penly de propriété partagée EDF / SNCF. Son utilisation intensive nécessiterait d'importants travaux d'aménagement et de rénovation. Une étude est en cours pour estimer les travaux qui seraient à réaliser pour une remise à niveau de cette ligne, afin de permettre l'acheminement d'une partie des matériaux. La décision d'une telle réhabilitation et les modalités de son financement devront être pesées au regard des enjeux de nuisances et de trafic, d'environnement, des capacités réelles de la ligne à répondre au besoin en fonction de l'origine des matériaux.

Un schéma de transport global doit être défini, pour le fret et pour le personnel, en prenant en compte différentes possibilités, y compris avec l'utilisation des installations et des équipements du port de Dieppe. Pour limiter les impacts des flux de travailleurs et les congestions aux abords du chantier et sur les axes routiers, une réflexion sur les transports individuels et collectifs est nécessaire. Elle pourra concerner des aménagements spécifiques comme des parkings déportés, ou la mise en place de systèmes de navettes collectives pour accéder au chantier.

Des surfaces totales de parkings bénéficiant d'aménagements particuliers sont à envisager. Des adaptations de certaines voies routières seront peut-être également à engager, en lien avec la direction des routes, notamment aux abords des parkings et de l'accès au chantier (ronds-points, carrefours...).

◆ **La recherche d'une maximisation des retombées économiques locales**

L'ancrage du projet et la garantie de retombées socio-économiques locales sont des attentes fortes pour les élus et la population, que ce soit en proximité immédiate de Petit-Caux ou sur les territoires à l'échelle de toute la région. Le travail à mener vise à informer les entreprises locales et régionales, afin de les encourager à candidater pour participer au chantier (en tant que titulaires de contrats ou en sous-traitance), et à recourir à l'emploi local. La commission de développement économique local, mise en place dans le cadre du plan d'action territorial, a pour objectif de donner la visibilité aux entreprises et industriels locaux sur les appels d'offres et marchés du chantier (cf. § 4.5.4). L'axe emploi / formation est à développer, avec les différents acteurs (région, éducation nationale, OPCO¹⁰, Pôle emploi...) pour assurer cet objectif. Ce développement économique s'accompagnerait d'installations d'entreprises, de pôles d'appui à certains titulaires de contrats ou sous-traitants (ingénieries et études, logistique, administration...), d'agrandissement d'infrastructures et de sociétés déjà implantées localement.

.....

L'ancrage du projet et la garantie de retombées socio-économiques locales sont des attentes fortes pour les élus et la population.

.....

4.5.3 Le défi des compétences au cœur du développement socio-économique

◆ **L'estimation des emplois et compétences pour le projet à Penly**

Estimation des effectifs du chantier

La phase de construction se caractérise par l'intervention successive de différents corps d'état : tout d'abord, les génies civilistes pour réaliser les socles des bâtiments (dalles et radier) et les bâtiments eux-mêmes, puis les électromécaniciens pour intégrer les équipements dans les bâtiments créés. Ensuite, d'autres corps d'état interviennent pour les travaux de second œuvre ou de process.

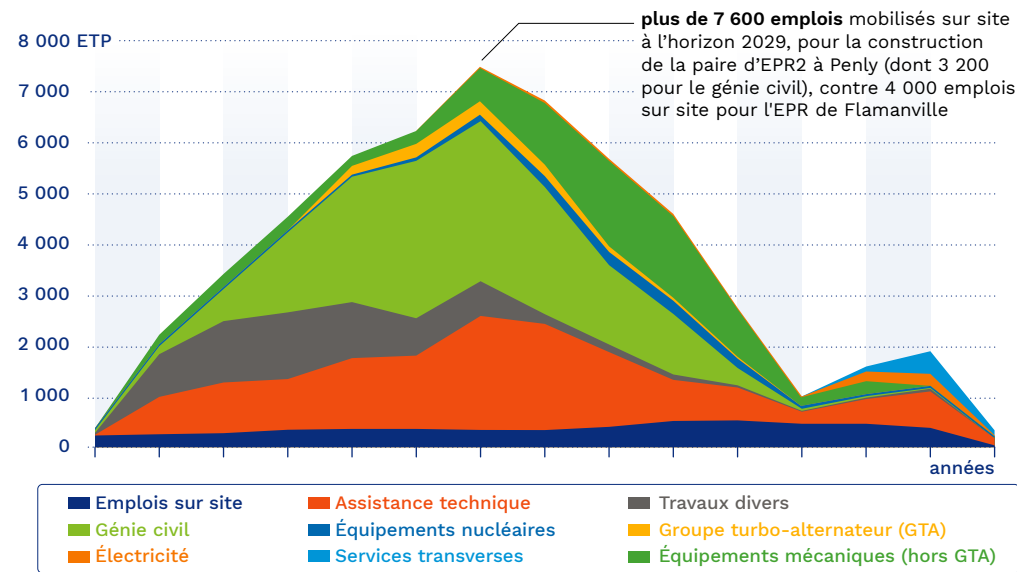
10. OPCO : Opérateurs de compétences.

Le nombre de personnes présentes sur le chantier évolue au fil du temps et varie considérablement d’une phase à l’autre des travaux. Le pic de l’effectif est atteint lors de la coactivité des phases de travaux de génie civil et de montages électromécaniques, avec plus de 7 000 personnes sur le chantier.

Les familles de métiers identifiées sont les suivantes : génie civil, assistance technique, électromécanique, travaux divers (préparation du site, terrassement, logistique), groupe turbo-alternateur, électricité, services transverses, équipements nucléaires.

EMPLOIS PRÉVISIONNELS SUR LE SITE PAR FAMILLE DE MÉTIERS

Vision sur site par famille de métiers en phase de construction en équivalent temps plein (ETP)



Source : EDF

PREMIÈRE ESTIMATION DES EFFECTIFS DU CHANTIER

Les effectifs présentés doivent être pris comme une première estimation, basée sur le retour d’expérience des autres chantiers et sur les premiers échanges avec les fournisseurs. Elle sera affinée au fur et à mesure de l’avancement des contrats, puis du chantier. Les effectifs et la typologie d’emplois à affecter aux travaux sont, en effet, de la responsabilité des titulaires de contrat et de leurs sous-traitants, et peuvent évoluer au fur et à mesure des échanges entre EDF et ses fournisseurs.

Estimation des emplois mobilisés par le projet EPR2

Au-delà des effectifs du chantier, d’autres emplois sont générés par le projet :

- d’une part, au niveau de la filière industrielle et de ses fournisseurs, pour les études d’ingénierie, la production des matières et équipements… ;
- d’autre part, du fait de l’accroissement de la population pendant la phase de chantier (exemple : emplois liés à la restauration).

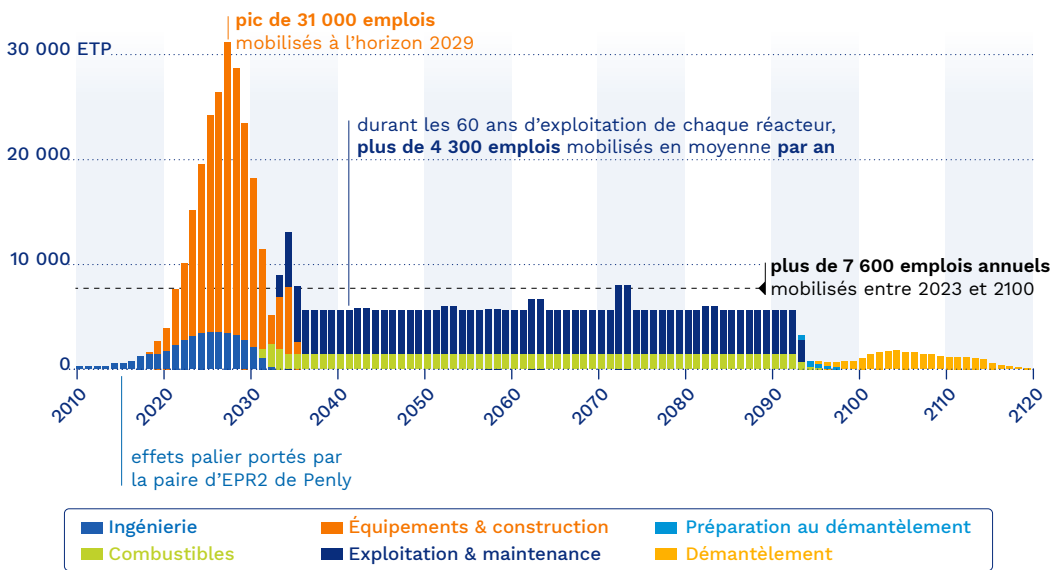
En 2021, EDF a fait réaliser une étude socio-économique pour évaluer qualitativement et quantitativement les emplois générés par la création puis par l’exploitation d’une paire d’EPR2 à Penly. L’étude caractérise le type d’emplois générés pendant près de 80 ans par les EPR2, ce qui permet d’appréhender la capacité du territoire et de ses entreprises à accueillir ce chantier de très grande ampleur. Les volumes ont été estimés à partir des données des chantiers de Flamanville 3 et de Hinkley Point C au Royaume-Uni, afin de caractériser la typologie et la répartition des emplois

générés. Ils ont été complétés par les premiers éléments remis par les fournisseurs potentiels sollicités par EDF.

L’étude définit les emplois générés par le projet pour les catégories suivantes : ingénierie, combustible, équipement et construction, exploitation et maintenance, préparation au démantèlement et démantèlement.

EMPLOIS MOBILISÉS PAR LE PROJET D’UNE PAIRE D’EPR2 DE PENLY

Vision par activité de chaîne de valeur en équivalent temps plein (ETP)



Source : EDF

◆ Les besoins liés aux unités en exploitation

Les unités de production du CNPE de Penly, dans le cadre de leurs arrêts pour maintenance, ont également des besoins spécifiques pour réaliser leur programme d’activités. Les périodes de maintenance courante (arrêts pour simple rechargement ou visites partielles) en complément des périodes de maintenance exceptionnelle réalisées tous les 10 ans (visites décennales) mobilisent des ressources complémentaires. Ainsi, pour les troisièmes visites décennales des réacteurs 1 et 2 de Penly, qui sont programmées respectivement en 2022 et 2024, il est prévu la mobilisation de 2 000 personnes qui viennent s’ajouter aux effectifs du site.

Les quatrièmes visites décennales sont programmées en 2026 et 2028 pour le CNPE voisin de Paluel, et en 2032 et 2034 pour le CNPE de Penly. Les premières estimations associées à ces quatrièmes visites décennales amènent à envisager un doublement de l’activité associée par rapport à une troisième visite décennale. Les effectifs mobilisés dans le cadre des activités du site en exploitation viendront s’ajouter à ceux nécessaires pour le chantier EPR2. Le travail de planification par type d’arrêt permet au CNPE d’identifier ces besoins en amont, et de mener un travail en collaboration avec les parties prenantes du territoire, en cohérence avec les besoins du projet pour trouver les compétences adaptées.

◆ Des métiers en tension

Les principaux métiers en tension dans le domaine du nucléaire en région Normandie ont été mis en évidence par une étude de la filière réalisée par le Comité stratégique de la filière nucléaire (CFSN) en 2019. Trois métiers ont été identifiés : soudeur, mécanicien machines tournantes et chaudronnier-tuyauteur. En complément, Normandie Énergies a réalisé, en 2019, une enquête auprès de ses adhérents mettant en évidence des tensions et des besoins en recrutement dans une douzaine d’autres métiers de l’industrie nucléaire (cf. § 2 : travaux réalisés par l’EDEC du nucléaire”).

11. EDEC : Engagement de développement de l’emploi et des compétences.

3 métiers ont été identifiés en tension : soudeur, mécanicien machines tournantes et chaudronnier-tuyauteur.

En complément des prévisions d'effectifs par typologie d'emplois, l'étude socio-économique avait également pour vocation d'analyser la capacité du territoire à répondre aux besoins du chantier, et d'identifier les impacts prévisibles sur l'emploi local. En comparant les effectifs prévisionnels du projet aux effectifs des entreprises présentes sur le territoire, cette étude a démontré que l'ampleur du chantier de construction d'une paire d'EPR2 à Penly renforcerait la tension locale sur de nombreux autres métiers. L'étude conclut que :

- les effectifs du territoire ne permettent pas, à eux seuls et sans action complémentaire des parties prenantes, de répondre aux besoins du chantier ;
- la création de valeur sur le territoire sera très importante, à condition que les acteurs arrivent à attirer et à former les talents au sein des entreprises locales.

◆ Des actions déjà engagées

Pour répondre précisément à cette problématique, dans le cadre du plan d'action territorial (cf. § 4.5.4), la commission emploi formation a demandé une étude complémentaire pour inter-comparer :

- les compétences et volumes attendus par les entreprises du chantier ;
- les ressources potentielles du territoire (demandeurs d'emploi, sorties de formation) ;
- l'offre de formation du territoire ;
- les besoins des autres projets du territoire et des territoires voisins.

Le conseil régional de Normandie a lancé un appel d'offres en mai 2022 pour la réalisation de cette étude, et les acteurs de l'emploi ont été associés à la rédaction du cahier des charges (DREETS¹², Pôle emploi, collectivités territoriales, filières économiques). L'étude devrait apporter un diagnostic chiffré et des recommandations d'adaptation de l'offre de formation pour les besoins du projet, en tenant compte ce ceux de l'ensemble de la filière et des autres secteurs industriels, et en développant l'emploi local.

Le tissu économique local est associé et invité, via les fédérations des filières et les associations d'entreprises (Normandie Énergies, GIPNO¹³, Dieppe Méca Énergies, Association inter-entreprises des sous-traitants du Cotentin), à faire connaître ses besoins en recrutement en vue des marchés du nucléaire et des marchés aux compétences proches, afin de compléter le diagnostic territorial.

En matière de développement de l'offre de formation, le projet EPR2 s'appuie sur le Campus des métiers et des qualifications d'excellence international normand des énergies (CEINE). Il apporte, par la formation, une réponse à un besoin en emplois et en compétences dans la filière du mix énergétique normand.

En lien avec le projet EPR2, des actions notables sont menées comme le **projet ENNO « Excellence nucléaire en Normandie »**. Porté par le CEINE, ENNO est lauréat de l'appel à projets sur le renforcement des compétences de la filière nucléaire (France Relance). Il permettra de créer des parcours de formation dans le nucléaire pour ancrer les compétences des personnes finissant un cursus scolaire, ou en reconversion. Ils se spécialiseront aux exigences des métiers du nucléaire grâce à des outils numériques innovants qui les immergeront dans une centrale afin de pratiquer des gestes techniques. Le projet ENNO, en partenariat avec les missions locales et les agences Pôle emploi du territoire, permettra d'accompagner les PME et TPE de la filière nucléaire dans leurs recrutements, grâce à une cartographie des compétences et des formations sur le territoire. Le projet ENNO comporte quatre volets :

- 1. un chantier-école virtuel et numérique « Environnement nucléaire »**, destiné aux jeunes apprenants, mais aussi aux salariés du secteur nucléaire ou du public en reconversion. Les élèves, les apprentis et le personnel de la centrale nucléaire de Penly s'y retrouvent pour travailler les compétences en « qualité » et « radioprotection » ;
- 2. des modules de formation courts et opérationnels** pour former les profils en reconversion, les jeunes diplômés ou les salariés de l'industrie à l'environnement nucléaire ;
- 3. une plateforme de partage des compétences** : faciliter la recherche de compétences pour répondre aux besoins des entreprises du nucléaire, inciter les personnes à venir travailler dans le secteur nucléaire, capter et maintenir les talents dans les bassins d'emploi normands ;

- 4. « La Route du Nucléaire »** : une semaine de découverte industrielle de sites nucléaires majeurs des régions Normandie et Sud, à destination des jeunes de la filière professionnelle et de leurs professeurs, pour faire découvrir la richesse du monde nucléaire en termes de carrières et de métiers.

Le CEINE s'associe avec le Groupement français des industriels français de l'énergie nucléaire (GIFEN) pour promouvoir les métiers du nucléaire en Normandie, au travers des actions suivantes :

- THEIA, un programme de découverte en entreprise des métiers de la filière nucléaire, destiné aux étudiants (bac, bac + 2 et 3) ;
- développement de contenus pour les casques à réalité augmentée ;
- création de stands pour les entreprises de la filière ;
- enrichissement des kits de communication.

Déjà, sur le territoire, des premières actions d'adaptation de l'offre de formation voient le jour :
– ouverture prochaine, au lycée Émulation Dieppoise d'une formation de mécanicien robinetier en environnement nucléaire, à destination d'un public de demandeurs d'emploi. Cette action est portée par le GRETA Rouen Maritime ;
– préparation de l'ouverture d'une formation de bac professionnel ORGO au lycée Fernand Léger de Grand-Couronne, en relation avec la Fédération régionale Normandie des travaux publics et la Fédération nationale du BTP Normandie.

Des travaux sont menés en région Normandie avec les organismes de formation de l'enseignement supérieur, afin de les préparer à répondre aux futurs besoins du chantier en personnel d'ingénierie et d'encadrement, responsables de pilotage et de contrôle des activités (1 500 personnes de qualification allant de bac + 2 à bac + 5).



UN NOUVEAU DISPOSITIF DE BOURSES POUR LES JEUNES

L'Université des métiers du nucléaire a lancé un nouveau dispositif de bourses à destination de jeunes en CAP, bac pro et BTS, avec le soutien de France Relance. Cinquante lycéens en formation initiale, sélectionnés au sein de 10 lycées pilotes et répartis dans 10 régions en ont bénéficié dès cette année scolaire 2021-2022. Cinq élèves du lycée polyvalent Alexis de Tocqueville, à Cherbourg, ont été sélectionnés pour leur mérite et leur motivation à rejoindre les métiers du nucléaire. Ils vont pouvoir bénéficier de ce dispositif. Une cérémonie de remise des bourses d'études s'est déroulée en avril 2022.

Cinq élèves du lycée polyvalent Alexis de Tocqueville, à Cherbourg, ont été sélectionnés pour leur mérite et leur motivation à rejoindre les métiers du nucléaire grâce à une bourse d'étude.

4.5.4 Un plan d'action du territoire pour développer les retombées positives sans déstabiliser le tissu économique local

Certaines actions concernant l'aménagement et la formation relèvent du temps long. Plus la réflexion est anticipée, et plus la réponse apportée (si le projet se poursuit) pourra être déployée en cohérence avec le projet du territoire. C'est la raison pour laquelle un plan d'action territorial piloté par la région a été mis en place avant toute prise de décision.

◆ Une mobilisation de nombreux représentants du territoire

La volonté d'accueillir des EPR2 à Penly a fait l'objet de plusieurs expressions publiques avec, dès 2019, une déclaration de candidature officielle ; en janvier 2021, une rencontre de représentants du territoire avec le président-directeur général d'EDF pour affirmer le soutien du territoire au projet ; la signature d'un manifeste¹⁴ aux côtés d'Hervé Morin, président de la région

12. DREETS : Direction régionale de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités.

13. GIPNO : Groupement des industriels prestataires Nord-Ouest.

14. <https://www.normandie.fr/signature-du-manifeste-cap-penly2-les-acteurs-de-la-region-du-departement-et-du-bassin-dieppois-en>

Normandie, par 13 représentants¹⁵ du monde économique, institutionnel et politique, puis la signature d'un manifeste de soutien au projet intitulé « CAP Penly² » (cf. encadré). Le 10 décembre 2021, une centaine de maires du territoire se sont également mobilisés autour de ce manifeste. Au-delà de ces expressions multiples, ces acteurs ont déjà engagé des actions concrètes de préparation du territoire à l'accueil du projet EPR2, dans le cadre du plan d'action territorial normand.

Penly est le site bénéficiant d'un territoire déjà mobilisé, disposant donc d'une longueur d'avance pour l'accueil de la première paire de réacteurs EPR2.

Le 10 décembre 2021, une centaine de maires du territoire s'est mobilisée autour du manifeste de soutien « Cap Penly² ».



Photos © DR

Un soutien déterminant des élus et des acteurs socio-économiques dans le choix de Penly.

UN ENGAGEMENT AU TRAVERS DU MANIFESTE CAP PENLY²

Les élus locaux et régionaux du territoire, de toutes familles politiques, ont signé un manifeste de soutien au projet intitulé « CAP Penly² », le 20 septembre 2021, affichant ainsi leur volonté de travailler très en amont, ensemble, pour préparer au mieux l'accueil du chantier sur leur territoire.

◆ La préparation des différents thèmes associés à un dispositif Grand Chantier

À l'initiative du président de la région et du préfet de Seine-Maritime et de Normandie, un programme de travail, intitulé « plan d'action territorial », a été lancé le 31 mars 2021 lors d'une réunion à Petit-Caux, en présence de nombreux acteurs politiques et institutionnels du territoire. Il a pour objectif, si le projet est confirmé, de favoriser l'intégration du projet sur le territoire. EDF participe en tant que partie prenante et maître d'ouvrage du projet.

Une gouvernance a été mise en place pour coordonner ce plan d'action territorial, avec notamment :

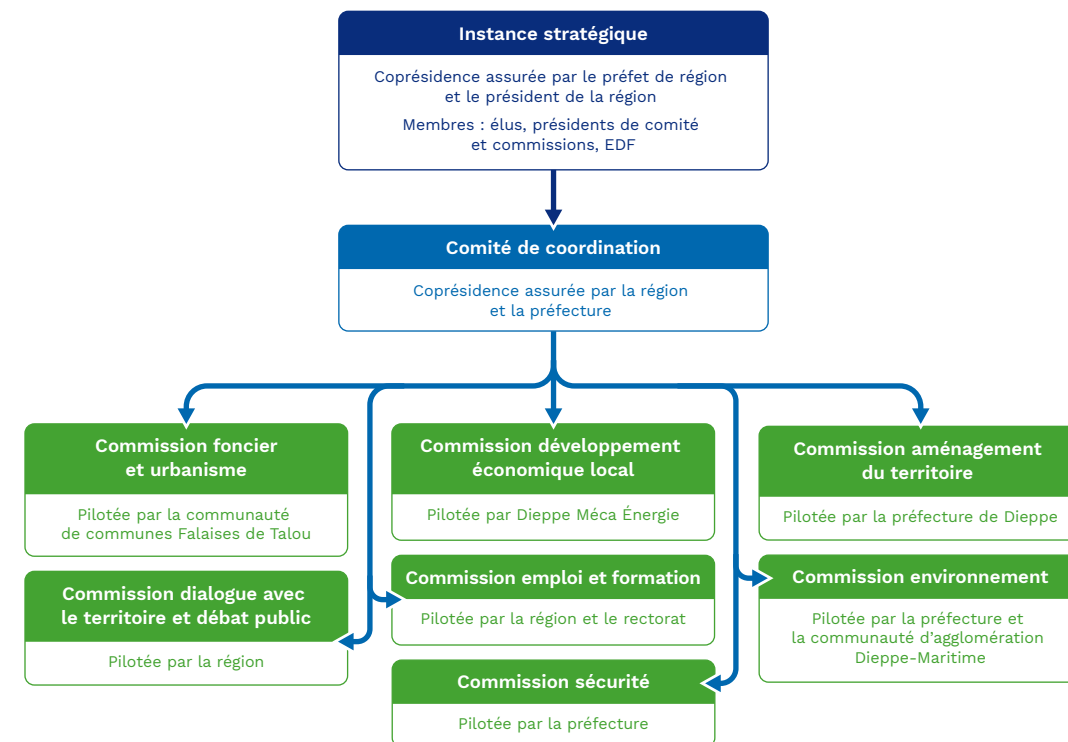
- un **comité de coordination**, coprésidé par la préfecture et la région, qui fixe les objectifs et les priorités, s'assure de la coordination globale et du bon avancement de la démarche ;
- une **instance stratégique**, coprésidée par la préfecture et la région, qui assure un pilotage stratégique du dispositif, en veillant notamment au respect des équilibres territoriaux. La première réunion de cette instance stratégique s'est tenue le 20 septembre 2021.

15. Il s'agit de la région Normandie, des députés des 6^e et 10^e circonscriptions de Seine-Maritime, du département de Seine-Maritime, des communautés de communes Falaises du Talou, des Villes Sœurs, Dieppe-Maritime, Terroir de Caux, de la Côte d'Albâtre, de la ville de Dieppe, de la ville du Tréport, de la CCI Rouen Métropole et de Dieppe Méca Énergies.

Créé en anticipation de la mise en œuvre de la procédure Grand Chantier et afin de se préparer à accueillir le chantier EPR2 et son exploitation à moyen terme, ce plan d'action est structuré en sept commissions dédiées chacune à une thématique :

- la **commission foncier / urbanisme** qui traite des aspects en lien avec l'optimisation des demandes de foncier et l'adaptation de l'urbanisme pour les besoins des collectivités et des industriels ;
- la **commission développement économique local** qui permet un maillage de tous les acteurs économiques locaux (collectivités, entreprises, groupements, associations) afin de se préparer au mieux aux opportunités que représenteront les appels d'offres à venir pour le projet ;
- la **commission emploi / formation** qui coordonne la réalisation d'un diagnostic permettant d'identifier les besoins, de les mettre en regard des formations existantes pour adapter l'offre de formation initiale ou professionnelle, si nécessaire. Elle travaillera également à l'attractivité des métiers et aux dispositifs favorisant la mobilité des personnes ;
- la **commission sécurité** qui a en charge les actions en lien avec la sécurité civile et la sécurité publique ;
- la **commission dialogue et concertation** qui vise à favoriser le dialogue, l'information et la communication autour du projet ;
- la **commission aménagement du territoire** qui a pour objectif d'anticiper les actions en lien avec l'adaptation des infrastructures et équipements des collectivités, du schéma de transport global, et des capacités d'hébergements temporaires et pérennes du territoire ;
- la **commission environnement** qui traite des sujets liés à l'environnement, comme l'économie circulaire, les enjeux environnementaux et la compensation écologique.

PLAN D'ACTION DU TERRITOIRE NORMAND POUR L'ACCUEIL D'EPR2 SUR LE SITE DE PENLY – SCHÉMA DE GOUVERNANCE



La procédure « Grand Chantier d’aménagement du territoire »

Les phases de chantier puis d’exploitation induisent des besoins qu’il faut anticiper pour favoriser la meilleure insertion dans le tissu économique et social régional.

La construction de Penly 1 et 2, comme celle de Flamanville 3 plus récemment, a été réalisée dans le cadre d’une procédure de « Grand Chantier d’aménagement du territoire ». Celle-ci est demandée par le maître d’ouvrage et décidée par l’État, impliquant une coordination par la désignation d’un sous-préfet coordonnateur. Elle offre un espace de concertation entre les parties prenantes (collectivités territoriales, services publics, entreprises et leurs représentants, organisations représentatives du personnel, associations...).

La procédure doit ainsi permettre que le chantier accompagne un véritable projet de territoire. Quatre axes de travail sont poursuivis :

- adapter les services et infrastructures, en tenant compte de l’existant et des besoins directs ou indirects générés par le chantier (routes, équipements publics...);
- accueillir les salariés déplacés amenés à travailler sur le chantier (en particulier logements, transports vers le site, restauration méridienne);
- favoriser l’intervention d’entreprises locales et le recours à la main-d’œuvre locale par la mise en relation des entreprises donneuses d’ordre et des sous-traitants, ainsi que par la construction d’offres de formation ;
- organiser l’après-chantier, en particulier les redéploiements en fin de mission.

.....

Le dispositif Grand Chantier de l’EPR de Flamanville 3 a permis de réaliser un important programme d’infrastructures, et a développé l’économie et l’emploi local.

.....



LA PROCÉDURE GRAND CHANTIER DE FLAMANVILLE 3

Le dispositif Grand chantier de l’EPR de Flamanville 3 a permis de réaliser un important programme d’infrastructures et a développé l’économie et l’emploi local. Les nouvelles infrastructures, créées ou modernisées, profitent au personnel du chantier mais aussi à l’ensemble de la population (routes, pôle de santé, écoles, pôle enfance, centre culturel...). Une quarantaine d’entreprises locales a travaillé sur le chantier, certaines d’entre elles se sont fortement développées (BST, Efinor, NSB Probent). Des agences locales d’entreprises nationales se sont installées (Ardatem, Fives-Nordon, Ponticelli). L’offre de formation s’est également développée avec l’installation en local de nouveaux organismes (Ceforas Formation, UFPI, Institut de Soudure).

Son bilan a été présenté à l’occasion de sa cérémonie de clôture à Cherbourg-en-Cotentin le 7 juillet 2022, et à donner à plusieurs publications ([Clôture du programme « Grand Chantier » de l’EPR de Flamanville : un dispositif de développement territorial réussi + Supplément presse de la Manche.pdf](#)) et vidéos.

Grâce au développement de l’emploi local et à la modernisation des équipements, c’est l’ensemble du territoire qui bénéficie de la construction de l’EPR à Flamanville ([vidéo EDF Flamanville acteur majeur de son territoire](#)) :

- 58 projets d’aménagement validés par l’État et réalisés ([vidéo développement des infrastructures](#)) ;
- 5 086 offres d’emploi satisfaites localement à 92 % grâce à une antenne de Pôle Emploi et une équipe emploi formation dédiées ([vidéo emplois et formation](#)) ;
- + 1 300 demandeurs d’emploi locaux formés et recrutés par les entreprises du chantier ;
- + 940 000 heures de formation dispensées localement ;
- 123 M€ investis (dont 30% EDF et 70 % collectivités et investisseurs) ([vidéo accord de performance territorial](#)).

Si le projet EPR2 Penly est confirmé, EDF demandera aux pouvoirs publics la mise en œuvre de cette procédure qui permettrait de répondre aux enjeux identifiés au § 4.5.2. Sans attendre cette étape, l’État en région, sous la direction du préfet de Normandie, a déjà lancé un programme de travail sur ces différents sujets.

• Point à date du plan d’action territorial au premier semestre 2022

Depuis le lancement de la démarche, les commissions se sont réunies à plusieurs reprises, et ont commencé les travaux relevant de leurs périmètres. Périodiquement, le comité de coordination et l’instance stratégique établissent des points d’avancement des actions engagées et orientent les plans d’action à venir.

- Concernant les enjeux liés au foncier, un travail est mené pour concilier ces besoins, la tension dans le domaine du foncier agricole sur le territoire, l’objectif de « zéro artificialisation nette » de la loi climat et résilience, le principe de sobriété foncière et la loi littoral. Il est donc nécessaire de travailler sur les documents d’urbanisme, les inventaires de foncier disponibles sur les EPCI¹⁶, la valorisation des friches et équipements existants, les réhabilitations et la densification des logements.
- En matière de transport, la réflexion vise à définir un schéma de transport global, en établissant un état des lieux de l’existant (transports collectifs, infrastructures existantes et projets, réseau routier, transport par voie ferrée...) et des perspectives d’aménagements et d’organisation (structures mobilisables, projets à engager, diversification des mobilités, développement de la mobilité douce...).

- La construction de nouveaux logements pérennes et la mise à disposition de logements provisoires seront nécessaires pour accueillir les intervenants. Afin de privilégier la rénovation et s’inscrire dans le développement des dispositifs « Cœur de villes », une analyse fine de la vacance de l’habitat est nécessaire. Un travail est mené pour déterminer si une partie des programmes immobiliers en cours peut être consacrée aux besoins du projet. Pour développer l’habitat, la modification des documents d’urbanisme des collectivités sera nécessaire. Sur le logement temporaire, un travail est mené avec les acteurs du tourisme et les collectivités pour évaluer les possibilités d’optimiser l’utilisation de l’existant et d’extension de l’offre du territoire (campings, hôtels, meublés...), mais également pour construire des structures de logements modulaires dédiées aux travailleurs du chantier.

- La réflexion autour du dialogue avec les parties prenantes et l’anticipation d’une concertation avec le public a conduit à l’identification de parties prenantes (acteurs de la santé, représentants des pêcheurs, acteurs économiques, élus...) pour lesquelles des rencontres ont été réalisées.

- Pour s’assurer de l’implication et de la participation des entreprises locales dans les travaux du projet, la commission développement économique local a pour objectif de donner de la visibilité aux entreprises et industriels locaux, et de les accompagner, avec la CCI¹⁷, sur les appels d’offres et marchés du chantier. Afin de suivre cette participation, la commission a la volonté de mettre en place un observatoire des marchés (tableau de bord, indicateurs...) permettant de mesurer factuellement les retombées économiques locales.

- Sur les aspects emploi et formation, il est important d’établir un diagnostic de la situation de l’emploi, des compétences et des dispositifs de formation disponibles (formations qualifiantes, plateaux techniques) pour les métiers du nucléaire en Normandie. Un regard sur les métiers en tension devrait permettre de déployer des dispositifs de formations professionnelles ou initiales adaptés avec les acteurs du domaine. Il est nécessaire d’anticiper pour mettre en place les projets, structurer l’offre de formation pour le chantier et développer des pôles d’excellence à l’image du pôle d’excellence soudage de Cherbourg. Une première formation de type bac + 1 en robinetterie sera mise en œuvre dès septembre 2022 au lycée Émulation Dieppoise.

.....

Un regard sur les métiers en tension devrait permettre de déployer des dispositifs de formations professionnelles ou initiales adaptés avec les acteurs du domaine (région, rectorat, OPCO...).

.....

16. Établissement public de coopération intercommunale.
17. Chambre de commerce et d’industrie.

> LISTE DES RÉFÉRENCES

- > **Bilan électrique Normandie 2021 – RTE.**
<https://www.rte-france.com/actualites/bilan-electrique-normandie-2021>
- > **SRADDET (Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires) Normandie (juillet 2020), adopté par le conseil régional le 22 juin 2020 et approuvés par le préfet le 2 juillet 2020.**
<https://www.normandie.fr/le-sraddet>
- > **Étude Insee sur la filière nucléaire en Normandie.**
<https://www.insee.fr/fr/statistiques/6471675>
- > **Plan particulier d'intervention autour du CNPE de Penly – Plaquette PPI Penly.**
<https://www.seine-maritime.gouv.fr>
- > **Centrales nucléaires et environnement – EDF – Édition 2020.**
https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/producteur-industriel/nucleaire/ENVIRONNEMENT/guide_2020_-_centrales_nucleaires_et_environnement.pdf
- > **Communiqué de presse région Normandie – 20 septembre 2021.**
<https://www.normandie.fr/sites/default/files/2021-09/communiqu%C3%A9-CAP-PENLY.docx>
- > **Impact économique Grand Chantier EPR – CCI Ouest Normandie 2017**
- > **Site dédié aux champs électriques et magnétiques créé par RTE.**
<https://www.clefdeschamps.info>
- > **MOOC d'information sur les CEM mis à disposition par RTE.**
<https://mooc.cem-50hz.info/>
- > **Étude socio-économique projet EPR2 Penly – PwC (i.e. PricewaterhouseCoopers Advisory) – 2021.**
- > **Retour d'expérience du Grand Chantier de Flamanville. Supplément dans la presse de la Manche.**
<https://vu.fr/OTPL>
- > **Clotûre du programme «Grand chantier» de l'EPR de Flamanville : un dispositif de développement territorial réussi.**
<https://www.edf.fr/la-centrale-nucleaire-de-flamanville-3-epr/les-actualites-de-la-centrale-nucleaire-de-flamanville-3-epr/cloture-du-programme-grand-chantier-de-lepr-de-flamanville-un-dispositif-de-developpement-territorial-reussi>



CHAPITRE
5

IMPLICATION DU PUBLIC ET PROCESSUS RÉGLEMENTAIRE

EDF attend du débat public de pouvoir présenter en détail sa proposition de programme de nouveaux réacteurs et son projet de première paire d'EPR2 à Penly, de débattre des alternatives, des conditions de mise en œuvre, et de faire émerger des propositions constituant autant d'opportunités pour le territoire d'accueil.

CHAPITRE 5
IMPLICATION DU PUBLIC ET PROCESSUS
RÉGLEMENTAIRE

5.1	IMPLICATION DU PUBLIC DANS LA PRÉPARATION DES DÉCISIONS	191
5.1.1	DÉCISIONS EN MATIÈRE DE POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE	191
5.1.2	DÉCISIONS EN MATIÈRE DE NOUVEAU NUCLÉAIRE	191
5.1.3	IMPLICATION DU PUBLIC À TRAVERS UNE CONCERTATION LARGE SUR LA POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE FRANÇAISE ET LA PLACE DU NUCLÉAIRE DANS LE MIX	192
5.1.4	IMPLICATION DU PUBLIC, À TRAVERS UN DÉBAT PUBLIC, SUR LE PROJET D'UNE PREMIÈRE PAIRE D'EPR2 À PENLY, DANS LE CADRE DE LA PROPOSITION D'EDF D'UN PROGRAMME DE NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN FRANCE	192
5.2	LE DÉBAT PUBLIC ET SES SUITES	193
5.2.1	ATTENTES D'EDF VIS-À-VIS DU DÉBAT PUBLIC	193
5.2.2	UNE CONCERTATION QUI SE POURSUIVRA APRÈS LA FIN DU DÉBAT PUBLIC À LA SUITE DE LA DÉCISION DU MAÎTRE D'OUVRAGE	193
5.3	PROCÉDURES AUXQUELLES LE PROJET D'UNE PAIRE DE RÉACTEURS EPR2 À PENLY EST SOUMIS	195
	• La Demande d'autorisation de création (DAC) de deux Installations nucléaires de base (INB)	196
	• Les demandes de travaux au titre du Code de l'urbanisme	197
	• Les demandes de concession d'utilisation et de travaux sur le domaine public maritime et de reconnaissance d'utilité publique du projet au titre du Code général de la propriété des personnes publiques	197
	• La demande d'autorisation environnementale	197
	LISTE DES RÉFÉRENCES	200

5.1 IMPLICATION DU PUBLIC
DANS LA PRÉPARATION
DES DÉCISIONS

Le cadre législatif et réglementaire en vigueur prévoit, par principe, l'implication du public afin qu'il contribue aux prises de décisions nécessaires à l'établissement de la politique énergétique française. Celle-ci n'étant pas consacrée spécifiquement aux choix et questions associés à la production d'électricité d'origine nucléaire, il est apparu nécessaire de prévoir des consultations supplémentaires justifiées par les enjeux de société qu'impliquent de telles décisions.

5.1.1 *Décisions en matière de politique énergétique*

La loi relative à l'énergie et au climat adoptée en novembre 2019 a créé une Loi de programmation sur l'énergie et le climat (LPEC) qui devra fixer les grands objectifs de la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) et de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC). Ces trois documents formeront ainsi la Stratégie française pour l'énergie et le climat (SFEC). Cette nouvelle loi, qui doit être adoptée avant le 1^{er} juillet 2023, déterminera les priorités d'action de la politique énergétique nationale, en fixant les grands objectifs de la future PPE et de la SNBC.

Pour la PPE, elle fixera notamment, pour deux périodes successives de cinq ans, les objectifs de réduction de la consommation énergétique finale, les objectifs de développement des énergies renouvelables, les objectifs de diversification du mix de production électrique, ainsi que les objectifs à plus long terme. La « PPE 3 » (2024-2033) devra ainsi être compatible avec la LPEC, et sera adoptée par décret dans les douze mois suivant l'adoption de la loi de programmation sur l'énergie et le climat.

La loi et la programmation pluriannuelle de l'énergie seront des décisions toutes les deux précédées de consultations :

- le projet de loi énergie climat sera discuté au Parlement ;
- ensuite, les futures PPE et SNBC, telles que cadrées par la LPEC, feront l'objet d'une concertation préalable, afin que le public se prononce directement sur leur contenu.

5.1.2 *Décisions en matière de nouveau nucléaire*

Au regard des enjeux associés au nucléaire, le programme de travail appelé par la PPE actuelle (2019-2023)¹ identifie un volet consacré aux « actions à engager en termes de concertation du public », en amont des éventuelles décisions susceptibles d'acter la création de nouveaux réacteurs nucléaires.

Cette priorité a également été exprimée par la CNDP dans son avis du 1^{er} décembre 2021², constatant la nécessité d'un débat de programmation sur l'énergie.

1. Cette PPE avait elle-même fait l'objet d'un débat public puis d'une consultation post-débat sous l'égide de la CNDP.
2. Avis n° 2021/159/ Débat public sur le nucléaire / 1 – séance du 1^{er} décembre 2021. https://www.debatpublic.fr/sites/default/files/2021-12/AVIS_2021_159_DEBAT%20NUCLEAIRE.pdf

En cohérence avec la PPE actuelle et l'avis de la CNDP, le président de la République a réaffirmé ces principes lors son discours du 10 février 2022 à Belfort, exprimant la stratégie proposée par l'État pour atteindre la neutralité carbone à horizon 2050, en appelant :

- d'une part à « *une large concertation du public [...] au second semestre 2022 sur l'énergie, puis des discussions parlementaires [...] en 2023 pour réviser la Programmation pluriannuelle de l'énergie* », qui n'est pas l'objet du présent dossier ;
- d'autre part, à la « *saisine de la Commission nationale du débat public* » pour le projet d'une première paire de réacteurs EPR2 sur le site de Penly, dans le cadre de la proposition d'EDF pour un programme industriel de nouveaux réacteurs nucléaires, qui est l'objet du présent dossier.

5.1.3 Implication du public à travers une concertation large sur la politique énergétique française et la place du nucléaire dans le mix

Conformément au programme de travail de la PPE actuelle, l'État a saisi la CNDP d'une mission de conseil³ afin qu'elle lui propose un dispositif participatif (modalités, thèmes et gouvernance), en vue de réaliser « *une large concertation nationale sur le système électrique de demain* ». Cette concertation nationale gouvernementale a pour vocation de permettre aux publics de participer à l'élaboration de la loi de programmation quinquennale sur l'énergie et le climat (LPEC), donc aux grands choix sur l'avenir du système énergétique et du mix électrique. Elle sera organisée par le gouvernement pour permettre au public de se prononcer sur le futur mix électrique et le système énergétique.

5.1.4 Implication du public, à travers un débat public, sur le projet d'une première paire d'EPR2 à Penly, dans le cadre de la proposition d'EDF d'un programme de nouveaux réacteurs nucléaires en France

EDF a saisi la CNDP sur le « *projet d'une première paire de réacteurs EPR2 sur le site de Penly (Normandie), dans le cadre de la proposition d'EDF pour un programme de nouveaux réacteurs nucléaires en France* »⁴. Le 2 mars 2022⁵, la CNDP a décidé l'organisation d'un débat public.

Ce débat public aura une double dimension : l'intégration du projet sur le territoire de Penly, et le programme industriel de la filière nucléaire, en complément de la concertation gouvernementale sur la politique énergétique. Ce débat sera l'opportunité pour le public de contribuer à la décision du maître d'ouvrage sur ce projet, lorsque toutes les options sont encore ouvertes.

Les projets de deuxième et troisième paires de réacteurs EPR2 du programme industriel, détaillés par EDF au chapitre 2 du présent dossier, feront également l'objet d'une saisine de la CNDP, afin qu'elle détermine les modalités de consultation du public, le cas échéant.

Le débat public sera l'opportunité de contribuer à la décision du maître d'ouvrage sur ce projet, lorsque toutes les options sont encore ouvertes.

3. Rapport de la mission de conseil de la CNDP relatif à la « concertation nationale sur l'énergie », publié le 25 avril 2022. https://www.debatpublic.fr/sites/default/files/2022-04/25_AVRIL_Rapport_mission_conseil_CNDP_0.pdf
4. EDF a saisi la CNDP afin qu'elle décide, le cas échéant, de l'organisation d'une « consultation publique amont » (débat public, concertation préalable), conformément à l'article L. 121-8 I. du Code de l'environnement.
5. Décision n° 2022/32/ PROG_EPR2_PENLY_1 / 1 – séance du 2 mars 2022. https://www.debatpublic.fr/sites/default/files/2022-03/DECISION_2022_32_PROG_EPR2_PENLY_1.pdf

5.2 LE DÉBAT PUBLIC ET SES SUITES

5.2.1 Attentes d'EDF vis-à-vis du débat public

EDF a fait de la concertation un de ses objectifs de responsabilité d'entreprise (voir fiche annexe n° 8). Son but est de systématiser les pratiques de dialogue et de concertation transparente et contradictoire autour de chaque nouveau projet.

Afin de prendre en compte les attentes des territoires et de leurs habitants, EDF participera à la concertation nationale menée par l'État en tant qu'énergéticien. L'entreprise s'engage à mener un débat ambitieux pour le projet d'une première paire de réacteurs EPR2 sur le site de Penly, dans le cadre de la proposition d'EDF pour un programme de nouveaux réacteurs nucléaires en France.

Pour ces différentes phases de dialogue, EDF souhaite faire de la concertation avec le public une opportunité :

- **de présenter, informer, expliquer et débattre** autour de ses enjeux de producteur d'électricité bas carbone ;
- **de débattre des alternatives** ;
- **d'écouter les points de vue** autour des compétences, de l'attractivité, des enjeux de la filière et du maintien de l'outil industriel ;
- **de poursuivre la démarche de dialogue initiée** avec les territoires, et de l'ouvrir à un public plus large, permettant notamment de toucher les futurs jeunes actifs : ce sont les plus concernés par les choix de société à l'horizon de la fin du siècle. C'est pour cette raison qu'EDF souhaite les impliquer ;
- **d'informer largement** et en transparence le public ;
- **d'entendre les retours des participants**, dans le respect de tous et l'égalité de traitement de chacun ;
- **d'écouter les diverses parties prenantes**, de prendre en compte les avis et d'expliquer pourquoi il retient ou non les propositions formulées.

Plus spécifiquement, pour le projet d'une paire de réacteurs EPR2 sur le site de Penly, EDF souhaite :

- présenter les fondements du projet et sa mise en œuvre envisagée sur le territoire ;
- mettre en place des démarches de concertation innovantes avec les publics et les parties prenantes du territoire, permettant notamment :
 - d'atténuer les nuisances associées au chantier, et en améliorer l'insertion paysagère ;
 - de favoriser la bonne insertion du projet sur le territoire sur les plans économique, social et environnemental ;
 - de faire émerger des opportunités pour le territoire autour du projet, et susciter les initiatives locales.

Cette phase de concertation permettra d'identifier les besoins et les attentes du territoire face au projet, tout en dégageant des amorces de solutions concertées pour y répondre. EDF souhaite continuer à partager sur ces sujets au-delà du débat.

5.2.2 Une concertation qui se poursuivra après la fin du débat public à la suite de la décision du maître d'ouvrage

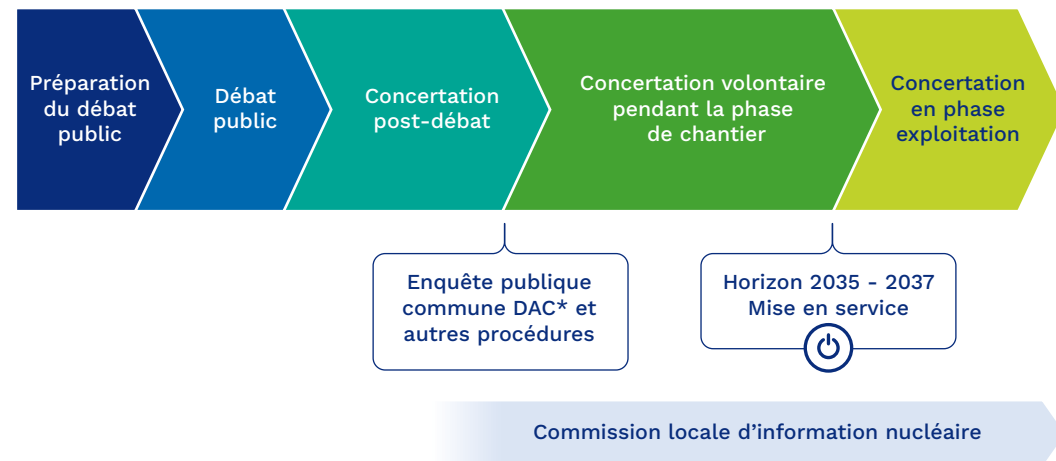
Après un débat public, la Commission nationale du débat public désigne un ou plusieurs garants chargés de la concertation post-débat, afin de veiller à la bonne information et à la participation du public, jusqu'à l'ouverture de l'enquête publique associée à l'instruction des différentes autorisations (cf. § 5.3).

Au-delà de cette concertation post-débat prévue par le Code de l'environnement, EDF souhaite que le débat public permette de définir les modalités d'une concertation volontaire qui pourra se tenir pendant toute la période de chantier.

En complément de ces concertations, la Commission locale d'information nucléaire (CLIN) pourra également intervenir et assurer l'information du public, à compter du dépôt de la demande d'autorisation de création des deux Installations nucléaires de base (INB).

CONTINUUM DE CONCERTATION POUR LE PROJET D'UNE PREMIÈRE PAIRE DE RÉACTEURS EPR2 SUR LE SITE DE PENLY

Mi-2022



*demande d'autorisation de création

5.3 PROCÉDURES AUXQUELLES LE PROJET D'UNE PAIRE DE RÉACTEURS EPR2 À PENLY EST SOUMIS

Le projet de création d'une paire de réacteurs EPR2 sur le site de Penly est un projet de grande ampleur, qui est naturellement soumis à de nombreuses procédures administratives au titre de différents régimes juridiques, avant de pouvoir être réalisé. Il sera donc soumis à une évaluation environnementale globale, avant que les différentes autorisations administratives ne puissent être accordées.

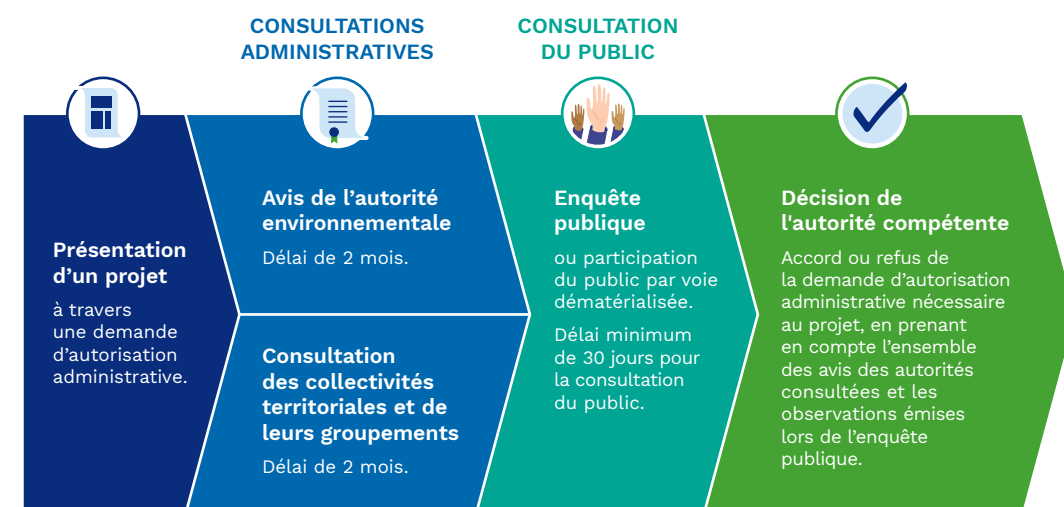
FOCUS SUR LE PROCESSUS D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

D'après l'article L. 122-1 du Code de l'environnement, l'évaluation environnementale d'un projet est un processus impliquant la production d'une étude d'impact environnemental* par le maître d'ouvrage, la réalisation de consultations administratives (autorité environnementale et collectivités territoriales, notamment) et du public (enquête publique en règle générale). L'issue de ce processus est l'examen — puis l'autorisation éventuelle — par l'autorité compétente de la demande, au regard des informations présentées dans l'étude d'impact, et reçues dans le cadre des consultations.

* Cette pièce est un rapport d'évaluation des incidences du projet sur l'environnement et de la démonstration de leur acceptabilité.

L'évaluation environnementale d'un projet est un processus impliquant la production d'une étude d'impact environnemental.

PROCESSUS D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE D'UN PROJET



.....

Chacune des autorisations préalables nécessaires à la réalisation du projet poursuit un objectif différent et fait l'objet d'un dossier dédié.

.....

Chacune des autorisations préalables nécessaires à la réalisation du projet poursuit un objectif différent (justifié par l'activité à encadrer ou par le lieu d'implantation de celle-ci), et fait l'objet d'un dossier dédié.

Toutefois, puisque le projet est soumis à une évaluation environnementale globale, EDF envisage de mutualiser les étapes suivantes afin d'assurer la meilleure information du public et la prise en compte des impacts et risques du projet.

- Sont concernées :
- **l'étude d'impact environnemental** qui devrait être unique et porter l'ensemble des impacts envisagés pour chaque procédure requérant cette pièce ;
 - **les consultations administratives** (avis de l'autorité environnementale, des collectivités territoriales concernées) et **l'enquête publique**, qui devraient concerner toutes les demandes nécessaires au projet comprises dans le processus d'évaluation environnementale.

La création d'une installation nucléaire est une activité susceptible d'avoir un impact transfrontalier au sens de la convention d'Espoo⁶. Par conséquent, en amont de l'ouverture de l'enquête publique, la France informera les États voisins de cette consultation et du projet, afin que les publics des autres États concernés puissent également exprimer leurs observations, avant que la décision d'autorisation ne soit prise.

La liste des autorisations administratives qui pourraient être nécessaires est susceptible d'évoluer, au regard notamment de la prise en compte des conclusions du débat public.

EDF a identifié les principales autorisations intervenant dans une première phase de réalisation du projet. Celles-ci s'appuient sur une étude d'impact environnemental commune.

◆ **La Demande d'autorisation de création (DAC) de deux Installations nucléaires de base (INB)**

Cette procédure concerne la création de nouveaux réacteurs nucléaires, sur la base d'un dossier qui détaille la conception intégrale de ces réacteurs, des équipements et bâtiments nécessaires à la production d'électricité d'origine nucléaire.

- Le dossier comprend différentes pièces de description des installations proposées :
- la version préliminaire du rapport de sûreté (cette pièce comporte l'inventaire des risques susceptibles d'être présentés par le projet, ainsi que l'analyse des dispositions prises pour les prévenir et la description des mesures propres à limiter la probabilité des accidents et leurs effets) ;
 - l'étude de maîtrise des risques ;
 - l'étude d'impact environnemental ;
 - le compte-rendu et le bilan du débat public.

Le dossier de demande d'autorisation de création est instruit par le ministère chargé de l'énergie, accompagné, lors de l'instruction, de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), elle-même appuyée par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Le décret est délivré par le Premier ministre sur le rapport du ministre chargé de la Sûreté nucléaire.

En amont de la demande d'autorisation de création d'installations nucléaires de base, l'ASN a déjà rendu un avis le 16 juillet 2019⁷ sur le dossier d'options de sûreté du réacteur EPR2, permettant de converger sur les principaux choix de conception du réacteur (détaillés au § 3.2 du présent dossier).

6. La convention sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontière, dite convention d'Espoo, a été adoptée le 25 février 1991 par la Commission économique pour l'Europe des Nations unies.

7. Avis n° 2019-AV-0329 de l'ASN du 16 juillet 2019, relatif au dossier d'options de sûreté présenté par EDF pour le projet de réacteur EPR nouveau modèle (EPR NM) et à son évolution de configuration EPR2. <https://www.asn.fr/content/download/166010/file/2019-AV-0329.pdf>

◆ **Les demandes de travaux au titre du Code de l'urbanisme**

Cette procédure vise à autoriser les travaux (permis de construire, d'aménager, déclaration préalable...) nécessaires pour aménager les terrains (terrassements, remblais...) et la construction des bâtiments couverts par les règles d'urbanisme.

Le dossier comprend notamment la description des travaux, des emprises au sol et des constructions, ainsi que divers plans. La demande de travaux est instruite et autorisée par le préfet de département.

◆ **Les demandes de concession d'utilisation et de travaux sur le domaine public maritime et de reconnaissance d'utilité publique du projet au titre du Code général de la propriété des personnes publiques**

Le projet de création d'une paire de réacteurs EPR2 à Penly se situe à proximité immédiate de la Manche. Or, le rivage ainsi que la zone immergée par les flots font partie du domaine public maritime de l'État. Son occupation et son usage doivent faire l'objet d'une autorisation particulière. C'est l'objet de la procédure de demande de concession d'utilisation du domaine public maritime, qui permet également d'effectuer la demande de certains travaux. Le projet est notamment concerné par les mouvements de terres pour étendre sur la mer la plateforme basse qui accueillera les installations, et le décalage de la digue de protection.

Le site de Penly étant situé hors zone portuaire, l'autorisation de travaux sur ce domaine concédé nécessite de justifier de l'utilité publique de l'opération via une Déclaration d'utilité publique (DUP), au titre de l'article L. 2124-2 du Code général de la propriété des personnes publiques.

Ces dossiers de demande comportent les descriptions des travaux envisagés, de l'acceptabilité des impacts notamment au regard du milieu marin, des estimations de coûts et des pièces graphiques. Ces autorisations sont instruites et accordées par le préfet de département.

• **La demande d'autorisation environnementale**

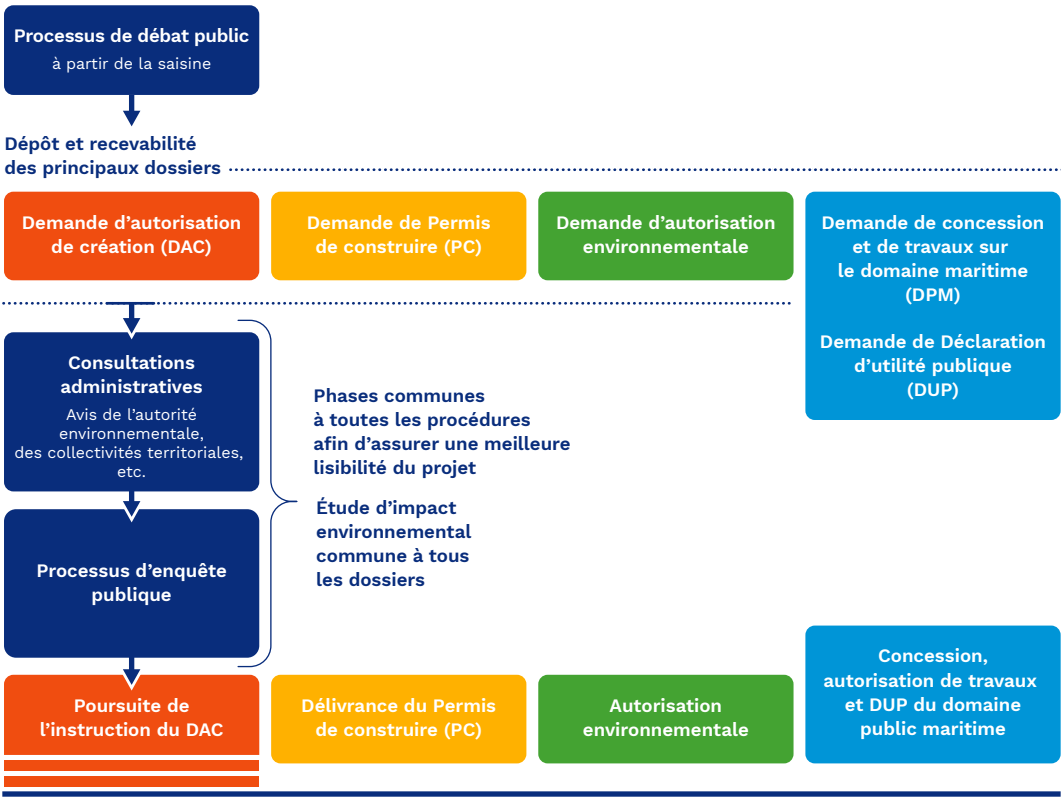
- Certaines activités nécessaires à la réalisation des travaux préparatoires et au chantier sont spécifiquement visées par le Code de l'environnement ; elles nécessitent une autorisation environnementale. Le dossier de demande d'autorisation environnementale distingue :
- les activités, installations susceptibles de générer des dangers et des impacts au titre des Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) ;
 - des installations, ouvrages, travaux, activités susceptibles d'avoir un impact sur la ressource en eau (IOTA).

Le cas échéant, cette demande tient également lieu d'autorisation à déroger à la réglementation dite « espèces protégées » et d'autorisation de défrichement.

Le dossier à l'appui de la demande comporte notamment des pièces de description des activités, des lieux d'implantation, des espèces concernées, des surfaces à défricher envisagées. Cette autorisation est instruite et accordée par le préfet de département, et permet de réaliser les premiers travaux préparatoires avant l'obtention du décret d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base.

Comme la réglementation l'encourage, et afin d'assurer une cohérence d'ensemble entre les dossiers soumis à évaluation environnementale et enquête publique, EDF poursuit l'objectif de mutualiser autant que possible ces différentes procédures.

SÉQUENCE RÉGLEMENTAIRE ENVISAGÉE SI LA DÉCISION DE POURSUIVRE LE PROJET EST PRISE



15 mois
sont nécessaires
entre le dépôt
des dossiers
de demandes
et l'obtention
du permis
de construire
et de l'autorisation
environnementale.

Le calendrier proposé par EDF comprend 15 mois entre le dépôt des dossiers de demandes (demande d'autorisation de création, autorisation d'urbanisme, autorisation environnementale etc.), et l'obtention du permis de construire et de l'autorisation environnementale. EDF a engagé des échanges préparatoires avec les services de l'État concernés. À titre d'information, le délai observé pour l'instruction d'une autorisation environnementale est généralement compris entre 9 et 12 mois.

RÉCAPITULATIF DES AUTORISATIONS ADMINISTRATIVES, AINSI QUE DES AUTORITÉS COMPÉTENTES POUR LES DÉLIVRER AU TITRE DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE DU PROJET

PROCÉDURE ADMINISTRATIVE CONCERNÉE	FORME DE L'AUTORISATION ET AUTORITÉ COMPÉTENTE POUR AUTORISER LA DEMANDE
Demande d'autorisation de création d'Installations nucléaires de base (INB)	Décret du Premier ministre pris sur le rapport du ministre chargé de la sûreté nucléaire
Autorisation environnementale	Arrêté préfectoral délivré par le préfet de département
Concession d'utilisation du domaine public maritime et reconnaissance de l'utilité publique de l'utilisation	Arrêté préfectoral délivré par le préfet de département
Autorisations au titre du Code de l'urbanisme	Arrêté préfectoral délivré par le préfet de département

Certaines procédures supplémentaires interviennent en dehors du processus d'évaluation environnementale, car elles ne sont pas susceptibles d'avoir des incidences sur l'environnement. Il s'agit, en particulier, des procédures requises par le Code de la défense, afin de démontrer au Haut fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS) du ministère chargé de l'énergie, que les activités envisagées sont acceptables au regard des enjeux de protection contre les actes de malveillance. C'est également le cas pour la procédure d'évolution de la zone d'exclusion de navigation autour du CNPE existant de Penly, afin d'assurer l'ordre public en mer en veillant à la protection de certaines installations.

Certaines procédures européennes de « porter à connaissance » devront être réalisées auprès de la Commission européenne, au titre du traité instituant la Communauté européenne de l'énergie atomique (dit traité Euratom).

À plus long terme (horizon 2030), des procédures supplémentaires seront nécessaires pour mettre en service les réacteurs nucléaires, et obtenir l'autorisation d'exploiter cette installation de production d'électricité.

➤ LISTE DES RÉFÉRENCES

- **Publication de la Stratégie française énergie et climat (SFEC) – Avril 2021.**
<https://www.ecologie.gouv.fr/publication-strategie-francaise-lenergie-et-climat-france-confirme-engagement-vers-societe-neutre-en>
- **Loi n° 2019-1147 du 8 novembre 2019, relative à l'énergie et au climat, dite « loi énergie climat ».**
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000039355955>



EN SAVOIR PLUS

ANNEXES

POUR EN SAVOIR PLUS

1	ANNEXE 1 RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES	205
2	ANNEXE 2 LES ACTEURS DE LA FILIÈRE NUCLÉAIRE FRANÇAISE	207
3	ANNEXE 3 LES RÉPONSES APPORTÉES PAR EDF ET LA FILIÈRE NUCLÉAIRE FACE AUX ENSEIGNEMENTS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE	209
4	ANNEXE 4 ÉLÉMENTS DE COMPRÉHENSION EN VUE DU FINANCEMENT DU PROGRAMME PROPOSÉ PAR EDF	217
5	ANNEXE 5 LES AUTRES PROJETS RTE EN NORMANDIE	223
6	ANNEXE 6 LES LIGNES AÉRIENNES 400 KV	225
7	ANNEXE 7 LES LIGNES SOUTERRAINES 400 KV	231
8	ANNEXE 8 COMPRENDRE LA CONSISTANCE DES TRAVAUX DE RACCORDEMENT	237
9	ANNEXE 9 CULTURE DE DIALOGUE ET CONCERTATION « PARLONS ÉNERGIES »	243

1 ANNEXE 1 RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

Sur le chapitre 1

- **Le nucléaire en France** ©EDF
<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/le-nucleaire-en-chiffres>
- **La Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE)**
<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20200422%20Programmation%20pluriannuelle%20de%20l%27e%CC%81nergie.pdf>
- **La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) 2018, adoptée par décret n° 2020-457 du 21 avril 2020**
<https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>
- **Bilan électrique 2021 de RTE**
<https://www.rte-france.com/actualites/bilan-electrique-2021>
- **Rapport « Futurs énergétiques 2050 » – RTE - 2021**
<https://www.rte-france.com/analyses-tendances-et-prospectives/bilan-previsionnel-2050-futurs-energetiques#Lesdocuments>
- **Examen des conditions de mise en œuvre d'un programme de nouveaux réacteurs nucléaires en France – Gouvernement – Fév. 2022**
<https://www.ecologie.gouv.fr/examen-des-conditions-mise-en-oeuvre-dun-programme-construction-nouveaux-reacteurs-nucleaires-en-0>
- **Rapport du Gouvernement « Travaux relatifs au nouveau nucléaire »**
https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2022.02.18_Rapport_nucleaire.pdf

Sur le chapitre 2

- **Rapport sur « la construction de l'EPR de Flamanville » de Jean-Martin Folz**
<https://www.economie.gouv.fr/rapport-epr-flamanville#>
- **Rapport de la Cour des comptes sur la filière EPR – Juillet 2020**
<https://www.ccomptes.fr/fr/publications/la-filiere-epr>
- **Situation de Flamanville 3 au 29 juin 2022 @EDF**
<https://www.edf.fr/la-centrale-nucleaire-de-flamanville-3-epr/les-actualites-de-la-centrale-nucleaire-de-flamanville-3-epr/un-site-en-pre-exploitation-avec-des-avancees-majeures-0>
- **Découvrez le GIFEN : le syndicat professionnel de la filière nucléaire française**
<https://www.gifen.fr/>
- **Le Plan excell**
<https://www.edf.fr/groupe-edf/edf-en-bref/plan-excell>
- **Université des métiers du nucléaire : visibilité des métiers et des formations auprès du grand public**
<https://www.monavenirdanslenucleaire.fr/>

- **Synthèse de l'audit sur les coûts du réacteur EPR2 commandé en 2019**
https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2022.02.18_Audit_EPR2_RolandBerger_Synthese-1.pdf
- **Synthèse sur l'audit sur les coûts du programme EPR2 commandé en 2021**
https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2022.02.18_Audit_EPR2_NucAdvisor_Accuracy_Synthese.pdf

Sur le chapitre 3

- **Le fonctionnement d'un réacteur nucléaire expliqué par EDF**
<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/le-fonctionnement-d-une-centrale-nucleaire>
- **L'organisation de crise**
<https://www.asn.fr/l-asn-informe/situations-d-urgence>
- **Prévenir les accidents et les crises dans les centrales nucléaires chez EDF**
<https://www.edf.fr/groupe-edf/produire-une-energie-respectueuse-du-climat/lenergie-nucleaire/notre-vision/garantir-la-surete-des-installations/prevenir-et-gerer-les-risques>
- **Principes pour « répondre aux défis de la sécurité nucléaire » (publication Service du Haut fonctionnaire de Défense et de Sécurité, HFDS)**
https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/18097-1_repondreDefisSecuriteNucleaire_A4_def_light-1.pdf
- **Guide Nucléaire et Environnement EDF**
https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/producteur-industriel/nucleaire/ENVIRONNEMENT/guide_2020_-_centrales_nucleaires_et_environnement.pdf
- **Dossier du maître d'ouvrage du débat public sur la cinquième édition du PNGMDR**
<https://pngmdr.debatpublic.fr/pngmdr/description-du-plan>

Sur le chapitre 4

- **Centrale nucléaire EDF de Penly**
<https://www.edf.fr/centrale-nucleaire-penly>
- **Normandie Énergies**
<https://www.normandie-energies.com/>
- **Bilan électrique Normandie 2021 – RTE**
<https://www.rte-france.com/actualites/bilan-electrique-normandie-2021>
- **Étude INSEE Normandie**
https://www.insee.fr/fr/statistiques/6471675___

Sur le chapitre 5

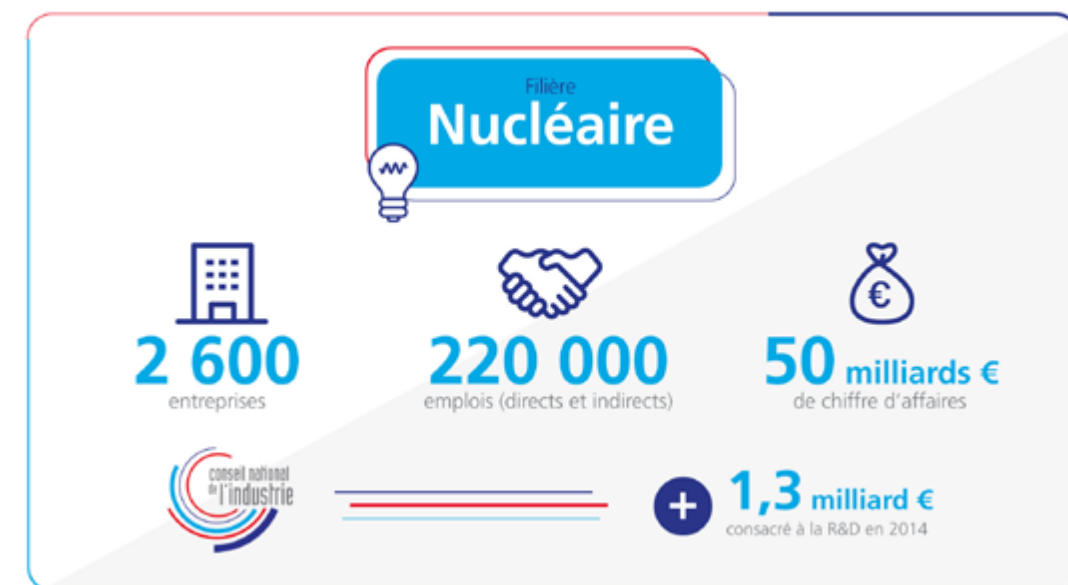
- **Publication de la stratégie française énergie et climat (SFEC) – Avril 2021**
<https://www.ecologie.gouv.fr/publication-strategie-francaise-lenergie-et-climat-france-confirme-engagement-vers-societe-neutre-en>
- **Loi n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat, dite « loi énergie-climat »**
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000039355955/>

2 ANNEXE 2 LES ACTEURS DE LA FILIÈRE NUCLÉAIRE FRANÇAISE

Depuis 2015, la filière nucléaire française a été restructurée pour que la France ait la capacité de poursuivre sa politique nucléaire.

Sous l'égide du Conseil National de l'Industrie, un contrat stratégique de la filière nucléaire française¹ a été établi en 2018 entre l'État, les grands acteurs de la filière et les organisations syndicales, suivi d'un avenant en 2021.

La filière nucléaire française intègre l'ensemble des acteurs intervenant dans le cadre de la production d'énergie nucléaire, garantissant une maîtrise complète des métiers et des savoir-faire nécessaires. C'est l'une des rares filières au monde à être présente sur toutes les étapes du cycle de l'industrie. Elle contribue donc fortement à l'indépendance énergétique de la France.



Afin de permettre à la filière nucléaire française de conserver dans l'avenir ses activités et ses savoir-faire, **plusieurs enjeux majeurs sont à relever** :

- faire croître l'acceptabilité du nucléaire auprès du grand public, notamment par une meilleure communication sur la sûreté nucléaire, et renforcer l'attractivité de la filière pour obtenir des recrutements de qualité ;
- donner de la visibilité sur l'avenir du secteur afin que les entreprises de la filière puissent continuer à investir et innover (notamment pour des compétences dont les formations sont longues) ;
- proposer des solutions pérennes pour les déchets, la fermeture du cycle et promouvoir les solutions d'économie circulaire ;
- optimiser le coût du nucléaire neuf et contribuer à l'instruction d'une décision relative à l'engagement d'un programme industriel de construction de nouveaux réacteurs nucléaires en France ;

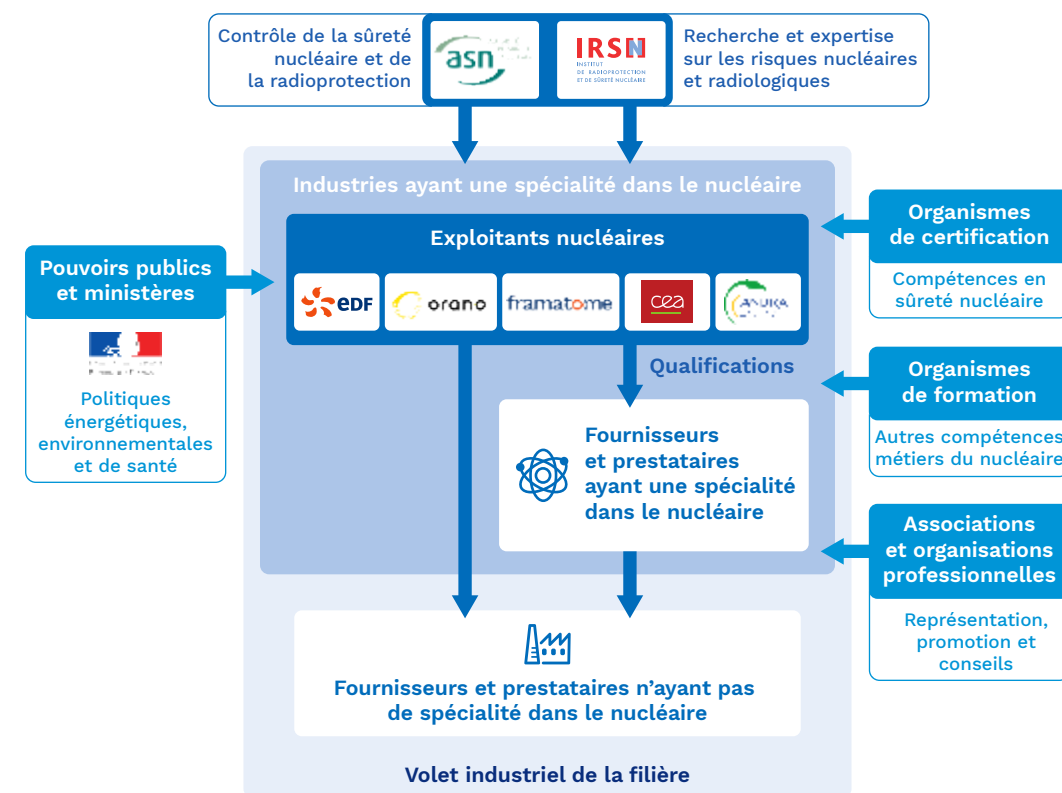
1. <https://www.conseil-national-industrie.gouv.fr/contrat-de-la-filiere-nucleaire>

- maintenir et maîtriser les coûts restant à engager pour le parc existant en France ;
- promouvoir à l'international les solutions techniques françaises pour l'ensemble du cycle de vie des installations (nouveau nucléaire, services aux exploitants, cycle du combustible, composants et déconstruction).

EDF est le premier exploitant nucléaire mondial. Framatome², filiale du Groupe EDF, assure la conception et la fabrication des équipements de la chaudière nucléaire. Orano³ exploite les installations du cycle du combustible. Le CEA⁴ conduit les activités de recherche et développement dans le domaine nucléaire et exploite des réacteurs de recherche. Enfin, l'ANDRA⁵ assure la gestion des différentes catégories de déchets radioactifs issus de tous les usages du nucléaire en France.

En 2018, les industriels de la filière nucléaire se sont dotés d'un syndicat professionnel en créant le Groupement des Industriels Français de l'Énergie Nucléaire (GIFEN⁶), dont EDF⁷ est le chef de file.

LA FILIÈRE NUCLÉAIRE FRANÇAISE⁸



Source : CSFN (2020)

2. www.framatome.com
 3. <https://www.orano.group/fr>
 4. <https://www.cea.fr/>
 5. <https://www.andra.fr/>
 6. <https://www.gifen.fr/le-gifen/filiere-nucleaire>
 7. <https://www.edf.fr>
 8. www.asn.fr et www.irsn.fr

3 ANNEXE 3 LES RÉPONSES APPORTÉES PAR EDF ET LA FILIÈRE NUCLÉAIRE FACE AUX ENSEIGNEMENTS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

3.1 Le Plan excell

Lancé au printemps 2020, le Plan excell⁹ vise à permettre à la filière nucléaire de retrouver le plus haut niveau de rigueur, de qualité et d'excellence pour être au rendez-vous des projets nucléaires.

5 AXES DE TRAVAIL PRIORITAIRES



- Une **gouvernance projet** au meilleur état de l'art, avec notamment la mise en place d'un contrôle des grands projets de construction nucléaire pour garantir la maturité de chaque passage de jalon.
- Une montée en **compétences** de la filière nucléaire française, et notamment des 21 000 professionnels qui la rejoignent entre 2019 et 2022, avec l'appui de France Relance.
- La **fabrication et la construction** garanties conformes du premier coup : à l'image du plan « excell in quality » mis en œuvre au sein de Framatome, toutes les usines de la filière déploieront un Plan excell pour viser le « zéro défaut ».
- Une **relation fournisseurs** fondée sur des contrats plus simples et intéressés aux résultats. Les actions sont engagées avec France Relance pour consolider la filière.
- Le renforcement de la qualité et de la sûreté par la **standardisation** et la réplication, de manière à sécuriser les coûts et les délais.

Trente engagements ont été pris sur ces 5 axes afin de porter une dynamique de reconstitution de la maîtrise industrielle dont la dynamique a vocation à se poursuivre, portée par la réalisation des 3 paires d'EPR2 du programme Nouveau Nucléaire France, si le projet se poursuit.

9. <https://www.edf.fr/groupe-edf/edf-en-bref/plan-excell>

AVANCEMENT DU PLAN EXCELL À FIN JUIN 2022

GOUVERNANCE

- #1 Contrôle des Grands Projets : évalue la performance et la maturité de tous les projets nucléaires engagés chaque trimestre.
- #2 Pilotage du « bon du 1^{er} coup » et de l'adhérence au planning hebdomadaire sur les projets engagés.
- #3 Les projets neufs ont une cible ambitieuse de réplcation, suivie dans le temps.

COMPÉTENCES

- #4 EDEC : cartographie des besoins/offres de formation à 10 ans (Gifen).
- #5 UMN : référence régionale et nationale de l'offre.
- #6 « Knowledge management » déployé au sein de toute l'ingénierie EDF + Framatome.
- #7 > 700 parcours croisés au sein du Groupe EDF (doublement vs 2019).
- #8 Parcours terrain pour tout jeune embauché du nouveau nucléaire.

SUPPLY CHAIN

- #9 Des contrats plus robustes/équilibrés avec le déploiement des nouveaux outils contractuels (mieux-disance, matrice de conformité...).
- #10 Mécanismes d'incitation financière déployés sur les contrats à enjeu.
- #11 Mesure et optimisation des délais de réponse aux questions des fournisseurs.
- #12 Plans de performance Top 30 fournisseurs en place et pilotés.
- #13 Prise en compte des expériences et de la réplcation dans la sélection des fournisseurs.

STANDARDISATION

- #14 Utilisation des Catalogues D'usage Obligatoire dans les projets.
- #15 Maquettes numériques 3D des EPR d'HPC partageant les conceptions détaillées des fournisseurs.
- #16 Spécifications techniques explicites et réduites au juste requis.

FABRICATION & CONSTRUCTION

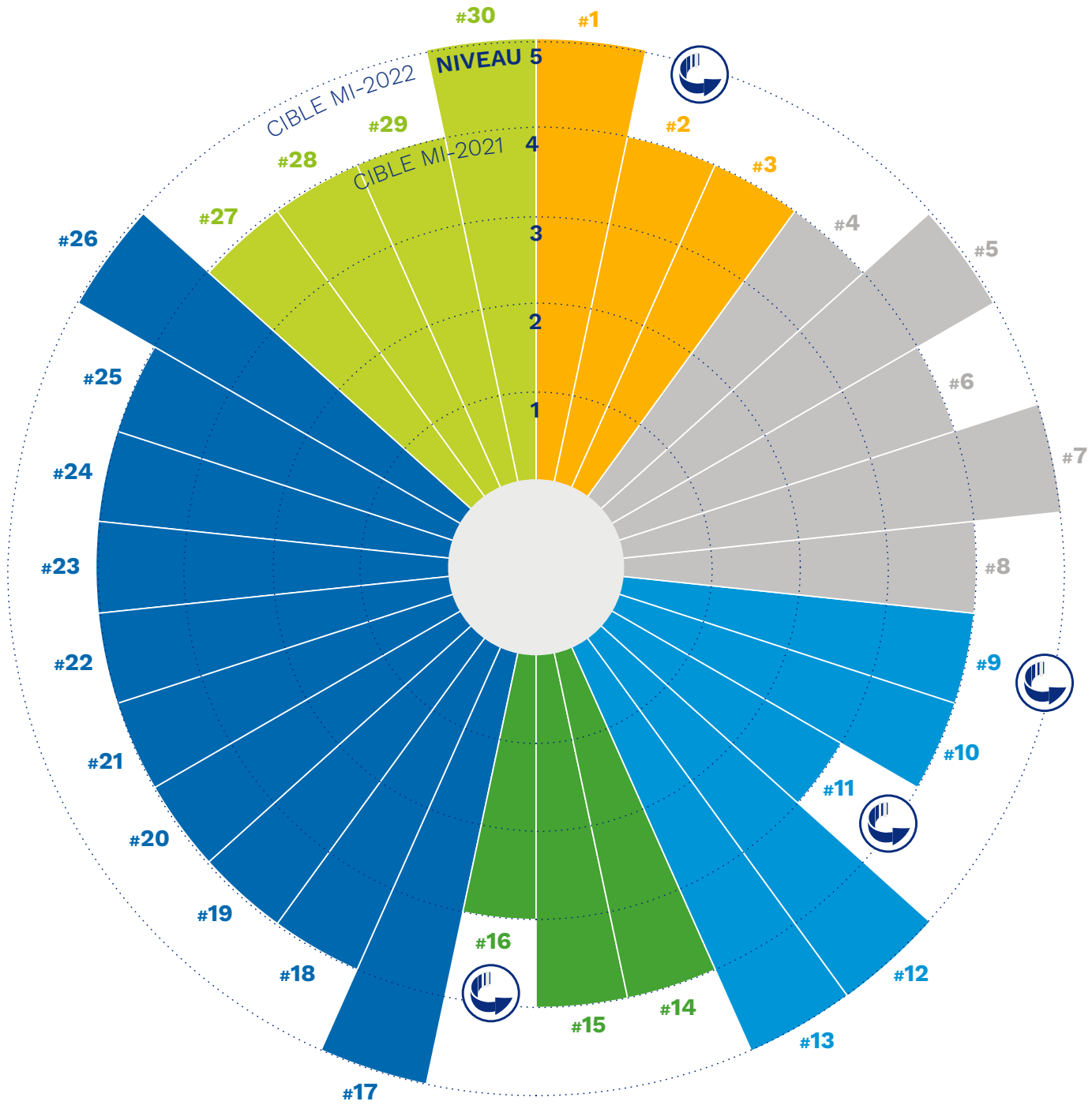
- #17 Appui à la démarche de certification ISO 19443 (Gifen).
- #18 Déploiement de l'habilitation des intervenants pour 10 opérations de maintenance sensibles.
- #19 100 % des fournisseurs de rang 1 d'EPR2 qualifiés en amont des appels d'offres.
- #20 Stratégie de surveillance optimisée, déployée pour tous les projets, fondée sur un partage des plannings et des risques.
- #21 95 % des non conformités HPC avec décision ≤ 3 mois, 80 % ≤ 1 mois et à terme 60 % ≤ 1 semaine.
- #22 - 25 %/an de non-conformités sur les équipements produits par Framatome.
- #23 Simplification documentaire pour les matériels répétitifs des bâtiments non nucléaires.
- #24 Déploiement dans la filière de bonnes pratiques et d'une offre lean (Gifen).
- #25 Investissement de 50 M€ pour la modernisation des usines de Framatome.
- #26 Accompagnement transverse de la compétitivité de la filière (Gifen).

PLAN SOUDAGE

- #27 Accueil 1^{re} promotion par la Haute École de Formation soudage du Cotentin (Hefaïs).
- #28 Déploiement du système d'habilitation des soudeurs nucléaires.
- #29 Application mesures incitatives pour souder « bon du 1^{er} coup ».
- #30 Nouveaux standards qualité appliqués de bout en bout.

8 ENGAGEMENTS ATTEINTS, 18 EN VOIE DE L'ÊTRE ET 4 À ACCÉLÉRER

À FIN JUIN 2022



NIVEAU 1
Pilote opérationnel,
planning
et livrables définis.

NIVEAU 2
Intégration
dans les feuilles
de route.

NIVEAU 3
Premiers résultats
tangibles.

NIVEAU 4
Déploiement
de l'engagement tel
que défini à mi-2021.

NIVEAU 5
Déploiement finalisé,
transformation
pérenne.

3.2 Le renforcement de la gouvernance et du pilotage de projet

Le rapport Folz pointait particulièrement « une gouvernance de projet inappropriée et, à cet égard, une confusion des rôles majeurs chez EDF ». C'est pourquoi la gouvernance a constitué un axe du Plan excell.

La première grande leçon de l'EPR de Flamanville 3 conduit à établir une gouvernance de projet s'inspirant d'autres projets industriels, qui distingue des rôles clairs entre une direction de programme, assurant la maîtrise d'ouvrage, et une maîtrise d'œuvre incarnée par la direction de projet en charge de l'exécution du projet.

En application de ce principe, EDF a retenu de confier à la Direction de programme Nouveau Nucléaire France la responsabilité de porter la maîtrise d'ouvrage du programme de nouveaux réacteurs nucléaires en France. À ce titre, elle a en charge le contrôle de l'exécution industrielle et technique du programme. Elle a par ailleurs comme mission de faciliter et d'accélérer l'avancement des travaux visant à réunir les conditions réglementaires et financières de la mise en œuvre des orientations prises par l'État. Quant à la maîtrise d'œuvre, elle est assurée par la Direction de projet en charge de l'exécution des paires d'EPR2 successives.

◆ La mission de Contrôle des Grands Projets nouveau nucléaire

Dans sa mission, la direction de programme peut s'appuyer sur une structure indépendante de Contrôle des Grands Projets nouveau nucléaire (CGP) missionnée par le président directeur général d'EDF et rattachée à Alain Tranzer, délégué général à la qualité industrielle et aux compétences nucléaires. Cette structure est composée de personnes expérimentées, affectées à temps plein et sur des périodes longues afin d'assurer leur légitimité et leur indépendance. Le CGP a notamment la responsabilité d'évaluer sans concession la maturité technique des livrables afin de sécuriser le niveau de maturité du projet au franchissement de chaque grand jalon. Un Comité de Suivi des Grands Projets (CSGP) a été mis en place, par lequel le PDG d'EDF préside une revue stratégique trimestrielle de chaque grand projet nucléaire et approuve le franchissement des grands jalons, les objectifs proposés par la direction de programme en termes de délais et de coûts, les engagements financiers associés, ainsi que les principaux contrats. Un référentiel de jalonnement standard des projets de construction nucléaire a été défini.



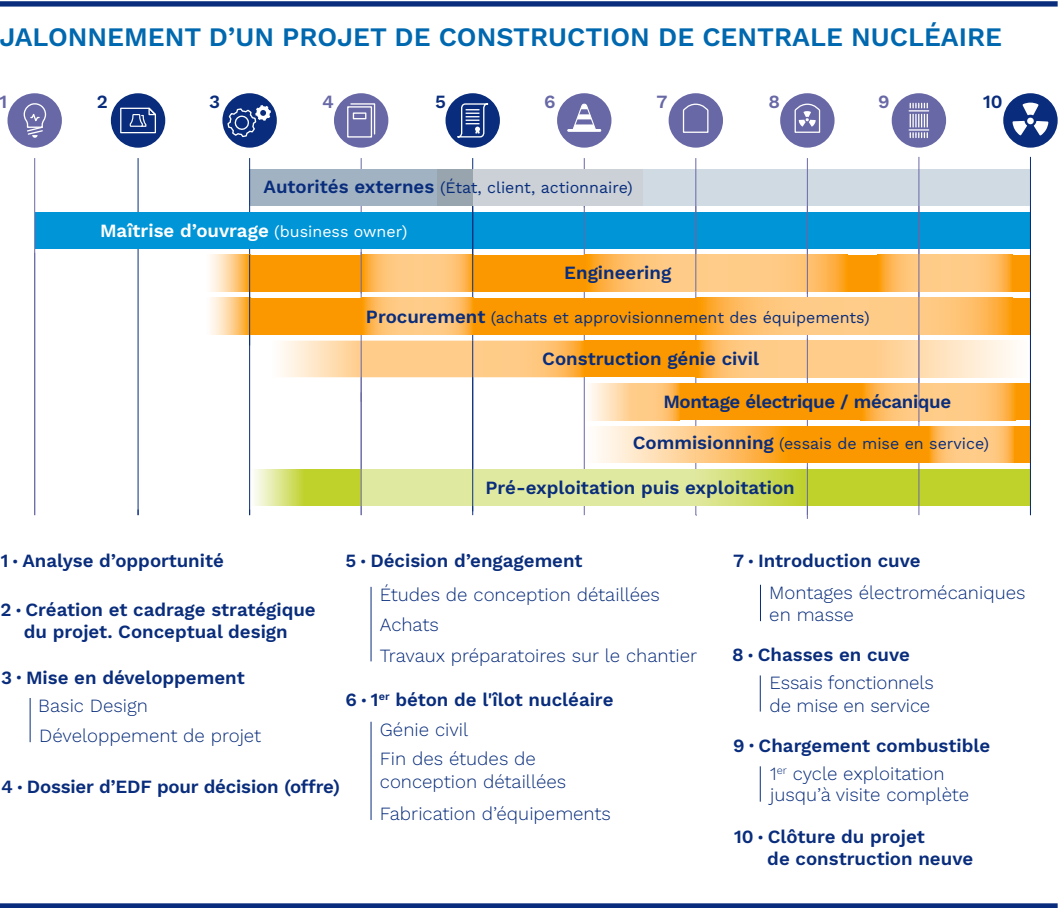
LE RÉFÉRENTIEL DE JALONNEMENT STANDARD DES PROJETS DE CONSTRUCTION NUCLÉAIRE

Compte tenu de la durée d'un tel projet (de l'ordre de 20 ans, de l'émergence du projet à la mise en service des réacteurs, en passant par la phase de développement, de préparation, d'études puis de construction effective), ce jalonnement segmente le projet en périodes attachées aux grands objectifs stratégiques et sur des durées compatibles avec l'évolution personnelle des acteurs. Il responsabilise ainsi la direction de projet chargée de son exécution, et focalise l'attention des parties prenantes internes (membres du comité des grands projets) et externes (État, actionnaires) sur l'objectif intermédiaire qui porte le plus de sens pour deux points : maîtriser le pilotage stratégique et répondre aux exigences d'information sur la prévision de coût à terminaison. Le jalonnement retenu s'inspire de l'expérience des premiers EPR dans le monde, et de la pratique en vigueur dans d'autres secteurs industriels.

◆ Une Direction de projet pleinement responsable de l'exécution de chaque projet d'une paire de réacteurs

Sur le programme Nouveau Nucléaire France, EDF a maintenu les dispositions de renforcement de pilotage de projet qui ont été mises en place en cours d'exécution du projet Flamanville 3 pour pallier les faiblesses en la matière. Ainsi, une **Direction de projet est pleinement responsable de l'exécution de chaque projet d'une paire de réacteurs** en allouant les ressources et

en coordonnant les travaux de l'ensemble des contributeurs du périmètre de réalisation selon les étapes du modèle EPCC (Engineering Procurement Construction Commissioning = Conception, Approvisionnement, Construction, Mise en service) jusqu'au transfert à l'Exploitant.



Le Plan excell a par ailleurs permis de renforcer les indicateurs de pilotage des principaux leviers de performance, tels que :

- refaire de la même façon tout ce qui peut l'être, afin de réduire les risques d'erreur
- faire au maximum « bon du premier coup » ;
- en cas d'erreur décider vite pour corriger vite ;
- la maturité des données de conception, sur le plan de la consolidation de leurs interdépendances (cf §2.1.4.4).

À ce titre, la digitalisation de l'ingénierie apporte des solutions efficaces pour assurer ce pilotage, simplifier des processus et des interfaces complexes, et aider les acteurs à améliorer la performance effective de conduite de projet.

3.3 La maîtrise de la chaine de sous-traitance et d'approvisionnement

La certification ISO 19443 s'accompagne, pour les entreprises concernées, d'une évolution du processus de qualification mené par EDF auprès d'elles. L'audit de qualification d'EDF s'appuie sur l'attestation de la certification ISO 19443 concernant le système de management qualité des fournisseurs. L'accent est ainsi mis sur la qualification technique, c'est-à-dire la démonstration de la capacité du fournisseur à fabriquer l'objet demandé ou à réaliser l'activité attendue.

Pour assurer la performance des projets nucléaires en termes de délais et de coûts, le Plan excell a défini trois standards visant à favoriser la fluidité du partage d'information entre les acteurs, et la réactivité dans les décisions en cas d'écart au cours de la fabrication d'un équipement :

- Le standard « kick-off meeting fabrication » : Préalable au lancement de la fabrication, cette réunion a pour vocation d'aligner les acteurs sur la compréhension des exigences, le partage des éléments clés de lancement de la fabrication et les modes de fonctionnement associés.
- Le standard « plannings détaillés de fabrication » : l'objectif de ce standard est d'instaurer le partage avec EDF des plannings de fabrication des fournisseurs. L'enjeu est de mieux planifier la surveillance en ciblant les points de contrôle, d'anticiper et de maîtriser les retards.
- Le standard « Gestion des fiches de non-conformité » : les trois principes clés de ce standard sont : l'information sans délai par le fournisseur, la résolution au plus près du terrain, et le pilotage des délais par la direction de projet chargée de la maîtrise d'œuvre d'ensemble. Ils sont sous-tendus par un outil de gestion des fiches de non-conformités, partagé avec les fournisseurs.

◆ Les relations contractuelles

À l'occasion de la réunion du Comité stratégique de filière nucléaire (CSFN) de décembre 2021, les 5 grandes entreprises exploitant des projets nucléaires (EDF, Framatome, le CEA, l'Andra et Orano), ont signé la charte « Relations fournisseurs et achats responsables », s'engageant à mettre en œuvre un plan de progrès continu et à améliorer les relations avec leurs fournisseurs, dans un cadre de confiance réciproque fondé sur le respect de droits et devoirs respectifs :

- Apporter une plateforme de dialogue au profit de relations équitables avec les sous-traitants.
- Privilégier la responsabilité territoriale dans les approvisionnements, dans le respect du droit européen et du droit de la concurrence ; la responsabilité territoriale dans les approvisionnements s'appréciant à hauteur des achats responsables réalisés localement et contribuant ainsi au développement du territoire.
- Offrir le plus en amont possible de la visibilité à la filière sur l'évolution des activités à venir.
- Prioriser l'amélioration des délais de paiement pour faciliter la trésorerie des fournisseurs affectés par la crise sanitaire.
- Développer la formation des équipes achats aux bonnes pratiques dans les relations avec les fournisseurs.
- Développer l'utilisation de la médiation au sein de la filière, notamment en mettant en place des médiations au sein des entreprises porteuses des grands projets nucléaires.

L'évolution du cadre de relation entre clients et fournisseurs a également permis de définir une nouvelle stratégie d'achat. Celle-ci vise à tirer le plein bénéfice de l'effet série en privilégiant des achats d'équipement pour les trois premières paires du programme. Elle bénéficie par ailleurs du retour d'expérience des projets EPR dans la rédaction des marchés et la sélection des fournisseurs. Elle permet de contractualiser en veillant à intégrer les fournisseurs dans les enjeux du projet, dans son système d'information et dans son approche collaborative. Pour ce faire, les appels d'offres sont lancés suffisamment tôt afin de disposer des études fournisseurs intégrées dans le design avant de démarrer le chantier et de stabiliser le tissu industriel.

3.4 Le plan soudage

Le plan soudage repose sur quatre axes principaux :

- capitaliser sur le retour d'expérience en lien avec la filière nucléaire et l'intégrer dans les pratiques ;
- renforcer les compétences propres d'EDF (y compris en exécution) ;
- favoriser le développement d'une filière nucléaire de qualité ;
- favoriser les innovations au service de la qualité et la sécurisation des activités.

◆ Capitaliser le retour d'expérience en lien avec la filière nucléaire et son intégration dans les pratiques

L'objectif de la capitalisation du retour d'expérience et son intégration dans les pratiques est triple :

- analyser le retour d'expérience et définir les leviers d'amélioration de la qualité ;
- avoir des spécifications et une surveillance mieux adaptées aux enjeux ;
- identifier les opérations à risques et définir les parades associées.

Ce retour d'expérience alimente également les autres chantiers du plan soudage. De nombreux travaux ont été réalisés en 2020, tels que la mise en place des indicateurs permettant de suivre la qualité de réalisation et de se doter d'une vision globale du domaine, et le partage du retour d'expérience avec la filière nucléaire. C'est aussi le cas de l'établissement d'un diagnostic partagé et d'un plan d'action avec la filière nucléaire, ou de l'identification d'un premier jeu de modifications à intégrer dans le jeu d'exigences prescrites, avec lancement des actions associées.

On note aussi des activités de consolidation conduites en 2021. Sur la base du diagnostic établi au cours de l'année 2020, la constitution d'un guide de risques et parades couvrant l'ensemble du processus de l'amont à l'aval, l'industrialisation du suivi des indicateurs, la mise en place et l'animation des réseaux de collecte et de partage de l'information en interne EDF et avec le reste de la filière nucléaire.

◆ Renforcer les compétences propres d'EDF (y compris en exécution)

L'objectif consiste à établir la stratégie du « faire » (exécution interne) pour renforcer la sécurisation du « faire faire » (achat de prestation). Il s'agit aussi de piloter et d'animer les compétences dans le domaine du soudage, et de disposer, au-delà des experts du domaine, d'une chaîne complète d'intervenants internes conscients des enjeux et acteurs de la qualité en soudage.

Les travaux déjà réalisés en 2020 :

- définition de la stratégie du « faire » et des conditions de mise en œuvre ;
- création et animation d'un réseau national du métier de soudeur au sein d'EDF ;
- établissement d'une Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences (GPEC) dédiée au soudage et plan d'action associé.

Cette GPEC identifie les besoins en compétence soudage dans les différentes entités, avec leurs rôles et responsabilités respectifs. Elle identifie également les besoins en sensibilisation des différents intervenants. Sur un terme plus long, un travail est à conduire comprenant notamment :

- La définition et la mise en œuvre des actions de professionnalisation (parcours croisés, immersion, priorité de recrutement, formation) ;
- la mise en place d'une animation des compétences par l'Autorité Soudage. Ce chantier est interfacé avec le projet de centre d'excellence soudage de Framatome, et certaines actions pourront être déclinées en commun.

◆ Favoriser le développement d'une filière nucléaire de qualité

La montée en compétences et en qualité des fournisseurs d'EDF passera par l'évolution de la politique industrielle et de la politique d'achats, par le soutien des actions qui rendent le métier de soudeur attractif, et le développement d'une offre de formation adaptée aux enjeux des activités nucléaires ; sans oublier l'appui éventuel aux entreprises du secteur.

Les orientations définies dans ce chantier ont vocation à s'appliquer aux segments industriels de la tuyauterie et du soudage, de la chaudronnerie et du process nucléaire tuyauterie/soudage, chaudronnerie et process nucléaire.

Pour ce faire, des travaux ont déjà été réalisés depuis 2020 :

- la définition des actions de politique industrielle pour fiabiliser le panel de chaque périmètre, et donner les moyens aux entreprises de maîtriser les compétences dans la durée : besoins du parc en exploitation et préparation de la réalisation des réacteurs EPR2 ;

- la définition des modalités de développement et de maîtrise des compétences des industriels (ex. : EN3834, exigences dans le système de qualification, habilitation spécifique) ;
- la constitution d'une bibliothèque de mesures contractuelles favorisant la qualité (ex. : mémoire technique à remettre à la consultation, critères d'évaluation sur la performance qualitative, mesures incitatives) ;
- le soutien à la création du pôle excellence soudage dans le Cotentin, et l'identification des modalités de contribution d'EDF à ce projet.

En lien avec les acteurs de la filière nucléaire (industriels, GIFEN, SNCT, etc.) :

- établissement d'un plan d'action pour l'attractivité du métier de soudeur ;
- étude des besoins d'ouverture de centres de formation adaptés aux exigences du nucléaire dans les territoires où l'offre de soudeurs est insuffisante.

◆ *Favoriser les innovations au service de la qualité et la sécurisation des activités*

L'objectif est d'identifier les solutions existantes ou à développer, pour sécuriser les opérations de soudage et les contrôles, et de les déployer (traçabilité des contrôles, traçabilité des paramètres de soudage, automatisation...).

De nombreuses actions ont été réalisées depuis 2020 :

- expérimentation d'un dispositif de sécurisation des contrôles et définition des conditions de déploiement ;
- identification des pistes d'innovation court/moyen/long terme et du plan d'action associé ;
- expression de besoin en termes de digitalisation des données.

Le travail de long terme engagé comprend notamment le pilotage des actions de Recherche et Développement identifiées, et le déploiement des dispositifs de sécurisation.

Le plan soudage sera complété par un travail sur des modalités de fonctionnement et d'organisation pérennes permettant d'inscrire la maîtrise du sujet dans la durée. Plusieurs actions concrètes ont déjà été lancées dans le domaine des compétences :

Création de centres de formation pour répondre à nos enjeux de haute technicité et d'attractivité :

- Ouverture, en 2020, d'un centre d'excellence soudage à Bridgewater, proche de Hinkley Point au Royaume-Uni. Objectif : former de nouveaux soudeurs, mais aussi habilitier tous ceux qui interviendront sur le chantier, soit plus de 700 soudeurs en 4 ans. À fin février 2021, plus de 100 soudeurs ont été habilités.
- Création d'un centre d'excellence du soudage à Cherbourg, avec des partenaires des filières nucléaire et navale et les collectivités locales. Ce centre offrira des parcours complets, depuis la formation initiale jusqu'au plus haut niveau de perfectionnement des salariés. Une première session de formation est programmée à la rentrée 2022, lorsque le centre sera opérationnel. Il pourra accueillir une centaine de personnes par an, et disposera notamment d'environnements reconstitués simulant les conditions réelles d'intervention.

Définition des principes d'un système d'habilitation des soudeurs du nucléaire

Ce système a été créé par EDF et la profession, pour s'assurer du niveau de compétence de ceux qui réalisent les soudures les plus critiques. Il a été testé sur quelques chantiers au premier semestre 2021, pour s'assurer de son caractère opérationnel, avant un déploiement plus large. Il sera appliqué pour la construction des EPR de Hinkley Point C (dans une version adaptée au contexte anglais), puis dans le cadre de la réalisation possible des EPR2 en France et, progressivement, sur le parc en exploitation.

Maîtriser les risques à toutes les étapes

L'ensemble du processus de soudage (conception – réalisation – contrôle) a été travaillé pour maîtriser les risques à toutes les étapes. Pour la réalisation des nouveaux réacteurs en France, par exemple, l'objectif est de diviser par 2 le nombre de soudures réalisées sur site par rapport à l'EPR de Flamanville. Cela, en diminuant globalement le nombre de soudures et en faisant en sorte qu'elles puissent être réalisées davantage en atelier, où l'environnement est plus favorable. Il s'agit également d'automatiser certains procédés de soudage pour accroître la fiabilité et la répétabilité. À l'aval de la réalisation des soudures, l'objectif est d'avoir des résultats de contrôles fiables et rapides pour détecter et traiter au plus tôt les défauts. Pour cela, des fournisseurs, des sociétés de contrôle et des experts d'EDF ont mis au point des guides de supervision de ces contrôles, pour en garantir une meilleure maîtrise. Dans la dynamique du Plan excell, ces guides sont déployés dans les contrats depuis 2021.

4 ANNEXE 4 ÉLÉMENTS DE COMPRÉHENSION EN VUE DU FINANCEMENT DU PROGRAMME PROPOSÉ PAR EDF

4.1 LA DÉCOMPOSITION DES COÛTS DU PROGRAMME PROPOSÉ PAR EDF

4.1.1 *La décomposition des coûts du programme proposé par EDF*

◆ *Les coûts de construction et d'ingénierie*

Les coûts de construction et d'ingénierie correspondent à la somme des coûts pour réaliser le programme de 3 paires de réacteurs au sein d'un palier technique d'EPR2 standard, sur des sites hébergeant déjà une centrale nucléaire en France. Ils incluent :

- **les coûts de palier** qui correspondent aux coûts de l'ensemble des activités contribuant à la définition d'une référence technique EPR2 utilisable pour la réalisation d'une série (d'un palier technique) de réacteurs standards (études d'ingénierie de palier, de conception, qualification de matériels, établissement des contrats d'achats applicables à la série...) ;
- **les coûts de construction et d'ingénierie pour la réalisation de chaque paire de réacteurs** EPR2 au sein du programme, qui correspondent à l'ensemble des coûts d'études, de fourniture et de montage des équipements et de construction nécessaires à la réalisation de la paire de réacteurs, adaptations aux caractéristiques spécifiques du site concerné incluses, des coûts de supervision du chantier, des essais préalables à la mise en service.

Les coûts de construction et d'ingénierie intègrent des gains d'effet de série pour la réalisation d'une série de 3 paires standardisées. Tout d'abord, la construction par paire de réacteurs à 18 mois d'intervalle sur un même site bénéficie de l'effet maximal de synergies de chantier : mutualisation des moyens et ressources, rodage des méthodes d'un réacteur à l'autre, amélioration de la productivité avec les mêmes équipes... Par ailleurs, la réalisation d'une série standard de paires de réacteurs sur un modèle standard (le design du réacteur, son référentiel réglementaire et son modèle de réalisation) permet une mutualisation d'activités affectées aux coûts de développement de palier EPR2, et un taux très élevé de réplication d'un projet de réalisation d'une paire de réacteurs à l'autre (études de conception, qualifications et tests des matériels, établissement des contrats avec les fournisseurs applicables à l'ensemble de la série, etc.).

L'engagement d'une série de 3 paires de réacteurs donne enfin une visibilité aux fournisseurs sur la réalisation d'une série de matériels identiques à un rythme régulier, qui leur permet d'investir dans les compétences et dans l'outil industriel au profit d'une productivité accrue qu'ils répercutent dans leur prix de vente.

◆ *Les coûts d'ingénierie*

L'estimation des coûts d'ingénierie couvre toutes les activités d'ingénierie réalisées par EDF pour assurer la maîtrise d'œuvre de l'exécution du programme de 3 paires d'EPR2. Cela concerne l'ensemble des études de conception, le pilotage de projet, les relations avec les autorités administratives, le pilotage des prestations achetées (surveillance, approvisionnement des équipements, inspection dans les usines chargées de leur fabrication), la conduite des travaux sur les chantiers par les entreprises de construction et de montages électromécaniques et la réalisation des essais de mise en service.

Sur ce périmètre, l'ingénierie du programme de 3 paires de réacteurs EPR2 représente un total de 49,3 millions d'heures. Cette estimation couvre la part d'activité, dans ce périmètre, qu'EDF est susceptible de confier à des entreprises d'ingénierie, notamment dans le cadre de prestations d'assistance technique.

L'estimation des heures d'ingénierie a été confrontée au retour d'expérience de grands projets industriels similaires. L'analyse des séquences de construction et le retour d'expérience du chantier de l'EPR de Flamanville ont permis d'estimer les volumes d'activité pour la conduite du chantier de construction sur site. Enfin, la capitalisation réalisée sur la construction du parc nucléaire français a permis d'identifier plus précisément le taux de reprise d'études dans un contexte de construction d'un programme.

La part des coûts d'ingénierie dans le coût total de la réalisation des activités de développement du palier EPR2 et de réalisation de la première paire de réacteurs EPR2 est de l'ordre de 20 %. Les paires d'EPR2 bénéficient de la réplification des études de conception et de la mutualisation des activités communes au palier.

4.1.2 Les coûts de maîtrise d'ouvrage

Les coûts de maîtrise d'ouvrage représentent un total de 9,2 Md€₂₀ pour le programme de 3 paires d'EPR2 sur les sites considérés. Les principaux postes de ces dépenses correspondent, dans l'ordre de leur poids, aux travaux de préparation des sites préalables à la construction des EPR2, aux frais de préparation de l'exploitation, à la fiscalité avant mise en service, à l'achat du premier cœur, à la constitution du stock de pièces de rechange ainsi que les loyers versés pendant la période de construction.

◆ Travaux de préparation des sites

Les travaux de préparation visent à créer les conditions de terrain et de configuration de chaque site concerné pour qu'il puisse accueillir la construction standard d'une paire d'EPR2. Le montant à consacrer à ces travaux préparatoires dépend significativement de la configuration et des caractéristiques propres à chaque site.

Ce poste représente près de la moitié des coûts de maîtrise d'ouvrage estimés pour la réalisation des 3 paires d'EPR2 sur les sites envisagés.

◆ Frais de préexploitation

Les frais de préexploitation représentent les montants que l'exploitant nucléaire engage avant la mise en service d'un réacteur pour constituer et former les équipes chargées de la conduite et de la maintenance des installations. Il s'agit donc en grande partie de main-d'œuvre interne. Ces équipes ont notamment la charge de préparer toutes les procédures et gammes techniques qui constituent le référentiel d'exploitation et de maintenance pendant la phase d'exploitation. Elles participent également aux essais de démarrage et prennent progressivement les commandes de l'installation avant la mise en service marquée par le chargement du combustible nucléaire dans la cuve du réacteur.

Ces frais de préexploitation représentent environ un tiers des coûts du maître d'ouvrage hors travaux de préparation des sites. Ils incluent également l'entretien des bâtiments administratifs. Ces dépenses s'entendent hors fiscalité.

◆ Fiscalité en phase de construction

Certains impôts et taxes sont dus avant la mise en service industrielle de chaque réacteur. Ils doivent donc être intégrés à l'assiette à financer en phase de construction, jusqu'au mois de la mise en service. Le montant pour l'ensemble des 3 paires d'EPR2 est supérieur à 1,1 Md€₂₀.

◆ « Premier cœur »

L'achat du « premier cœur » correspond à la première charge de chaque réacteur en combustible nucléaire. C'est en quelque sorte le « premier plein » pour pouvoir démarrer le réacteur. Les dépenses afférentes interviennent environ deux ans avant la date de premier chargement

en combustible de chaque réacteur, et environ trois ans avant sa mise en service industrielle, qui marque la fin conventionnelle de la période de construction et le passage en phase commerciale.

◆ Le stock de pièces de rechange nécessaires à la mise en service des réacteurs

L'achat de pièces de rechange intervient pendant la phase de construction afin de constituer le stock nécessaire au passage en phase d'exploitation. Il sert aussi en cas d'aléa matériel pendant la construction et la mise en service du réacteur.

L'acquisition de l'ensemble de ces pièces de rechange est traitée en investissement ; donc le montant prévisionnel est immobilisé et amorti sur 60 ans.

◆ Insertion des réacteurs dans leur environnement d'exploitation

Les frais de maîtrise d'ouvrage couvrent la construction de bâtiments annexes à l'installation industrielle proprement dite, tels que des bâtiments administratifs, bureaux et ateliers, la cantine, le centre de formation, etc.

Enfin, les dépenses incombant au maître d'ouvrage en période de construction concernent également les frais de raccordement au réseau de transport électrique.

◆ Les dépenses de procédure Grand Chantier

La procédure Grand Chantier (cf. §3.5) vise à optimiser l'insertion et les impacts socio-économiques des chantiers importants, en adaptant, par exemple, les infrastructures (routes et travaux divers), l'hébergement et l'accueil scolaire. La procédure favorise également le recrutement local (formation, insertion et reclassement en fin d'opération...).

Les dépenses correspondant à la participation financière du maître d'ouvrage au titre de cette procédure ont été estimées sur la base de l'expérience acquise en la matière lors de la réalisation du premier EPR à Flamanville.

4.1.3 Les provisions pour dépenses à prévoir à l'issue de la phase d'exploitation

L'anticipation des coûts de démantèlement et de dernier cœur à intégrer au coût overnight¹⁰ conduisent à établir une provision à la mise en service de chaque réacteur EPR2.

◆ La provision pour démantèlement

Une provision couvre tous les coûts de démantèlement complet de chaque paire d'EPR2, jusqu'à la remise des lieux dans leur état initial, ainsi que les coûts afférents à la gestion des déchets (transport et stockage long terme). Cette estimation s'appuie sur la provision prévue pour l'EPR de Flamanville.

Un actif dédié sera constitué à cet effet à la date de chargement du combustible nucléaire¹¹. Cet actif est une contrepartie financière constituée au bilan de l'exploitant nucléaire pour sécuriser, le moment venu, le financement des charges relatives au démantèlement des installations nucléaires. L'estimation intégrée au coût overnight est calculée sur la base d'un taux d'actualisation réel de 2,2 % par an et pour une durée de fonctionnement de 60 ans.

◆ La provision pour dernier cœur

La provision pour « dernier cœur » couvre les coûts futurs liés au combustible nucléaire non consommé lors de l'arrêt définitif de chaque réacteur. La méthodologie d'estimation du montant à financer est identique à celle de la provision pour démantèlement.

10. Coût overnight : cela reviendrait à une situation où il serait possible d'acheter et de construire instantanément sans coût de financement (« en une seule nuit ») une centrale de production d'électricité prête à produire les premiers kilowattheures.

11. Conformément aux prescriptions de l'article L. 594 du Code de l'environnement et de ses textes d'application.

Le calcul du dernier cœur d'un EPR2 est identique à celui des autres réacteurs du parc nucléaire français, en prenant en compte la durée de fonctionnement de 60 ans et les quantités non consommées à l'arrêt définitif du réacteur.

Pour couvrir cette dépense « dernier cœur », un actif dédié est intégralement constitué pour chaque réacteur à la date de première utilisation du combustible dans le réacteur.¹²

4.2 LES DIVERSES FORMES D'INTERVENTION DES ÉTATS SUR DES PROJETS NUCLÉAIRES RÉCENTS

4.2.1 Rappel des trois typologies de financement

Il existe trois typologies de financement des grands projets d'infrastructures, qui peuvent également s'adapter aux projets nucléaires :

- **Le modèle souverain** : le financement est apporté par l'État, soit directement par voie budgétaire, soit par des emprunts publics. Les risques sont ainsi portés soit par le contribuable (par d'éventuelles hausses des taxes), soit par le consommateur (par l'augmentation de sa facture d'électricité). Les pays bénéficiant d'un risque souverain faible peuvent ainsi obtenir des conditions de financement avantageuses pour leurs projets d'infrastructure.
- **Le modèle privé (financement corporate)** : il suppose l'existence de sociétés privées bénéficiant d'une forte situation bilancielle, à même de lever des fonds auprès de leurs actionnaires ou des marchés pour financer leurs propres projets d'infrastructure. Cette solution, notamment mise en œuvre par EDF pour la réalisation d'un premier EPR à Flamanville, n'est pas reconductible, a fortiori extrapolable à un programme de constructions neuves basé sur une série de réacteurs.
- **Le modèle privé (financement de projet)** : le financement est basé sur la création de sociétés ad hoc limitant la responsabilité des actionnaires à la hauteur de leurs fonds propres dans la société. Les projets nucléaires, en particulier pour la phase de construction, peuvent apparaître comme porteurs de risques pour les prêteurs.

4.2.2 Modèles de financement retenus par pays sur des projets nucléaires récents

◆ Flamanville 3 en France

L'EPR de Flamanville a été réalisé dans le cadre d'un financement corporate à 100 % sur le bilan d'EDF, sans garantie sur le revenu ex ante.

◆ Hinkley Point C en Grande-Bretagne

La construction des deux EPR de Hinkley Point C en Grande-Bretagne est financée par la société NNB HPC Holding Company, dont les actionnaires sont EDF à 66,5 % et CGN à 33,5 %, dans le cadre d'un contrat porteur d'une régulation par laquelle l'État apporte un soutien indirect. Ce soutien de l'État porte principalement sur un prix garanti de long terme chargé de protéger le maître d'ouvrage d'une exposition au risque de prix sur un marché considéré comme incompatible avec l'investissement, mais en lui laissant les risques de construction et d'exploitation. Il s'inscrit dans un cadre contractuel engageant l'État et le maître d'ouvrage (le Contract For Difference) qui porte un partage plus général des risques entre investisseurs et consommateurs, dont des protections contre certains risques politiques, réglementaires et d'écrêtement de la production d'électricité. Il prévoit aussi un mécanisme de partage de gains en cas de baisse du coût de construction, d'ajustement du prix de référence en cas de hausse des coûts d'exploitation et des impôts et taxes. Ce dispositif a été approuvé dans une décision de la Commission européenne rendue le 8 octobre 2014.

12. Conformément aux prescriptions de l'article L. 594 du Code de l'environnement et de ses textes d'application.

Dans le jugement qu'il a rendu le 12 juillet 2018 sur l'affaire T-356/15 opposant l'Autriche à la Commission, le Tribunal de l'Union européenne a rejeté l'action portée par l'Autriche visant l'annulation de cette décision.

Dans le jugement qu'elle a rendu le 22 septembre 2020 sur l'affaire C-594/18P opposant l'Autriche à la Commission, la Cour de Justice européenne a confirmé le jugement rendu par le Tribunal de l'Union européenne.

Le niveau du tarif consenti dans le cadre du contrat de régulation des EPR de Hinkley Point C est fixé sur la base d'une rémunération attribuée au maître d'ouvrage. Ceci, au regard du fait qu'il apporte l'intégralité du financement pendant toute la construction et qu'il porte l'intégralité des risques de surcoûts et de retard jusqu'à la mise en service, puis les principaux risques d'exploitation. Cette allocation des risques conduit à un coût du capital relativement élevé qui explique le coût de production proche de 92,5£¹³/MWh (hors inflation), avec une part de coût de financement de 67 % dans le coût complet de production.

Le National Audit Office britannique (équivalent de la Cour des Comptes en France) a publié un rapport en 2017 sur les conditions de financement des EPR de Hinkley Point C. Dans le principe, il mesure l'intérêt d'une implication de l'État en soutien d'un projet inscrit dans la politique nationale de développement des moyens de production d'électricité bas carbone. Il apprécie l'enjeu particulier d'un soutien public au premier projet de construction nucléaire en Grande Bretagne depuis Sizewell B (1995), afin de contribuer, par la réalisation de Hinkley Point C, à susciter la confiance des investisseurs en vue de projets ultérieurs. Sur le mécanisme lui-même, le National Audit Office comprend que le gouvernement n'a pas pu se donner le temps de poursuivre l'élaboration du mécanisme optimal, en reportant davantage une décision d'engagement attendue depuis plusieurs années pour faire face au risque de sécurité énergétique à l'horizon de la fin des années 2020. Il conclut néanmoins que le coût complet aurait pu être diminué pour les consommateurs avec un schéma dans lequel le gouvernement aurait consenti à une certaine exposition de la collectivité au risque de surcoût à la construction. Il note en particulier que la collectivité, en bénéficiaire ultime du projet, est de facto exposée au risque de retard à la mise en service au titre de sa sécurité d'approvisionnement en électricité.

◆ Paks II en Hongrie

L'État hongrois finance intégralement le développement et la construction de deux réacteurs nucléaires sur le site de Paks, en bord de Danube. Pour ce faire, il a établi une société publique dédiée, Paks II, et l'a désignée comme propriétaire et exploitante nucléaire des deux réacteurs.

À ce titre, la Russie et la Hongrie ont conclu un accord intergouvernemental concernant les études de conception, la construction, l'exploitation et le démantèlement de ces deux réacteurs de type VVER-1200 (d'une puissance électrique de 1200 MW chacun). Dans le cadre de cet accord, la Russie accorde à la Hongrie un prêt de 10 Mds€¹³, strictement limité au financement de 80 % du contrat de fourniture des études de conception et de la construction des deux réacteurs. L'État hongrois apporte le complément de 2,5 Mds€ sur son budget propre.

L'objet de la réalisation de ces deux réacteurs est de préparer le remplacement des 4 réacteurs VVER-440 (475 MW chacun) exploités par l'électricien MVM sur le site de Paks depuis 1982, tout en respectant les objectifs de la Hongrie en termes de réduction des émissions de CO₂. Les 4 unités VVER assurent aujourd'hui la moitié de la production hongroise d'électricité, et leur arrêt est programmé de 2032 à 2037.

La société Paks II est le bénéficiaire du dispositif en tant que propriétaire et exploitant d'une centrale financée par l'État hongrois. Elle le remboursera pendant la phase d'exploitation. Elle s'est également engagée à vendre l'électricité produite par des mécanismes de marché (bourse/enchères) de nature à garantir la liquidité sur le marché de gros.

13. Taux d'intérêt entre 3,95 % et 4,95 % à rembourser sur 21 ans à compter de la MSI.

La Commission européenne a rendu, le 6 mars 2017, une décision¹⁴ établissant la compatibilité du dispositif de financement des deux réacteurs de Paks II avec la réglementation en matière d'aides d'État. Elle s'est appuyée sur le fait que le traité Euratom vise à promouvoir l'investissement dans l'énergie nucléaire au sein de l'Union. Elle a considéré que les mesures de soutien en question participent à l'objectif de promotion de l'énergie nucléaire, tel que consacré par le traité Euratom.

◆ *Dukovany 5 en République tchèque*

La République tchèque prévoit la construction d'un cinquième réacteur nucléaire sur le site de Dukovany. La réalisation de ce réacteur de 1 200 MW devrait être financée, en partie, par un prêt de l'État à l'électricien CEZ chargé d'en assurer la maîtrise d'ouvrage et l'exploitation. Ce prêt a vocation à couvrir jusqu'à 70 % du coût de la construction du réacteur, dont l'objectif annoncé aujourd'hui est d'environ 6,5 Mds€. Au-delà de ce prêt de l'État, CEZ garde la responsabilité d'assurer le financement des 30 % complémentaires.

Afin de garantir un financement à faible coût, l'État tchèque envisage de consentir un taux d'intérêt de 0 % pendant toute la durée de construction, puis 2 % en phase d'exploitation. Par ailleurs, un cadre légal est en préparation pour établir un prix garanti à long terme assimilable au Contract For Difference britannique.

◆ *Olkiluoto 3 en Finlande*

Le financement de la réalisation de l'EPR d'Olkiluoto en Finlande suit le schéma de type « Mankala », par lequel des entreprises industrielles consommatrices d'électricité consentent l'investissement dans un moyen de production d'électricité, contre l'accès à l'électricité produite à prix coûtant. Ainsi, TVO — propriétaire et exploitant nucléaire de l'EPR Olkiluoto 3 — est une structure à but non lucratif, établie et contrôlée par un consortium d'entreprises industrielles électro-intensives locales, majoritairement dans l'industrie du bois et du papier, aux côtés de l'électricien public Fortum.

TVO est déjà le propriétaire et l'exploitant des deux premiers réacteurs nucléaires en fonctionnement d'Olkiluoto. Pour la réalisation d'Olkiluoto 3, TVO s'appuie sur le flux de trésorerie généré par la production d'électricité de ces deux réacteurs, pour garantir un schéma de financement basé sur 25 % de capital et 75 % de dette.

Taishan en Chine

Le financement de la réalisation de deux EPR de Taishan, mis en service en Chine en 2018 et 2019, a suivi le modèle d'activité mis en place par CGN, le partenaire local d'EDF, pour la plupart de ses centrales nucléaires dans ce pays. CGN en a confié la maîtrise d'ouvrage à une société de projet dédiée, Taishan Nuclear Power Joint-Venture Company (TNPJVC), filiale contrôlée par CGN, aux côtés d'EDF, partenaire minoritaire.

TNPJVC est le propriétaire et l'exploitant nucléaire des deux EPR. À ce titre, la société de projet en a assuré le financement de la construction dans un schéma basé sur 33 % de capital apporté à 70 % par un consortium dirigé par CGN et à 30 % par EDF, et 67 % de dette provenant de façon complémentaire de banques publiques chinoises et de banques françaises, dans le cadre d'une garantie export apportée par BPI France.

14. Commission decision of 6.3.2017 on the measure/aid scheme/State aid SA.38454-2015/C (ex 2015/N) which Hungary is planning to implement for supporting the development of two new nuclear reactors at Paks II nuclear power station – https://ec.europa.eu/competition/state_aid/cases/261529/261529_1932592_684_2.pdf

5 ANNEXE 5 LES AUTRES PROJETS RTE EN NORMANDIE

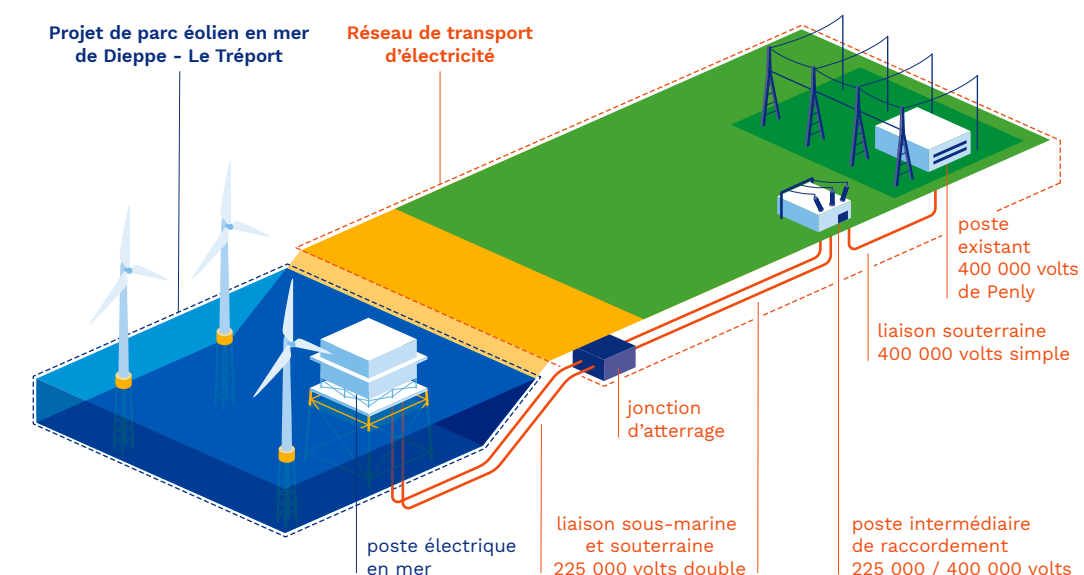
La Normandie est une région fortement productrice d'électricité (environ 2,5 fois supérieure à sa consommation), quasi intégralement décarbonée. Cette caractéristique découle de la présence de 8 réacteurs nucléaires du palier 1 300 MW, répartis sur trois sites : Flamanville, dans la Manche, et Penly et Paluel en Seine-Maritime.

Avec une puissance cumulée de 10 640 MW, ces réacteurs ont produit 59 TWh en 2018, soit 10,7 % de la production d'électricité française sans compter la mise en service prévue en 2023 d'un nouveau réacteur à Flamanville (un EPR d'une puissance de 1 650 MW). Ce développement se poursuivrait à l'horizon 2031-2035 avec deux futurs EPR2 à Penly d'une puissance totale de 3 400 MW, sujet de ce dossier de maître d'ouvrage.

Dans l'intervalle, le raccordement de futures capacités en mer et d'interconnexions à courant continu entre la France et l'Angleterre, ainsi que d'autres pays, nécessiteront des adaptations et renforcements du réseau de transport d'électricité.

5.1 Raccordement du parc éolien en mer de Dieppe-Le Tréport

RACCORDEMENT DU PARC ÉOLIEN EN MER DE DIEPPE - LE TRÉPORT



Source : RTE

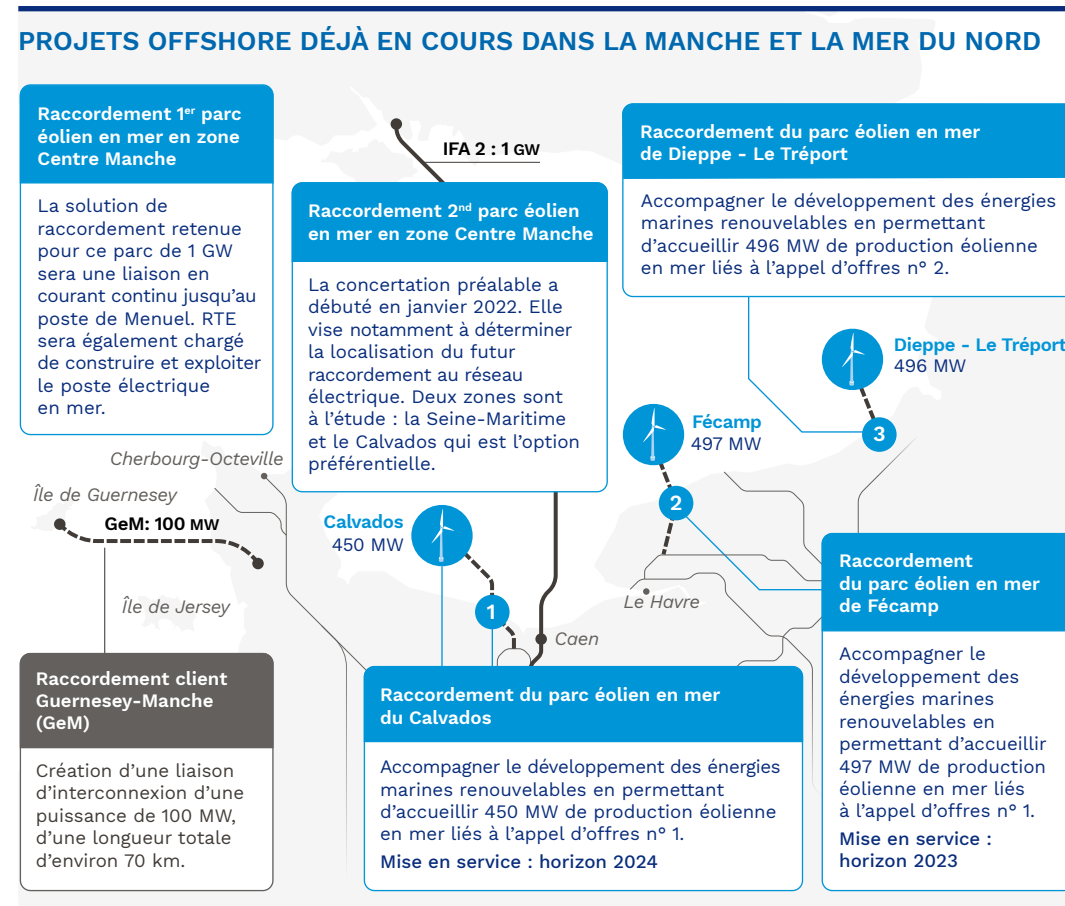
La construction et le raccordement du parc éolien offshore de Dieppe-le-Tréport sont décidés et les travaux ont débuté début 2022 pour une mise en service envisagée à partir de 2025.



RTE est associé à ce débat public en tant que maître d'ouvrage chargé du raccordement au réseau électrique des EPR2.

D'une puissance de 500 MW, le parc sera raccordé par des lignes 225 kV sous-marines puis souterraines se raccordant sur un premier poste 225/400 kV (appelé « Grande Sole ») créé par RTE et situé à proximité du poste actuel de Penly. Ce nouveau poste sera connecté au réseau électrique via le poste de Penly par une liaison souterraine à 400 kV. La mise en service de ce raccordement est envisagée à l'horizon 2025.

Ce projet a obtenu l'ensemble des autorisations nécessaires notamment la Déclaration d'Utilité Publique pour la création du poste électrique de Grande Sole et pour les liaisons électriques. À titre d'illustration, la carte ci-dessous montre les projets de réseau électrique offshore en cours de développement sur la façade normande.



5.2 Construction du poste électrique de Navarre 400 kV

Le remplacement du poste électrique de Penly 400 kV par le futur poste de Navarre 400 kV est indépendant de l'évolution du mix énergétique régional. Il se justifie par la réponse technique à un enjeu de vétusté du poste actuel de Penly. En termes de capacité, les deux postes sont à « iso-besoin » en faisant l'hypothèse du maintien des unités de production actuelles 1 & 2 de Penly au-delà de la date anniversaire des 40 ans d'exploitation (intervenant en 2030 et 2032). Enfin, et quelle que soit l'évolution du site nucléaire, le poste de Penly servira, à l'horizon 2025, à évacuer la production du parc éolien en mer de Dieppe-le-Tréport.

Soucieux de maîtriser son empreinte carbone, RTE privilégie une solution de construction dite en technologie classique aérienne, permettant de réduire les rejets de gaz à effet de serre et d'optimiser l'entretien. L'isolation des éléments sous tension est réalisée par l'air via le respect de distances entre les éléments sous tension et les éléments qui ne le sont pas, et non via le

recours à un gaz à fort potentiel isolant qui est un gaz à effet de serre (SF₆)¹⁵. Dans cette configuration, le poste de Navarre améliorera nettement les performances en matière de qualité de l'électricité du poste de Penly auquel il se substituera.

5.3 Projet Amiens – Petit Caux

Outre les hypothèses de relance du nucléaire, RTE a intégré dans son étude des « Futurs énergétiques 2050 » réalisée à la demande de l'État, d'autres projets pour la façade normande : développement important de la production éolienne en mer, projets de réindustrialisation et de décarbonation (production d'hydrogène décarbonée, gigafactories...) dans les Hauts-de-France et notamment dans la zone de Dunkerque.

Ces multiples projets nécessitent de planifier la mise en œuvre d'aménagements structurants sur le réseau 400 kV – entre la façade normande et la région Hauts-de-France, déjà identifiée comme zone de fragilité à terme dans le Schéma Décennal de Développement du Réseau, document de planification de l'infrastructure électrique prévu par la loi, publié par RTE en 2019 puis dans le rapport de RTE « Futurs Énergétiques 2050 ».

RTE étudie donc actuellement les adaptations nécessaires de l'infrastructure en particulier entre la Normandie et la Somme qui, du fait de la configuration actuelle du réseau, constituera d'ici à 2035 un goulet d'étranglement. Les premières études menées à ce stade conduisent à envisager un renforcement en aérien de l'axe électrique 400 000 volts entre la Normandie et la Somme ce qui permettrait d'évacuer pleinement l'ensemble de la production décarbonée projetée sur la façade normande.

RTE a saisi la CNDP en juin 2022 afin d'organiser une concertation préalable du public avec garants CNDP sur ce projet. Le débat public et la concertation préalable avec garant pouvant avoir lieu de manière concomitante, il conviendra a minima de savoir expliquer le lien entre ces deux dispositifs partageant un objectif d'information transparente du public.

5.4 Liens entre ces projets et le présent projet d'une première paire de réacteurs EPR2 sur le site de Penly

Si le projet d'une première paire de réacteurs EPR2 sur le site de Penly et son raccordement ne se réalisaient pas, la reconstruction du poste de Penly, le raccordement du parc éolien en mer de Dieppe-le-Tréport et le besoin d'aménager le réseau entre Amiens et Petit Caux pour accompagner la transition énergétique, répondant tous à des objectifs propres, resteraient pleinement justifiés et seraient réalisés suivant un planning indépendant.

¹⁵. Hexafluorure de soufre. Ses propriétés lui confèrent un fort pouvoir isolant. Il a également la particularité d'être identifié par le protocole de Kyoto comme l'un des 6 gaz à effet de serre.

6 ANNEXE 6 EN SAVOIR PLUS SUR LES LIGNES AÉRIENNES 400 KV

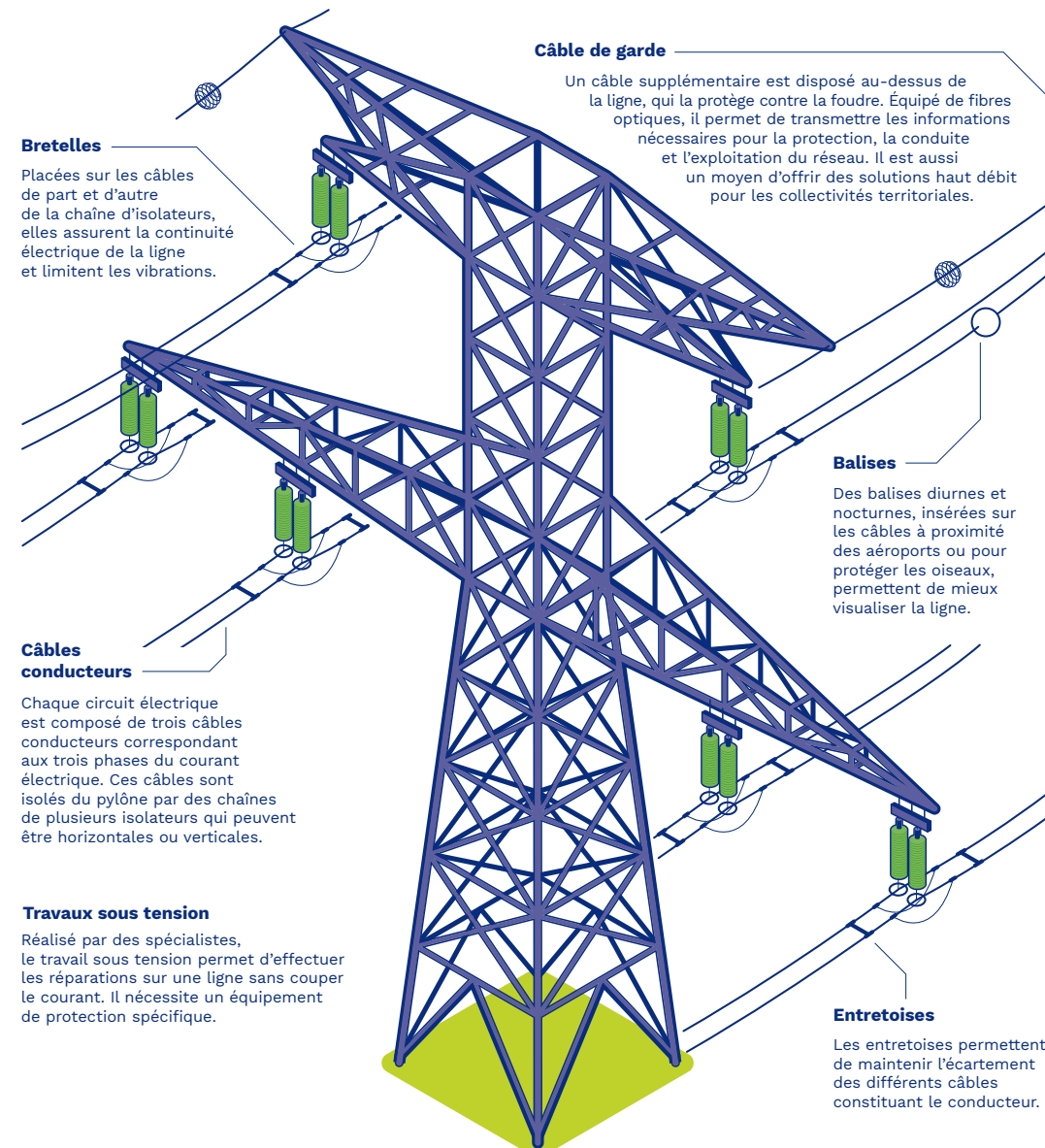
6.1 LIGNES AÉRIENNES : PRINCIPES ET FONCTIONNEMENT

Le linéaire des liaisons électriques aériennes en dehors du site EDF sera de l'ordre de quelques centaines de mètres pour chaque liaison.

Les lignes aériennes

Comment ça marche ?

Outre les postes électriques, le réseau de transport est principalement composé de lignes aériennes. Toutefois, le nombre de kilomètres de ligne a baissé : entre 2011 et 2021, il a diminué d'environ 1 300 km, et près de 2 700 km de lignes souterraines ont été construites. Les lignes aériennes sont composées de câbles (par lesquels transite le courant électrique) portés par des pylônes.



RTE est associé à ce débat public en tant que maître d'ouvrage chargé du raccordement au réseau électrique des EPR2.

Défense de toucher aux câbles, même tombés au sol

Un risque évident est celui du contact avec les câbles sous tension : une personne touchant ceux-ci, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un objet conducteur, serait électrocutée. Il en serait de même si la personne ou l'objet s'approchait trop près des câbles. Il se produirait alors un arc électrique, ou « amorçage ». Cette distance d'amorçage augmente avec la tension de la ligne.

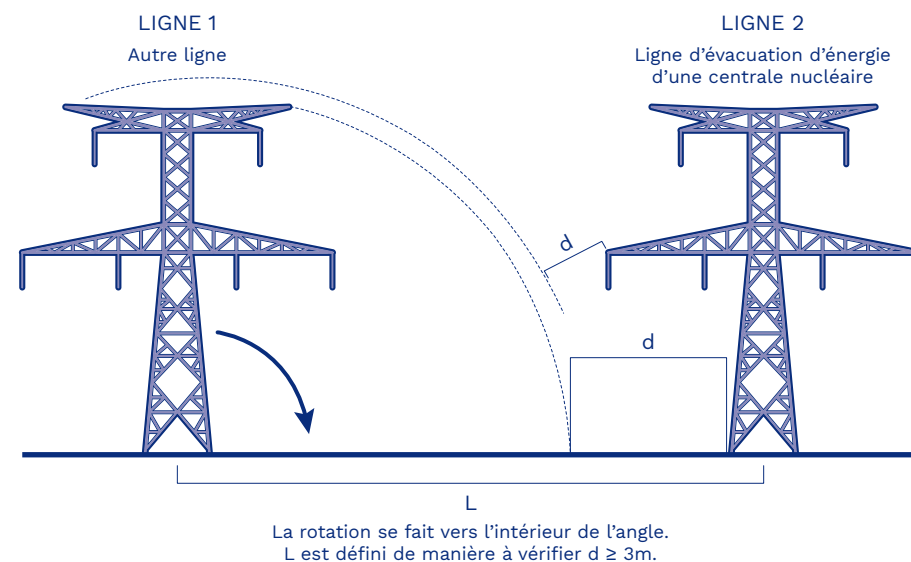
6.1.1 Les lignes électriques « stratégiques »

Certaines lignes aériennes du réseau de grand transport à 400 000 volts sont dites « stratégiques » lorsqu'elles concernent des lignes de sortie de centrale. En effet, l'éventualité de leur indisponibilité pourrait compromettre la sécurité du réseau et l'alimentation électrique régionale voire nationale.

Les conditions de réalisation de lignes de raccordement des centrales nucléaires, fréquemment regroupées dans des couloirs communs, doivent éviter que la chute d'un pylône ne conduise à une défaillance en cascade (consécutive) de la ligne voisine.

Afin d'exclure les modes communs entre supports, un entraxe minimum est à respecter entre couloir de ligne. Cet entraxe minimum doit prendre en compte la hauteur des supports mais aussi la longueur des armements, le balancement des câbles ainsi que la topographie du site (dévers). Dans les zones de couloirs étroits, les supports devraient par ailleurs légèrement décalés d'une ligne à l'autre afin d'éviter que la chute de l'un puisse impacter la tenue mécanique du support de la ligne voisine.

LES LIGNES ÉLECTRIQUES « STRATÉGIQUES »



Source : RTE.

De manière générale, la construction de lignes aériennes neuves est soumise au référentiel technique de RTE qui recense toutes les exigences techniques et réglementaires auxquelles elles doivent satisfaire.

Ce référentiel spécifie l'ensemble des dispositions adoptées par RTE afin de satisfaire aux critères de sécurité des personnes et des biens, sûreté de l'approvisionnement électrique, respect de l'environnement, qualité de fourniture et facilité d'exploitation et de maintenance.

6.1.2 Servitudes et conventionnement

Le passage des lignes n'entraîne aucun transfert de propriété au profit de RTE. Lorsque le passage de la ligne est exactement déterminé, il est proposé au propriétaire, de signer avec RTE, une convention assortie d'une indemnité destinée à réparer le préjudice résultant des servitudes liées à la présence de l'ouvrage. Cette convention précise notamment les modalités selon lesquelles RTE pourra pénétrer dans la propriété pour entretenir ou réparer les équipements électriques.

6.1.3 L'évaluation environnementale des lignes aériennes

Quel que soit l'environnement, RTE analyse les différents enjeux au sein de la zone d'étude du projet (sur le milieu naturel, physique ou humain, sur l'air et le climat, sur le paysage ou encore le patrimoine). Cette analyse permet d'élaborer le tracé du futur ouvrage en tenant compte au maximum des impacts potentiels qu'induirait sa mise en œuvre et son fonctionnement. Le cas échéant, ces études permettront si nécessaire d'appliquer des mesures d'évitement, de réduction voire de compensation de ces impacts.

◆ Les impacts sur l'air et le climat

En phase d'exploitation, les impacts des lignes souterraines sur l'air et le climat sont quasi-nuls. Les principaux impacts sont temporaires et concernent la phase chantier. Ils sont liés aux différents engins utilisés qui peuvent être sources d'émissions : camions, pelles mécaniques, grues, brise-roches, compresseurs, pompes, etc.

RTE exige contractuellement des entreprises qui effectuent les travaux que les engins soient choisis de manière à réduire au maximum les odeurs, fumées et poussières et qu'elles prennent toutes les dispositions visant à prévenir les risques de pollution.

◆ Les impacts sur les sols

En phase chantier, les principaux impacts sur les sols d'une ligne aérienne sont la réalisation des fondations nécessaires à la mise en œuvre des pylônes et la réalisation de piste d'accès et de plateformes provisoires. Ces travaux peuvent être de nature :

- à modifier la structure du sol avec un mélange des horizons, pouvant entraîner un risque de détérioration de sa valeur agronomique ;
- à modifier la porosité du sol et sa perméabilité, pouvant entraîner la modification ensuite des écoulements.

Néanmoins, une ligne électrique aérienne nécessitant une faible emprise au sol, limitée aux seules surfaces nécessaires à l'implantation des pylônes, ces impacts sont relativement négligeables.

◆ Les impacts sur l'eau

Dans la majorité des cas, les impacts sur les eaux superficielles et souterraines restent limités aux emprises des pylônes et à la réalisation de leurs fondations en phase chantier. RTE veillera ici à analyser au cas par cas :

- la traversée par la ligne aérienne de zones humides ;
- l'implantation de supports dans une zone inondable voire dans un lit mineur ;
- la présence de nappes captives ;
- la modification ponctuelle de la perméabilité au droit des supports à implanter ;
- la présence de périmètres de protection de captage ;
- la détérioration de réseaux de drainage par écrasement, rupture ou battage des pieux ;
- la modification d'une nappe phréatique lors d'un forage ou de battages de pieux.

◆ Les impacts sur l'agriculture

La mise en œuvre d'une ligne aérienne peut engendrer :

- des dégâts aux cultures avec souvent la perte de récolte ainsi que la création d'ornières par les engins de chantier ;
- la détérioration éventuelle des chemins d'accès agricoles, le compactage des sols agricoles ;
- la désorganisation des réseaux de drainage ou d'irrigation ;
- la modification de la structure du sol et le risque de rendements moindres.

Des constats préalables sont toutefois effectués avec les agriculteurs avant l'ouverture du chantier et à l'achèvement de celui-ci. Les préjudices liés à ces travaux sont indemnisés conformément aux barèmes arrêtés au plan national avec la profession agricole.

En phase exploitation le surplomb par les câbles d'une parcelle agricole ne gêne pas l'activité et le passage car la hauteur minimale d'une ligne à haute tension est calibrée pour permettre la continuité de ces activités.

La présence de pylônes sur des parcelles cultivées peut néanmoins constituer une gêne pour l'exploitant et une emprise non exploitable. Ces impacts font l'objet d'indemnités spécifiques sur la base des barèmes arrêtés au plan national avec la profession agricole.

◆ *Les impacts sur la faune et la flore*

Les effets des lignes électriques sur les milieux naturels sont essentiellement liés aux périodes de chantiers : en phase de construction d'une nouvelle ligne ou lors d'opérations de maintenance importantes. Les effets sur la faune et la flore sont essentiellement dus :

- aux nuisances sonores des engins de chantier ;
- aux déboisements nécessaires au passage de la ligne dans les zones forestières ;
- aux modifications de la qualité de l'eau dans le cas des fossés qui jouxtent le chantier ou les pistes ;
- aux modifications des propriétés physico-chimiques des terres remuées.

En phase exploitation, la présence d'une ligne aérienne en milieu boisé pourra nécessiter une intervention périodique de coupe de la végétation afin de maintenir ce couvert végétal tout en garantissant en permanence le respect des distances de sécurité avec les câbles conducteurs (risque d'amorçage de la ligne en cas de trop faible distance entre la végétation et la ligne).

La méthode consiste à couper sélectivement et progressivement la végétation qui présente un risque vis-à-vis de la ligne. RTE vise à introduire une gestion informatisée de la végétation en tenant compte des habitats et des espèces présentes pour toutes ses lignes. En présence d'une ligne aérienne, l'avifaune constitue bien souvent le principal facteur de sensibilité du milieu naturel. Parfois, lors de déplacements migratoires ou de simples vols locaux sur des secteurs à risques, il arrive que des oiseaux heurtent les câbles d'une ligne électrique. Ce phénomène reste cependant très marginal. Faune et végétation sont en interaction permanente dans les écosystèmes. Toute modification du couvert végétal a également des effets sur la faune.

◆ *Les impacts sur les paysages*

L'appréciation des impacts d'un projet sur l'ambiance paysagère résulte de la conjonction des effets sur les différents facteurs qui déterminent l'ambiance d'un site. Ces impacts sont généralement appréciés par unités paysagères. Le « Contrat de Service Public entre l'État et RTE » définit un certain nombre de principes et mesures généraux de suppression, de réduction ou de compensation des impacts d'un ouvrage électrique sur le paysage. Pour les lignes aériennes, il prévoit notamment :

- la recherche de tracés de moindre impact, en particulier par le regroupement des infrastructures avec d'autres aménagement dans les couloirs existants lorsque cela est possible.
- la limitation de l'incidence des travaux de construction par la maîtrise des impacts : préparation et planification des chantiers, modes opératoires spécifiques, réhabilitation après travaux.

◆ *Les impacts sur le milieu humain*

Les principaux impacts concernent la phase chantier durant laquelle certaines nuisances liées à la construction de l'ouvrage pourraient être constatées (bruit, poussière, circulation accrue de camions et d'engins de chantier...).

En exploitation, une ligne aérienne peut générer du bruit, dû à la fois à l'effet couronne et à l'effet du vent. Le niveau de bruit de l'effet couronne dépend de deux facteurs principaux : d'une part l'état de surface et les caractéristiques géométriques (diamètre et nombre) des câbles et, d'autre part, les conditions météorologiques. Par temps de pluie, le niveau de bruit ambiant augmente (du fait même de la pluie) et couvre l'augmentation de bruit liée à l'effet couronne. C'est donc par temps humide et dans un environnement calme que le bruit généré sera le plus nettement perçu. Cependant, on notera que par temps de brouillard, la propagation du son est freinée. Le bruit dû à l'effet couronne s'accroît également par temps chaud et en cas d'atmosphère chargée en particules (par exemple en bord de mer) car l'accumulation de poussières, pollen, insectes ou sel à la surface des câbles entraîne des irrégularités de surface. Ce bruit est toutefois circonscrit à la proximité de l'ouvrage et n'est donc que peu perceptible à quelques mètres de celui-ci.

(Champs électriques et magnétiques : voir encadré en §3.3.3.1).

7 ANNEXE 7 EN SAVOIR PLUS SUR LES LIGNES SOUTERRAINES 400 KV

RTE a récemment conclu avec l'État un Contrat de Service Public listant 40 engagements pour un réseau de transport d'électricité au service de la réussite de la transition énergétique. L'un des objectifs est de recourir préférentiellement aux lignes souterraines pour les créations d'ouvrage ou le renouvellement du réseau existant.

RTE recherche pour chaque projet le moindre impact environnemental et sociétal en favorisant l'optimisation de l'infrastructure existante, la restructuration du réseau ainsi que le recours aux flexibilités, en concertation avec les territoires et le public, et en mettant en œuvre la séquence Éviter-Réduire-Compenser Suivre dans le cadre des procédures d'autorisations et des études environnementales associées. Dans ce contexte, la réduction de l'empreinte visuelle par la mise en souterrain de certains ouvrages est l'une des solutions qui permettent de répondre aux attentes sociétales quant à l'insertion paysagère des ouvrages.

RTE s'engage à recourir de manière préférentielle à la technologie souterraine pour la création de nouvelles infrastructures ou la réhabilitation du réseau existant, dans un certain nombre de cas spécifiques :

- en zones d'habitat regroupé pour la HTB1 (63-90kV)
- en zones urbaines, en dehors des couloirs existants, pour la HTB2 (225kV)
- de manière très exceptionnelle et sur de courtes distances pour la HTB3 (400kV)

Le présent projet de raccordement relève du 400kV sur de courtes distances. Si le projet devait être décidé :

- Pour les liaisons d'évacuations des EPR, il n'est pas envisageable de recourir à la technologie souterraine en raison de la puissance très importante à transporter.
- Pour les liaisons d'alimentation des auxiliaires des EPR, RTE envisagerait un recours à la technologie souterraine.

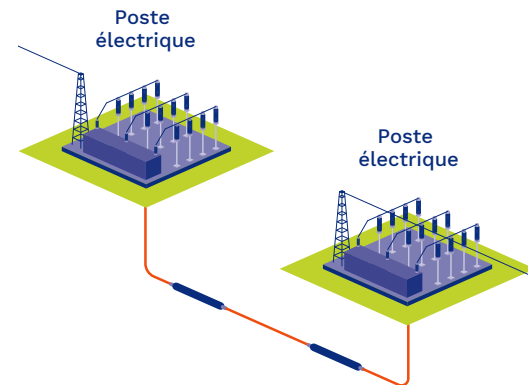


RTE est associé à ce débat public en tant que maître d'ouvrage chargé du raccordement au réseau électrique des EPR2.

7.1 LIAISONS SOUTERRAINES : PRINCIPES ET FONCTIONNEMENT

Une ligne souterraine est une liaison complètement enterrée dont les extrémités se situent dans les postes électriques.

LES LIGNES SOUTERRAINES

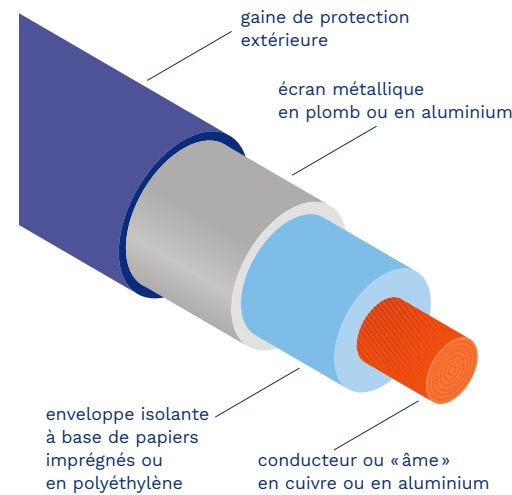


Une ligne souterraine est une liaison complètement enterrée, dont les extrémités se situent dans les postes électriques.

Source : RTE

LES CÂBLES SOUTERRAINS

Composés de 4 parties et d'un diamètre allant de 10 à 20 centimètres



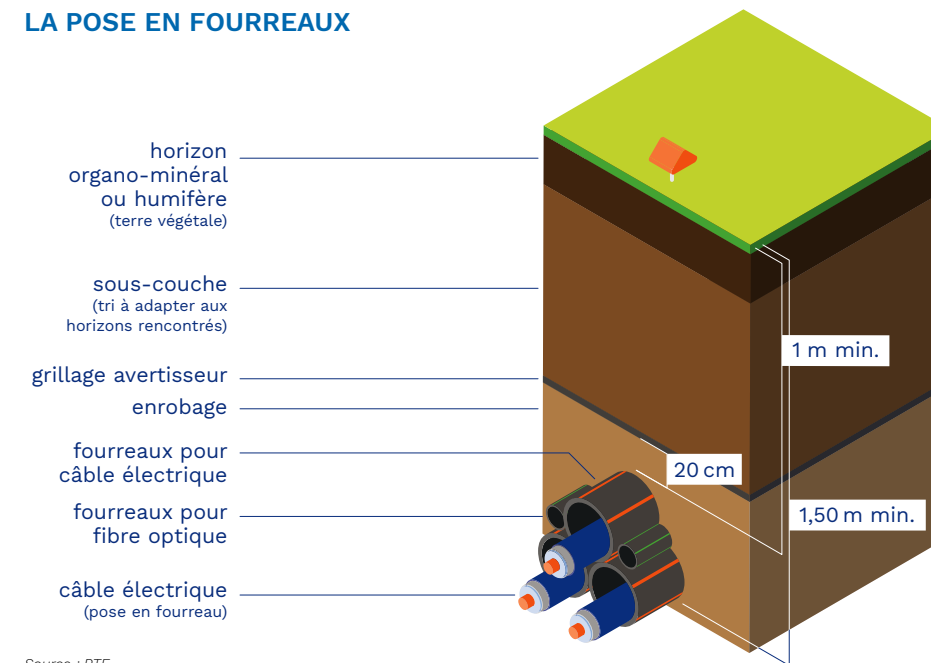
Source : RTE



Photos © DR

Les câbles sont livrés sur des bobines (ou « tourets ») (photo de gauche). Des chambres de jonction (photo de droite) pour chaque paire de câbles sont installées tous les 1 à 2 km environ.

LA POSE EN FOURREAUX



Source : RTE

Pose en fourreaux PVC et bloc béton : lorsque les liaisons sont sous chaussée. C'est le mode de pose le plus adapté pour protéger les liaisons (agressions extérieures, autres réseaux à proximité) et pour limiter la gêne à la circulation en refermant à l'avancement.



Pose en fourreau PEHD pleine terre : privilégiée en milieu agricole et en l'absence de réseaux tiers. Permet une cadence plus rapide des travaux.

7.1.1 Servitudes et conventionnement

Les liaisons RTE cheminent, soit sous le domaine public dont elles sont occupantes de plein droit – c'est-à-dire en droit civil français : l'ensemble des biens appartenant à l'État, à ses collectivités locales, établissements publics ou à d'autres personnes publiques, et affectés à une utilité publique –, soit sous des terrains privés. Dans ce second cas, RTE procède à un conventionnement à l'amiable en indemnisant à la validation de l'acte, selon des modalités définies avec les parties prenantes concernées (chambres d'agriculture, sylviculteurs, particuliers) en prenant compte les spécificités liées à l'implantation des ouvrages.

Les impacts permanents sont minimes en dehors des conséquences liées à la servitude (qui prévoit notamment une interdiction de construire dans une bande de 5 m centrée sur la ligne souterraine).

7.1.2 L'évaluation environnementale des liaisons souterraines

Le linéaire des liaisons électriques souterraines hors enceinte du site EDF serait de l'ordre de quelques centaines de mètres pour chaque liaison.

Quel que soit l'environnement, RTE analyse les différents enjeux au sein de la zone d'étude du projet (sur le milieu naturel, physique ou humain, sur l'air et le climat, sur le paysage ou encore le patrimoine). Cette analyse permet d'élaborer le tracé du futur ouvrage en tenant compte au maximum des impacts potentiels qu'induirait sa mise en œuvre et son fonctionnement. Le cas échéant ces études permettraient si nécessaire d'appliquer des mesures d'évitement, de réduction voire de compensation de ces impacts.

◆ Les impacts sur l'air et le climat

En phase d'exploitation et comme pour les lignes aériennes les impacts des lignes souterraines sur l'air et le climat sont quasi-nuls. Les principaux impacts sont temporaires et concerne la phase chantier. Ils sont liés aux différents engins utilisés qui peuvent être sources de pollution : camions, pelles mécaniques, grues, brise-roches, compresseurs, pompes, etc.

RTE exige contractuellement des entreprises qui effectuent les travaux que les engins soient choisis de manière à réduire au maximum les odeurs, fumées et poussières et qu'elles prennent toutes les dispositions visant à prévenir les risques de pollution.

◆ Les impacts sur les sols

En phase chantier, les principaux impacts sur les sols d'une ligne souterraine sont : la réalisation de la tranchée nécessaire à la mise en œuvre des fourreaux et des câbles, ainsi que la mise en œuvre de pistes d'accès provisoires. Ces travaux peuvent être de nature :

- à modifier la structure du sol avec un mélange des horizons, pouvant entraîner un risque de détérioration de sa valeur agronomique ;
- à modifier la porosité du sol et sa perméabilité, pouvant entraîner la modification ensuite des écoulements.

En phase exploitation, une élévation de la température du sol à proximité immédiate des câbles constitue le principal impact notable.

LES EMPRISES AU SOL



Source : RTE

Les emprises au sol, au kilomètre linéaire, sont supérieures en théorie dans le cas d'une ligne souterraine par rapport à une ligne aérienne (à tension équivalente). Néanmoins, dans la mesure du possible, RTE s'applique à emprunter le tracé le plus court pour la ligne souterraine.

RTE est aussi attentif à étudier et anticiper le jeu des multiples interactions entre le sol, les eaux superficielles, les eaux souterraines.

◆ Les impacts sur l'eau

Alors que les lignes aériennes ont des effets le plus souvent négligeables sur les eaux souterraines ou de surface, les lignes souterraines peuvent avoir des effets plus notables sur les milieux hydriques liés là encore à la phase travaux principalement :

• Modification de la perméabilité des sols

La mise en place d'une ligne souterraine nécessite la réalisation d'une tranchée de 1,5 mètres de profondeur en moyenne. Le remblaiement de la tranchée doit permettre, par compactage, d'obtenir une perméabilité équivalente à celle du terrain initial. Une perméabilité plus faible ferait office de barrière hydraulique, une perméabilité plus forte provoquerait un drainage des eaux au niveau des ouvrages.

• Modification des écoulements

La modification des écoulements pourrait être liée à la réalisation de la tranchée et à la modification des perméabilités. On peut avoir plusieurs types de phénomènes. En phase travaux, la nécessité d'un pompage d'eau provisoire. En phase exploitation, des risques de rabattement de nappes ou des tranchées qui jouent le rôle de drains (tranchées drainantes), etc.

Soulignons cependant que les lignes souterraines empruntent le plus souvent la voirie existante, et que, dans ce cas, les impacts sur les eaux souterraines ou de surface sont plus limités.

◆ Les impacts sur l'agriculture

La mise en œuvre d'une ligne souterraine peut engendrer :

- des dégâts aux cultures avec souvent la perte de récolte ainsi que la création d'ornières par les engins de chantier ;
- la détérioration éventuelle des chemins d'accès agricoles, le compactage des sols agricoles ;
- la désorganisation des réseaux de drainage ou d'irrigation ;
- la modification de la structure du sol et le risque de rendements moindres.

Des constats préalables sont toutefois effectués avec les agriculteurs avant l'ouverture du chantier et à l'achèvement de celui-ci. Les préjudices liés à ces travaux sont indemnisés conformément aux barèmes arrêtés au plan national avec la profession agricole.

En phase exploitation, la présence de lignes souterraines n'occasionne, en règle générale, aucun obstacle à l'exploitation agricole, compte-tenu de leur profondeur. Néanmoins, la ligne souterraine doit prendre en compte l'installation d'un réseau de drainage ou d'arrosage et le passage de certains engins agricoles (les risques d'accrochage des câbles sont toutefois minimes).

Une légère augmentation de la température du sol liée à la présence de la ligne souterraine peut modifier le développement habituel des végétaux situés à l'aplomb de la tranchée, et en particulier les cultures à racines profondes telles que le colza, la betterave ou le maïs. En période de sécheresse, le cheminement de la ligne souterraine peut être visible. Cependant, compte-tenu de la faible surface d'emprise de la ligne souterraine par rapport aux surfaces de parcelles cultivées, la modeste élévation de température sera sans effet notoire sur les rendements des cultures enregistrés préalablement à la pose de l'ouvrage électrique.

La modification de l'écoulement naturel des eaux est surtout sensible pour les terrains agricoles en pente. En effet, la possible déstructuration du sol au droit de la tranchée liée à l'extraction des matériaux, génère un phénomène de tranchée drainante. Celle-ci, malgré un compactage mécanique réalisé lors du remblai, canalise les eaux pluviales et peut quelque fois conduire à un ravinement en contrebas de la parcelle. Cependant, ce phénomène s'estompe avec le temps (au bout de 3 à 5 ans) de par la restructuration du sol.

◆ Les impacts sur la faune et la flore

Comme pour la ligne aérienne, les effets d'une ligne souterraine sur les milieux naturels sont essentiellement liés aux périodes de chantiers : en phase de construction d'une nouvelle ligne ou lors d'opérations de maintenance importantes. Les effets sur la faune et la flore sont essentiellement dus :

- aux nuisances sonores des engins de chantier ;
- aux creusements de tranchées ;
- aux déboisements nécessaires au passage de la ligne dans les zones forestières ;
- aux modifications de la qualité de l'eau dans le cas des fossés qui jouxtent le chantier ou les pistes ;
- aux modifications des propriétés physico-chimiques des terres remuées.

Une fois installée et en exploitation, les impacts d'une ligne souterraine sur le milieu naturel sont négligeables.

◆ Les impacts sur les paysages

Les liaisons souterraines ont, du fait même de leur nature, des impacts négligeables et provisoires sur le paysage, limités à la présence d'engins ou de matériels en phase chantier.

◆ Les impacts sur le milieu humain

Comme pour les lignes aériennes, les principaux impacts concernent là encore la phase chantier durant laquelle certaines nuisances liées à la construction de l'ouvrage pourront être constatées (bruit, poussière, circulation accrue de camions et d'engins de chantier...).

Les impacts d'une liaison électrique souterraine en exploitation sur le milieu humain sont négligeables.

8 ANNEXE 8 COMPRENDRE LA CONSISTANCE DES TRAVAUX DE RACCORDEMENT

La solution de principe envisagée pour raccorder la paire de réacteurs EPR2 et leurs unités auxiliaires consisterait à créer 4 liaisons électriques 400 kV (2 lignes aériennes et 2 lignes souterraines) entre le nouveau site nucléaire et le nouveau poste électrique de Navarre. Étant donné l'emplacement envisagé du poste de Navarre, les tracés des nouveaux ouvrages seraient situés à plus de 80 % dans l'enceinte du site industriel d'EDF. Le raccordement représenterait une emprise d'environ 2ha.

8.1 Consistance des travaux d'extension de poste

Les travaux d'extension du poste électrique se dérouleraient en 3 étapes :

1. Travaux de terrassement et de préparation de la plateforme de la future extension.



2. Travaux de génie civil et de gros œuvres (piste d'accès, bassin de rétention).



3. Mise en place des superstructures et petits équipements électriques



RTE est associé à ce débat public en tant que maître d'ouvrage chargé du raccordement au réseau électrique des EPR2.

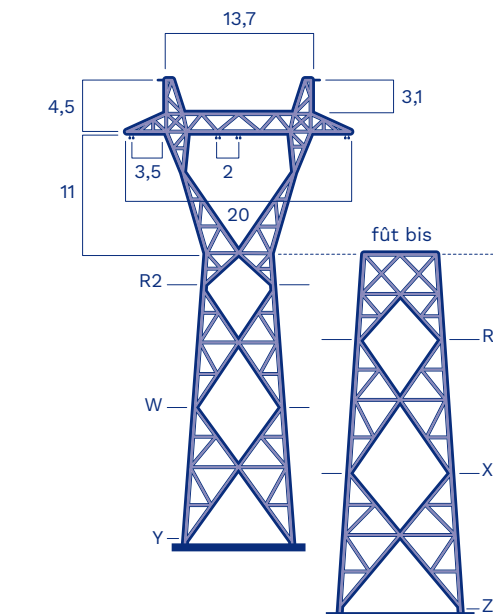
8.2 Consistance des travaux en liaisons aériennes

Voir aussi la fiche n° 6 : « En savoir plus sur les lignes aériennes 400 kV »

Pour permettre l'évacuation des 2 futurs réacteurs (d'une puissance de 1670 MW chacun), 2 liaisons électriques aériennes à 400 kV seraient créées entre le poste de Navarre étendu et le nouveau site EDF de Penly.

Ces 2 lignes seraient longues d'environ 2,5 km chacune, ce qui représenterait une vingtaine de nouveaux pylônes à installer au total pour ces 2 lignes.

PYLÔNE 400 KV STANDARD



Source : RTE

Les travaux de construction de ces lignes aériennes se dérouleraient en 5 étapes :



1. Travaux préparatoires : création des pistes d'accès et plateforme d'assemblage provisoires (photo ci-contre : piste d'accès provisoire).



2 Travaux de réalisation des fondations des nouveaux pylônes



3. Assemblage des différents éléments du pylône, le plus souvent à l'aide d'une grue de levage. (photo : illustration d'une opération de levage d'un pylône sur plateforme chantier provisoire)



4. Ripage/déroulage des conducteurs (aériens sur la photo) sur les nouveaux pylônes construits.

5. Dépose des anciens pylônes

8.3 Consistance des travaux en liaisons souterraines

Voir aussi la fiche n° 7 : « En savoir plus sur les lignes souterraines 400 kV »

Pour alimenter les auxiliaires des deux EPR au poste 400 kV de Navarre, 2 liaisons souterraines 400 kV seraient réalisées. D'une longueur d'environ 3km chacune, elles chemineraient principalement sous voirie existante dans l'enceinte du CNPE, au sein d'une même tranchée. On parle dans ce cas d'une liaison souterraine « double ». 2 modes de pose sont possibles :



– pose en fourreaux PVC et bloc béton : lorsque les liaisons sont sous chaussée. C'est le mode de pose le plus adapté pour protéger les liaisons (agressions extérieures, autres réseaux à proximité) et pour limiter la gêne à la circulation en refermant à l'avancement



– pose en fourreau PEHD pleine : privilégiée en milieu agricole et en l'absence de réseaux tiers. Permet une cadence plus rapide des travaux

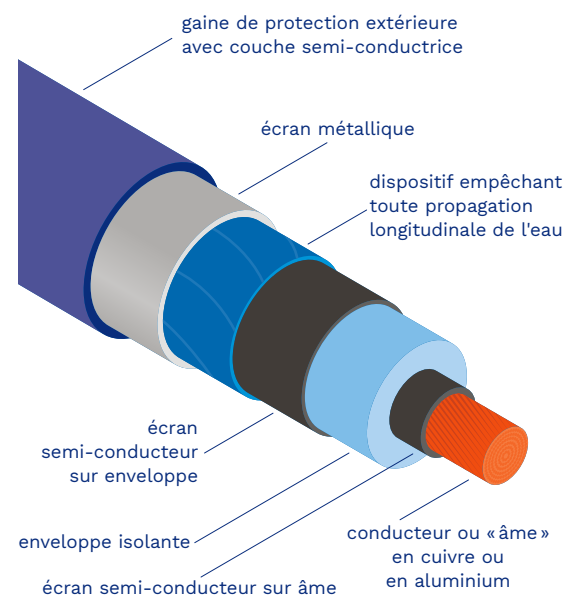
Photos © DR

8.4 Caractéristiques d'une liaison électrique



Une liaison électrique est composée de 3 câbles, accompagnés par 1 ou 2 liaisons de communication.

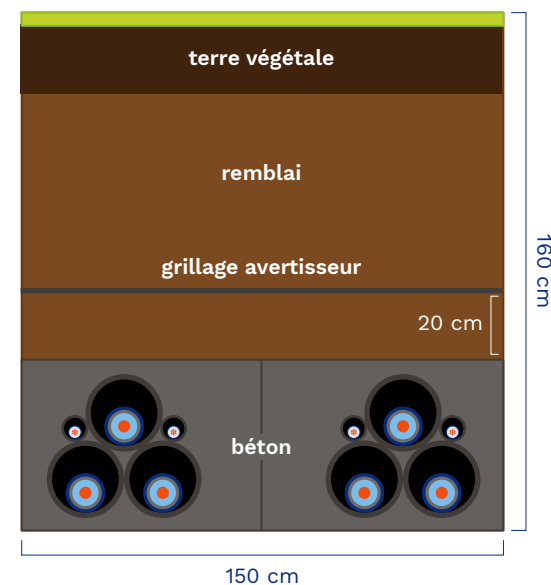
LES CÂBLES ÉLECTRIQUES



Source : RTE

Un câble électrique comporte une âme conductrice en aluminium ou en cuivre et une enveloppe isolante et protectrice composée de plusieurs couches.

POSE EN BLOC BÉTON



Source : RTE

Un bloc béton « standard » mesure 60 à 70 cm de large. Pour la pose d'une liaison double, ces dimensions sont généralement multipliées par 2. Ainsi, dans le cas des 2 futures liaisons souterraines, le bloc béton aura plutôt une largeur de 1 m 50. La largeur totale de la tranchée lors des travaux sera quant à elle de l'ordre de 2 m. Le fond de fouille est situé à environ 1,5 m de profondeur. La servitude de passage représente une largeur d'environ 6 m.



LA CHAMBRE DE JONCTION

Les tronçons de câbles sont limités en longueur pour des raisons techniques et logistiques. Les câbles sont livrés sur des tourets dont le poids et l'encombrement sont conditionnés par la place disponible sur le lieu du chantier. Ils sont déroulés par tronçons d'environ 1 000 m. La continuité physique de ces tronçons est réalisée dans des ouvrages enterrés appelés « chambres de jonction ». Leur dimension est d'environ 2 m x 12 m. Le nombre de chambres de jonction est conditionné par la longueur totale de la liaison, la capacité de transport des tourets de câbles, la technique utilisée pour le déroulage et le tracé (parcours rectiligne ou sinueux qui augmente les efforts de tirage du câble).

9 ANNEXE 9 CULTURE DE DIALOGUE ET CONCERTATION « PARLONS ÉNERGIES »

9.1 *Un engagement d'entreprise*

EDF est en lien constant avec les parties prenantes des territoires dans lesquels sont implantées ses installations. La concertation et le dialogue forment un des objectifs de responsabilité d'entreprise pour lequel EDF s'engage à organiser de façon systématique et partout dans le monde, une démarche de dialogue et une concertation, transparente et contradictoire, autour des nouveaux projets. Cet engagement passe, notamment, par la formation des salariés et des chefs de projet aux enjeux du dialogue et de la concertation.

Pour mener à bien ses actions de développement durable et de responsabilité sociétale, EDF s'appuie sur des experts reconnus :

- En juillet 2020, EDF a sollicité, auprès de la CNDP, une mission d'appui et de conseil méthodologique pour la mise en œuvre de son Plan stratégique d'entreprise, qui découle de la PPE1. Cet appui a aussi été précieux pour préparer le volet participation du public associé à l'instruction d'une décision sur l'engagement d'un programme de nucléaire neuf, demandé par la PPE.
- En janvier 2021, EDF s'est doté d'un « conseil des parties prenantes ». Constitué de treize personnalités issues de la société civile, ce conseil a la mission d'éclairer les décisions d'EDF en matière de développement durable et de responsabilité sociale d'entreprise. Ses membres sont des spécialistes de l'environnement, du climat, des universitaires, des représentants de collectifs étudiants, de consommateurs, des économistes et des acteurs des solidarités.

9.2 *Parlons énergies : une déclinaison concrète de cet engagement*

La démarche « Parlons Énergies » est venue concrétiser la culture du dialogue au sein de l'entreprise lors de son lancement en 2018 : à l'occasion du débat public sur la programmation pluriannuelle de l'énergie, EDF souhaitait associer les salariés à la rédaction de son cahier d'acteur, alors que sa place dans la transition énergétique allait être discutée. Depuis lors, « Parlons Énergies » vise à impliquer les salariés d'EDF dans la stratégie de l'entreprise, avec par exemple en 2019, l'élaboration avec 4 000 salariés volontaires, de la raison d'être d'EDF.

Fort du déploiement des méthodes de dialogue et d'intelligence collective au sein de l'entreprise, EDF a décidé de lancer une opération de dialogue à l'externe appelée « Parlons Énergies chez vous », menée entre novembre 2020 et octobre 2021, sous l'égide d'un « Comité des Témoins » s'assurant du bon déroulement, de la diversité des personnes interrogées et de l'objectivité de l'approche.

L'opération a été tout d'abord déployée dans quatre premières régions dont la Normandie et a ensuite été étendue à la France entière après validation de la méthode. 3 600 personnes de différents profils socio-économiques ont été interrogées.

Dans chaque région, la démarche s'est déroulée en deux temps. Tout d'abord, des salariés EDF volontaires (les Exploreurs) sont allés à la rencontre des citoyens, munis d'un guide d'entretien portant sur les choix énergétiques. Ils ont écouté et collecté les avis des personnes interrogées, sans porter de jugement ni d'appréciation, et sans intervenir dans leurs propos.

CONSEIL DE PARTIES PRENANTES DU GROUPE EDF



© Geoffrey Doucet

Cécile RENOUD

Co-présidence du Conseil

Présidente, Campus de la Transition,
Directrice du programme CODEV, ESSEC Business
School et Professeure, Centre Sèvres



© Laurent Chamussy/SPA

Jean-Bernard LÉVY

Co-présidence du Conseil

Président-directeur général, EDF



© Geoffrey Doucet

Kalina RASKIN

Directrice du CEEBIOS,
Centre d'études et d'expertises
en biomimétisme



© Geoffrey Doucet

Aurélien ACQUIER

Professeur ESCP Business School,
codirecteur de la chaire ESCP-
Deloitte-Economie circulaire



© DR - KU Leuven

Dr Valérie MASSON-DELMOTTE

Paléo climatologue, chercheuse au
laboratoire des sciences du climat et
de l'environnement et co-présidente
du groupe 1 du GIEC



© Geoffrey Doucet

Christophe CASSOU

Climatologue & chercheur
au CNRS



© Guillaume Caigraert

David DJAÏZ

Essayiste et enseignant.
Auteur de « Slow Démocratie » et
du « Nouveau Modèle Français »



© DR

Elsa SAVOUREY

Spécialiste entreprises
et droits humains



© Manuel Braun

Yann ALGAN

Professeur d'économie
à l'IEP Paris



© Damien Gieron

Salomé BERLIOUX

Présidente de Chemins
d'Avenir et auteure des
« Invisibles de la République »



© Geoffrey Doucet

Julia MARTON-LEFEVRE

Ancienne directrice générale
de l'Union Internationale pour
la Conservation de la Nature



© DR

Germain L'HOSTIS

Porte-parole du Collectif
pour un réveil écologique



© Geoffrey Doucet

Laëtitia VASSEUR

Délégue générale de l'association
Halte à l'obsolescence
programmée (HOP)



© EU 2020

Joël DESTOM

Directeur régional Paris
Ile-de-France d'AG2R
LA MONDIALE
Directeur général
de la Mutuelle
Interprofessionnelle
Antilles Guyane
Membre français du
Comité économique
et social européen

Pilotage stratégique et opérationnel du Conseil du groupe EDF



© Julien Kraub

Alexandre PERRA

Directeur Exécutif Groupe
en charge de l'Innovation,
Responsabilité d'Entreprise
et Stratégie



© Geoffrey Doucet

Carine de BOISSEZON

Directrice Impact



© Geoffrey Doucet

Mariam Laurence DICKO

Responsable Engagements
& Mobilisations,
Direction Impact

Dans les régions concernées par des projets de construction de nouveaux réacteurs nucléaires, dont la Normandie, une question était dédiée à ce sujet. Ensuite, sur la base des analyses des réponses, réalisées par plusieurs cabinets externes spécialisés, des ateliers citoyens, animés par ces mêmes Exploreurs – salariés EDF – étaient organisés. Cinquante-deux ateliers ont été conduits au total. Le comité des témoins a supervisé la mise en œuvre et l'analyse de ces ateliers.

Les citoyens rencontrés expriment trois grandes attentes autour de l'énergie et du rôle d'EDF :

- être au service d'une stratégie française de production bas carbone, moderne et sûre, pour garantir l'indépendance énergétique nationale ;
- innover, bâtir des partenariats, pour accélérer la transition énergétique ;
- mettre en place un dispositif de proximité avec les clients, les aider à comprendre leur consommation et à faire des choix qui contribuent à la transition énergétique.

Les résultats de cette opération ont été restitués aux citoyens qui ont participé à l'opération et ont donné lieu à un livret citoyen, en libre accès sur internet¹⁶. Ces résultats confortent par ailleurs EDF dans la poursuite du travail concernant la préparation du renouvellement d'une partie des installations nucléaires existantes.

16. https://parlonsenergies.fr/chez-vous/EDF_PECV_livre_T1.pdf

ACU	Assemblage de Combustible Usé
ACV	Analyse du Cycle de Vie
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
ADAPT	Adaptation au Dérèglement climatique
AEN	Agence pour l'Énergie Nucléaire (NEA en anglais)
AIE	Agence Internationale de l'Énergie
AIEA	Agence Internationale de l'Énergie Atomique
Andra	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs
ANSES	Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du Travail
APO	Approbation du Projet d'Ouvrage
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire française
BAR	Base d'Actifs Régulés
BCR	Bloc Cubique Rainuré
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique
CEINE	Campus d'Excellence International Normand des Énergies
CEM	Champ Électro Magnétique
CFD	Contract For Difference
CGN	China General Nuclear power group
CGP	Contrôle des Grands Projets nouveau nucléaire
CHR	Centre Hospitalier Régional
CIGEO	Centre Industriel de stockage Géologique
CIRES	Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CLIN	Commission Locale d'Information Nucléaire
CNDP	Commission Nationale du Débat Public
CNPE	Centre Nucléaire de Production d'Électricité
CNPN	Conseil National de la Protection de la Nature
CPDP	Commission Particulière du Débat Public
CPR1000	Chinese PWR (pressurized water reactor)
CSA	Centre de Stockage de l'Aube
CSD-C	Conteneur Standard de Déchets Compactés
CSD-V	Conteneur Standard de Déchets Vitrifiés
CSFN	Comité Stratégique de Filière Nucléaire
CSRPN	Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel
DAC	Décret d'Autorisation de Création
DGEC	Direction Générale de l'Énergie et du Climat
DME	Dieppe Méca-Énergies
DMO	Dossier du Maître d'Ouvrage
DOS	Dossier d'Options de Sûreté
DREETS	Direction Régionale de l'Économie, de l'Emploi, du Travail et des Solidarités
DUP	Déclaration d'Utilité Publique
EDEC	Engagement de Développement de l'Emploi et des Compétences
EDF	Électricité de France

EIE	Étude d'Impact Environnemental
ENR	Énergies Nouvelles Renouvelables
EPCC	Engineering, Procurement, Construction, Commissioning – Études, achats, construction, essais
EPCI	Établissement Public de Coopération Intercommunale
EPR	European Pressurized Reactor
EPR 2	European Pressurized Reactor 2
ERC	Éviter Réduire Compenser
ESTP	École Spéciale des Travaux Publics, du bâtiment et de l'industrie
ETAM	Employés, Techniciens et Agents de Maîtrise
ETI	Établissement de Taille Intermédiaire
ETP	Équivalent Temps Plein
FA-VL	Faible Activité à Vie Longue
FARN	Force d'Action Rapide Nucléaire
FMA-VC	Faible et Moyenne Activité à Vie Courte
GC	Génie Civil
GDO	Grands Donneurs d'Ordre
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
GIFEN	Groupement des Industriels Français de l'Énergie Nucléaire
GIPNO	Groupement des Industriels Prestataires du Nord-Ouest
GTA	Groupe Turbo Alternateur
GRETA	Groupement d'Établissements (scolaires)
HA	Haute Activité
HCTISN	Haut Comité pour la Transparence et l'Information sur la Sécurité Nucléaire
HEFAIS	Haute École de Formation Soudage
HFDS	Haut Fonctionnaire de Défense et de Sécurité
HSE	Hygiène Sécurité Environnement
ICNIRP	Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements Non Ionisants
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IFREMER	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
INB	Installation Nucléaire de Base
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
IOTA	Installations, Ouvrages, Travaux, Activités susceptibles d'avoir un impact sur la ressource en eau
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
ITER	International Thermonuclear Experimental Reactor (réacteur thermonucléaire expérimental)
LA	Ligne Aérienne
LS	Ligne Souterraine
LPEC	Loi de Programmation sur l'Énergie et le Climat
MA-VL	Moyenne Activité à Vie Longue
MOOC	Massive Open Online Courses
MOX	Combustible nucléaire constitué d'uranium appauvri et d'une faible quantité de plutonium

MSI	Mise en Service Industrielle à la suite des essais de démarrage comprenant, entre autres, la montée en puissance jusqu’à 100 % de Puissance nominale (Pn) et les essais de performance
MTE	Ministère de la Transition Écologique
MWe	Mégawatt Électrique
OCDE	Organisation pour la Coopération et le Développement Économique
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OPCO	Opérateur de Compétences
ORSEC	Organisation de la Réponse de Sécurité Civile
PAT	Plan d’Actions Territorial (Penly)
PC	Permis de Construire
PDEM	Préparation au Démantèlement
PEHD	Polyéthylène Haute Densité
PME	Petites et Moyennes Entreprises
PNGMDR	Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs
PPE	Programmation Pluriannuelle de l’Énergie
PPI	Plan Particulier d’Intervention
PSEM	Poste Source à Enveloppe Métallique
PUI	Plan d’Urgence Interne
PV	Photovoltaïque
R&D	Recherche et Développement
RAB	Regulated Asset Base (ou base d’actifs régulés en français)
REP	Réacteur à Eau Pressurisée
RP	Réexamen Périodique
RTE	Réseau de Transport d’Électricité
SAGE	Schéma d’Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAGE	Schéma Directeur d’Aménagement et de Gestion des Eaux
SDIS	Service Départemental d’Incendie et de Secours
SFEC	Stratégie Française Énergie et Climat
SIVOM	Syndicat Intercommunal à Vocation Multiple
SMR	Small Modular Reactor
SNBC	Stratégie Nationale Bas Carbone
SRADDET	Schéma Régional d’Aménagement, de Développement Durable et d’Égalité des Territoires
SSDR	Schéma Décennal de Développement du Réseau
STEP	Station de Transfert d’Énergie par Pompage
TFA	Très Faible Activité
TPE	Très Petites Entreprises
TVO	Teollisuuden Voima Oyj (propriétaire-exploitant de l’EPR d’Olkiluoto en Finlande)
UNE	Uranium Naturel Enrichi
UNECE	Commission Économique des Nations Unies pour l’Europe
UNGG	Uranium Naturel Graphite Gaz
UO2	Oxyde d’Uranium
URE	Uranium de Retraitement Enrichi
URT	Uranium de Retraitement
WNE	World Nuclear Exhibition



EDF SA
22-30, avenue de Wagram
75382 Paris Cedex 08 – France
Capital de 1934 240 171,50 euros
552 081 317 RCS Paris
www.edf.com