

Fontenay-aux-Roses, le 21 mai 2019

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2019-00108

Objet : EDF - REP - Analyse du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs électronucléaires - Période 2015-2017.

Conformément à la saisine citée en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a évalué les tendances issues de l'analyse de l'ensemble des événements significatifs pour la sûreté, pour la radioprotection et pour l'environnement déclarés par Électricité de France (EDF) au cours de la période 2015-2017.

Le parc des réacteurs électronucléaires en exploitation en France comprend un total de 58 réacteurs à eau sous pression¹.

Pour apprécier la performance d'exploitation des réacteurs du parc d'EDF, la démarche de l'IRSN s'appuie sur l'analyse d'un grand nombre de données issues du suivi permanent du retour d'expérience d'exploitation des réacteurs d'EDF et international (données provenant principalement de l'AIEA² et de la NRC³).

L'évaluation de l'IRSN présentée ci-après prend en compte l'ensemble des événements significatifs pour la sûreté (ESS), pour la radioprotection (ESR) et pour l'environnement (ESE) déclarés par EDF, ainsi que des informations complémentaires provenant des rapports d'inspections menées par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sur les sites et des expertises techniques menées par l'IRSN dans le cadre du suivi de l'exploitation des réacteurs d'EDF. Pour obtenir une vue globale de la sûreté ([2] à [5]), de la radioprotection de l'exploitation et de la performance environnementale, l'IRSN a développé des outils et des méthodes d'analyse du retour d'expérience (REX), notamment divers indicateurs. Ces indicateurs permettent d'apporter un éclairage macroscopique sur les tendances qui se dégagent et de mettre en avant les domaines qui mériteraient un examen plus approfondi.

Adresse Courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre 8 440 546 018

¹ Les réacteurs à eau sous pression (REP) en exploitation sont classés selon trois paliers en fonction de la puissance électrique fournie : 900 MWe (34 réacteurs), 1300 MWe (20 réacteurs) et 1450 MWe (quatre réacteurs).

² AIEA : Agence internationale de l'énergie atomique.

³ NRC : Nuclear Regulatory Commission (USA).

Au terme de son analyse du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs électronucléaires pour la période 2015-2017, l'IRSN estime que la sûreté de l'exploitation des réacteurs, la radioprotection des travailleurs et la performance environnementale du parc de réacteurs d'EDF se sont maintenues à un niveau globalement satisfaisant. Néanmoins, la dynamique de progrès reste faible et l'IRSN a identifié des points à améliorer.

De surcroît, à l'aube des VD4-900⁴ et VD2-N4⁵ et alors que les VD3-1300⁶ sont en cours, EDF se trouve confronté à gérer un nombre conséquent de modifications matérielles et documentaires ainsi qu'une volumétrie de maintenance très importante, ce qui favorise la survenue d'écarts⁷.

En matière de sûreté, le palier 1300 MWe apparaît légèrement en retrait par rapport aux autres paliers (900 MWe et 1450 MWe). Pour l'ensemble du parc, les points à améliorer concernent notamment le maintien de la conformité des installations à leur référentiel, la qualité de la maintenance et la rigueur de l'exploitation. En particulier, concernant la maintenance et l'exploitation, EDF a déployé la démarche MQME⁸ pour améliorer ses performances. La démarche MQME ne portant pas ses fruits, EDF établira un nouveau diagnostic de l'ensemble de la démarche MQME visant à identifier les causes de natures technique, humaine et organisationnelle, et à faire évoluer le programme d'actions, si nécessaire. Par ailleurs, EDF devra mesurer l'efficacité des dispositions mises en place pour améliorer le pilotage et la surveillance de l'installation. Enfin, l'IRSN rappelle qu'EDF doit s'assurer d'une part que l'organisation mise en place afin d'élaborer les gammes d'essais périodiques mutualisées permet de détecter précocement les éventuels écarts, d'autre part que les gammes en écart sont corrigées rapidement.

En matière de radioprotection, l'IRSN estime que les bilans annuels de radioprotection mériteraient d'être complétés notamment en comparant les résultats dosimétriques des réacteurs français avec ceux des réacteurs étrangers.

En matière d'environnement, les émissions de gaz à effet de serre sont la première cause de déclaration d'ESE. Néanmoins, le traitement des émissions de SF₆⁹, gaz à fort effet de serre, par EDF est satisfaisant.

L'ensemble de ces points est développé ci-après.

ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE EN EXPLOITATION POUR LA PÉRIODE 2015-2017

Pour la période 2015-2017, sur la base de ses indicateurs de sûreté, l'IRSN a notamment analysé l'ensemble des ESS déclarés par EDF. Ces ESS font ressortir principalement les thématiques suivantes :

- des difficultés liées au maintien de la conformité des installations ;
- des non-qualités de maintenance ;
- des défauts persistants pour certaines fonctions de sûreté ou fonctions supports ;

⁴ VD4-900 : quatrième visite décennale des réacteurs du palier 900 MWe.

⁵ VD2-N4 : deuxième visite décennale des réacteurs du palier 1450 MWe.

⁶ VD3-1300 : troisième visite décennale des réacteurs du palier 1300 MWe.

⁷ L'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base définit la notion d'« écart » et fixe les dispositions générales relatives à leur gestion. Un écart est défini comme un non-respect d'une exigence définie ou un non-respect d'une exigence fixée par le système de management intégré de l'exploitant susceptible d'affecter les dispositions mentionnées au deuxième alinéa de l'article L. 593 - 7 du code de l'environnement.

⁸ MQME : maîtrise de la qualité de la maintenance et de l'exploitation.

⁹ SF₆ : l'hexafluorure de soufre est un gaz isolant utilisé notamment dans les équipements électriques à haute tension (transformateurs, disjoncteurs...). Le SF₆ est l'un des six types de gaz à effet de serre visés par le protocole de Kyoto, ainsi que par la directive 2003/87/CE. Son potentiel de réchauffement global est 22 800 fois supérieur à celui du CO₂, ce qui en fait potentiellement le plus puissant gaz à effet de serre sur terre. Cela signifie que chaque kilogramme de SF₆ émis dans l'atmosphère a le même impact sur l'effet de serre global à long terme que 22 800 kg de CO₂.

- des fragilités dans la conduite et l'exploitation des installations ;
- des défauts d'analyse de risques ;
- des événements précurseurs¹⁰ ;
- un REX international d'intérêt globalement traité, mais de manière non exhaustive et avec retard.

➤ **Le bilan des événements significatifs pour la sûreté**

La période 2015-2017 se caractérise par deux points marquants : la forte augmentation du nombre d'événements déclarés en 2017 et la présence de quatre ESS de niveau 2 sur l'échelle INES¹¹ alors qu'aucun ESS de ce niveau n'avait été déclaré depuis 2012 (Figure 1).

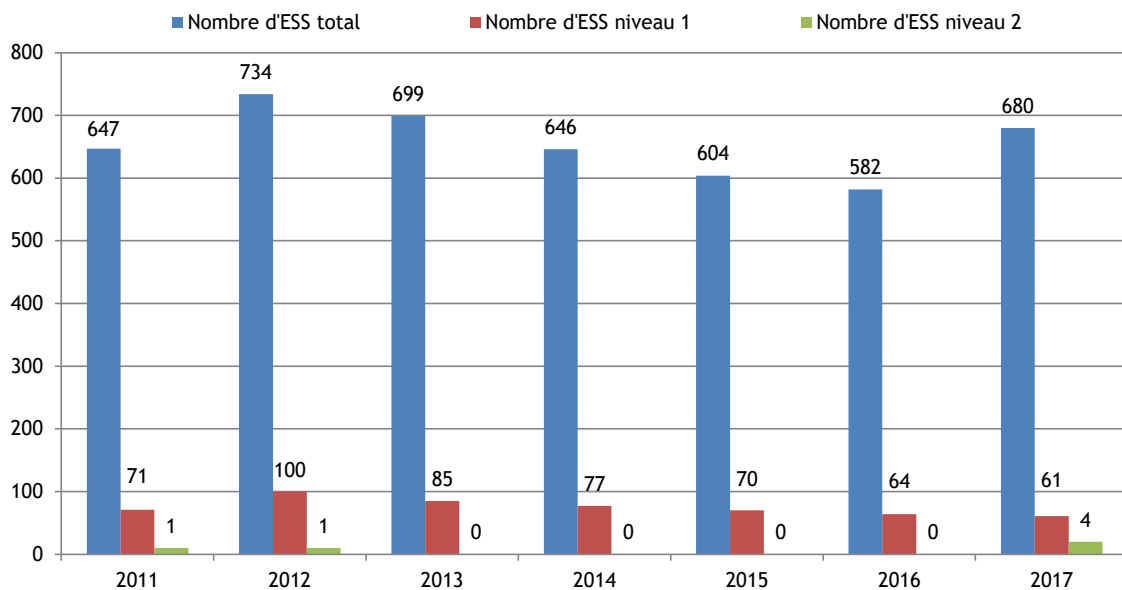


Figure 1 : nombre d'ESS déclarés par an, entre 2011 et 2017, en fonction de leur niveau sur l'échelle INES.

Selon l'IRSN, le nombre d'ESS ne peut pas être considéré comme une image « quantifiée » du niveau de sûreté du parc électronucléaire. En effet, les variations du nombre d'ESS d'une année sur l'autre ne correspondent pas nécessairement à une variation du niveau de sûreté. Néanmoins, ces déclarations d'ESS peuvent être le reflet de difficultés qu'il est nécessaire d'analyser afin d'améliorer encore la sûreté des installations.

En particulier, l'augmentation du nombre d'ESS en 2017 s'explique par une année 2017 marquée par une prolongation des arrêts de réacteur pour renouvellement du combustible [2]. Ainsi, les durées d'arrêt ont augmenté en moyenne de 29 jours, ce qui représente plus de 50 % de la durée prévisionnelle moyenne des arrêts (50 jours) de 2017. Ces périodes de prolongation d'arrêt sont souvent à l'origine de perturbations quant à l'organisation des activités en raison de la pression temporelle due à la volonté de redémarrer le réacteur au plus tôt, ce qui peut conduire à une augmentation du nombre de déclarations d'ESS. Ce point est également évoqué dans le rapport de

¹⁰ La gravité d'un ESS peut être évaluée en quantifiant l'accroissement du risque de fusion du cœur induit par l'occurrence de l'événement. Lorsque l'accroissement du risque de fusion du cœur est supérieur à 10^{-6} , l'événement est qualifié de « précurseur ».

¹¹ L'échelle internationale de classement des événements nucléaires, dite échelle INES (de l'anglais International Nuclear Event Scale) sert à mesurer la gravité d'un incident ou d'un accident nucléaire civil. Cette échelle compte huit niveaux de gravité notés de 0 à 7. Un écart est classé en niveau 0, un incident nucléaire est classé en niveau 1 à 3, et un accident nucléaire en niveau 4 à 7.

l'Inspecteur général pour la sûreté nucléaire et la radioprotection d'EDF (IGSNR) de l'année 2017 [6]. Pour l'année 2018, l'IGSNR indique que « *malgré une amélioration en 2018, la durée moyenne de prolongation des arrêts de tranche reste encore trop importante (13,4 jours de prolongation)* » [7].

Par ailleurs, d'autres points notables ont conduit à des difficultés d'exploitation des réacteurs sur la période 2015-2017. Ils sont détaillés ci-après.

Le premier est lié à l'identification de ségrégations en carbone¹² pour des pièces de forge. À la suite d'une anomalie relative à la teneur en carbone de la partie centrale du couvercle et du fond de la cuve de l'EPR de Flamanville 3, EDF a détecté une anomalie similaire sur certains fonds primaires de générateurs de vapeur (GV). Une teneur élevée en carbone peut conduire localement à des propriétés mécaniques plus faibles qu'attendues ([8] à [13]). Selon EDF [14], les investigations liées aux risques de ségrégation en carbone (contrôles sur site des fonds de GV, avec des mesures de teneur en carbone et des examens non destructifs) ont profondément désorganisé les activités des CNPE¹³.

Le deuxième point concerne la troisième visite décennale (VD3) de certains réacteurs du palier 1300 MWe. Cette VD3 a été particulièrement difficile pour le réacteur n° 2 de Paluel ; en particulier, un générateur de vapeur a chuté lors de sa manutention, en vue de son remplacement. Des difficultés pour réussir les VD3 1300 MWe perdurent en 2018. Ainsi, l'arrêt du réacteur n° 1 de Flamanville s'est prolongé de plusieurs mois. Les fragilités observées lors de cet arrêt ont notamment conduit l'IRSN à recommander que l'exploitant de Flamanville tire le retour d'expérience de la VD3 du réacteur n° 1 et mette en œuvre des actions, afin de s'assurer de la qualité des contrôles ainsi que des activités de maintenance et des modifications matérielles qui seront réalisées lors de la VD3 du réacteur n° 2 [15].

Le troisième point notable concerne les dégradations d'étanchéité de l'enveloppe du réacteur n° 5 de la centrale nucléaire du Bugey, ce qui a conduit à l'arrêt du réacteur pendant plus d'un an pour remettre en conformité l'installation ([16], [17]).

Enfin, le dernier point notable est la mise en surveillance renforcée par l'ASN de la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire en 2017. Cette surveillance renforcée a été décidée après avoir constaté une dégradation du niveau de sûreté sur ce site depuis 2016 et à la suite de dysfonctionnements organisationnels, de nature à dégrader la connaissance de l'état de conformité de matériels EIPS¹⁴, décelés lors d'une inspection renforcée ayant pour thème la gestion des écarts ([18], [19]).

➤ **Les difficultés liées au maintien de la conformité des installations**

L'année 2017 a été marquée par la découverte d'écarts remettant en cause la robustesse des installations en cas de séisme et dont les conséquences vis-à-vis de la sûreté étaient potentiellement importantes. Ainsi, EDF a déclaré à l'ASN quatre événements significatifs pour la sûreté classés au niveau 2 sur l'échelle INES, dont trois présentaient un caractère générique relatif à l'absence de garantie de tenue au séisme :

- des ancrages des équipements nécessaires au bon fonctionnement des groupes électrogènes de secours des paliers CP0 et 1300 MWe ;

¹² La ségrégation du carbone dans les aciers est un phénomène lié à une hétérogénéité de composition chimique qui se crée dans les lingots lors de la phase de refroidissement. De nombreuses expertises ont été réalisées tant pour le parc en exploitation que pour le réacteur EPR. L'ASN a ensuite donné son accord pour redémarrer les réacteurs concernés, moyennant des dispositions d'exploitation particulières.

¹³ CNPE : centre nucléaire de production d'électricité.

¹⁴ EIPS : équipement important pour la protection des intérêts relatif à la sûreté.

- des vases d'expansion du circuit de refroidissement des groupes électrogènes de secours du palier 1300 MWe ;
- de tuyauteries situées en station de pompage sur les paliers 900 MWe et 1300 MWe.

Le quatrième ESS classé au niveau 2 est relatif à l'absence de garantie de tenue au séisme de la digue de protection de la centrale nucléaire du Tricastin.

Ces ESS ont des origines diverses qui comprennent des faiblesses de conception, de réalisation et des dispositions historiques de maintien de la conformité (PBMP¹⁵, ECOT¹⁶, PIC¹⁷).

À l'issue de son analyse des indicateurs de sûreté relatifs à la conformité de l'installation pour la période 2015-2017, l'IRSN estime que son diagnostic établi dans le cadre de la préparation de la réunion du Groupe permanent relative au retour d'expérience pour la période 2012-2014 [20] est toujours d'actualité, avec notamment des difficultés récurrentes de maîtrise des référentiels de maintenance et d'exploitation ainsi que de maintien dans le temps de la qualification des EIPS.

Dans le cadre des VD4-900 et VD2-N4, l'IRSN a examiné l'exhaustivité des thèmes retenus par EDF pour démontrer la conformité de ses installations, notamment via les ECOT, ainsi que les actions d'EDF visant à renforcer les contrôles in situ [21]. Cette expertise a notamment conduit l'IRSN à recommander qu'EDF étende sa méthodologie de contrôle à l'ensemble des systèmes, structures et composants des systèmes ASG¹⁸, SEC¹⁹ et LHP/Q²⁰ (auxiliaires compris). Pour l'IRSN, ces contrôles spécifiques ont vocation à être étendus, par la suite, à d'autres systèmes importants pour la sûreté.

➤ **Les non-qualités de maintenance**

Pour la période 2015-2017, le nombre de non-qualités de maintenance reste élevé. À cet égard, EDF a défini et mis en place la démarche MQME pour améliorer la maintenance et l'exploitation. Pour l'IRSN, cette démarche est basée sur un diagnostic lacunaire se focalisant sur l'intervention et l'individu, ne traitant donc que partiellement les facteurs à l'origine des non-qualités de maintenance, dont plus de la moitié est issue d'une défaillance organisationnelle. Au cours de l'expertise, EDF s'est engagé à établir un nouveau diagnostic de l'ensemble de la démarche MQME visant à identifier les causes de natures technique, humaine et organisationnelle, et à faire évoluer le programme d'actions, si nécessaire. **L'IRSN estime que l'engagement d'EDF est satisfaisant.**

➤ **La fonction de sûreté « refroidissement » : des dysfonctionnements du système ASG**

Le système ASG est constitué de deux motopompes secourues électriquement et de deux turbopompes (une seule pour le palier 900 MWe) alimentées par un réservoir devant contenir en permanence une quantité d'eau suffisante pour refroidir le réacteur en situation accidentelle. Sur le palier 900 MWe, lors d'une situation de perte totale des alimentations électriques externes et internes, la turbopompe est le seul moyen permettant de garantir l'évacuation de la puissance résiduelle par les générateurs de vapeur.

L'analyse du retour d'expérience a permis d'identifier plusieurs cas de refus d'ouverture de vannes d'admission vapeur de la turbopompe pour le palier 900 MWe entre 2007 et 2016. Ce sujet a fait l'objet d'un avis de l'IRSN [22]

¹⁵ PBMP : programme de base de maintenance préventive.

¹⁶ ECOT : examen de conformité de tranche.

¹⁷ PIC : programme d'investigations complémentaires.

¹⁸ ASG : système d'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur.

¹⁹ SEC : système d'eau brute secourue.

²⁰ LHP/Q : système de production 6,6 kV alternatif secouru, respectivement de la voie A (LHP) et de la voie B (LHQ).

repris par l'ASN [23] qui a conduit à demander à EDF de déployer « *la solution d'amélioration de l'actionneur au plus tôt et de manière prioritaire sur les réacteurs qui présentent un bilan matériel qualitatif défavorable* ». À la suite de cette demande, EDF a mis en place un plan d'actions afin de définir une modification de l'actionneur des vannes d'admission vapeur, ainsi qu'une stratégie de déploiement de cette solution sur le palier 900 MWe lors des prochaines campagnes d'arrêt pour renouvellement du combustible.

L'IRSN a également relevé des défauts récurrents dans la qualité de la maintenance sur certains organes nécessaires au bon fonctionnement des turbopompes du système ASG. Les défauts mis en évidence par l'IRSN ont notamment conduit EDF à mettre à jour certaines gammes de maintenance de ce système pour le palier 1300 MWe [5].

➤ **La fonction support « sources électriques de puissance » : un haut niveau de fiabilité des sources électriques pas encore atteint**

En 2015, un écart de conformité, concernant un risque de température élevée dans les locaux du TAS LLS²¹ lors de son fonctionnement, a été caractérisé sur tous les réacteurs du parc, excepté ceux de Fessenheim [24]. Dans l'attente du traitement de cet écart, l'ASN a notamment demandé à EDF de résorber, au plus tard dès le premier arrêt de chaque réacteur, l'ensemble des écarts susceptibles de compromettre la fiabilité des sources électriques de puissance [25]. Malgré cette demande de l'ASN, la période a été marquée par des écarts affectant les groupes électrogènes de secours à moteur Diesel, ainsi que différents matériels nécessaires au bon fonctionnement de la fonction support « sources électriques de puissance ». Ces écarts comprennent notamment :

- des défaillances matérielles récurrentes des turbines à combustion (TAC). EDF a prévu de remplacer les TAC obsolètes entre 2020 et 2025 ;
- un écart de conformité affectant les disjoncteurs 6,6 kV de la centrale nucléaire de Saint-Alban, ceux-ci étant spécifiques aux réacteurs de ce site. Les actions immédiates engagées par l'exploitant pour écarter à court terme tout dysfonctionnement ont été jugées satisfaisantes par l'IRSN ;
- la problématique foisonnante des défauts de montage de câbles dans les borniers électriques²² ou des défauts des borniers eux-mêmes.

➤ **La fonction support « protection et détection incendie » : des difficultés persistantes dans la maîtrise du risque incendie**

Pour la période 2015-2017, les ESS portant sur la maîtrise de la sectorisation incendie et relevant de difficultés pour respecter la conduite à tenir lors de l'indisponibilité de détecteurs d'incendie persistent. De manière générale, ces ESS montrent des faiblesses dans la maîtrise du risque d'incendie, déjà mises en évidence à plusieurs reprises par l'IRSN. Celles-ci ont notamment été mises en exergue lors du départ de feu survenu sur la toiture d'un bâtiment périphérique du réacteur n° 5 de la centrale nucléaire du Bugey, qui a conduit à un déclenchement du plan d'urgence interne (PUI) et au grément de l'organisation nationale de crise. Le rapport de l'IGSNR d'EDF [6] pointe également une hausse du nombre « *d'événements majeurs et marquants au regard de l'incendie* » ainsi que des faiblesses dans la prévention incendie. **Compte tenu de ces éléments, l'IRSN considère que les difficultés de maîtrise du risque d'incendie sont récurrentes, qu'EDF ne prend pas la mesure du problème et n'engage pas les actions suffisantes pour le résoudre. Ainsi, des progrès sont toujours attendus notamment dans la gestion de l'inhibition des systèmes de sécurité incendie et dans la gestion des ruptures de sectorisation.**

²¹ TAS LLS : turboalternateur d'ultime secours en 380 V.

²² Par ces borniers électriques transitent des informations (paramètres physiques, ordres de manœuvre de différents actionneurs, signaux de surveillance interne des automates).

Dans le cadre de l'expertise, EDF s'est engagé à mener une analyse des ESS liés au non-respect de la conduite à tenir spécifiée dans les spécifications techniques d'exploitation à la suite de l'indisponibilité de systèmes de détection incendie et à proposer des actions d'amélioration pour fin 2019.

➤ **Des fragilités dans la conduite et l'exploitation des installations**

Au terme de son expertise, l'IRSN a relevé que le nombre d'événements liés à des défauts de pilotage et de surveillance pour la période reste élevé et augmente en fin de période scrutée, ainsi qu'en 2018. Ce constat figure également dans le rapport de l'année 2017 de l'IGSNR qui mentionne que « *des signaux faibles subsistent dans la qualité d'exploitation. Je recommande aux directeurs [du parc] de mieux ancrer l'application des fondamentaux de la conduite dans les processus et les indicateurs* » [6]. **L'IRSN considère à cet égard qu'EDF doit mesurer l'efficacité des dispositions mises en place afin d'améliorer le pilotage et la surveillance des installations.**

Les essais périodiques (EP) sont réalisés pour vérifier, au cours de l'exploitation des réacteurs, la disponibilité des circuits et des matériels associés assurant des fonctions de sûreté ainsi que la disponibilité des moyens indispensables à la mise en œuvre des procédures de conduite incidentelle et accidentelle. Pour la période étudiée, l'analyse des causes des ESS liés à un défaut d'application des gammes opératoires d'EP a mis en évidence une fragilité relative au contrôle technique de ces EP. L'IRSN estime que le diagnostic établi par EDF et le plan d'actions en cours de déploiement sur les centrales nucléaires pour améliorer le contrôle technique lors des EP sont satisfaisants. Néanmoins, pour la période 2015-2017, plusieurs gammes opératoires utilisées sur les CNPE ont été détectées erronées à la suite d'une erreur de déclinaison des règles d'EP. Ces gammes erronées sont souvent génériques. **L'IRSN considère qu'EDF doit sensibiliser l'ensemble des entités participant à l'élaboration et à la validation des gammes d'essais périodiques mutualisées avant leur mise en œuvre sur l'ensemble des sites concernés. À ce titre, l'IRSN a recommandé [2] qu'EDF s'assure que l'organisation mise en place afin d'élaborer les gammes d'essais périodiques mutualisées permet de détecter précocement les éventuels écarts et veille à ce que les gammes en écart soient corrigées rapidement.**

Enfin, une augmentation du nombre d'événements liés aux erreurs de lignage a été relevée sur la période. À ce titre, l'IRSN estime que le plan mis en place par EDF pour réduire ce type de défauts ne porte pas encore complètement ses fruits.

➤ **Les défauts d'analyse de risques**

Initialement conçue comme un levier du management de la sûreté, l'analyse de risques est, depuis 2014, définie comme un levier de la performance globale de l'intervention et couvre l'ensemble des risques (sûreté, sécurité, radioprotection, environnement, disponibilité...). Pour la période 2015-2017, les défauts d'analyse de risques augmentent et représentent la principale cause des ESS liés aux défauts de maîtrise des interventions de maintenance et de modification matérielle. En particulier, la répétition d'ESS similaires montre l'existence de difficultés pour capitaliser le REX dans les analyses de risques d'EDF ; ce point de vue est partagé par EDF. **À cet égard, l'IRSN estime que la qualité des analyses de risques ne permet toujours pas d'obtenir le haut niveau d'exigence attendu pour les activités de maintenance et de modification matérielle.**

➤ **Les événements précurseurs**

La gravité d'un ESS peut être évaluée en quantifiant l'accroissement du risque de fusion du cœur induit par l'occurrence de l'événement. Lorsque l'accroissement du risque de fusion du cœur est supérieur à 10^{-6} , l'événement est qualifié de « précurseur ». Cette méthode, basée sur les études probabilistes de sûreté, est utilisée en

complément des méthodes classiques d'analyse du REX afin d'évaluer la gravité d'un événement en prenant en compte l'état réel de l'installation.

Afin de s'approcher au plus près de la situation réelle du réacteur sur lequel un événement précurseur s'est produit, l'IRSN s'est efforcé de prendre en compte, dans ses évaluations, l'ensemble des écarts présents simultanément sur le réacteur, dont les écarts de conformité. Certains écarts peuvent affecter des lignes de défense en lien avec l'événement précurseur et donc aggraver ses conséquences.

Ainsi, l'IRSN a caractérisé 25 ESS précurseurs ayant affecté les réacteurs entre 2015 et 2017, ce qui représente un peu plus de 1 % des ESS. La moitié des ESS précurseurs a pour origine une non-qualité de maintenance.

Comme cela avait déjà été mis en évidence au cours de la réunion du Groupe permanent relative au retour d'expérience pour la période 2012-2014 [20], les ESS précurseurs mettent aussi en évidence des défauts de préparation des activités, des manques dans les prérequis et les attendus du contrôle technique, des lacunes dans l'organisation du traitement du retour d'expérience. De plus, les signaux faibles, révélateurs de l'émergence d'un écart, ne sont parfois pas traités avec suffisamment de réactivité, voire de rigueur.

Plus spécifiquement, l'IRSN s'est intéressé au plan d'actions national visant à améliorer la visibilité de la position des organes difficilement contrôlables a posteriori (ODCAP). À cet égard, EDF s'est engagé à améliorer la visibilité de la position des ODCAP pour l'ensemble des réacteurs du parc en exploitation. **L'IRSN estime que l'engagement pris par EDF est satisfaisant.**

Par ailleurs, l'IRSN est dans l'attente de la réalisation et de la présentation par EDF de l'analyse probabiliste relative au cumul des écarts de conformité dans les comptes rendus des ESS identifiés précurseurs par EDF, comme il s'y était engagé dans le cadre d'une expertise précédente [20]. Cette analyse complémentaire devrait permettre d'enrichir considérablement l'évaluation par l'exploitant des conséquences potentielles des ESS.

➤ **La prise en compte du REX international d'intérêt**

L'IRSN estime que la prise en compte par EDF du REX international est globalement satisfaisante. Toutefois, l'exhaustivité de la sélection d'EDF ainsi que les délais d'analyse et de traitement ne sont pas toujours adaptés aux enjeux de sûreté, en particulier pour juger de l'applicabilité aux réacteurs français des cas suivants :

- présence de PTFE²³, polymère qui se dégrade rapidement sous irradiation, dans les pompes des systèmes d'aspersion dans l'enceinte et d'injection de sécurité (REX États-Unis - 2017) ;
- corrosion excessive de gaines de crayons de combustible de type M5® (REX Allemagne - 2017) ;
- court-circuit de batterie et de chargeur induisant la perte d'une voie du réseau de distribution à courant continu (REX États-Unis - 2017).

À l'issue de l'expertise de l'IRSN, EDF s'est engagé à approfondir ces points. **L'IRSN estime que l'engagement pris par EDF est satisfaisant.**

²³ PTFE : polytétrafluoroéthylène, fluoropolymère issu du tétrafluoroéthylène.

ÉVALUATION DE LA RADIOPROTECTION DES TRAVAILLEURS POUR LA PÉRIODE 2015-2017

Au début des années 90, EDF a adopté la démarche ALARA²⁴ afin de sensibiliser tous les intervenants aux efforts à réaliser pour baisser les doses individuelles, mais aussi de manière à inscrire dans la durée des pratiques et des moyens permettant d'abaisser les doses reçues. Ainsi, la dose moyenne individuelle a été divisée par 2,5 en 20 ans (1992 à 2012) et la dose collective par 3,5.

Concernant la radioprotection des travailleurs, dans le cadre de la présente expertise, l'IRSN a analysé en particulier les points suivants :

- le retour d'expérience événementiel présenté par EDF et les plans d'actions associés ;
- l'évolution des doses reçues par les travailleurs.

➤ Le bilan des événements significatifs pour la radioprotection

Après une augmentation significative du nombre d'ESR déclarés par EDF entre 2011 et 2013, celui-ci s'est stabilisé entre 110 et 119 entre 2013 et 2016, mais augmente en 2017 avec 131 ESR. Ainsi, 2017 constitue l'année ayant présenté le plus grand nombre d'ESR depuis 2011 (Figure 2). De la même manière que pour les ESS, cette augmentation du nombre des ESR est très vraisemblablement en lien avec la prolongation des arrêts de réacteur pour renouvellement du combustible. Par ailleurs, pour la période 2015-2017, un ESR de niveau 2 sur l'échelle INES a été déclaré. Il s'agit d'un événement survenu à la centrale nucléaire de Blayais en 2015 où un intervenant a intégré une dose équivalente à la peau supérieure à la limite annuelle (500 mSv).

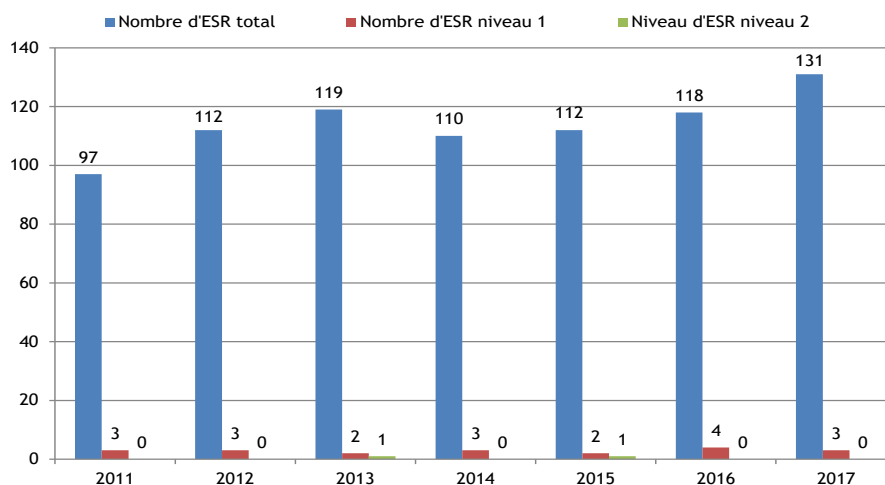


Figure 2 : nombre d'ESR déclarés par an, entre 2011 et 2017, en fonction de leur niveau sur l'échelle INES

Au terme de son expertise, trois types d'ESR ont retenu l'attention de l'IRSN et ont fait l'objet d'actions de la part d'EDF. Ces points sont détaillés ci-après.

Depuis 2014, une augmentation du nombre d'ESR relatifs à des accès « non-autorisés » d'intervenants en zone réglementée est constatée. En particulier, pour les situations dans lesquelles des intervenants doivent accéder à des zones réglementées situées en dehors de l'îlot nucléaire, l'IRSN considère que la vigilance devrait être renforcée car

²⁴ ALARA : As Low As Reasonably Achievable.

aucun moyen de vérification automatique des conditions et des autorisations d'accès n'existe. Sur ce point, EDF s'est engagé à rappeler les exigences pour accéder, circuler et intervenir en zones surveillées et contrôlées. **L'IRSN estime que l'engagement pris par EDF est satisfaisant.**

Le nombre d'ESR déclarés à la suite de l'absence du port du dosimètre²⁵ a diminué sur la période 2015-2017, passant de 23 ESR à 16 ESR, mais a fortement augmenté en 2018 (46 ESR). Ces ESR constituent la deuxième catégorie d'ESR la plus déclarée et sont principalement dus à l'oubli des dosimètres dans le vestiaire « chaud » ainsi qu'à une méconnaissance des risques encourus et des règles, voire à une mauvaise préparation de l'activité. Aussi, EDF s'est notamment engagé à mettre en place un « noyau dur » de parades sur tous les sites avant mars 2020. Cette action vise à harmoniser les parades déjà expérimentées par différents sites. En parallèle, une sensibilisation des prestataires, le plus souvent à l'origine de ce type d'ESR, va être menée. Un bilan d'efficacité de ces actions sera réalisé dans le cadre des prochains bilans de radioprotection. **L'IRSN estime que l'engagement pris par EDF est satisfaisant.**

La préparation des interventions présentant des risques de dispersion atmosphérique de contamination radiologique a notamment pour objectif de prévoir toutes les dispositions de prévention de ces risques et de surveillance (humaine et radiologique) associées. Or l'analyse des ESR montre des faiblesses de cette phase préparatoire. Au cours de l'expertise, EDF a notamment précisé les décisions issues de la revue 2018 du macro-processus « radioprotection » qui prévoient de renforcer la prise en compte du risque de contamination dans les formations des différents métiers et la mise à disposition des CNPE d'un référentiel simplifié commun des exigences pour réaliser des visites de terrain concernant la maîtrise de la contamination. **L'IRSN estime que l'engagement pris par EDF est satisfaisant.**

➤ **L'évaluation des doses reçues par les travailleurs**

En 2017, EDF a affiché la dose collective moyenne par réacteur la plus faible de l'histoire du parc des REP français (0,61 H.Sv/réacteur). Néanmoins, ce niveau d'exposition reste relativement élevé par rapport aux parcs nucléaires étrangers constitués de réacteurs de même technologie (réacteurs à eau sous pression). Par ailleurs, les informations à disposition dans les bilans d'EDF ne permettent pas de comparer les doses reçues entre la France et l'étranger, et d'en tirer des enseignements relatifs à l'efficacité des démarches d'optimisation de la radioprotection mises en œuvre par EDF. Dans le cadre de la présente expertise, EDF s'est engagé à comparer les différences entre les réacteurs français et étrangers sur la base d'une analyse de tendance incluant plusieurs années. **L'IRSN estime que l'engagement pris par EDF est satisfaisant.**

En outre, EDF s'est engagé à compléter ses bilans annuels de radioprotection en indiquant les doses équivalentes aux extrémités et au cristallin. **L'IRSN estime que l'engagement pris par EDF est satisfaisant.**

²⁵ Dosimètre : appareil de mesure de la dose radiologique reçue par un intervenant travaillant en zone contrôlée.

IMPACT DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE EN EXPLOITATION SUR L'ENVIRONNEMENT POUR LA PÉRIODE 2015-2017

La performance environnementale peut s'apprécier sur le long terme et à la vue des résultats acquis. EDF maintient et même poursuit ses efforts de réduction et de maîtrise des rejets. L'ensemble des actions d'EDF s'est notamment traduit par une réduction très sensible de l'activité des rejets d'effluents liquides dont l'activité rejetée a désormais atteint un niveau plancher autour de 0,3 GBq/réacteur/an (division par 100 de l'activité des rejets, sauf pour le tritium et le carbone 14, depuis 1985, et division par 10 depuis 1994), les valeurs de rejets récentes fluctuant très légèrement (en raison du nombre et de la durée des arrêts, de l'indisponibilité d'équipements...) [26].

Les analyses de la surveillance de l'environnement intégrant les résultats issus des suivis radio-écologiques contribuent à la démonstration du très faible impact des rejets d'effluents radioactifs des sites sur l'environnement et confirment une baisse générale de l'activité des radionucléides émetteurs gamma artificiels mesurés dans les matrices environnementales surveillées [27].

Depuis 2011, le nombre d'ESE déclarés chaque année ne présente pas d'évolution significative, mais oscille autour de 100 déclarations par an (Figure 3).

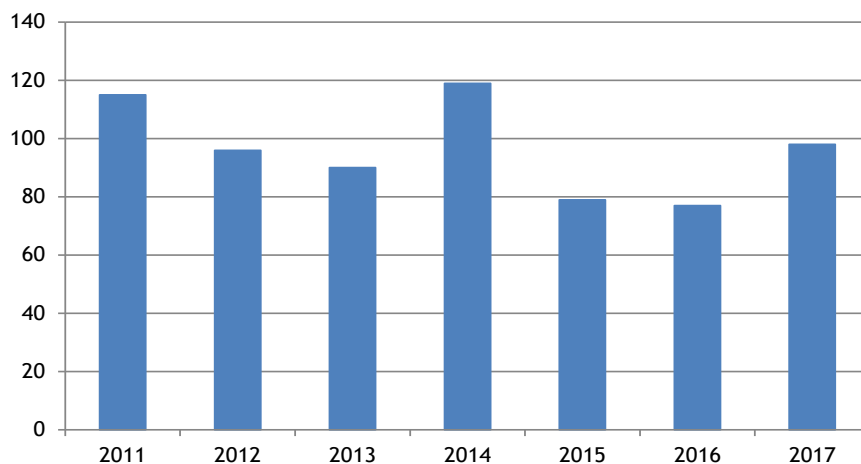


Figure 3 : nombre d'ESE déclarés par an, entre 2011 et 2017.

Deux types d'événements ressortent de l'analyse des déclarations d'EDF ; il s'agit :

- des événements liés à la maîtrise des rejets. Pour ce type d'événement, les causes sont essentiellement liées à des défaillances organisationnelles. Les principaux types de rejets concernent les « rejets radioactifs hors-tritium », les « rejets chimiques issus de la station d'épuration » et les « rejets chimiques - déversement d'hydrocarbure » ;
- des événements liés aux gaz à effet de serre.

Pour ce qui concerne les gaz à effet de serre, les émissions de fluides frigorigènes contenus dans les groupes frigorifiques constituent la source principale des déclarations d'ESE par EDF. Ces ESE sont essentiellement dus à des défaillances matérielles qui peuvent être liées, dans certains cas, à l'intégration de nouveaux groupes frigorifiques dans le cadre de modifications matérielles. Par ailleurs, à la suite d'un avis formulé par l'IRSN [4], les émissions de SF₆, dont l'impact est environ dix fois plus important que celui des autres gaz à effet de serre présents sur les CNPE, font désormais l'objet d'ESE, à l'instar des autres gaz à effet de serre. De plus, un plan de résorption pour diminuer les émissions de SF₆ a été mis en place par EDF.

Enfin, le bilan des inspections a montré quelques lacunes de la part d'EDF. **Dans les domaines du zonage et du contrôle des déchets radioactifs, EDF a pris des engagements qui sont satisfaisants.** De plus, dans le cadre des opérations de compactage des déchets nucléaires, l'IRSN estime qu'EDF doit s'assurer que les dispositions mises en œuvre permettent d'exclure tout risque de dissémination des substances radioactives [28].

Pour le Directeur général et par délégation,

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Références

- [1] Saisine ASN - CODEP-DCN-2018-017305 du 24 août 2018 : « Analyse du retour de l'exploitation des réacteurs électronucléaires sur la période 2015-2017 ».
- [2] Avis IRSN - 2016-00271 du 4 août 2016 : « REP - Analyse du retour d'expérience - Tendances issues des déclarations d'événements significatifs pour la sûreté et la radioprotection d'Électricité de France pour l'année 2015 ».
- [3] Avis IRSN - 2017-00167 du 17 mai 2017 : « EDF - REP - Analyse du retour d'expérience - Tendances issues des déclarations d'événements significatifs pour la sûreté et la radioprotection d'EDF pour l'année 2016 ».
- [4] Avis IRSN - 2018-00055 du 2 mars 2018 : « EDF - REP - Analyse du retour d'expérience - Tendances issues des déclarations d'événements significatifs pour l'environnement d'EDF pour les années 2015 et 2016 ».
- [5] Avis IRSN - 2018-00227 du 10 août 2018 : « EDF - REP - Analyse du retour d'expérience - Tendances issues des déclarations d'événements significatifs pour la sûreté et la radioprotection d'EDF pour l'année 2017 ».
- [6] Rapport EDF pour l'année 2017 de l'Inspecteur général pour la sûreté nucléaire et la radioprotection du 24 janvier 2018.
- [7] Rapport EDF pour l'année 2018 de l'Inspecteur général pour la sûreté nucléaire et la radioprotection du 21 janvier 2019.
- [8] Avis IRSN - 2015-00118 du 3 avril 2015 : « EPR Flamanville 3 - Qualification technique des calottes du couvercle et du corps de la cuve du réacteur ».
- [9] Rapport IRSN - 2015-00010 du 16 septembre 2015 : « Analyse de la démarche proposée par AREVA pour justifier de la ténacité suffisante des calottes du fond et du couvercle de la cuve de l'EPR de Flamanville 3 ».
- [10] Rapport IRSN - 2016-00005 du 10 juin 2016 : « Démarche proposée par AREVA pour justifier de la ténacité suffisante des calottes du fond et du couvercle de la cuve de l'EPR de Flamanville 3 ».
- [11] Avis IRSN - 2016-00369 du 30 novembre 2016 : « Ségrégation du carbone des fonds primaires de générateurs de vapeur - Maintien en service des fonds de fabrication Japan Casting and Forging Corporation ».
- [12] Avis IRSN - 2017-00014 du 13 janvier 2017 : « Maintien en service des fonds primaires fabriqués par Japan Casting and Forging Corporation - Générateurs de vapeur équipant les réacteurs de Civaux 1 et Civaux 2 ».
- [13] Rapport IRSN - 2017-00011 du 12 juin 2017 : « GP ESPN des 26 et 27 juin 2017 - Analyse des conséquences de l'anomalie des calottes de la cuve du réacteur EPR de Flamanville sur leur aptitude au service ».
- [14] Rapport EDF pour l'année 2016 de l'Inspecteur général pour la sûreté nucléaire et la radioprotection du 15 février 2017.

- [15] Avis IRSN - 2018-00314 du 3 décembre 2018 : « EDF - REP - Centrale nucléaire de Flamanville - INB 109 - Réacteur n° 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour troisième visite décennale en 2019 ».
- [16] Avis IRSN - 2017-00061 du 16 février 2017 : « EDF - REP - Centrale nucléaire du Bugey - Réacteur n° 5 - INB 89 - Défauts d'étanchéité de l'enceinte de confinement ».
- [17] Avis IRSN - 2017-00098 du 21 mars 2017 : « EDF - REP - Centrale nucléaire du Bugey - Réacteur n° 5 - INB 89 - Défauts d'étanchéité de l'enceinte de confinement du réacteur - Modification du joint périphérique du bâtiment réacteur ».
- [18] Lettre ASN - CODEP-OLS-2017-019127 du 12 mai 2017 : « Contrôle des installations nucléaires de base - CNPE de Belleville-sur-Loire - INB n° 127 et 128 - Inspection n° INSSN-OLS-2017-002 des 4 et 5 avril 2017 - Gestion des écarts ».
- [19] Lettre ASN - CODEP-OLS-2017-038155 du 22 septembre 2017 : « Plan de management de la sûreté et surveillance renforcée ».
- [20] Avis IRSN - 2016-00414 du 28 décembre 2016 : « Réacteurs électronucléaires - EDF - Examen du retour d'expérience des réacteurs à eau sous pression du parc nucléaire - Période 2012-2014 ».
- [21] Avis IRSN - 2019-00048 du 6 mars 2019 : « EDF - REP - Vérification de la conformité des réacteurs de 900 MWe et de 1450 MWe ».
- [22] Avis IRSN - 2017-00160 du 12 mai 2017 : « REP - EDF - Prise en compte du retour d'expérience d'exploitation (REX) - Dysfonctionnement à l'ouverture des vannes d'admission de vapeur à la turbopompe du système ASG des réacteurs du palier 900 MWe (CPY et Bugey) ».
- [23] Courrier ASN - CODEP-DCN-2017-020504 du 13 juillet 2017 : « Réacteurs électronucléaires - EDF - Palier 900 MWe (CPY et Bugey) - Dysfonctionnement des vannes d'admission vapeur de la turbopompe du système ASG ».
- [24] Avis IRSN - 2015-00270 du 12 août 2015 : « EDF - REP - Tous paliers - Écart de conformité relatif à la température dans les locaux LLS (EC 249) ».
- [25] Lettre ASN - CODEP-DCN-2015-042199 du 23 décembre 2015 : « Réacteurs électronucléaires - EDF - Tous paliers hors Fessenheim - Température dans les locaux LLS (écart de conformité n° 249) ».
- [26] France - Convention sur la sûreté nucléaire (CSN) - Septième rapport national établi en vue de la réunion d'examen de 2017 - Août 2016.
- [27] Rapport IRSN - Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017.
- [28] Avis IRSN - 2017-00003 du 6 janvier 2017 : « EDF - Palier N4 - Réexamen de sûreté des bâtiments de traitement des effluents (BTE) du palier N4 à l'occasion de leur deuxième visite décennale ».