

Fontenay-aux-Roses, le 31 mai 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00115

Objet : EDF - REP - Analyse du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs électronucléaires Année 2020.

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, la radioprotection et l'environnement déclarés par Électricité de France (EDF) en 2020 pour l'ensemble de son parc électronucléaire¹.

Pour apprécier la sûreté des réacteurs du parc EDF en fonctionnement, l'analyse de l'IRSN se base sur diverses données issues du suivi de l'exploitation des réacteurs d'EDF, ainsi que sur l'examen des enseignements tirés du retour d'expérience (REX) international de l'exploitation des réacteurs électronucléaires (données provenant principalement de l'AIEA² et de la NRC³).

L'évaluation de l'IRSN présentée ci-après prend ainsi en compte, d'une part l'ensemble des événements significatifs pour la sûreté (ESS), pour la radioprotection (ESR) et pour l'environnement (ESE) déclarés par EDF, d'autre part les informations issues des rapports d'inspections de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et des expertises de l'IRSN menées dans le cadre du suivi de l'exploitation des réacteurs d'EDF.

Elle repose sur des méthodes et outils d'analyse du REX, qui visent à appréhender le contexte global dans lequel un événement s'est produit et comprendre les différents facteurs, qu'ils soient d'origine matérielle, organisationnelle ou humaine, qui en sont à l'origine et ceux qui ont permis sa maîtrise. Cette analyse met en évidence des points de fragilité qui font ensuite l'objet d'un examen plus approfondi.

Les principales conclusions de l'analyse réalisée par l'IRSN du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs électronucléaires en matière de sûreté, de radioprotection et d'environnement pour la période 2020 sont présentées ci-après.

¹ À la suite de la mise à l'arrêt définitif du réacteur n° 1 puis du réacteur n° 2 du centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Fessenheim, respectivement le 21 février et le 29 juin 2020, le parc électronucléaire comprend à présent un total de 56 réacteurs à eau sous pression (REP) en fonctionnement. Ceux-ci sont classés selon trois paliers en fonction de la puissance électrique fournie : 900 MWe (32 réacteurs), 1300 MWe (20 réacteurs) et 1450 MWe (quatre réacteurs).

² AIEA : Agence internationale de l'énergie atomique.

³ NRC : Nuclear Regulatory Commission (USA).

1. AVANT-PROPOS CONCERNANT LA CRISE SANITAIRE DE LA COVID-19

L'exploitation du parc électronucléaire français en 2020 a été marquée par la crise sanitaire de la COVID-19 et, plus particulièrement, par les confinements instaurés du 17 mars au 10 mai 2020 puis du 30 octobre au 14 décembre 2020 sur l'ensemble du territoire national pour lutter contre la propagation de l'épidémie. Dans ce contexte inédit, tous les exploitants ont dû soudainement adapter leur fonctionnement pour concilier la protection du personnel contre la COVID-19, la mission de service public de continuité de la production d'électricité et la sûreté des installations.

En particulier, dans les premiers temps du confinement, EDF a vu brutalement chuter l'effectif du personnel présent dans ses 19 centres nucléaires de production d'électricité (CNPE). Pour assurer la continuité de ses activités, EDF a rapidement adapté son organisation en ayant massivement recours au télétravail et en mettant en œuvre une charte de protection contre la COVID-19 pour le personnel intervenant sur les sites. De plus, des instances nationales de pilotage stratégique et opérationnel dédiées à la crise sanitaire ont été mises place et ont permis d'assurer le lien avec les CNPE. Par ailleurs, du fait du ralentissement des activités, de la plus faible demande en électricité et de la nécessité de sécuriser les moyens de production disponibles pour l'hiver 2020-2021, la planification des arrêts des réacteurs a dû être fortement modifiée.

Ainsi, le contexte de crise sanitaire décrit *supra* fait de 2020 une année atypique pour l'exploitation du parc électronucléaire et doit donc être conservé à l'esprit à la lecture du présent avis.

2. ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE EN FONCTIONNEMENT POUR L'ANNEE 2020

Pour l'année 2020, l'IRSN a analysé l'ensemble des ESS déclarés par EDF, en s'appuyant pour certains sujets sur des informations complémentaires issues des inspections menées par l'ASN. Dans ce cadre, l'analyse s'est en particulier focalisée sur les thématiques suivantes :

- les événements précurseurs⁴ ;
- les activités susceptibles de défiabiliser des fonctions ou des matériels requis ;
- les réglages sensibles ;
- l'exploitation et la maintenance de la source froide ;
- la crise sanitaire de la COVID-19 ;
- les sites en difficulté et l'analyse prospective du REX de Flamanville ;
- la rénovation du système RPN⁵.

La prise en compte du REX international par EDF n'appelle pas de commentaire de la part de l'IRSN, qui la juge satisfaisante sur la période considérée.

⁴ 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} par an, l'événement est qualifié de « précurseur ».

⁵ RPN : système de mesure de la puissance nucléaire.

2.1. LE BILAN DES ÉVÉNEMENTS SIGNIFICATIFS POUR LA SÛRETÉ

2.1.1. Bilan quantitatif des événements significatifs pour la sûreté

L'année 2020 se caractérise d'une part par une stabilisation du nombre de déclarations d'ESS par rapport à 2019, où une forte augmentation avait été constatée par rapport à 2018, d'autre part par l'absence de déclaration d'ESS de niveau 2 sur l'échelle INES⁶, tandis que l'année 2019 en comptait quatre.

Ces constats sont à mettre en regard du nombre important d'arrêts pour économie de combustible en 2020, ainsi qu'aux prolongations d'arrêt significatives sans activité programmée, liés la crise sanitaire, pourtant peu propices à la déclaration d'événement.

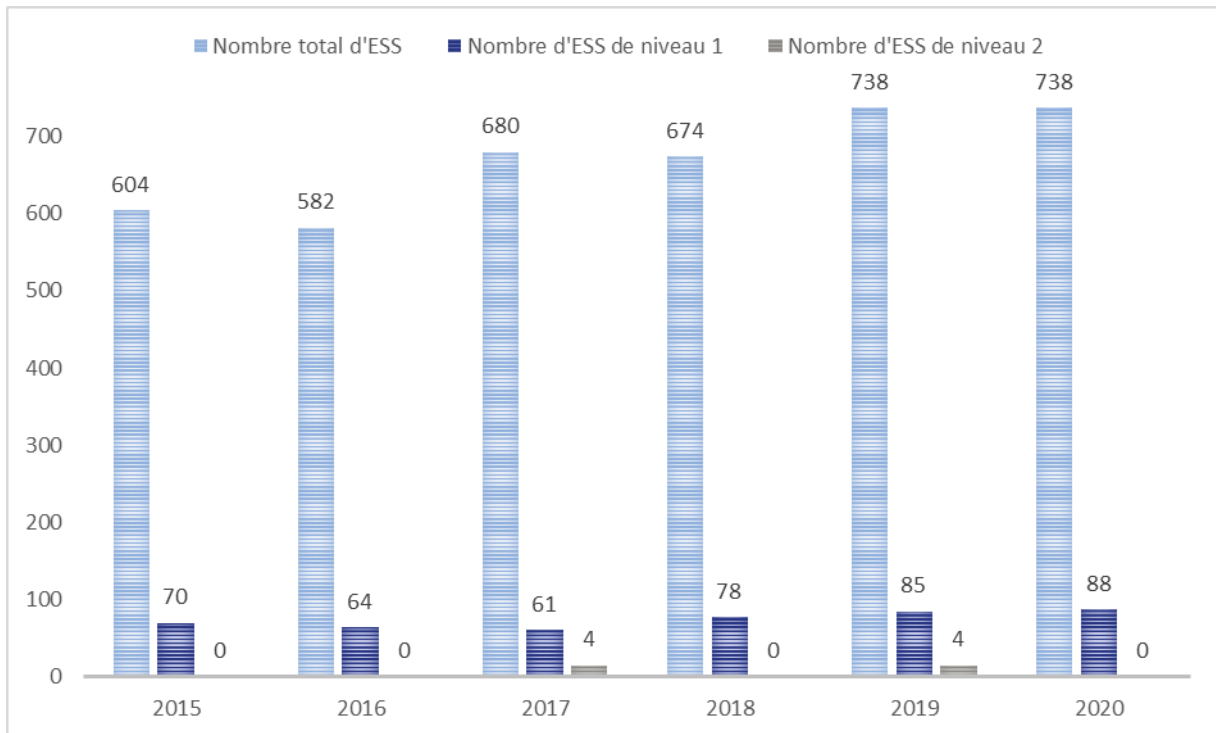


Figure 1. Nombre d'ESS déclarés par an, entre 2015 et 2020, en fonction de leur niveau sur l'échelle INES.

La crise sanitaire de la COVID-19 confère à l'année 2020 une signature assurément différente des précédentes périodes d'examen du retour d'expérience, notamment lors des périodes de confinement où le nombre d'ESS déclarés est moindre qu'à l'accoutumée, suivies systématiquement d'un « rattrapage » de déclarations les mois suivants. **Hormis ces variations mensuelles atypiques du nombre d'ESS, l'année 2020 ne présente pas d'autre caractéristique spécifique.** À cet égard, l'absence d'ESS « marquant » imputable à la crise sanitaire est à souligner.

L'examen de l'année 2020 met toutefois en exergue une hausse significative, initiée depuis 2018, des non-respects des spécifications techniques d'exploitation. Ce résultat non satisfaisant nécessite qu'EDF caractérise rapidement les origines de ces non-respects, dans un contexte où, de manière générale, les règles générales d'exploitation ont tendance à se complexifier, du fait de la prise en compte de nouveaux champs couverts par la

⁶ L'échelle internationale de classement des événements nucléaires, dite échelle INES (de l'anglais *International Nuclear Event Scale*), permet d'aider la population et les médias à comprendre immédiatement la gravité d'un incident ou d'un accident dans le domaine nucléaire. 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.

démonstration de sûreté à l'issue des réexamens périodiques. **Des progrès significatifs dans ce domaine sont donc attendus dans les années à venir.**

2.1.2. Analyse transverse des événements significatifs pour la sûreté

Pour compléter l'analyse quantitative des ESS déclarés en 2020, l'IRSN a identifié quatre thématiques nécessitant un examen spécifique eu égard à la récurrence de certains aléas d'exploitation ou de certaines défaillances matérielles constatés dans le cadre du suivi régulier des déclarations d'ESS mené par l'IRSN. Les thématiques retenues par l'IRSN concernent les indisponibilités de chaînes KRT⁷, le système JDT⁸, les défaillances de matériels électriques de type onduleurs et les indisponibilités des baies KCO⁹. L'IRSN a ensuite mené une analyse transverse de ces thématiques visant à identifier les défaillances et les succès des dispositifs techniques et organisationnels nécessaires à la maîtrise des activités.

De manière générale, pour les différentes thématiques retenues (KCO, KRT, onduleurs, etc.), EDF a déjà engagé des plans d'actions ou a pris des engagements dans le cadre de l'expertise qui constituent des leviers pour l'amélioration de la sûreté des installations, et que l'IRSN juge satisfaisants.

2.2. 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} par an, 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'identifier 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 potentielles.

Ainsi, l'IRSN a caractérisé 17 ESS précurseurs ayant affecté les réacteurs entre le 1^{er} juillet 2019 au 30 juin 2020, ce qui représente un peu plus de 2 % des ESS. Bien que les événements précurseurs identifiés soient répartis de manière relativement homogène entre les familles d'initiateurs redoutés¹⁰, les causes de ces événements précurseurs proviennent principalement des activités de maintenance (non-qualités de maintenance, lacunes organisationnelles, référentiel de maintenance incomplet ou anomalies relatives à des pièces de rechange), mais également d'erreurs de lignage, de vieillissement prématuré d'un matériel ou de modification matérielle inadaptée.

Concernant le programme précurseur d'EDF, l'identification des événements précurseurs est maintenant bien intégrée au processus de traitement du REX. **Néanmoins, l'IRSN considère que l'éclairage probabiliste n'est pas suffisamment valorisé dans la définition des actions à mettre en œuvre.**

⁷ KRT : système de mesure de radioprotection de tranche.

⁸ JDT : système de détection incendie.

⁹ KCO : système de contrôle-commande Controbloc du réacteur. Le controbloc est un automate de contrôle-commande composé de plusieurs châssis dédiés au traitement des capteurs/actionneurs tout ou rien. Il assure la logique de démarrage et d'arrêt des matériels des systèmes nécessaires pour ramener le réacteur dans un état d'arrêt sûr. Il assure le regroupement en salle de commande des informations relatives au système de protection et aux systèmes de sauvegarde.

¹⁰ Les initiateurs redoutés correspondent aux initiateurs de la ou des séquences accidentelles hypothétiques menant, avec la probabilité la plus élevée, à la fusion du cœur en cas d'événement de type « dégradation d'une ligne de défense ».

2.3. LES ACTIVITÉS SUSCEPTIBLES DE DÉFIABLISER DES FONCTIONS OU DES MATÉRIELS REQUIS

Les exploitants des CNPE sont régulièrement amenés à intervenir sur leurs installations, et ce quel que soit l'état. Il est toutefois nécessaire de prendre toutes les dispositions pour éviter de défiabiliser indirectement, lors de l'intervention, une fonction ou un matériel présent à proximité et requis au titre de la démonstration de sûreté.

Dans le contexte de réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe et de 1300 MWe, de nombreuses activités sont réalisées par les CNPE et ce volume tend à s'accroître. De plus, en raison de la densité des programmes d'activités, une part importante de ces activités devra être réalisée lorsque les réacteurs sont en production, alors que dans cet état les exigences portant sur les fonctions et les matériels requis sont plus nombreuses. L'IRSN estime que cette augmentation du volume d'activités, par concomitance avec des fragilités organisationnelles préexistantes, pourrait conduire à une augmentation du nombre d'ESS. En particulier, l'IRSN constate que l'année 2020 a été marquée par de nombreux ESS en lien avec des modifications et notamment celles déployées en amont ou au cours de la quatrième visite décennale des réacteurs de 900 MWe. **À ce titre, l'IRSN estime qu'une attention particulière doit être portée sur les activités réalisées dans l'environnement de fonctions ou de matériels requis, notamment lorsque les réacteurs sont en production. De plus, compte tenu des limites constatées concernant la démarche d'analyse de risques, l'IRSN estime qu'il est à présent prioritaire de concentrer les efforts sur les étapes de préparation des activités.**

2.3.1. Le processus de prise de décision et de programmation des activités

Les arbitrages qui conduisent à programmer une activité lorsque le réacteur est en production plutôt qu'à l'arrêt sont réalisés en tenant compte de différents aspects, dont l'impact sur la sûreté de l'activité. À ce titre, l'IRSN estime que ces arbitrages peuvent jouer un rôle de ligne de défense en amont de la réalisation des activités, et ce d'autant plus que les choix qui y sont faits déterminent fortement les conditions dans lesquelles seront réalisées les activités. Toutefois, l'analyse des ESS menée par l'IRSN a mis en évidence que l'organisation mise en place par certains CNPE pour réaliser ces arbitrages n'était pas suffisamment robuste pour identifier et partager les risques susceptibles d'impacter la sûreté de l'installation. **En conséquence, l'IRSN estime que des dispositions doivent être prises pour fiabiliser l'identification de ces risques. En effet, celle-ci est essentielle pour déterminer les conditions de réalisation d'une activité, mais également pour garantir la capacité à remettre en cause la réalisation même de l'activité dans le cas où les risques s'avèreraient trop importants. Ce point fait l'objet de la recommandation N° 1 en ANNEXE 1.**

2.3.2. La maîtrise des référentiels de sûreté

L'IRSN constate qu'un grand nombre d'ESS a été déclaré en raison de la défiabilisation d'équipements contribuant à la sectorisation incendie lors d'activités réalisées dans leur environnement. L'une des parades prévues pour maîtriser ce risque repose sur les rondes régulières réalisées par les agents de terrain pour détecter et corriger les anomalies. Or l'examen mené par l'IRSN a mis en évidence une insuffisance des formations de « recyclage » des agents de terrain sur le thème de la sectorisation incendie. **Eu égard à l'importance de la ligne de défense que constituent les rondes réalisées par les agents de terrain pour la détection des non-conformités relatives à la sectorisation incendie, l'IRSN estime que la durée et la périodicité des formations de « recyclage » sur la sectorisation incendie sont insuffisantes. Ce point fait l'objet de l'observation N° 1 en ANNEXE 2.**

2.3.3. La réalisation d'activités dans l'environnement de fonctions et matériels requis particulièrement vulnérables

L'IRSN constate qu'en 2020 de nombreux ESS ont été déclarés par EDF à la suite d'indisponibilités de matériels causées par des activités qui se déroulaient dans des environnements complexes et qui contenaient des matériels requis particulièrement exposés au risque d'agression.

Compte tenu de l'augmentation du volume d'activités à réaliser, les occurrences de ce type de situations risquent de se multiplier. **Eu égard à la grande diversité d'environnements de travail pouvant complexifier la réalisation d'une activité, l'IRSN considère que, malgré la mise en place de dispositions organisationnelles pour identifier les risques dès la phase de préparation des activités, anticiper de manière exhaustive tous les risques dans l'environnement des matériels requis est peu réaliste.** À ce titre, des instances dédiées au partage d'expérience permettent aux CNPE, aux services centraux d'EDF, aux fournisseurs et aux prestataires d'échanger sur les bonnes pratiques, telles que la protection de certains matériels, après qu'une situation complexe ait été rencontrée par un CNPE. **Toutefois, pour que ces instances constituent une réponse efficace et robuste, l'IRSN considère qu'EDF doit renforcer l'analyse du REX d'exploitation pour améliorer l'identification des fonctions et des matériels requis particulièrement vulnérables aux risques induits par les activités réalisées dans leurs environnements. Ce point fait l'objet de la recommandation N° 2 en ANNEXE 1.**

2.4. LES RÉGLAGES SENSIBLES

Le réglage d'un paramètre de fonctionnement d'un réacteur est dit « sensible », lorsque la fonction intégrant ce paramètre n'est pas requalifiable fonctionnellement ou ne l'est que partiellement et que l'effet produit sur la valeur du paramètre concerné peut conduire l'installation en dehors des STE ou solliciter inutilement une protection ou un verrouillage. Eu égard à l'enjeu de sûreté associé à ce type de réglages, la qualité de leur préparation, de leur réalisation et des contrôles dont ils font l'objet sont essentiels pour une exploitation en toute sûreté. À ce titre, des règles particulières de conduite (RPC) identifient les réglages sensibles et incluent des prescriptions et recommandations visant à fiabiliser ces réglages. Ces RPC doivent tenir compte des évolutions techniques et du REX.

L'IRSN a constaté, sur l'année 2020, une augmentation notable du nombre d'ESS déclarés à la suite de valeurs erronées pour des paramètres relevant de réglages sensibles.

Au cours de cet examen, l'IRSN a constaté que les indicateurs utilisés par EDF pour identifier ces ESS conduisent à ne pas identifier les ESS concernés par des réglages sensibles dès lors que la cause n'est pas « organisationnelle ». **Les conséquences potentielles en termes de sûreté étant identiques quelle que soit la cause de l'erreur (humaine, technique ou organisationnelle), l'IRSN considère cette distinction inopportune et de nature à remettre en cause la pertinence de l'analyse de tendance d'EDF.** À cet égard, EDF s'est engagé à initier une réflexion en 2022 visant notamment à examiner la possibilité d'identifier de manière plus exhaustive les événements en lien avec des grandeurs et paramètres relatifs à des réglages sensibles. **L'IRSN estime que, dans le principe, cet engagement répond à sa préoccupation.**

Par ailleurs, à la demande de l'ASN, EDF a engagé, depuis plusieurs années, des actions pour limiter le nombre de réglages sensibles à réaliser ou pour améliorer les conditions de leur réalisation.

2.5. L'EXPLOITATION ET LA MAINTENANCE DE LA SOURCE FROIDE

La source froide de chaque réacteur est constituée d'un canal d'amenée, d'une prise d'eau et d'une station de pompage (préfiltration et filtration). Son rôle est notamment d'alimenter en eau brute en quantité et en qualité suffisantes le circuit d'eau brute secourue, pour évacuer la puissance résiduelle du cœur du réacteur et des assemblages combustibles entreposés en piscine de désactivation dans certaines situations de fonctionnement normal, incidentel et accidentel.

Eu égard aux conséquences d'une situation de perte totale de la source froide, EDF a mis en place de nombreuses dispositions pour prévenir une telle situation. Toutefois, l'examen du REX depuis 2019 a mis en évidence l'émergence de plusieurs problématiques relatives à l'exploitation et la maintenance de la source froide des réacteurs du parc électronucléaire.

2.5.1. Le REX d'exploitation des sources froides

L'agression externe par des colmatants :

Comme l'illustre l'événement survenu le 1^{er} décembre 2009 sur le réacteur n° 4 du CNPE de Cruas¹¹, l'agression externe de la source froide par des colmatants a déjà conduit à une perte totale de la source froide. Plus généralement, ce type d'agression est susceptible de générer des arrêts automatiques de réacteurs (AAR) par déclenchement de la turbine, du fait de l'indisponibilité du condenseur.

Sur la base du REX des arrêts automatiques survenus depuis 2019 sur les CNPE de Paluel et du Blayais, l'IRSN observe que l'agresseur de type colmatant est un agresseur difficilement prévisible et que, malgré l'existence de consignes incidentelles locales censées les éviter, ce type d'agresseur est encore la cause d'AAR. À cet égard, EDF a engagé des actions relatives à la prévention et à la détection des agressions des stations de pompage par des arrivées massives de colmatants d'origine animale ou végétale. Ces actions, jugées pertinentes par l'IRSN, n'appellent pas de remarque.

2.5.2. Le REX de la maintenance des sources froides

La corrosion importante des matériels de la station de pompage :

En décembre 2019, des dégradations par corrosion de nombreux matériels classés de sûreté du CNPE de Flamanville ont été constatées lors d'une inspection de l'ASN. Il s'agit notamment d'une corrosion avancée des brides et de la boulonnerie associées aux pompes du circuit SEC¹² et du circuit CFI¹³, ainsi que d'une corrosion des gaines de ventilation des moteurs des pompes SEC. Dans le cadre de l'avis en référence [2], l'IRSN a recommandé qu'EDF garantisse la conformité des équipements présents dans la station de pompage avant le redémarrage des deux réacteurs du CNPE. Après des contrôles supplémentaires, de très longs travaux de rénovation ont été réalisés pour remettre en conformité les matériels des deux stations de pompage du CNPE.

À la suite des dégradations constatées sur le CNPE de Flamanville, EDF a engagé des contrôles des matériels des stations de pompage de tous les CNPE avec pour objectif de résorber les constats observés. Ces contrôles ont mené à des mises à jour des programmes locaux de maintenance préventive des CNPE de Flamanville et de Gravelines. **L'IRSN estime que ces actions locales sont satisfaisantes.**

La maintenance des tuyauteries en acier revêtues de Néoprène® :

Les circuits SEC des CNPE en bord de mer ou alimentés par une eau saumâtre, comme le CNPE de Cattenom, sont, en partie, équipés de tuyauteries et de robinets en acier noir revêtus intérieurement de Néoprène®. Ce dernier est utilisé comme revêtement à l'intérieur de la tuyauterie ou du robinet. Ainsi, il permet de limiter leur abrasion et leur corrosion.

Depuis 2008, des cas de décollements importants de revêtements en Néoprène® ont été observés et de nombreuses fuites en service ont été constatées sur les réacteurs des CNPE de Gravelines et de Paluel entre 2013 et 2021. D'importants travaux de rénovation ont été entrepris par EDF sur ces deux CNPE à partir de 2018. L'évolution des réparations est suivie dans le temps lors de visites intrusives des tuyauteries prévues au titre du programme de base de maintenance préventive (PBMP) ou lors d'examens non destructifs prévus au titre de la maintenance complémentaire.

¹¹ Le 1^{er} décembre 2009, l'arrivée massive de matières végétales charriées par le Rhône a conduit à la perte des deux voies de la source froide du réacteur n° 4 du CNPE de Cruas.

¹² SEC : circuit d'eau brute.

¹³ CFI : circuit de filtration de l'eau brute.

Cependant, le REX du CNPE de Paluel témoigne d'insuffisances dans la périodicité des contrôles prévus au titre du PBMP. En effet, en 2015, lors de la VD du réacteur n° 2, des rénovations du revêtement en Néoprène® ont été réalisées. La VD, débutée en 2015, et l'arrêt pour simple rechargement (ASR) suivant, débuté en 2019, ont été prolongés à la suite d'importants fortuits. De ce fait, et malgré le respect des échéances du PBMP, il n'y a donc pas eu de contrôles depuis 2015, jusqu'en 2021, date à laquelle une nouvelle fuite a eu lieu.

Au cours de l'expertise, EDF a indiqué avoir engagé une évolution du procédé d'examen des tuyauteries vers un examen non intrusif qui évitera des endommagements du fait des démontages successifs nécessaires au contrôle.

Pour l'IRSN, le développement d'un examen non intrusif de scrutation est une évolution positive, sous réserve que les performances de cet examen de scrutation soient démontrées. En effet, l'exploitant peut dorénavant réaliser un contrôle quel que soit le domaine d'exploitation du réacteur, alors que le contrôle intrusif du PBMP ne peut être réalisé qu'en arrêt, celui-ci nécessitant la vidange de la tuyauterie contrôlée. Par conséquent, au vu de cette nouvelle possibilité qui est offerte à l'exploitant et du REX négatif des CNPE de Paluel et Gravelines, mettant notamment en défaut la périodicité événementielle de contrôle du PBMP, **l'IRSN considère nécessaire qu'EDF redéfinisse rapidement les périodicités de contrôle des tuyauteries revêtues. Dans ce cadre, les périodicités pourront être adaptées en fonction de l'âge et de l'endommagement global de la tuyauterie. Ce point fait l'objet de la recommandation N° 3 en ANNEXE 1.**

2.6. LA CRISE SANITAIRE DE LA COVID-19

Au premier semestre 2020, EDF a dû faire face à la crise sanitaire induite par le virus de la COVID-19, qui s'est caractérisée notamment par son caractère systémique, durable et évolutif. Afin d'assurer la continuité d'activité, EDF a dû adapter son mode de fonctionnement notamment en priorisant la continuité d'exploitation des réacteurs en fonctionnement et la réalisation de cinq arrêts de réacteurs jugés prioritaires.

L'IRSN considère qu'EDF a su s'adapter rapidement et avec efficacité, au cours de la première période de confinement, afin de garantir un niveau de production suffisant en toute sûreté. La poursuite de l'activité s'est faite au prix d'une mobilisation générale du groupe et des personnels, à l'image de celle relative aux deux tempêtes de 1999, qui a nécessité un investissement collectif et individuel hors norme, tant sur le plan national que localement sur les dix-neuf CNPE.

Dans ce contexte, l'expertise de l'IRSN a cherché à identifier les éventuels points de fragilité, voire de rupture, qu'ils soient individuels, collectifs ou organisationnels, locaux ou nationaux, et qui auraient pu conduire à des situations critiques du point de vue de la maîtrise des risques en cas d'aggravation ou de prolongation dans le temps de la crise sanitaire.

L'expertise menée par l'IRSN met en évidence que, si les dispositions organisationnelles mises en œuvre par EDF pour assurer la continuité d'exploitation et la maîtrise des risques durant la première phase de la pandémie sont restées globalement les mêmes qu'en période « hors COVID-19 », l'efficacité de certaines d'entre elles a pu être momentanément fragilisée par les réorganisations imposées et successives du travail, étant donné leurs effets parfois majeurs sur les pratiques et les repères des acteurs sur site.

Dans ce contexte particulier, l'organisation de crise de la DPN en mode projet pour assurer au niveau national la coordination, la prise de décision au travers de comités de sûreté nucléaire en exploitation extraordinaires, la prise en charge de certaines problématiques de logistique et l'affichage des priorités concernant les trois objectifs (santé, sûreté, production) ont constitué des leviers importants pour que les CNPE puissent assurer le pilotage opérationnel de la continuité d'activité.

Le principe de subsidiarité sur lequel EDF s'est appuyé s'est révélé globalement efficace pour définir et conduire des réorganisations du travail locales, urgentes, nombreuses et parfois importantes dans un contexte de crise pandémique. À cet égard, l'IRSN considère positive la double démarche mise en œuvre par EDF durant la première phase de confinement reposant sur l'identification des cinq fondamentaux de la sûreté et le

déploiement d'une démarche REX SOH (présentée en juin 2020). Néanmoins, l'IRSN estime que si cette démarche s'est avérée utile, EDF n'a pas systématiquement été en mesure d'évaluer localement les impacts relatifs aux évolutions des pratiques de travail au cours de la première phase de confinement. En effet, les éventuels points de fragilité, voire de rupture, auraient pu ne pas être appréhendés suffisamment tôt du fait de l'absence d'analyse des risques et d'accompagnement en temps réel des réorganisations du travail.

De ce fait, dans un objectif de résilience et d'agilité organisationnelles, l'IRSN considère nécessaire qu'EDF intègre au cursus de formation managériale un module dédié aux principes de la démarche SOH et à l'INSAG 18 (adapté au niveau de responsabilités du poste occupé), afin que chaque manager soit en capacité de mobiliser les outils et les ressources appropriés lui permettant d'évaluer ou de faire évaluer, de manière adaptée et réactive, l'impact de toute évolution significative des pratiques ou de l'organisation du travail de son équipe. Ce point fait l'objet de la recommandation N° 4 en ANNEXE 1.

Par ailleurs, au cours de l'expertise, l'IRSN a relevé que certaines évolutions de l'organisation du travail n'ont pas été suffisamment analysées quant à leurs effets sur la coordination entre les acteurs et sur leurs capacités à se représenter l'état réel des organisations du travail et des installations. En effet, au-delà des outils mis à disposition de manière très réactive (PC portables et liaisons VPN sécurisées permettant d'accéder au système d'information du site) et de la mise en œuvre par les managers de points d'information intra-équipe, l'IRSN a constaté que le déploiement soudain et massif du télétravail a conduit à une déstabilisation des acteurs dans leurs pratiques et leurs repères professionnels, fragilisant ainsi leur capacité de coordination et de représentation de l'état en temps réel du système sociotechnique.

Afin que les agents EDF aient la capacité d'appréhender de manière aisée l'état du système sociotechnique dans un contexte de télétravail massif, l'IRSN estime qu'EDF devrait recenser les applications informatiques indispensables donnant accès aux informations utiles, qu'elles soient techniques ou organisationnelles. Un partage d'expérience devrait être réalisé au sein de chaque collectif de travail concernant d'une part l'utilité de ces applications, d'autre part les informations devant être rendues accessibles à distance et sur site, du fait de leur caractère indispensable à la coordination entre les acteurs. Ce point fait l'objet de l'observation N° 2 en ANNEXE 2.

Les projets AT¹⁴ et TEM¹⁵ constituent une ligne de défense organisationnelle majeure pour la maîtrise de la sûreté. Dans un contexte mouvant de crise sanitaire et de distanciation massive des acteurs, les projets doivent avoir la capacité de maintenir des interfaces fiables entre les contributeurs et d'ajuster de manière réactive leurs plannings en intégrant les enjeux de sûreté. Le recueil de données terrain réalisé par l'IRSN dans le cadre de la présente expertise montre cependant qu'EDF manque de dispositions pour soutenir, encadrer et réguler les adaptations mises en œuvre, ainsi que de mesures de suivi, pour identifier l'atteinte de limites à l'adaptabilité des acteurs et à l'acceptabilité de leurs compensations dans la durée.

Aussi, l'IRSN estime qu'EDF devrait analyser la suffisance des ressources allouées aux projets TEM et AT lors de la phase de confinement. Sur la base de cette analyse, EDF devrait proposer des dispositions organisationnelles permettant le grément de ressources complémentaires afin de renforcer, le cas échéant, les projets TEM et AT pour qu'ils soient en capacité d'assurer de manière robuste et résiliente le pilotage du temps réel dans la durée, en situation dégradée, critique ou de crise. Dans ce cadre, une attention particulière devrait être portée aux ressources de planification et de coordination disponibles sur site et mobilisables. Ce point fait l'objet de l'observation N° 3 en ANNEXE 2.

L'IGSNR souligne à juste titre, dans son rapport annuel de 2020, l'importance pour EDF de tirer les enseignements issus de la crise pandémique. Cependant, du fait du choc initial de la crise pandémique, EDF n'a pas systématiquement tracé les éléments utiles au processus de retour d'expérience et les enseignements issus du

¹⁴ AT : arrêt de tranche

¹⁵ TEM : tranche en marche

REX n'ont pas été suffisamment constitués et pris en compte au fil de l'eau. De ce fait, l'IRSN considère que les dispositions mises en œuvre par EDF pour capitaliser les enseignements d'un confinement à l'autre n'ont pas été suffisamment structurées et obèrent la capitalisation du REX pour les moyen et long termes.

À cet égard, l'IRSN considère qu'EDF devrait systématiser, en cas de situation exceptionnelle, l'organisation des retours et des partages d'expérience au sein des métiers, entre métiers, entre projets, entre CNPE, afin de mettre en commun des bonnes pratiques et des difficultés particulières. Dans cet objectif, EDF devrait assurer la collecte au fil de l'eau des éléments de contexte et de justification ayant conduit à des prises de décisions structurantes, permettant *a posteriori* d'en tirer les enseignements. Pour cela, EDF devrait d'une part définir les objectifs et les dispositions adaptées de recueil et de traçabilité des données du REX au fil de l'eau, d'autre part formaliser les principales expériences vécues selon les fonctions des acteurs et les configurations d'exploitation (TEM, AT) afin de favoriser le partage et l'appropriation du REX. Ce point fait l'objet de l'observation N° 4 en ANNEXE 2.

2.7. LES SITES EN DIFFICULTÉ ET L'ANALYSE PROSPECTIVE DU REX DE FLAMANVILLE

En septembre 2019, l'ASN a décidé de placer le CNPE de Flamanville en surveillance renforcée. Ce dispositif, visant à renforcer la maîtrise et le contrôle des activités de maintenance et d'exploitation, a été mis en place à la suite de nombreuses difficultés rencontrées par le CNPE depuis 2018, notamment dans le cadre de la troisième visite décennale (VD) des réacteurs n° 1 et n° 2. La VD du réacteur n° 2, ainsi qu'un arrêt fortuit à la suite de la VD du réacteur n° 1, ont en effet été significativement prolongés à la suite d'aléas techniques majeurs tels que des dégradations par corrosion des équipements des stations de pompage et des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel remettant en cause leur capacité à assurer leur fonction en cas de séisme. Ces dégradations, détectées le 30 août 2019 lors d'une inspection, ont d'ailleurs fait l'objet de l'avis¹⁶ en référence [2] qui concluait que : *« d'un point de vue de la sûreté, l'IRSN estime que la situation rencontrée sur le site de Flamanville est très préoccupante, en particulier au regard des écarts majeurs sur différents équipements classés de sûreté mis en évidence lors des dernières inspections de l'ASN. »*

Bien que les difficultés rencontrées par le CNPE de Flamanville aient conduit à une prise de conscience à partir de 2018, la dégradation du niveau de sûreté des installations a été progressive et la prise en compte de certains signaux faibles aurait sans doute permis de mettre en place des actions spécifiques plus précocement.

Dans le cadre de l'analyse du REX d'exploitation de 2020, l'IRSN a analysé les facteurs ayant conduit à la surveillance renforcée du CNPE de Flamanville et la pertinence des dispositions mises en place par EDF pour identifier et appuyer les CNPE en difficulté. Pour cela, l'IRSN a examiné d'une part le dispositif de supervision des CNPE mis en place par EDF, d'autre part le « profil de défaillance¹⁷ » du CNPE de Flamanville pour identifier des facteurs de dégradation et orienter une expertise approfondie ultérieure.

2.7.1. Le dispositif de supervision des CNPE mis en place par EDF

À la suite des difficultés rencontrées par le CNPE de Flamanville, les services centraux d'EDF ont mené une analyse à froid de la supervision des réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE de Flamanville et de l'appui qui avait été apporté à l'exploitant du CNPE. À l'issue de cette analyse, EDF a fait évoluer son dispositif de supervision en renforçant le suivi continu des performances, en clarifiant les différentes modalités de ce suivi et en prenant en compte les recommandations WANO¹⁸.

¹⁶ Cet avis renvoie à trois autres avis antérieurs, émis entre 2015 et 2018, qui mentionnaient déjà de nombreuses anomalies relevées sur les sources électriques classées de sûreté des deux réacteurs du CNPE de Flamanville.

¹⁷ Un profil de défaillance est la distribution quantifiée des lignes de défense identifiées comme défaillantes dans un ensemble d'événements significatifs considéré.

¹⁸ WANO : Association mondiale des exploitants nucléaires.

Pour l'IRSN, ces évolutions sont de nature à améliorer la capacité de détection anticipée de CNPE en difficulté. En effet, ce dispositif repose sur une approche globale, s'appuyant sur un ensemble de données remontant du terrain par différents vecteurs. La vision de la situation de chaque CNPE est partagée entre les différents niveaux (CNPE et services centraux d'EDF) et se construit de façon progressive. Cela permet également de décentrer l'analyse globale de la performance des CNPE des seuls indicateurs, et permet de s'affranchir des biais génériques qui y sont classiquement associés. En termes d'accompagnement des CNPE identifiés comme étant en difficulté, pour l'IRSN, les dispositions mises en place par EDF vont également dans le bon sens. En effet, des plans d'actions sont définis conjointement par la direction du CNPE concerné et les services centraux d'EDF. La direction du CNPE conserve toutefois la responsabilité de la mise en œuvre des actions et des résultats obtenus, alors que les services centraux organisent l'appui du niveau national. Pour l'IRSN, ceci devrait faciliter la définition d'actions d'accompagnement adaptées, leur suivi et permettre de les ajuster dans le temps.

L'IRSN souligne toutefois la difficulté de l'exercice de supervision des CNPE et insiste sur la nécessité de questionner régulièrement l'efficacité du processus dans une démarche d'amélioration continue.

2.7.2. L'analyse du profil de défaillance du CNPE de Flamanville

En parallèle de l'examen du dispositif de supervision des CNPE, l'IRSN a exploité le REX événementiel du CNPE de Flamanville pour identifier des marqueurs pouvant être associés aux difficultés rencontrées. Cette recherche de marqueurs a été menée d'une part en comparant le profil de défaillance du CNPE de Flamanville à celui d'autres CNPE, d'autre part en analysant son évolution dans le temps.

L'évolution dans le temps du profil de défaillance du CNPE de Flamanville montre que 2016 est pour le CNPE une année charnière. Cette année marque en effet une forte augmentation de la proportion d'événements survenus à la suite de défaillances relatives à la planification et à la coordination des activités, des lignes de défense dont la robustesse s'appuie essentiellement sur la maîtrise technique du procédé et des exigences de sûreté associées.

Cette singularité mise à part, l'analyse menée par l'IRSN ne permet pas de faire émerger sans ambiguïté « l'indicateur ultime » qui aurait pu expliquer de manière formelle les difficultés rencontrées par le CNPE de Flamanville, et qu'il suffirait de suivre pour anticiper les dérives potentielles de tout CNPE. Néanmoins, un parallèle intéressant peut être établi entre le dispositif de supervision d'EDF d'une part, et la situation du CNPE de Flamanville d'autre part : **le suivi d'indicateurs est une donnée d'intérêt pour évaluer la performance globale des CNPE et donc pour anticiper d'éventuelles dérives, mais ce suivi comporte des biais et n'est donc pas suffisant pour atteindre l'objectif visé.**

2.7.3. Conclusion

L'IRSN rappelle que la prise de conscience concernant l'ampleur des difficultés rencontrées par le CNPE de Flamanville a été rendue possible grâce à un ensemble de constats d'origines multiples : nombreux écarts persistants dans le temps relevés à l'occasion d'inspections, prolongations importantes des arrêts des réacteurs, successions d'événements fortuits, accumulation des demandes maintenances, *etc.* À ce titre, le dispositif de supervision des CNPE semble prendre ces enseignements en compte, puisque la vision de la situation d'un CNPE est construite sur la base de données variées, dont des indicateurs, mais complétées par un ensemble de données de terrain analysées et interprétées.

Pour conclure, l'identification anticipée des CNPE en difficulté est un exercice complexe, qui repose sur un ensemble de données de différentes natures, dont des indicateurs et des données issues du terrain. **L'IRSN comprend qu'EDF a fait évoluer son objectif : il ne s'agit plus seulement d'évaluer la performance d'un CNPE, mais d'identifier au plus tôt des difficultés éventuelles à partir de données de terrain et de lancer une démarche d'accompagnement adaptée.** Si cette évolution est positive, il conviendra de s'assurer que les indicateurs choisis et leur utilisation évoluent également pour mieux servir ce nouvel objectif.

2.8. LA RÉNOVATION DU SYSTÈME RPN

Dans le cadre de la quatrième visite décennale des réacteurs de 900 MWe (Palier CPY), EDF a rénové le système de mesure de la puissance nucléaire (RPN) en utilisant la même technologie numérique qu'il avait utilisée pour rénover le système RPN et le système de protection des réacteurs de 1300 MWe.

Le système RPN contribue à la fonction de sûreté « maîtrise de la réactivité » en mesurant le flux neutronique et en fournissant des signaux logiques, ainsi que des mesures de flux utilisées par le système de protection du réacteur. La rénovation du système RPN consiste principalement à remplacer les armoires abritant les fonctions de sûreté (armoires dites « de protection ») en utilisant une technologie numérique, à interfaces externes presque inchangées. La rénovation doit permettre de reconduire les fonctions existantes ainsi que d'introduire des évolutions fonctionnelles.

Les fonctions de mesure, de calcul de franchissements de seuils et de transmission au système de protection sont réalisées par trois ensembles de chaînes de protection : deux chaînes « niveau source », deux chaînes « niveau intermédiaire » et quatre chaînes « niveau puissance » (CNP). Les signaux de franchissement de seuils des quatre chaînes CNP sont transmis au système de protection, qui les exploite dans des votes en deux sur quatre pour déclencher l'arrêt automatique du réacteur (AAR), si nécessaire.

Le 24 novembre 2019, alors que le réacteur n° 1 du CNPE du Tricastin, premier réacteur du palier CPY à disposer d'un système RPN rénové, redémarrait après sa visite décennale, un AAR est survenu à la suite de dépassements fugitifs de seuils du flux neutronique. Ces dépassements intempestifs ont fait douter de la fiabilité de l'équipement rénové et l'identification de leur cause a nécessité une lourde campagne d'investigation, au sein du CNPE et en usine, qui a permis de localiser un défaut de conception relatif à la synchronisation dans un circuit électronique FPGA¹⁹ de la carte.

Les circuits électroniques programmables, comme les circuits FPGA, sont de plus en plus utilisés pour réaliser des fonctions traditionnellement réalisées au moyen de microprocesseurs. Cette technologie a été présentée comme plus fiable que celle basée sur les microprocesseurs au motif qu'il s'agirait d'une logique « câblée » réputée immune aux erreurs de conception. **L'IRSN souligne que les erreurs de conception ne sont pas liées à une technologie, mais à la complexité des fonctions à réaliser et à l'insuffisance des processus de développement, ce qui pouvait être le cas pour les circuits FPGA jusqu'à récemment, faute de norme traitant correctement ce sujet.**

L'IRSN a sensibilisé la communauté internationale à ce problème dès 2007, ce qui a conduit l'*International electrotechnical commission* à développer la norme IEC 62566 [3] consacrée aux circuits électroniques programmables, incluant les circuits FPGA. Cette norme a également introduit l'exigence d'une conception déterministe, applicable aux circuits FPGA, visant à garantir que pour chaque situation prévue, la conception permette de connaître les traitements effectués et leur synchronisation. En effet, avant la publication de la norme IEC 62566 en janvier 2012, cette exigence n'était portée par les règles usuelles de conception que pour les logiciels.

La carte intégrant le circuit FPGA défaillant ayant été développée en 2010, la norme IEC 62566 ne lui était donc pas encore applicable. **L'IRSN estime que les actions correctives réalisées par EDF sont pertinentes, suffisantes et ont été bien menées. Les actions prévues pour éviter la présence de défauts dans les circuits électroniques programmables, basées sur la prise en compte de la norme IEC 62566 et sur une surveillance plus détaillée des choix techniques par EDF, sont également pertinentes.** Toutefois, EDF et le fournisseur des armoires RPN rénovées ayant participé au groupe de travail à l'origine de la norme, **l'IRSN estime nécessaire qu'EDF tienne compte de ce retour d'expérience en incitant ses fournisseurs à appliquer les règles techniques qui font**

¹⁹ FPGA : Field Programmable Gate Array, réseau de portes programmables *in situ*.

consensus lors de l'élaboration d'une norme internationale, sans attendre sa publication officielle, tout particulièrement lorsqu'EDF et ses fournisseurs participent au développement de cette norme.

3. ÉVALUATION DE LA RADIOPROTECTION DES TRAVAILLEURS POUR L'ANNÉE 2020

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

- l'évolution des doses reçues par les travailleurs ;
- les événements significatifs pour la radioprotection (ESR) ;
- les bilans annuels d'EDF et le suivi des indicateurs de propreté radiologique ;
- le suivi des actions prises par EDF dans le cadre des précédentes expertises dédiées au REX (périodes 2015-2017 et 2018-2019) ;
- le suivi des réponses aux recommandations issues de l'expertise de 2015 dédiée à l'optimisation de la radioprotection dans les REP.

3.1. BILAN DES ÉVÉNEMENTS DE L'ANNÉE 2020

Après une augmentation régulière depuis 2015, le nombre d'ESR déclarés par EDF a diminué en 2020, avec 169 ESR déclarés au total dont huit de niveau 1 sur l'échelle INES (Figure 2). Ce résultat est néanmoins à mettre en regard de la baisse du nombre d'heures passées en zone contrôlée en 2020 (6,5 millions d'heures) par rapport à 2019 (7,3 millions d'heures). **L'IRSN considère donc que la situation relative à la volumétrie des ESR ne s'est pas améliorée en 2020.**

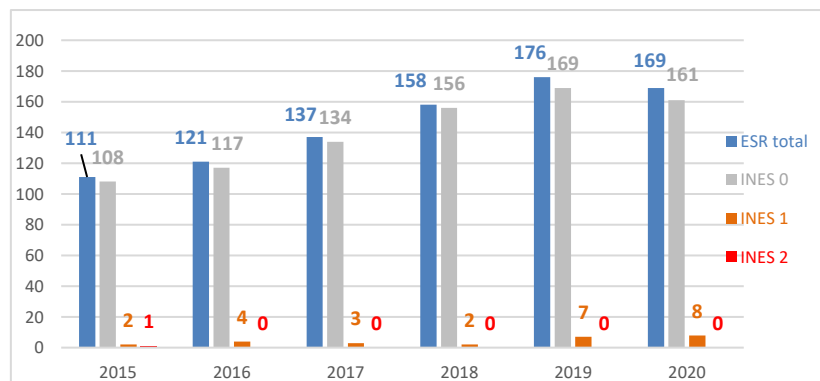


Figure 2. Évolution du nombre d'ESR déclarés par EDF (hors EPR) et leurs niveaux de classement sur l'échelle INES depuis 2015.

Afin d'analyser les défaillances qui en sont à l'origine, l'IRSN a regroupé les ESR en fonction de leur typologie. Les conclusions relatives à quatre types d'ESR sont détaillées ci-après.

3.1.1. Défauts d'élaboration ou de prise en considération d'une analyse de risques

Comme cela avait été noté pour la période 2018-2019 [6], la majorité des ESR déclarés en 2020 ont pour origine un défaut d'analyse de risque radiologique. Par ailleurs, une part importante des ESR déclarés (65 %) entraîne des conséquences réelles en termes de radioprotection. Face à ce constat, EDF avait indiqué lors de la précédente expertise [6] qu'un plan de redressement du management de la radioprotection serait mis en œuvre. Ce plan est en cours de déploiement au moment de la présente expertise et un de ses volets concerne notamment l'élaboration et le respect des analyses de risques radiologiques. **Lors des prochaines expertises dédiées au REX, l'IRSN évaluera l'efficacité de ce plan national qui demeure pleinement d'actualité.**

3.1.2. Défauts de signalisation ou d'accès à une zone orange (DED²⁰ > 2 mSv/h)

Les ESR déclarés au titre de défauts de signalisation ou d'accès à une zone orange ou rouge regroupent parfois plusieurs situations et peuvent concerner plusieurs intervenants.

Depuis 2017, le nombre d'ESR déclarés pour des défauts de signalisation ou d'accès à une zone orange est en diminution, mais il reste relativement élevé en 2020 (36 ESR couvrant 58 situations). Parmi ces événements, les défaillances liées à l'usage des régimes de travail radiologique « zone orange » et les déclenchements d'alarmes dosimétriques ont augmenté en 2020. En revanche, les situations relatives au franchissement, au déplacement et à la dépose de balisage « zone orange » ainsi qu'à l'exposition d'intervenants sans contrat de travail à durée indéterminée à un DED supérieur à 2 mSv/h sont en baisse en 2020. **L'IRSN continuera à suivre attentivement l'évolution des déclarations de ce type d'événements, afin d'estimer l'efficacité du plan national de management de la radioprotection engagé par EDF en 2021.**

3.1.3. Défauts de signalisation ou d'accès à une zone rouge (DED > 100 mSv/h)

Les ESR relatifs à la signalisation ou l'accès à une zone rouge ou à des situations ayant généré des DED supérieurs à 100 mSv/h sont chaque année plus nombreux depuis 2017. En 2020, certains de ces événements mettent en évidence la fragilité des parades assurées par le processus « zone rouge » portant sur le respect des règles et des rôles de chacun. Les mauvaises pratiques observées ont tendance à vouloir simplifier le processus existant au détriment du respect des parades de radioprotection.

Un des objectifs du plan national mentionné plus haut concerne la diminution du nombre d'événements liés aux zones rouges. Dans ce cadre, des actions de formation nationales de tous les acteurs concernés par le processus « zone rouge » ont été engagées.

3.1.4. Défauts liés au port de dosimètres en zone réglementée

Le nombre d'ESR relatifs à des défauts de port de dosimètre en zone réglementée est reparti à la hausse en 2020 après une diminution en 2018 et 2019. Le nombre de situations couvertes par ces ESR a augmenté d'un facteur 2,5 entre 2019 et 2020. La majorité des ESR de ce type déclarés en 2020 est relative à l'absence d'identification de la nécessité du port de dosimètre pour une activité donnée ou l'absence d'activation des dosimètres opérationnels. Le port des dosimètres constitue également un des sujets visés par le plan d'action national de management de la radioprotection. **L'IRSN restera donc attentif à l'évolution de cette problématique afin d'observer l'impact du plan d'action sur celle-ci.**

3.2. MAÎTRISE DE LA PROPRIÉTÉ RADIOLOGIQUE SUR LES CNPE

3.2.1. Suivi du nombre d'évacuations du bâtiment réacteur (BR)

Les évacuations du BR se produisent à la suite du déclenchement des alarmes des moyens de mesure du BR (chaînes KRT ou balises de surveillance globale du BR). Si l'on exclut les évacuations dues à des déclenchements intempestifs de ces alarmes, le nombre d'évacuations « réelles » du BR a augmenté en 2020, malgré la réduction des effectifs et du nombre d'heures passées en zone contrôlée. EDF a mis en place des actions visant à réduire le nombre d'évacuations « réelles », en déployant par exemple une nouvelle formation relative au confinement des chantiers ou encore en élaborant une nouvelle stratégie de décontamination des piscines BR. **Ce point n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

²⁰ DED : débit d'équivalent de dose.

3.2.2. Suivi du nombre de contaminations aux portiques C2 en sortie de zone contrôlée

EDF évalue le nombre de contamination aux portiques C2 (en sortie de zone contrôlée) au travers du « taux de C2 » qui correspond au rapport du nombre de détections de contamination (corporelle ou vestimentaire) sur le nombre de contrôles réalisés aux portiques. En 2020, le « taux de C2 » a diminué par rapport à 2019, ce qui correspond à une tendance attendue du fait de la diminution de la fréquentation de la zone contrôlée. Cependant, pour les CNPE de 1300 MWe dont les zones contrôlées ne sont pas en mode EVEREST²¹, ce taux a augmenté en 2020. Selon EDF, ces déclenchements de portique C2 sont dus à des défauts de prise en compte du risque de dispersion de contamination lors de la préparation et de la réalisation des activités, de maîtrise du déshabillage, des équipements de protection et de l'organisation du confinement des chantiers. **L'IRSN suivra l'évolution de cet indicateur « taux de C2 » dans le cadre de l'analyse de l'efficacité du plan d'action national relatif à la radioprotection.**

3.3. BILAN DES ACTIONS ISSUES DE L'EXPERTISE DÉDIÉE À L'OPTIMISATION DE LA RADIOPROTECTION DANS LES REP

La recommandation N° 1 formulée par l'IRSN dans le cadre de l'expertise dédiée à l'optimisation de la radioprotection dans les REP [4], menée en 2015, concernait les critères radiochimiques d'arrêt du dernier groupe motopompe primaire en fonction des activités prévues dans le BR. Il était en particulier demandé à EDF d'étudier le gain dosimétrique qui pourrait être obtenu grâce à un abaissement de ces critères. Dans le cadre de la présente expertise, EDF a indiqué avoir conclu à l'absence d'impact significatif d'une telle disposition sur la dosimétrie d'arrêt. Cependant, les éléments justificatifs communiqués par EDF ne permettent pas à l'IRSN de se prononcer sur leur caractère suffisant. **L'IRSN considère donc que l'action issue de cette recommandation n'est pas soldée.**

La recommandation N° 3 [4] demandait quant à elle d'inciter les services compétents en radioprotection des CNPE à réaliser des contrôles ciblés ou par échantillonnage des analyses de risques radiologiques des activités présentant un enjeu radiologique faible. Dans ce cadre, il a notamment été demandé à EDF d'évaluer la fréquence de la tenue d'instances décisionnelles sur les CNPE du parc durant lesquelles les services compétents en radioprotection s'assurent de la prise en compte des exigences de radioprotection pour les activités à enjeu radiologique faible et à risque de dispersion de contamination. Les éléments de réponse communiqués par EDF dans le cadre de la présente expertise ne concernait que les deux ou trois CNPE évalués par l'inspection nucléaire en 2021, ce qui ne permet pas à l'IRSN d'évaluer la suffisance de l'organisation pour l'ensemble du parc. **L'IRSN considère donc que cette action n'est pas soldée.**

Enfin, la recommandation N° 4 portait sur l'analyse a posteriori des écarts entre la dose individuelle reçue et la dose prévue [4]. L'analyse qui est faite en cas de déclenchement d'alarme dosimétrique se limite souvent au réajustement des évaluations prévisionnelles de dose individuelle, sans remise en question des dispositions d'optimisation de l'exposition des intervenants ou de la méthode d'évaluation prévisionnelle dosimétrique. Dans le cadre de la présente expertise, EDF a indiqué qu'un outil national va être développé pour analyser et traiter le retour d'expérience des alarmes des dosimètres opérationnels sur chaque CNPE. **L'IRSN considère que cet outil ne répondra pas à l'objectif visé par la recommandation et par conséquent que la réponse d'EDF n'est pas satisfaisante.**

²¹ EVEREST : Évoluer VERs une Entrée Sans Tenue universelle (projet de reconquête de la propreté radiologique) : les contrôles des intervenants réalisés aux portiques C2 des CNPE en mode EVEREST sont réalisés en bleu de travail (comptabilisation des contaminations corporelles et vestimentaires/chaussures), alors que ceux des autres CNPE dits « classiques » sont réalisés en sous-vêtements (comptabilisation des contaminations corporelles uniquement).

4. IMPACT DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE EN FONCTIONNEMENT SUR L'ENVIRONNEMENT POUR L'ANNÉE 2020

4.1. LA CAMPAGNE DE PRÉLÈVEMENTS DANS LA LOIRE

Le 18 juin 2019, l'Association pour le contrôle de la radioactivité dans l'ouest (ACRO) publiait les résultats d'une campagne de mesures citoyennes dans la Loire et la Vienne. Elle appelait l'attention du public et des autorités sur le niveau anormalement élevé d'une des mesures de concentration en tritium (310 Bq/L), effectuée sur un prélèvement d'eau réalisé le 21 janvier 2019 dans la Loire, à Saumur, au niveau du pont Cessart.

Après avoir étudié plusieurs hypothèses, l'IRSN et l'ASN ont donc décidé de réaliser une campagne spécifique de mesures. **L'ensemble des résultats et modélisations réalisés dans le cadre de l'étude, ainsi que les conclusions qui en ont été tirées, sont présentés dans le rapport de synthèse de l'IRSN en référence [5].**

4.2. L'ÉTANCHÉITÉ DES RÉSEAUX SEO

Dans le cadre de l'avis en référence [6], l'IRSN avait analysé les réponses aux lettres de suites des inspections renforcées environnement de 2017, 2018 et 2019. Cette analyse avait conduit EDF à s'engager à réparer les défauts identifiés concernant des réseaux d'eaux pluviales (SEO).

Les inspections périodiques du réseau d'eau pluviale (SEO), réalisées dans les délais prévus pour tous les CNPE sauf celui de Chooz B, ont révélé des défauts susceptibles de remettre en cause l'étanchéité des zones de confinement pour les CNPE de Flamanville, du Bugey, de Cattenom, de Chinon B, de Civaux, de Gravelines et de Saint-Laurent B. Parmi ces défauts, seuls ceux constatés pour le CNPE de Flamanville seront traités dans le délai d'un an défini dans la doctrine. Toutefois, malgré un allongement des délais de traitement, les maintenances sont programmées et l'exploitant est en mesure de justifier les écarts. De plus, l'IRSN n'a pas identifié d'événement significatif relatif à des marquages radiologiques pouvant être lié à l'état des réseaux d'eau pluviale. **Ce point n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

4.3. L'AVANCEMENT DES ENGAGEMENTS PRIS PAR EDF À L'ISSUE DE LA RÉUNION DU GP REX 2018-2019 CONCERNANT LA POLLUTION DES NAPPES PHRÉATIQUES EN TRITIUM

Dans le cadre de la précédente expertise [6], l'analyse des données transmises par EDF au réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM) avait été examinée par l'IRSN.

En particulier, l'analyse menée par l'IRSN avait conduit EDF à s'engager à rappeler aux CNPE les dispositions de l'article 3.3.2 de la Décision Environnement [7] qui stipule que les résultats issus de la surveillance réglementaire des eaux souterraines et du suivi renforcé en cas d'incident doivent être transmis de manière systématique au RNM. **L'engagement pris par EDF sur le rappel aux CNPE des exigences réglementaires relatives au transfert des résultats de mesures dans les eaux souterraines a été globalement traduit dans les faits, même si quelques différences sont encore ponctuellement constatées.**

De plus, au vu de l'hétérogénéité et de l'absence de déclaration d'événement par certains CNPE, l'IRSN avait estimé que, sur la base du retour d'expérience, il paraîtrait opportun de réinterroger les critères de déclaration des événements intéressant l'environnement et des ESE, afin que soit déclarée toute élévation anormale de l'activité en radionucléides dans les eaux souterraines. En effet, sans remettre en cause les actions menées par EDF indépendamment du critère de déclaration, les niveaux d'activité en tritium relevés sur les CNPE avaient été jugés trop élevés par l'IRSN. **Depuis l'émission de l'avis en référence [6], les échanges menés avec EDF n'ayant pas permis d'aboutir sur un consensus, la position de l'IRSN concernant la pertinence des seuils de déclaration pour les événements tritium reste d'actualité. Toutefois, l'analyse des événements significatifs sur l'année 2020 n'appelle pas de remarque particulière de la part de l'IRSN.**

5. CONCLUSION

L'évaluation par l'IRSN du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs d'EDF de l'année 2020 ne met pas en évidence les améliorations attendues en matière de sûreté et de radioprotection des travailleurs, malgré les plans d'actions engagés par EDF à partir de 2019. Ces résultats mitigés sont à mettre en regard de la situation exceptionnelle à laquelle EDF a dû faire face en 2020, conséquence de la crise sanitaire caractérisée par son caractère systémique, durable et évolutif.

En matière de sûreté, le nombre d'événements significatifs en 2020 reste stable par rapport à 2019, année pour laquelle ce nombre avait atteint son plus haut niveau de l'histoire du parc électronucléaire français. L'examen du retour d'expérience d'exploitation sur l'année 2020 met en exergue :

- une hausse significative du non-respect des spécifications techniques d'exploitation, confirmant la tendance observée depuis 2018, dans un contexte où, de manière générale, les règles générales d'exploitation ont tendance à se complexifier à l'issue des réexamens périodiques successifs, et où EDF anticipe massivement le déploiement des modifications matérielles, réacteur en production. Il est essentiel qu'EDF identifie rapidement les facteurs à l'origine de ces non-respects, de façon à améliorer les référentiels d'exploitation et que la complexification engendrée par l'extension du domaine couvert par la démonstration de sûreté ne conduise pas à une détérioration de la sûreté sur les années à venir ;
- la recrudescence d'événements affectant le fonctionnement d'équipements et de systèmes importants pour la sûreté liés à des interventions à proximité. Une attention particulière devrait être portée à l'identification des risques et au partage du retour d'expérience entre CNPE en la matière, notamment en cas d'ajout ou de retrait d'interventions ;
- des lacunes importantes concernant la détection des anomalies, de leur traitement, ainsi que dans l'application des programmes de maintenance préventive relatifs aux équipements de la station de pompage.

L'IRSN souligne également que le processus associé au programme précurseur d'EDF devrait être complété afin d'améliorer la pertinence des actions correctives mises en œuvre et un partage plus réactif des enseignements tirés.

L'IRSN a par ailleurs réalisé une analyse prospective sur la base du retour d'expérience d'exploitation du CNPE de Flamanville (1 & 2), afin d'identifier les signaux faibles qui permettraient d'identifier des sites en difficulté, de manière plus anticipée. Cette analyse met en évidence que c'est un ensemble de constats d'origines multiples, internes et externes, et leur confrontation qui aurait pu permettre d'appréhender une détérioration progressive du niveau de sûreté de la centrale. L'IRSN note à cet égard qu'EDF a fait évoluer son dispositif de supervision des CNPE, qui n'a plus seulement pour objectif d'évaluer la performance des CNPE mais également d'identifier au plus tôt des difficultés éventuelles pour mettre en place, le cas échéant, une démarche d'accompagnement adaptée, ce qui est satisfaisant.

Pour ce qui concerne la radioprotection, bien qu'une baisse de la dose collective et de la dose individuelle moyenne ait été observée, en raison de nombreux reports d'activités de maintenance et d'arrêt de réacteurs en 2021, le retour d'expérience pour l'année 2020 met à nouveau en évidence la nécessité d'inflexions fortes à très court terme. Dans ce contexte, le plan d'actions national de redressement du management de la radioprotection, engagé à la fin de l'année 2020 et bâti sur les bases des résultats de 2019, reste pleinement d'actualité. En effet, il est essentiel que les fondamentaux de la radioprotection soient de nouveau partagés et mis en œuvre par l'ensemble des intervenants, dont les primo-intervenants dont le nombre augmente significativement avec le déploiement des modifications post-Fukushima et du 4^{ème} réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe. Cette réappropriation des fondamentaux de radioprotection nécessitera un engagement, un suivi et un accompagnement important de la part d'EDF auprès de ses partenaires industriels.

L'examen des événements significatifs pour l'environnement déclarés par EDF pour l'année 2020 n'a pas mis en évidence d'événement marquant, le nombre de déclaration restant stable en 2020 par rapport à 2019, et n'appelle pas de remarque particulière de l'IRSN.

Afin d'assurer la continuité d'activité, EDF a dû adapter son mode de fonctionnement en priorisant les activités d'exploitation considérées comme essentielles, tout en garantissant le respect des exigences sanitaires, de sûreté nucléaire, d'environnement et de radioprotection.

Comme indiqué précédemment, les plans d'action engagés par EDF pour prendre en compte le retour d'expérience d'exploitation des années précédentes n'ont pu être déployés de façon nominale compte tenu de la pandémie. L'IRSN considère qu'EDF a su s'adapter rapidement et avec efficacité, afin de garantir la sûreté des installations et un niveau de production suffisant, grâce à une très forte mobilisation collective et individuelle, tant sur le plan national que localement sur les 19 CNPE, orchestrée par l'organisation de crise de la Direction du Parc Nucléaire en mode projet. L'année 2020 peut de ce fait être qualifiée d'« année de transition », le déploiement des plans d'actions précités ayant été fortement impacté par la mobilisation des ressources dans le cadre de la gestion de la crise sanitaire.

L'IRSN a cherché à identifier les éventuels points de fragilité, voire de rupture, qu'ils soient individuels, collectifs ou organisationnels, locaux ou nationaux, qui auraient pu conduire à des situations critiques du point de vue de la maîtrise des risques en cas d'aggravation ou de prolongation dans le temps de la crise sanitaire ou révéler des sensibilités particulières. Le principe de subsidiarité, sur lequel EDF s'est appuyé, s'est révélé globalement efficace pour définir et conduire des réorganisations du travail locales, urgentes, nombreuses et parfois importantes dans un contexte de crise pandémique. À cet égard, l'IRSN considère positive la démarche mise en œuvre par EDF durant la première phase de confinement reposant sur l'identification des cinq fondamentaux de la sûreté et le déploiement d'une démarche REX SOH. Dans ce contexte, il était toutefois difficile pour EDF d'évaluer localement les impacts relatifs aux évolutions des pratiques de travail au cours de la première phase de confinement et donc d'analyser les impacts potentiels sur la maîtrise des risques, ainsi qu'accompagner en temps réel des réorganisations du travail.

L'efficacité des dispositions organisationnelles mises en œuvre par EDF pour assurer la continuité d'exploitation et la maîtrise des risques durant la première phase de la pandémie, bien que ces dispositions soient dans le principe identiques à celles mises en œuvre hors période de pandémie, a pu être momentanément fragilisée par les réorganisations imposées et successives du travail, étant donné leurs effets parfois majeurs sur les pratiques et les repères des acteurs sur site.

L'IRSN considère que le cursus de formation managériale d'EDF devrait comporter un module dédié aux principes de la démarche SOH et à l'INSAG 18 (adapté au niveau de responsabilités du poste occupé) afin que chaque manager soit en capacité de mobiliser les outils et les ressources appropriés lui permettant d'évaluer ou de faire évaluer, de manière adaptée et réactive, l'impact de toute évolution significative des pratiques ou de l'organisation du travail de son équipe, dans un objectif de résilience et d'agilité organisationnelles.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté



Hervé BODINEAU

2022.05.31

19:00:58 +02'00'

Références

- [1] Saisine ASN - CODEP-DCN-2021-022225 du 5 mai 2021 : « Réacteurs électronucléaires - EDF - Analyse du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs pour l'année 2020 ».
- [2] Avis IRSN - 2019-00281 du 12 décembre 2019 : « EDF - REP - Centrale nucléaire de Flamanville - Réacteurs n° 1 et 2 - INB 108 et 109 - Retour d'expérience concernant la dégradation par corrosion des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel et des équipements des stations de pompage ».
- [3] Norme IEC - IEC 62566 du 26 janvier 2012 : « Nuclear power plants - Instrumentation and control important to safety - Development of HDL-programmed integrated circuits for systems performing category A functions ».
- [4] Avis du GPR – CODEP-MEA-2015-023892 du 24 juin 2015 : « Avis et recommandations du Groupe Permanent « Réacteurs » du 11/06/2015 – Optimisation de la radioprotection dans les centrales nucléaires d'EDF ».
- [5] Rapport IRSN - 2022-00034 du 21 janvier 2022 : « Etude du tritium dans la Loire au pont Cessart à Saumur ».
- [6] Avis IRSN - 2021-00088 du 28 mai 2021 : « EDF - REP - Analyse du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs électronucléaires - Période 2018-2019 ».
- [7] Décision ASN - 2013-DC-0360 du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base (modifiée par la décision ASN 2016-DC-0569 du 29 septembre 2016).

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2022-00115 DU 31 MAI 2022

Recommandations de l'IRSN

Recommandation N° 1 :

L'IRSN recommande qu'EDF renforce les modalités d'arbitrage des activités notamment en cas d'ajout ou de retrait d'activités. À ce titre, EDF devra mettre en œuvre des dispositions concrètes, afin de fiabiliser et partager l'identification des risques eu égard aux conséquences potentielles à considérer.

Recommandation N° 2 :

L'IRSN recommande qu'EDF mette en œuvre des dispositions visant à sécuriser les SSC²² dont la vulnérabilité aux interventions dans leur environnement est mise en évidence par le REX. À cet égard, EDF doit également envisager de limiter la réalisation d'activités dans certains locaux selon les domaines d'exploitation.

Recommandation N° 3 :

L'IRSN recommande qu'EDF redéfinisse les périodicités de contrôle de l'état du revêtement des tuyauteries en acier revêtues de Néoprène® en valorisant à la fois les avantages des END de scrutation et ceux des contrôles intrusifs.

Recommandation N° 4 :

L'IRSN recommande qu'EDF intègre au cursus de formation managériale un module dédié aux principes de la démarche SOH et à l'INSAG 18 (adapté au niveau de responsabilités du poste occupé), afin que chaque manager soit en capacité de mobiliser les outils et les ressources appropriés lui permettant d'évaluer ou de faire évaluer, de manière adaptée et réactive, l'impact de toute évolution significative des pratiques ou de l'organisation du travail de son équipe.

²² Systèmes, structures et composants.

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2022-00115 DU 31 MAI 2022

Observations de l'IRSN

Observation N° 1 :

L'IRSN considère qu'EDF devrait accorder une part plus importante au thème de la sectorisation incendie lors des sessions de recyclage de la formation « incendie » pour les agents de terrain.

Observation N° 2 :

Afin que les agents EDF aient la capacité d'appréhender de manière aisée l'état du système sociotechnique dans un contexte de télétravail massif, l'IRSN estime qu'EDF devrait recenser les applications informatiques indispensables donnant accès aux informations utiles, qu'elles soient techniques ou organisationnelles. Un partage d'expérience devrait être réalisé au sein de chaque collectif de travail concernant d'une part l'utilité de ces applications, d'autre part les informations devant être rendues accessibles à distance et sur site, du fait de leur caractère indispensable à la coordination entre les acteurs.

Observation N° 3 :

Dans le cadre de l'analyse de son retour d'expérience de la gestion de la crise sanitaire, l'IRSN estime qu'EDF devrait analyser la suffisance des ressources allouées aux projets TEM et AT lors de la première phase de confinement. Sur la base de cette analyse, EDF devrait proposer des dispositions organisationnelles permettant le gréement de ressources complémentaires, en situation dégradée, critique ou de crise, afin de renforcer les projets TEM et AT pour qu'ils soient en capacité d'assurer de manière robuste et résiliente le pilotage du temps réel dans la durée.

Dans ce cadre, une attention particulière devrait être portée aux ressources de planification et de coordination disponibles sur site et mobilisables le cas échéant.

Observation N° 4 :

L'IRSN considère qu'EDF devrait systématiser, en cas de situation exceptionnelle, l'organisation des retours et des partages d'expériences au sein des métiers, entre métiers, entre projets, entre CNPE, afin de mettre en commun des bonnes pratiques et des difficultés particulières.

Dans cet objectif, EDF devrait assurer de manière adaptée la collecte au fil de l'eau des éléments de contexte et de justification ayant conduit à des prises de décisions structurantes, permettant a posteriori d'en tirer les enseignements. Pour cela, EDF devrait d'une part définir les objectifs et les dispositions de recueil et de traçabilité des données du REX au fil de l'eau, d'autre part formaliser les principales expériences vécues selon les fonctions des acteurs et les configurations d'exploitation (TEM, AT) afin de favoriser le partage et l'appropriation du REX.