

Fontenay-aux-Roses, le 28 mai 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00088

**Objet : EDF - REP - Analyse du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs électronucléaires
Période 2018-2019.**

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) au cours de la période 2018-2019 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 un grand nombre de 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 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.

Afin de dégager des tendances en termes de sûreté des installations, de radioprotection des travailleurs et d'impact sur l'environnement de l'exploitation des réacteurs, l'IRSN a développé des méthodes et des outils d'analyse du REX, parmi lesquels divers indicateurs. Ces indicateurs permettent notamment d'identifier les domaines qui méritent un examen plus approfondi. Plus récemment, un modèle d'analyse des événements significatifs reposant sur l'identification des défaillances et des succès des dispositifs techniques et organisationnels nécessaires à la maîtrise des activités a été développé par l'institut (méthode A2N-T), pour compléter son analyse.

¹ Sur la période 2018-2019, 58 réacteurs à eau sous pression (REP) sont en fonctionnement. Ceux-ci 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).

Les principales conclusions en matière de sûreté, de radioprotection et d'environnement de l'analyse réalisée par l'IRSN du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs électronucléaires pour la période 2018-2019 sont présentées ci-après.

1. ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE EN FONCTIONNEMENT POUR LA PÉRIODE 2018-2019

Pour la période 2018-2019, 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. Cette analyse fait ressortir principalement les thématiques suivantes :

- la déclinaison des documents applicables pour la réalisation des essais périodiques (EP) ;
- la prise en compte du REX ;
- les événements précurseurs⁴ ;
- la conduite incidentelle et accidentelle ;
- la planification des activités d'exploitation ;
- la maîtrise des risques incendie et explosion ;
- le REX de la modification de la ventilation du hall des groupes électrogènes de secours de certains réacteurs de 1300 MWe.

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.

1.1. LE BILAN DES ÉVÉNEMENTS SIGNIFICATIFS POUR LA SÛRETÉ

La période 2018-2019 se caractérise par deux points marquants : l'augmentation significative du nombre d'événements déclarés en 2019 et la présence de quatre ESS de niveau 2 sur l'échelle INES⁵ comme en 2017 (Figure 1).

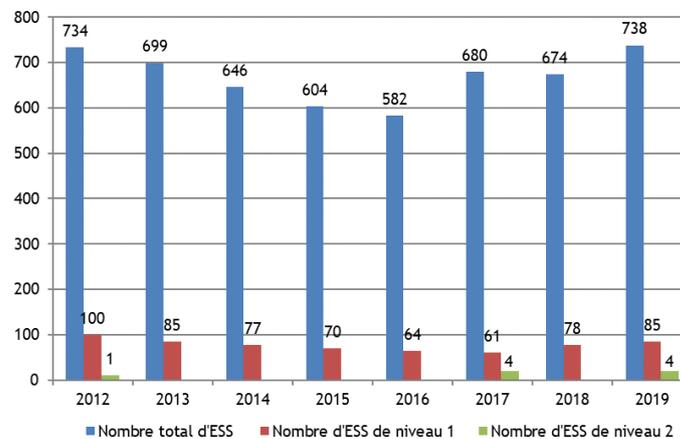


Figure 1 : Nombre d'ESS déclarés par an, entre 2012 et 2019, en fonction de leur niveau sur l'échelle INES

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 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.

Bien que cette donnée ne puisse être considérée comme un indicateur du niveau de sûreté du parc électronucléaire, l'augmentation observée en 2019 coïncide avec la prolongation des arrêts de réacteur pour renouvellement du combustible. En effet, l'augmentation du nombre de jours de retard d'arrêt a un impact direct sur la planification et la préparation des activités à réaliser, ce qui est propice à la déclaration d'événements significatifs en plus grand nombre. Parmi les ESS de niveau 2 sur l'échelle INES déclarés en 2019, deux présentaient un caractère générique relatif à l'absence de garantie de tenue au séisme des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel. Le troisième ESS était relatif à des indisponibilités simultanées de plusieurs systèmes de sûreté secourus du réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Penly, à la suite d'un défaut sur un composant de « cellules contacteurs » de tableaux électriques secourus 6,6 kV. Le dernier concernait la mise sous vide incontrôlée du circuit primaire du réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Golfech lors de sa vidange en dehors des conditions autorisées par les spécifications techniques d'exploitation (STE). Cet événement a par ailleurs fait l'objet d'une analyse approfondie de la part de l'IRSN, dont les conclusions sont présentées dans l'avis en référence [2].

Enfin, l'année 2019 a été marquée par la survenance, le 11 novembre, d'un séisme de magnitude 5,4 sur la commune du Teil, à environ 15 km de la centrale nucléaire de Cruas et 30 km de celle du Tricastin. À l'issue de ce séisme, les contrôles menés ont confirmé l'absence de conséquences réelles, notamment sur les équipements importants pour la sûreté [3]. Par ailleurs, l'ASN a demandé à EDF de prendre en considération cet événement pour examiner la nécessité de revoir les niveaux d'aléas sismiques pris en compte dans la démonstration de sûreté des réacteurs de Cruas et du Tricastin pour le réexamen de sûreté associé à leur quatrième visite décennale.

1.2. LA PRISE EN COMPTE DU REX

Comme cela a été souligné de manière récurrente lors des expertises précédentes de l'IRSN relatives au retour d'expérience [4][5], il a été de nouveau constaté, pour la période étudiée, plusieurs événements relatifs à des défauts de prise en compte du REX.

À titre d'exemple, la présence de corps migrants dans le circuit de lubrification d'une turbopompe ASG⁶ a provoqué son indisponibilité sur le réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Civaux en janvier 2018, alors qu'un événement similaire s'était produit à la centrale nucléaire de Chooz B en 2014. Aucune action n'ayant été prise par EDF, afin de se prémunir du risque de migration de corps étranger dans le circuit de lubrification de la pompe, l'IRSN avait émis un avis fin 2018 [6] préconisant la mise en place d'un système de filtration au plus tôt. En 2020, au cours de la présente expertise, la survenance d'un troisième événement similaire sur le réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Civaux a amené EDF à engager des actions dans l'objectif d'améliorer le système de filtration des appoints d'huile des pompes ASG des réacteurs de 1450 MWe.

De façon générale, lors de la présente expertise, EDF a indiqué avoir mis en œuvre plusieurs actions visant à améliorer la prise en compte du REX en améliorant ou optimisant ses processus de collecte et de traitement du REX.

Pour l'IRSN, l'effet de ces actions, satisfaisantes dans le principe, ne pourra réellement être apprécié qu'à l'aune des résultats concrets qu'elles produiront dans les années à venir. De ce fait, l'IRSN estime qu'EDF doit absolument maintenir ses efforts, afin qu'un traitement systématique et réactif du REX disponible participe enfin pleinement à l'amélioration des résultats opérationnels en termes de sûreté.

1.3. 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,

⁶ ASG : système d'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur.

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 19 ESS précurseurs ayant affecté les réacteurs entre le 1^{er} septembre 2017 et le 31 août 2019, ce qui représente un peu plus de 1 % des ESS. Deux tiers des ESS précurseurs ont pour origine une non-qualité de maintenance.

La famille d'initiateurs redoutés⁷ la plus représentée est la famille de perte des alimentations électriques externes, avec 12 ESS. Sept d'entre eux sont relatifs à des écarts affectant les groupes électrogènes de secours à moteur Diesel. Sur ce sujet, EDF a mis en place plusieurs plans d'actions sur le parc visant à fiabiliser les sources électriques. Toutefois, l'IRSN a mis en évidence [7][8][9] plusieurs fragilités qui ne sont pas prises en compte actuellement dans les plans d'actions engagés par EDF. Elles concernent notamment les moteurs Diesel des réacteurs de 1300 MWe et sont relatives à des insuffisances du maintien en bon état des colliers du circuit de carburant et à l'utilisation d'une graisse inadaptée au niveau du clapet pilote des soupapes d'air de lancement.

Le programme précurseur⁸ d'EDF est désormais intégré dans le processus de traitement du REX. Cependant, l'analyse probabiliste est valorisée dans un second temps, après l'analyse de l'événement au niveau local et l'élaboration d'une stratégie associée visant à éviter son renouvellement. Depuis septembre 2020, certains comptes rendus d'ESS font l'objet d'une montée d'indice dès lors que leur analyse probabiliste a révélé un caractère précurseur, afin d'intégrer un paragraphe dédié à cette analyse. Il s'agit d'un engagement pris par EDF à l'issue de la réunion du GP REX 2012-2014 [4] qui devait être suivi à partir de juillet 2018.

Toutefois, du fait d'un plan de charge particulièrement élevé dû aux réexamens de sûreté en cours, les équipes d'EDF en charge des évaluations probabilistes de sûreté ne sont actuellement pas en mesure de réaliser les quantifications probabilistes, de manière réactive, associées au programme précurseur.

De ce fait, l'IRSN déplore que la prise en compte des résultats du programme précurseur d'EDF arrive actuellement trop tardivement pour avoir une réelle plus-value sur la priorisation des actions engagées.

1.4. LA CONDUITE INCIDENTELLE ET ACCIDENTELLE

À la suite d'inspections sur le thème de la conduite en situations incidentelles ou accidentelles sur plusieurs sites, EDF a amélioré son processus d'élaboration des règles et des consignes de conduite incidentelle accidentelle (CIA). En effet, EDF a mis en place un plan d'actions qui prévoit notamment de renforcer le processus de validation technique et du pilotage managérial. La revalidation à blanc de l'ensemble des fiches locales APE⁹ va également être réalisée pour tous les paliers. L'IRSN a évalué l'avancement et l'efficacité de ce plan d'actions dans le cadre de la présente expertise.

⁷ 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 ».

⁸ Le programme précurseur correspond à l'analyse de l'ensemble des événements significatifs pour la sûreté sous l'angle probabiliste, c'est-à-dire déterminer l'accroissement de la probabilité de fusion du cœur associé à l'événement, qui représente la différence entre la probabilité annuelle conditionnelle de fusion du cœur sachant que l'événement a eu lieu et la probabilité annuelle globale de fusion du cœur issue du modèle des évaluations probabilistes de sûreté de référence. Le programme précurseur permet également de quantifier le gain pour la sûreté des actions correctives mises en place pour éviter le renouvellement de l'événement ou, du moins, en limiter les conséquences.

⁹ APE : approche par états.

1.4.1. Élaboration des stratégies de conduite

Pour certains transitoires accidentels du rapport de sûreté, la démonstration de sûreté repose sur la capacité de l'équipe de conduite à réaliser des actions demandées par les procédures APE dans le délai imparti. Des délais forfaitaires sont alors retenus pour les actions à la charge de l'équipe de conduite. Il apparaît donc nécessaire de s'assurer, par application des procédures de conduite sur le terrain, que les délais nécessaires à la réalisation des actions sont suffisants pour respecter la démonstration de sûreté. Or la consolidation de ces délais n'est pas prévue dans le processus d'élaboration des procédures de conduite. Les délais forfaitaires ne sont donc pas ou très rarement consolidés sur le terrain par EDF, et les difficultés de mise en œuvre de certaines actions ne sont pas identifiées au travers de mises en situation sur site.

Au cours de la présente expertise, EDF a indiqué que la nécessité d'utiliser des délais « adaptés » serait identifiée et documentée dans le cadre des prochains réexamens de sûreté, et que les délais retenus seraient justifiés en fonction des scénarii étudiés et des règles d'étude applicables.

L'IRSN considère que cette démarche est acceptable, mais considère que cette méthodologie, pour identifier qu'un délai conventionnel n'est pas adapté, soit présentée en amont du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, afin d'en anticiper l'expertise. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 1 en annexe 2.**

1.4.2. Validations à blanc

Le processus d'élaboration et de mise à jour des procédures de conduite incidentelle et accidentelle prévoit une étape de validation à blanc, permettant notamment de s'assurer de l'opérabilité des fiches locales et de leur compréhension par les équipes de conduite. Malgré une nouvelle validation de l'ensemble des fiches locales réalisée par EDF en 2017, plusieurs dysfonctionnements ont été constatés lors de l'application de certaines fiches locales à l'occasion d'inspections CIA réalisées après 2017.

Des vérifications par simulation locale (VSL) peuvent également être réalisées à l'initiative des centres nucléaires de production d'électricité (CNPE) afin de s'assurer de l'opérabilité des fiches locales en prenant en compte les spécificités de chaque réacteur ou centrale. L'IRSN considère que le processus de VSL doit être systématiquement appliqué par chaque CNPE dès lors qu'une fiche locale est amendée ou nouvellement créée, et que toutes les fiches locales d'ores et déjà en application doivent faire l'objet d'une VSL.

À cet égard, EDF s'est engagé à fournir à échéance de juin 2021 un planning de réalisation des VSL pour chaque CNPE et d'évolution du processus interne afin de spécifier explicitement la nécessité éventuelle de réaliser une VSL pour chaque fiche locale nouvellement créée ou amendée. **L'IRSN estime que cet engagement est satisfaisant.**

1.4.3. Accessibilité des locaux en situation de perte totale des alimentations électriques (H3)

En situation H3, pour permettre la circulation des agents de terrain en vue de la réalisation des actions locales demandées, il est nécessaire que les dispositifs de contrôle des accès, appelés plus communément « portiques » soient manœuvrables. Or les inspections CIA réalisées au cours des dernières années ont mis en évidence une méconnaissance par les équipes de conduite de l'état des dispositifs de contrôle des accès en situation H3 et la nécessité de réaliser des actions pour les rendre manœuvrables.

EDF s'est engagé à mettre à disposition des équipes de conduite des passes permettant de franchir les portiques et à amender certaines consignes APE pour y faire figurer la nécessité de prendre ces passes. Cette organisation sera effective à échéance de juillet 2021 sur l'ensemble des CNPE.

L'IRSN estime que cette action est satisfaisante. Toutefois, EDF devra prendre en compte le cas d'une perte échelonnée des tableaux. Dans cette situation, des agents de terrains pourraient déjà être présents en local pour appliquer des fiches d'action relatives à la première perte électrique, lorsque la perte totale se produira.

1.4.4. Formation des agents de terrain

En cas d'évolutions importantes des procédures de conduite, les services centraux d'EDF prescrivent aux CNPE des demandes de formation au travers d'un cahier des charges. Celui-ci est rédigé au plus tard 18 mois avant le déploiement de la modification sur le réacteur afin qu'il puisse être intégré au programme annuel de formation des personnels de conduite.

À l'occasion d'inspections CIA, il a été constaté à plusieurs reprises des difficultés pour les agents de terrain à identifier en local les organes à manœuvrer. Sur certains CNPE, la pose de drapeaux fluorescents sur les organes dont la manœuvre est appelée dans l'APE facilite leur identification et, par conséquent, la réalisation des actions locales. Dans des conditions d'intervention particulièrement dégradées, notamment (absence d'éclairage en situation H3 par exemple), l'IRSN considère que le bénéfice apporté par cette pratique serait incontestable. À cet égard, EDF s'est engagé à réaliser une analyse de l'opportunité de généraliser cette pratique, à échéance de fin 2021. **L'IRSN estime que cet engagement est satisfaisant.**

1.5. LA PLANIFICATION DES ACTIVITÉS D'EXPLOITATION

Pour la période 2018-2019, l'IRSN a analysé les ESS déclarés par EDF sur la base d'un modèle regroupant les facteurs contribuant à la maîtrise des risques (méthode A2N-T). Il s'agissait de rechercher pour chaque événement les traces de succès ou d'échec des lignes de défense mises en place pour maîtriser les risques lors d'activités d'exploitation.

L'analyse a notamment mis en évidence le fait que plus d'un quart des événements déclarés sur la période considérée impliquait la défaillance d'au moins une ligne de défense liée à la fonction de planification d'une activité. Les principales situations de défaillance de la planification sont, par exemple, le défaut de programmation d'une activité soumise à une butée temporelle, la programmation d'une activité dans un état de l'installation non compatible, ou encore la concomitance d'activités conduisant à des coactivités incompatibles.

EDF a mis en place plusieurs actions visant à fiabiliser la programmation des essais périodiques (EP), en systématisant l'analyse d'impact lors du report d'un EP et en améliorant l'utilisation des outils de programmation des EP. Cependant, ces actions ne concernent pas l'ensemble des activités faisant l'objet d'une planification, mais seulement les EP.

Or l'analyse quantitative de l'IRSN montre que pour les événements présentant une défaillance d'au moins une ligne de défense liée à la planification, plus de trois-quarts des activités concernées ne sont pas des essais périodiques.

L'analyse de l'IRSN montre l'intérêt pour EDF de récolter des données complémentaires à celles identifiables dans le REX, afin de caractériser les facteurs causaux de défaillance de la planification les plus importants pour identifier les actions d'amélioration aptes à traiter ces causes. L'IRSN considère que ces données et leur analyse devraient porter sur des activités à enjeux, en élargissant à d'autres activités que celles relatives aux EP, et se concentrer sur les acteurs de la préparation et de la réalisation des activités (charge de travail, compétences, disponibilité...).

Lors de la présente expertise, EDF a indiqué avoir engagé en 2021 un travail ayant pour objectifs de rationaliser et de fiabiliser la codification des événements significatifs. Par ailleurs, EDF s'est engagé à réaliser une analyse des défaillances liées à la planification, dont les causes profondes sont identifiables, en se basant sur une liste consolidée d'événements. EDF propose de fournir cette analyse en 2023 sur la base des événements allant de mi 2021 à 2022, qui concerneront toutes les activités à enjeux (pas seulement les EP), que ce soit en arrêt de tranche ou tranche en marche. **L'IRSN estime que l'engagement pris par EDF est satisfaisant.**

1.6. LA MAÎTRISE DES RISQUES INCENDIE ET EXPLOSION

1.6.1. Enrubannages coupe-feu des chemins de câbles

Les enrubannages coupe-feu des chemins de câbles, constituants de la sectorisation contre l'incendie, ont un rôle majeur dans la démonstration de sûreté d'EDF.

En avril 2019, l'exploitant de la centrale nucléaire de Paluel a déclaré un ESS à la suite du constat de dégradations d'enrubannages coupe-feu dans les entreponts de câblage. Ces enrubannages avaient été piétinés et écrasés par le passage d'intervenants. Or lors des contrôles de maintenance préventive, il est considéré qu'un tassement de plus de 50 % du matériau isolant nuit à l'efficacité de l'enrubannage. L'exploitant de Paluel a ainsi identifié cinq pertes d'intégrité de classe 1, c'est-à-dire affectant des dispositions de sectorisation séparant des volumes de feu de sûreté de voies opposées.

Par ailleurs, après avoir constaté et traité des dégradations similaires sur la majorité des CNPE, EDF s'est engagé à contrôler, sur l'ensemble des réacteurs, l'état des enrubannages susceptibles d'être soumis au piétinement avec une remise en état lorsque nécessaire. EDF prévoit également d'engager une réflexion nationale sur la formation des agents et la signalétique des enrubannages sensibles et de préciser les modalités de contrôle des critères associés à l'état des enrubannages coupe-feu des chemins de câbles dans un guide dédié. **Toutefois, l'événement de Paluel, ainsi que les contrôles réalisés par EDF sur le parc en exploitation, ont mis en évidence l'insuffisance des contrôles visuels pour assurer le respect de la démonstration de la maîtrise des risques d'incendie reposant sur les éléments de sectorisation. Ces éléments devront donc être pris en compte dans les précisions attendues afférentes aux modalités de contrôle des enrubannages.**

1.6.2. Systèmes de protection contre l'incendie

Plusieurs ESS font ressortir des défaillances dans la pose et la dépose des goupilles de têtes de bouteilles de gaz propulseurs du système d'extinction incendie. Ces goupilles sont installées afin de garantir la sécurité des intervenants, mais doivent être retirées à l'issue des interventions pour retrouver la disponibilité du système d'extinction incendie. Ces événements mettent en exergue un défaut de complétude de la documentation d'exploitation relative aux activités de maintenance des systèmes de protection incendie concernant la dépose des goupilles, ainsi que l'insuffisance des contrôles associés.

Au cours de la présente expertise, EDF a indiqué que des actions seraient engagées afin de disposer d'un état des lieux des procédures utilisées par les CNPE pour la maintenance et la consignation/déconsignation de ces bouteilles. EDF prévoit également de formuler des préconisations aux CNPE afin qu'ils utilisent les moyens à leur disposition à date pour vérifier l'absence de dispositifs d'entrave du fonctionnement de la mise en pression de l'arrosage des matériels qui en bénéficient. Au regard de l'enjeu associé, l'IRSN estime que les contrôles de dépose des goupilles ne devraient pas être préconisés mais prescrits, et réalisés au plus tôt. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 2 en annexe 2.**

1.6.3. Siphons de sol

Les siphons de sol ont pour rôle de collecter les eaux des systèmes de lutte contre l'incendie ou d'une rupture de canalisation afin de limiter les effets d'une inondation interne. Les siphons de sol ont également pour fonction d'empêcher la propagation d'un incendie d'un volume de feu à un autre par la présence d'une garde d'eau dans le siphon.

En 2019, deux ESS ont été déclarés par EDF à la suite de la découverte de nombreuses ruptures de sectorisation incendie générées par l'absence d'eau dans des siphons de sol, sur les centrales nucléaires du Tricastin et de Dampierre-en-Burly. Dans les deux cas, la périodicité des contrôles de la présence d'une garde d'eau n'était pas adaptée à la vitesse d'évaporation de l'eau dans les locaux, contrairement à ce qui est prescrit par le programme de base de maintenance préventive. Dans le cadre de la présente expertise, EDF a indiqué qu'une refonte de ces

programmes de maintenance serait réalisée sur la période 2021-2025 et qu'elle s'accompagnerait d'une vérification de la complétude des bases de données des siphons de sol participant à la sectorisation contre l'incendie pour l'ensemble du parc en exploitation. **L'IRSN considère acceptables les actions engagées par EDF.**

EDF a également indiqué que les événements précités ont pour origine l'absence de mise en œuvre des contrôles de la présence de la garde d'eau sur des périodes au-delà d'un mois et que les périodicités définies dans le programme de maintenance sont adaptées.

Cependant, l'IRSN constate que dans le cas des événements suscités, la fréquence des contrôles des siphons de sols n'est pas adaptée au taux d'évaporation de l'eau de chaque local. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 3 en annexe 2.**

1.6.4. Maîtrise de la démonstration de sûreté

Les événements décrits précédemment concernant les enrubannages coupe-feu (§ 1.6.1) et les siphons de sol (§ 1.6.3), ainsi que plusieurs événements en lien avec un risque d'indisponibilité de l'aspersion par la présence d'échafaudages mettent en évidence que les exigences associées aux différentes dispositions de protection contre l'incendie sont parfois insuffisamment maîtrisées sur les installations.

Des actions ont été prises par EDF à la suite de ces événements pour renforcer la surveillance, consolider la formation des intervenants ou encore faire évoluer la documentation. Cependant, l'IRSN constate que l'analyse faite par EDF de ces événements n'identifie pas comme cause profonde la complexité documentaire du référentiel de sûreté relatif au risque incendie, que l'IRSN considère être à l'origine d'une partie au moins des événements. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 4 en annexe 2.**

1.6.5. Système de détection d'hydrogène KHY

Le système de détection d'hydrogène KHY assure la prévention du risque d'explosion lié à l'accumulation d'hydrogène dans l'air ambiant des locaux. Il permet de déceler la présence d'hydrogène dans les locaux équipés afin de réduire le délai de mise en œuvre des dispositions contre une explosion. L'alimentation électrique du système KHY comprend une alimentation principale et des batteries de secours. Elle peut également être secourue par un groupe électrogène à moteur Diesel.

Cependant, trois événements survenus en 2017 et 2018 sur des réacteurs de Paluel et Fessenheim ont montré que l'indisponibilité prolongée du système KHY peut survenir dans un contexte de fonctionnement normal de l'installation (réalisation de travaux ou d'essai périodique), en dehors d'une situation de perte totale des alimentations électriques.

Compte tenu de l'importance de la détection d'hydrogène dans la maîtrise des risques d'explosion, l'IRSN estime qu'il n'est pas acceptable que le système KHY puisse être non opérationnel sans que les opérateurs en soient avertis. Au cours de la présente expertise, EDF a indiqué qu'il étudie l'opportunité d'une modification matérielle et/ou du renforcement des dispositifs d'exploitation afin de garantir que l'exploitant soit informé, en toute circonstance, de l'état fonctionnel du système de détection hydrogène KHY. La solution retenue et le calendrier d'intégration sur le Parc seront présentés fin 2021. **L'IRSN estime que cet engagement est satisfaisant.**

1.7. LE REX DE LA MODIFICATION DE LA VENTILATION DU HALL DIESEL DE CERTAINS RÉACTEURS DE 1300 MWE

Une partie de la chaleur¹⁰ produite par le fonctionnement d'un groupe électrogène de secours à moteur Diesel (« diesel ») est transférée au volume d'air du hall abritant le moteur Diesel et l'alternateur (« hall diesel »). Ces apports thermiques sont évacués à l'aide des ventilateurs d'extraction asservis à la température du local.

Dans le cadre de l'application du référentiel « Grands Chauds » aux réacteurs de 1300 MWe, et dans l'objectif de garantir le respect de la température d'air maximale admissible pour le matériel présent dans le hall diesel, une modification a été mise en œuvre. Elle consiste à augmenter le débit d'extraction d'air, en remplaçant les deux ventilateurs existants par des modèles plus performants et en ajoutant un troisième ventilateur.

Lors d'essais de requalification de groupes électrogènes de secours de réacteurs sur lesquels la modification a été déployée, il a été constaté des suintements d'huile en provenance des tubes de collecte d'égouttures situés au niveau des soupapes du carter moteur. Ces fuites d'huile apparaissent dès lors que deux ventilateurs sont en fonctionnement et sont dues à la mise en dépression du hall diesel par rapport à l'extérieur.

En raison de la disparité des débits de ventilation et de la dépression dans le hall diesel, ce phénomène peut également apparaître sur des réacteurs n'ayant pas intégré la modification.

Les dispositions permettant de se prémunir des fuites d'huile pour l'ensemble des diesels des réacteurs de 1300 MWe ont été examinées dans l'avis IRSN [10].

1.7.1. REX de la conception de la modification matérielle

L'analyse de l'écart réalisée par EDF identifie comme causes principales des défauts de conception et un manque de maîtrise des règles de l'art. EDF a prévu un certain nombre d'actions ayant pour objectif d'éviter le renouvellement des dysfonctionnements. **Ces actions n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Toutefois les actions visant à vérifier si d'autres dysfonctionnements de causes identiques (dépressions/surpressions excessives) existent sur le parc se réduisent à la simple vérification de l'absence de risque de remontées d'huile de lubrification au niveau du carter des diesels. Or d'autres dysfonctionnements tels que des difficultés à manoeuvrer les portes peuvent être dus à une mise excessive en dépression ou en surpression d'un local. À cet égard, EDF a prévu de déployer un système d'assistance à l'ouverture des portes pour les locaux des diesels.

Dans le cadre de l'application des référentiels « Grands chauds », « Grands froids » et « Explosion interne », des études ont conduit à modifier des systèmes de ventilation. L'IRSN considère que pour les locaux concernés, il est nécessaire de vérifier que les conditions d'intervention du personnel telles que prévues par les procédures de conduite incidentelle accidentelle et la disponibilité de matériels EIP¹¹ ne sont pas remises en cause par ces modifications. EDF considère que ces vérifications sont réalisées dans le cadre du plan d'action ventilation (PAV).

Or lors des inspections dédiées au PAV réalisées en 2021, l'IRSN a pu constater que les contrôles relatifs à la manoeuvrabilité des portes réalisées par EDF dans ce cadre ne permettent pas de répondre à la problématique identifiée. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 en Annexe 1.**

¹⁰ Cette chaleur provient de la réaction exothermique de combustion du carburant. Le reste de la chaleur est évacuée par les circuits de liquide de refroidissement.

¹¹ EIP : Au sens de l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base (INB), un EIP est un élément important pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L.593-1 du code de l'environnement. Cet élément contribue à la prévention des risques et des inconvénients pour la sécurité, la santé et la salubrité publiques ou la protection de la nature et de l'environnement.

1.7.2. REX des essais de requalification réalisés à l'issue de la mise en œuvre de la modification matérielle

L'écart concernant la fuite d'huile a été identifié de manière fortuite en 2019 lorsqu'un essai de requalification d'un groupe électrogène de secours du réacteur n° 1 de Cattenom a été réalisé dans des conditions de température telles que le deuxième ventilateur était en fonctionnement. La requalification de la modification, intégrée en 2016 sur ce réacteur, n'avait pas permis de mettre en évidence ce phénomène, car elle avait été réalisée alors que le diesel était à l'arrêt.

Ainsi, lors de la conception de la modification, l'analyse réalisée pour élaborer le programme de requalification fonctionnelle n'a pas permis d'évaluer de manière exhaustive l'impact de la modification sur le fonctionnement du groupe électrogène. Il apparaît donc important que les essais de requalification réalisés à la suite de la mise en œuvre d'une modification permettent d'apporter la preuve d'une absence de régression sur l'ensemble des systèmes qui sont en interface directe ou indirecte avec le système modifié. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 en Annexe 1.**

2. ÉVALUATION DE LA RADIOPROTECTION DES TRAVAILLEURS POUR LA PÉRIODE 2018-2019

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 (personnels EDF et des entreprises extérieures) ;
- les événements significatifs pour la radioprotection (ESR) ;
- les points principaux relevés durant les inspections renforcées « radioprotection » de l'ASN en 2018 et 2019 sur des CNPE du parc REP ;
- les éléments de retour d'expérience et les indicateurs relatifs à la maîtrise de la propreté radiologique des installations d'EDF ;
- le bilan des actions prises par EDF dans le cadre de la précédente expertise dédiée au REX de la période 2015-2017.

Les conclusions issues de l'analyse des ESR sont détaillées ci-après.

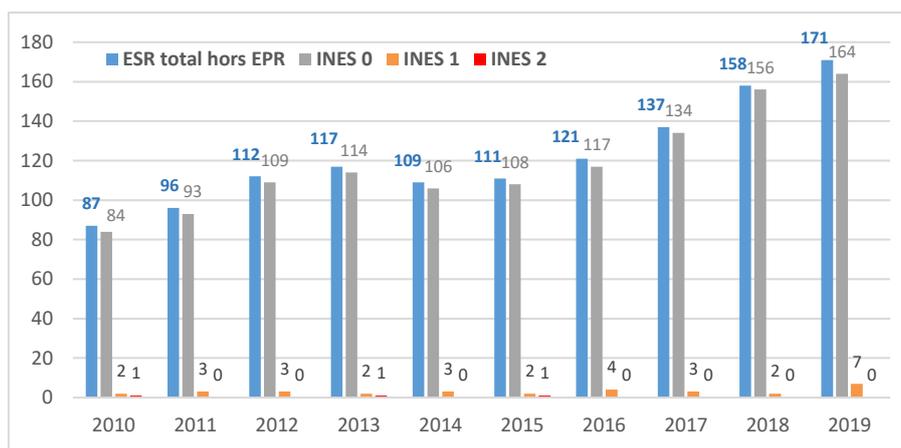


Figure 2 : Évolution du nombre d'ESR déclarés sur le parc en exploitation entre 2010 et 2019 et niveaux INES associés

Le nombre d'ESR déclarés par EDF connaît une progression en hausse depuis 2014, qui s'est accentuée après 2016. Avec 171 déclarations, l'année 2019 compte le plus grand nombre d'ESR depuis 2010 (Figure 2). Cette

année 2019 est également marquée par un nombre d'ESR classés au niveau 1 de l'échelle INES significativement plus élevé (sept ESR) que les années précédentes.

Au terme de son expertise, quatre 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.

2.1. DÉFAUTS D'ÉLABORATION OU DE PRISE EN CONSIDÉRATION D'UNE ANALYSE DE RISQUES

Le défaut d'établissement ou de prise en compte d'une analyse de risques (ADR) ou du régime de travail radiologique (RTR) durant une activité constitue la cause principale des événements déclarés sur le parc depuis plusieurs années. L'IRSN considère qu'EDF doit analyser les causes liées aux défauts d'élaboration des ADR et des RTR, et déterminer les actions nécessaires visant à réduire ces défaillances récurrentes, en particulier quand le niveau d'enjeu de radioprotection est significatif ou fort. Sur ce point, **EDF a indiqué que face à une érosion progressive de la maîtrise des fondamentaux de radioprotection, un plan de redressement du management de la radioprotection a été élaboré. Un des quatre principes concernés par ce plan porte sur l'élaboration et le respect des analyses de risques radiologiques.** Ce plan d'actions est actuellement en cours de déploiement.

2.2. DÉFAUTS DE SIGNALISATION OU D'ACCÈS À UNE ZONE ORANGE (DED¹² > 2 mSv/h)

Les ESR déclarés au titre de défauts de signalisation ou d'accès à une zone orange, ou de risque d'exposition à des débits d'équivalent de dose (DED) supérieurs à 2 mSv/h regroupent parfois plusieurs situations et peuvent concerner plusieurs intervenants.

Sur la période 2018-2019, plusieurs événements de ce type sont liés à des mauvaises pratiques lors de la manipulation au quasi-contact de filtres irradiants. Ces situations présentent des risques très significatifs de surexposition associés à des pratiques qui pourraient être améliorées. L'IRSN considère qu'EDF doit faire le bilan des pratiques de manipulation et d'évacuation des filtres irradiants, définir les bonnes pratiques à généraliser sur les CNPE du parc et s'assurer de la sécurisation de ces activités au planning d'arrêt, afin de les réaliser avec une préparation adaptée. EDF a indiqué que le guide d'aide à la préparation des décontaminations piscines, qui précise déjà les modalités visant à optimiser la radioprotection des opérations de gestion des filtres de fond de piscine, est en cours d'actualisation pour intégrer les bonnes pratiques qui permettent notamment le retrait des crépines à distance. EDF ajoute que ces activités sont intégrées au planning d'arrêt, via une tâche spécifique, et font l'objet d'un processus « zone orange ou rouge » selon le DED du filtre mesuré à un mètre. De plus, EDF s'est engagé à établir « *un catalogue de bonnes pratiques pour assurer la maîtrise de la radioprotection sur les chantiers à fort enjeux du parc* », qui intégrera les bonnes pratiques en matière d'appareils ou de méthodes pour maîtriser la contamination et notamment les moyens de filtrations mobiles. **L'efficacité et la suffisance de cette disposition pourront donc être évaluées au regard des résultats qu'elles produiront dans les années à venir.**

Parmi les événements de cette famille, beaucoup sont liés à des écarts remettant en cause la robustesse et l'efficacité du balisage des zones orange. À cet égard, EDF a mis en œuvre un certain nombre d'actions, mais n'a présenté aucune disposition permettant d'assurer une évacuation rapide des déchets irradiants produits et pouvant générer localement des zones orange. Notamment, plusieurs ESR impliquant des filtres irradiants montrent des problèmes de communication et de coordination en termes de besoins de logistique pour assurer au plus tôt l'évacuation des filtres irradiants de façon adaptée, sans création d'une zone d'entreposage redevable d'une zone orange. Sur ce point, les éléments apportés par EDF ne portent que sur les phases en aval de l'entreposage temporaire des filtres irradiants pouvant conduire à générer une ambiance radiologique redevable d'une zone orange. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 5 en annexe 2.**

¹² DED : débit d'équivalent de dose.

2.3. DÉFAUTS DE SIGNALISATION OU D'ACCÈS À UNE ZONE ROUGE (DED > 100 mSv/h)

Le nombre d'ESR dits « zone rouge » identifiés par l'IRSN est légèrement plus important que les années précédentes (quatre en 2018, six en 2019 contre deux en 2017). Lors de la précédente expertise relative à la période 2015 - 2017 [5], EDF avait déjà constaté la fragilisation des parades assurées par le processus de gestion des zones rouges portant sur le respect des règles et des rôles de chacun. Lors de la présente expertise, EDF a indiqué qu'une revue relative au processus « zone rouge » est réalisée annuellement par chaque CNPE, ainsi qu'au niveau national. Cette dernière est effectuée sur la base des ESR, des EIR¹³ et des résultats et des avis issus des inspections internes et externes. Cette revue est présentée en comité Prévention des risques chaque année et le plan d'actions associé y est alors validé. Pour l'année 2020, les actions transmises par EDF présentent des échéances de mise en œuvre s'étendant de fin 2021 à fin 2022. **Sur le principe, ces actions n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN. Leur efficacité pourra être analysée dans le cadre des prochaines expertises dédiées au REX.**

2.4. DÉFAUTS LIÉS AU PORT DE DOSIMÈTRE EN ZONE RÉGLEMENTÉE

Le port correct de dosimètres (actif et/ou passif) en zone réglementée est en dégradation depuis 2014, d'après EDF. Concernant l'absence d'identification du port de dosimètre, ces défaillances touchent à parts égales le port des dosimètres gamma et neutron. Cette surveillance étant moins courante que pour les dosimètres gamma, les situations relatives à l'absence de port de dosimètres « neutrons » relèvent toutes d'une mauvaise identification du risque d'exposition aux neutrons soit en phase de préparation, soit par les intervenants localement (parfois les deux). Ce risque « neutron » est encore souvent méconnu par les intervenants et les préparateurs du fait que les locaux concernés sont peu nombreux et peu visités.

En 2019, EDF a décidé la mise en place d'une signalisation sonore/lumineuse proche des zones à risque « neutron » ou les zones extérieures. L'IRSN estime qu'il serait pertinent qu'EDF complète ces dispositions en renforçant la prise en considération du risque d'exposition aux neutrons lors de la préparation des activités auprès des donneurs d'ordres d'EDF et des personnes compétentes en radioprotection (PCR) d'entreprises. Lors de la présente expertise, EDF a indiqué qu'une évolution du logiciel utilisé pour la création des RTR est prévue entre 2022 et 2024 pour notamment faciliter la compréhension des utilisateurs, en particulier sur le risque « neutron ». EDF prévoit également d'effectuer un rappel sur les conditions d'accès en zone contrôlée et le port des dosimètres neutrons, en conformité avec le RTR et l'analyse de risques. Ce rappel permettra à EDF de resensibiliser les intervenants au risque « neutron » notamment dès la phase de préparation d'une activité. **L'IRSN estime que ces actions sont satisfaisantes.**

3. IMPACT DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE EN FONCTIONNEMENT SUR L'ENVIRONNEMENT POUR LA PÉRIODE 2018-2019

Pour évaluer l'impact environnemental de l'exploitation des centrales nucléaires d'EDF sur la période 2018-2019, l'IRSN a analysé les événements significatifs pour l'environnement (ESE) déclarés par EDF, ainsi que les constats issus des rapports d'inspections sur le thème « environnement » réalisées sur les sites d'EDF. Eu égard aux enjeux associés, l'IRSN a choisi de détailler plus particulièrement son analyse concernant la thématique de la pollution des nappes phréatiques, notamment au tritium.

Depuis 2015, le nombre d'ESE déclarés chaque année ne présente pas d'évolution significative et se situe autour de 80 déclarations par an. En 2018, les critères de déclaration des ESE relatifs aux gaz à effet de serre ont évolué, avec une modification du critère de déclaration des émissions de fluide frigorigène et l'ajout d'un critère de

¹³ EIR : événement intéressant pour la radioprotection.

déclaration pour les émissions de SF₆¹⁴. Ce dernier point avait fait l'objet d'une recommandation de l'IRSN en 2018 [11].

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

- des événements relatifs à la maîtrise des rejets, qui concernent pour la plupart des déversements d'hydrocarbures et des dépassements de limites réglementaires en sortie des stations d'épuration. Pour ce type d'événement, les causes sont essentiellement relatives à des défaillances organisationnelles (procédures incomplètes ou inexistantes, non-respect des procédures, méconnaissances des matériels ou manques d'analyse de risques) ;
- des événements relatifs à des émissions de gaz à effet de serre (fluides frigorigènes et SF₆) qui sont causées à 80 % par des défaillances matérielles (pertes d'étanchéité), elles-mêmes ayant bien souvent pour origine des défaillances organisationnelles (manque de formation des intervenants, gammes d'intervention non optimisées, insuffisance des contrôles des matériels...).

3.1. ANALYSE DES SUITES APPORTÉES PAR EDF AUX INSPECTIONS RENFORCÉES « ENVIRONNEMENT » DE 2017, 2018 ET 2019

Sur la base des lettres de suite de l'ASN relatives aux inspections renforcées sur le thème « environnement » et de l'analyse des réponses d'EDF, l'IRSN a identifié les principales non-conformités, ainsi que leurs causes.

Pour ce qui concerne les dispositions générales relatives à la maîtrise de l'impact sur l'environnement, plusieurs défaillances dans l'identification et le contrôle des AIP¹⁵ et des EIP ont été constatées. EDF a indiqué au cours de l'expertise qu'une nouvelle méthodologie pour l'identification des AIP et des EIP était actuellement à l'étude. Cependant l'IRSN souligne que les exigences relatives aux EIP devront être clairement définies et que l'organisation doit être renforcée afin de garantir leur respect.

Par ailleurs, l'IRSN a relevé les points suivants concernant les installations relatives à la maîtrise de l'impact sur l'environnement :

- **des défaillances ont été relevées dans la maîtrise de l'étanchéité du réseau d'eaux pluviales** (dégradations non tracées, dispositifs d'étanchéité non conformes...). Au cours de l'expertise, EDF a indiqué que la vérification des moyens d'obturation sera prochainement intégrée à une doctrine de maintenance. L'ASN a par ailleurs demandé que le prescriptif de maintenance relatif aux zones valorisées comme rétentions impose un délai d'un an entre la détection d'un défaut remettant en cause l'étanchéité du réseau et la réparation de ce dernier. **L'IRSN considère que ces éléments concourent à la résorption des constats faits pendant les inspections ;**
- lors d'un exercice de déversement d'une substance dangereuse pour tester les moyens de prévention des pollutions, **l'exploitant n'a pas clairement démontré le caractère suffisant du volume disponible des bassins de confinement, la compatibilité des moyens de lutte et de confinement ainsi que la disponibilité des matériels d'évacuation des kits antipollution souillés** en relation avec la nature de la substance déversée. Au cours de l'expertise, EDF a précisé que des études sont en cours afin de modifier les dispositifs de confinement, qui permettront notamment de garantir de très grandes capacités de

¹⁴ SF₆ : le SF₆ (Hexafluorure de soufre) est l'un des six types de gaz à effet de serre visés par le protocole de Kyoto ainsi que dans la directive 2003/87/CE. Il est utilisé dans des équipements haute tension de l'industrie électrique pour ses propriétés diélectriques. Son potentiel de réchauffement global (PRG) 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.

¹⁵ AIP : activité importante pour la protection des intérêts.

rétenion. EDF a également apporté des éléments de justification de la tenue des rétenions aux produits chimiques. **Ces éléments n'appellent pas de commentaire de la part de l'IRSN ;**

- les piézomètres permettent de contrôler la qualité des eaux souterraines. **Des défauts de conformité à la norme NF X31-614 ont été relevés sur la quasi-totalité des CNPE.** Au cours de l'expertise, EDF a proposé de demander aux CNPE de réaliser un état des lieux des piézomètres, suivi d'une remise en conformité par rapport à la norme NF X31-614 si nécessaire. **Cette action est jugée satisfaisante par l'IRSN ;**
- les stations de surveillance regroupent les stations multi paramètres (amont, rejet et aval) et les stations météorologiques. **Un mauvais état des équipements des stations de surveillance** (portes d'accès non verrouillées, matériels indisponibles, absence d'approvisionnement de matériel de dépannage) a été observé lors des inspections. Au cours de l'expertise, EDF a indiqué que certains CNPE se sont équipés de préleveurs mobiles pour compenser de manière réactive une indisponibilité de leur moyen de prélèvement. **Pour l'IRSN, cette bonne pratique mériterait d'être étendue à tous les sites ;**
- concernant les déshuileurs, des incohérences entre la documentation applicable et l'état réel des installations ont été constatées. En particulier, l'ergonomie des déshuileurs ne permet pas de déterminer avec certitude la présence d'hydrocarbures dans la fosse d'exhaure, du fait du faible éclairage et de l'exiguïté. Sur ce point, EDF a indiqué que la recommandation relative à la réalisation d'un écrémage régulier de la fosse tampon a été ajoutée à la documentation applicable. De manière plus globale, les bonnes pratiques relatives à l'exploitation des déshuileurs ont été partagées au travers d'un guide et de la montée d'indice des règles de gestion pour la maîtrise du confinement liquide. **L'IRSN considère que ces actions sont satisfaisantes ;**
- l'article 4.2.1 de la Décision Environnement [12] requiert que l'exploitant tienne à jour un registre indiquant la nature, la localisation et la quantité des substances dangereuses détenues, ainsi qu'un plan général des entreposages. Un manque d'exhaustivité des registres a été mis en évidence sur tous les CNPE inspectés. Au cours de l'expertise, EDF a précisé que la documentation précisant les modalités de renseignement du registre a été indicée dans un but d'homogénéisation des pratiques sur l'ensemble des CNPE. Un plan d'actions sur la maîtrise de la gestion des produits chimiques stockés par les prestataires sur les sites sera déployé par EDF en 2021/2022. **Ces éléments n'appellent pas de commentaire de la part de l'IRSN ;**
- pour prévenir les risques conventionnels, et en particulier le risque chimique, les fiches de sécurité (FDS) étendues et la Décision Environnement [12] imposent diverses dispositions concernant les stockages et entreposages de substances dangereuses, ainsi que les canalisations les véhiculant. Or des non-conformités à la Décision Environnement et aux FDS relatives ont été relevées sur l'ensemble des CNPE. En particulier, des entreposages de substances dangereuses sur des aires non autorisées à les accueillir ont été relevés, ainsi que des défaillances dans la gestion des rétenions (encombrement, détérioration...). Lors de l'expertise, EDF a indiqué qu'une règle de gestion pour la maîtrise du confinement liquide prescrit des exigences concernant l'entreposage ou le dépotage de substances dangereuses hors des zones prévues, ainsi que l'exploitation des rétenions et puisards associés et notamment le maintien en propreté. Cette règle a été mise à jour en 2020 (pour une mise en application avant fin 2022) afin de tenir compte du REX et des difficultés d'application de cette règle par les CNPE. Par ailleurs, il a été mis en évidence des entreposages de substances inflammables dépassant les charges calorifiques affichées. **Pour prévenir le risque incendie, l'IRSN rappelle qu'il est nécessaire que les CNPE définissent les charges calorifiques de chaque aire de stockage et local, et actualisent les affiches dans les locaux en veillant à leur respect.**
- lors des opérations de dépotage de substances dangereuses, il existe un risque important de mélange de substances incompatibles. Des non-conformités concernant les aires de dépotage (état, maintenance...) ont été relevées lors des inspections. Des manquements relatifs aux procédures de

dépotage ont également été constatés, notamment des défauts de renseignement et des absences de mise à jour des gammes. **Au cours de l'expertise, EDF a indiqué que le déploiement de la nouvelle version de la règle de gestion pour la maîtrise du confinement va permettre de renforcer les dispositions relatives à la gestion de ces documents. Ces éléments n'appellent pas de remarque de l'IRSN.**

3.2. ÉVALUATION DES POLLUTIONS VISIBLES DES NAPPES AU TRITIUM

Les fuites d'effluents sont pour la plupart détectées et gérées par les moyens de protection prévus à cet effet dans les installations (puisards, rétentions). Elles font alors l'objet de déclaration d'événement intéressant l'environnement (EIE).

Cependant, certaines fuites ne sont détectées que lorsqu'elles sont parvenues dans la nappe à la faveur de défauts d'étanchéité ou d'un cheminement non prévu. Aucun rejet, de quelque nature qu'il soit, n'est autorisé dans les eaux souterraines et le guide de l'ASN [13] cadrant les modalités de déclaration des événements significatifs indique qu'une déclaration est attendue dès la découverte d'une contamination de nappe anormale par rapport au bruit de fond. Cependant, les critères de déclaration sont fixés à 100 Bq/L pour les EIE et 1000 Bq/L pour les ESE.

EDF réalise une surveillance des nappes phréatiques au moyen de piézomètres implantés au droit des installations et transmet ses mesures au Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM). Pour chaque CNPE, on distingue les piézomètres dits « réglementaires » (réseau défini par arrêté) des piézomètres dits « non réglementaires » qui viennent compléter le réseau piézométrique. L'IRSN a analysé les niveaux d'activité en tritium disponibles dans le RNM pour chacun des 19 CNPE afin de détecter toute élévation anormale de la radioactivité n'ayant pas fait l'objet d'une déclaration de la part de l'exploitant. Sur la période 2018-2019, les données du RNM mettent en évidence des dépassements du critère de déclaration d'EIE sur quatre CNPE et deux dépassements pour le critère d'ESE.

Au vu de l'hétérogénéité et de l'absence de déclaration d'événement par certains sites, l'IRSN estime que, sur la base du retour d'expérience, il paraîtrait opportun de réinterroger les critères de déclaration des EIE et 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 sites sont jugés trop élevés par l'IRSN.

Par ailleurs, à l'issue de la présente expertise, EDF s'est engagé à rappeler aux CNPE les dispositions de l'article 3.3.2 de la Décision Environnement [12] 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. **Ce point n'amène pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Enfin, la représentativité des données transmises au RNM est variable d'un CNPE à l'autre, car la transmission des mesures issues des piézomètres dits « non réglementaires » n'est pas systématique. Ainsi, certaines situations ayant fait l'objet de déclaration d'événement ne sont pas observables au travers des données du RNM seules. **Pour les sites où les piézomètres non réglementaires ont permis de révéler des marquages en tritium, l'IRSN estime qu'EDF doit justifier la pertinence de son réseau de piézomètres réglementaires.**

3.3. PRÉSENTATION DES ESE DE POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES SUR LES SITES DE TRICASTIN ET DE CRUAS

3.3.1. Fuite de tritium sur le CNPE du Tricastin (2019)

À la suite d'une fuite d'effluents survenue sur une tuyauterie de la ligne de brassage d'effluents, un niveau anormalement élevé en tritium (1060 Bq/L) a été relevé sur un piézomètre du CNPE du Tricastin le 4 novembre 2019, dans le cadre d'un suivi hebdomadaire. La fuite a été causée par l'absence de support d'un

piquage qui a donné lieu à la formation d'une fissure par fatigue vibratoire. Du fait de la pression, une partie des effluents libérés a été projetée dans la zone de collecte des eaux de pluie, puis, à la faveur d'un défaut de joint d'étanchéité, dans les terrains sous-jacents jusqu'à la nappe alluviale qui circule à environ 5 m de profondeur. La fuite a été constatée le 31 octobre 2019, en amont de la mesure relevée sur le piézomètre. Des dispositions de surveillance renforcée ont été mises en place par EDF, afin de suivre la résorption de la pollution au moyen des piézomètres situés dans l'axe d'écoulement de la nappe.

En fin d'expertise, EDF a précisé qu'à l'occasion de l'arrêt d'une surveillance renforcée, un dossier intégrant les éléments nécessaires à la prise de décision est élaboré. Ce dossier, instruit et complété au fil du suivi de l'événement et de son évolution, est partagé et validé avec l'ASN. Par ailleurs, EDF s'est engagé rappeler aux CNPE les éléments à intégrer dans le rapport permettant de s'orienter vers l'arrêt d'une surveillance renforcée. **Ces actions sont jugées satisfaisantes par l'IRSN.**

3.3.2. Fuites d'hydrocarbures sur le CNPE de Cruas (2018)

Dans le cadre du traitement d'un EIE, une surveillance renforcée a conduit au constat de la présence d'une lentille d'hydrocarbures flottants dans un piézomètre. Un ESE relatif à cette présence d'hydrocarbures a été déclaré le 8 août 2019.

Selon EDF, l'origine de cet événement est l'arrosage en août 2018 du transformateur principal afin de le refroidir, qui a généré des quantités importantes d'effluents composés d'eau et d'huile moteur, recueillis dans la fosse tampon du déshuileur de site. En raison d'un joint défectueux et le niveau de la fosse ayant atteint un niveau supérieur à la normale, des hydrocarbures ont pu s'infiltrer via un « trou de banche » dans la rétention du déshuileur.

Une nouvelle analyse réalisée en septembre 2019 a révélé que la pollution avait pu s'étendre vers plusieurs zones de fuite, du fait de la présence de plusieurs défauts d'étanchéité.

L'analyse de cet ESS a mise en évidence le fait que le dernier état des lieux des réseaux de piézomètres des CNPE date de 2013. Or depuis cette date, plusieurs événements (construction de nouveaux bâtiments et de parois géotechniques, découverte de pollutions des sols...) ont fait évoluer le réseau de piézomètres actifs et ont pu modifier localement les conditions d'écoulement des eaux souterraines. En fin d'expertise, EDF s'est engagé à formaliser, dans le dossier élaboré lors de l'arrêt d'un plan de surveillance renforcée, l'analyse de la cohérence des données nouvellement acquises avec les cartes piézométriques et si besoin, à mettre à jour ces dernières. **Cette action est jugée satisfaisante par l'IRSN.**

3.4. PRÉSENTATION DES PROBLÉMATIQUES DE MIGRATION DU TRITIUM SOUS FORME GAZEUSE ET DE DÉTECTION RÉCURRENTÉ D'EAU TRITIÉE DANS LA DOUBLE PAROI DES PUISARDS (CIVAUX)

Sur la période 2018-2019, plus de 40 EIE relatifs à la présence d'effluents dans une rétention ultime ont été déclarés par EDF, laissant suspecter la présence de tritium dans les eaux souterraines, par infiltration dans le béton. Une part importante de ces événements concerne les puisards du système RPE¹⁶. Pour le CNPE de Civaux, 12 EIE de ce type ont été déclarés entre 2013 et 2019.

Dans le cas de défaillance de la première enveloppe, la mise en œuvre d'un pompage sous 48 heures est nécessaire afin d'éviter toute infiltration dans le béton. L'analyse des EIE de la centrale de Civaux révèle dans certains cas la présence d'effluents dans les doubles enveloppes des puisard RPE, alors qu'aucun défaut d'inétanchéité de la première enveloppe n'est identifié. L'origine de cette eau peut être attribuée à l'écoulement d'eau de condensation via un tube débouchant dans le puisard.

¹⁶ RPE : circuit de purges et évènements nucléaires.

En fin d'expertise, EDF a précisé sa démarche visant à identifier les mécanismes à l'origine de la présence d'eau dans la double enveloppe des puisards RPE. EDF postule la condensation comme mécanisme d'apport en eau en faible volume et impute le marquage en tritium à une contamination ancienne. Pour l'IRSN, l'hypothèse d'EDF ne permet pas d'expliquer la présence de quelques litres d'effluents faiblement marqués en tritium et un mécanisme d'échange effluents/air/eau apparaît plus probable.

Enfin l'IRSN constate que la présence d'effluents dans la double enveloppe des puisards RPE ne conduit à une déclaration d'EIE qu'en cas de non-respect du délai de 48 heures pour leur pompage. De ce fait, les actions visant à limiter des apports d'eau dans les puisards ne sont plus tracées et valorisées au titre du retour d'expérience. **Ces deux points font l'objet de l'observation n° 6 en annexe 2.**

4. CONCLUSION

Au terme de son analyse du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs électronucléaires pour la période 2018-2019, **l'IRSN estime que les résultats en termes de sûreté, de radioprotection des travailleurs et d'impact sur l'environnement sont mitigés, mettant en exergue un certain nombre de points de fragilité qui ont nécessité ou qui nécessitent encore des actions correctives de la part d'EDF.**

En effet, en matière de sûreté, **le nombre d'événements déclarés a connu une hausse significative en 2019, après une stagnation en 2018 par rapport à 2017.** Bien que cette donnée ne puisse être considérée comme un indicateur du niveau de sûreté du parc électronucléaire, l'augmentation observée en 2019 coïncide avec la prolongation des arrêts de réacteur pour renouvellement du combustible. En effet, l'augmentation du nombre de jours de retard d'arrêt a un impact direct sur la planification et la préparation des activités à réaliser, ce qui est propice à la déclaration d'événements significatifs en plus grand nombre. De ce fait, **EDF a décidé la mise en place de plans d'actions qui apparaissent adaptés.** D'une part, **EDF s'est attaché à sécuriser la réalisation des arrêts de réacteurs, tant en termes de durée cible que de respect des différents référentiels d'exploitation** (spécifications techniques d'exploitation, essais périodiques, maintenance...). D'autre part, **EDF s'est engagé à reconquérir la conformité de ses installations. Pour l'IRSN, l'ensemble de ces actions sont absolument nécessaires, car elles sont un levier majeur du maintien et de l'amélioration du niveau de sûreté des installations.**

L'année 2019 a également été marquée par la déclaration de quatre ESS de niveau 2 sur l'échelle INES, ainsi que par un nombre élevé d'événements en lien avec des erreurs de pilotage, de surveillance de l'installation et des non-qualités de maintenance. De manière plus globale, malgré les plans d'actions successifs engagés par EDF ces dernières années, dont les orientations sont certes positives mais a priori insuffisantes, **les résultats opérationnels en termes de sûreté stagnent. En particulier, EDF a toujours des difficultés à valoriser pleinement son propre retour d'expérience d'exploitation** (tant dans sa collecte que dans son traitement dans des délais raisonnables), alors qu'à contrario le REX des installations étrangères semble être bien pris en compte par EDF.

Au cours de son analyse, l'IRSN a également mis en exergue des difficultés de la part d'EDF à garantir la bonne déclinaison et opérabilité sur le terrain des consignes incidentelles, ce qui a donné lieu à des engagements d'EDF dans ce domaine.

Par ailleurs, les enseignements tirés de la modification déployée au niveau de la ventilation des halls des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel de certains réacteurs de 1300 MWe ont amené l'IRSN à formuler deux recommandations. En effet, **l'IRSN considère essentiel de s'assurer que toute modification d'un système de ventilation n'a pas d'impact sur les équipements importants pour la sûreté et, de manière plus générale, que les essais réalisés à l'issue d'une modification permettent de démontrer l'efficacité de la modification déployée dans toutes les configurations de fonctionnement, et de s'assurer de l'absence de régression d'un point de vue de la sûreté.**

Enfin, l'IRSN s'est également attaché à vérifier la maîtrise du risque incendie et explosion par EDF. Outre certains éléments de REX techniques, affectant notamment le contrôle des bouteilles de gaz propulseur du système de lutte contre l'incendie ou encore celui des siphons de sol, qui ont fait l'objet d'engagements de la part d'EDF, **l'IRSN considère surtout que le référentiel de maîtrise du risque incendie et explosion est complexe**, ce qui peut expliquer la difficulté des différents intervenants sur le terrain à se l'approprier et à le mettre en œuvre.

En matière de radioprotection, la période 2018-2019 s'est traduite par une dégradation d'une partie des résultats, dans la dynamique des années antérieures. En effet, une érosion progressive de la maîtrise des fondamentaux de radioprotection a été observée nécessitant la mise en place d'un plan important de redressement du management de la radioprotection par EDF. La dégradation d'une partie des résultats de radioprotection est toutefois à mettre en regard de la forte augmentation des activités de maintenance associées aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 1300 MWe, mais surtout à celles des premiers déploiements des modifications relatives au quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe. En effet, malgré la forte augmentation du volume d'activités, l'augmentation de la dose individuelle des travailleurs reste limitée et la majeure partie des travailleurs (60 %) enregistre toujours des doses comprises entre 0 mSv et 1 mSv.

L'analyse de l'IRSN a mis en exergue quatre causes principales d'événements significatifs, à savoir des défauts dans l'élaboration ou la prise en considération des analyses de risques, des défauts de signalisation ou d'accès à une zone orange ou rouge, et des défauts de port de dosimètres gamma et neutrons. **Pour chacun de ces points, EDF a pris au cours de l'expertise des engagements satisfaisants ; l'IRSN estime qu'EDF devrait néanmoins compléter son plan d'actions relatif aux zones orange permettant d'assurer une évacuation rapide des déchets particulièrement irradiants.**

Enfin sur cette thématique, **EDF ayant engagé un très grand nombre d'actions afin d'en améliorer les résultats, l'IRSN considère qu'EDF doit maintenir ses efforts et sa vigilance.** En effet, l'efficacité et la suffisance des dispositions retenues ne pourront être évaluées qu'au regard des résultats opérationnels qu'elles produiront dans les années à venir ; cette évaluation devra tenir compte du fait qu'elles impactent de manière transverse l'ensemble des personnels intervenant sur les CNPE (agents EDF et personnels sous-traitants).

En matière d'environnement, l'IRSN a analysé les événements significatifs pour l'environnement (ESE) déclarés par EDF sur la période 2018-2019 et a fait une synthèse des nombreux constats relevés par l'ASN lors des inspections. De plus, l'IRSN a approfondi la thématique de pollution des nappes phréatiques, notamment au tritium, ainsi que la présence d'eau tritiée dans la double paroi de certains puits.

Sur la période considérée, **le nombre d'ESE a peu évolué se situant autour de 80 par an, les principales causes de déclaration étant toujours liées à une mauvaise maîtrise des rejets ou à des émissions de gaz à effet de serre.**

À la suite des manquements relevés en inspection par l'ASN (inétanchéités des réseaux d'eau pluviales, volumes des bassins de confinement insuffisamment étayés, équipements des stations de surveillance environnementale dans un mauvais état, gestion imparfaite des substances dangereuses...), EDF a engagé un vaste programme relatif à la gestion, au contrôle et à la maintenance des installations, concourant ainsi à leur conformité.

À l'image des plans d'actions engagés dans le domaine de la sûreté, l'IRSN constate que, dans le domaine de l'environnement, EDF essaie de rattraper son retard dans le contrôle et la réfection des installations ; des efforts restent encore à consentir, même si des progrès manifestes ont été faits.

En ce qui concerne les problématiques de pollution des nappes phréatiques au tritium, l'IRSN a comparé les données accessibles via le Réseau national de mesures (RNM) avec les déclarations d'événements d'EDF. **Au vu des enseignements tirés de son analyse, l'IRSN estime qu'il pourrait être opportun de réinterroger la pertinence des critères de déclaration d'événements, ainsi que l'actualisation des réseaux de piézomètres réglementaires des CNPE qui permettent d'évaluer l'impact des installations sur la qualité des nappes phréatiques.**

Par ailleurs, deux événements de pollution des eaux souterraines (en tritium sur le CNPE du Tricastin et en hydrocarbures sur le CNPE de Cruas) ont retenu l'attention de l'IRSN dans son analyse, qui juge satisfaisantes les actions tirées des enseignements de ces événements par EDF.

Enfin, la présence d'eau tritiée dans la double paroi des puisards du CNPE de Civaux a amené l'IRSN à évaluer la démarche d'EDF pour expliquer ce phénomène. L'IRSN ne partage pas l'analyse d'EDF et considère que la gestion de ce type de situation pourrait être améliorée.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Références

- [1] Saisine ASN - CODEP-DCN-2020-012944 du 5 mars 2020 : « Réacteurs électronucléaires – EDF - Analyse du retour de l'exploitation des réacteurs sur la période 2018-2019 ».
- [2] Avis IRSN - 2021-00086 du 27 mai 2021 : « EDF – REP – Analyse approfondie de l'événement survenu le 8 octobre 2019 sur le réacteur n° 2 de Golfech – Mise sous vide incontrôlée du circuit primaire lors de sa vidange ».
- [3] Avis IRSN - 2019-00263 du 29 novembre 2019 : « EDF - REP - Centrale nucléaire de Cruas - INB 111 et 112 - Programme de contrôles prévus sur les quatre réacteurs à la suite du séisme du 11 novembre 2019 ».
- [4] 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 ».
- [5] Avis IRSN - 2019-0108 du 21 mai 2019 : « EDF – REP - Analyse du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs électronucléaires - Période 2015-2017 ».
- [6] Avis IRSN - 2018-00326 du 17 décembre 2018 : « EDF - REP - Palier 1450 MWe - Prise en compte du retour d'expérience d'exploitation - Absence de filtration sur le circuit de lubrification des turbines des turbopompes du système ASG ».
- [7] Avis IRSN - 2019-00095 du 30 avril 2019 : « EDF - REP - Paliers 1300 et 1450 MWe - Graissage des clapets-pilotes des soupapes d'air de lancement des groupes électrogènes de secours ».
- [8] Avis IRSN - 2019-00214 du 23 septembre 2019 : « EDF – REP – Prise en compte du retour d'expérience – Réacteurs du palier 1300 Mwe - Indisponibilité d'un diesel par refroidissement excessif du circuit d'huile. »
- [9] Avis IRSN - 2021-00020 du 3 février 2021 : « EDF – REP – Réacteurs de 1300 MWe – Groupes électrogènes de secours – Ruptures de colliers de supportage du circuit de carburant ».
- [10] Avis IRSN - 2021-00018 du 1^{er} février 2021 : « EDF – REP – Palier 1300 MWe – Résorption des fuites d'huile sur les groupes électrogènes de secours causées par la ventilation du hall ».
- [11] 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 ».
- [12] 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).
- [13] Guide ASN n° 31 – DEP-SD4-1129-2005 du 21 octobre 2005 (mis à jour en 2017) : « Guide ASN relatif aux modalités de déclaration et à la codification des critères relatifs aux événements significatifs impliquant la sûreté, la radioprotection ou l'environnement applicable aux installations nucléaires de base et au transport de matières radioactives ».

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2021-00088 DU 28 MAI 2021

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF vérifie, pour l'ensemble des réacteurs du parc nucléaire en fonctionnement, que les études ayant conduit à modifier des systèmes de ventilation dans le cadre de l'application des référentiels « Grands Chauds », « Grands Froids » et « Explosion Interne » pour les locaux sans exigence de confinement permettent de démontrer, dans la configuration la plus pénalisante, que les conditions d'intervention du personnel telles que prévues par les procédures de conduite incidentelle accidentelle ou la disponibilité de matériels EIP ne sont pas remises en cause.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande qu'EDF modifie son guide de requalification afin d'exiger explicitement que les essais de requalification réalisés à la suite de la mise en œuvre d'une modification matérielle sur un système permettent de démontrer l'efficacité de la modification et l'absence de régression sur tous les systèmes en interface de celui-ci. Notamment, l'IRSN recommande qu'EDF réalise des essais dans les conditions de fonctionnement les plus représentatives de celles dans lesquelles le système modifié assure sa fonction de sûreté, en incluant les systèmes en interface (systèmes serviteurs et utilisateurs).

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2021-00088 DU 28 MAI 2021

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN considère qu'EDF devrait présenter et expliciter, en amont du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, la méthodologie qu'il compte appliquer pour identifier qu'un délai forfaitaire, retenu dans la démonstration de sûreté pour les actions réalisées par les opérateurs, n'est pas adapté.

Observation n° 2

L'IRSN estime qu'EDF devrait vérifier sur site, dans les meilleurs délais, l'absence des goupilles d'inhibition des systèmes de lutte incendie.

Observation n° 3

L'IRSN estime qu'EDF devrait vérifier, pour les locaux contenant des siphons de sol participant à la sectorisation incendie, que la fréquence des contrôles de la garde d'eau des siphons de sol est conforme au programme de maintenance en vigueur. En cohérence avec celui-ci, la fréquence de contrôle doit être justifiée au regard du vitesse d'évaporation de chaque local et par ailleurs tracée.

Observation n° 4

L'IRSN estime qu'EDF devrait clarifier son référentiel de sûreté relatif à la maîtrise des risques d'incendie afin de faciliter la cohérence des pratiques en exploitation avec la démonstration de maîtrise des risques d'incendie.

Observation n° 5

L'IRSN estime que, pour les situations relevant de la gestion et de l'évacuation de filtres, EDF devrait compléter son plan d'actions relatif aux zones orange en identifiant et en faisant appliquer sur le parc les dispositions permettant d'assurer une évacuation rapide (en flux tendu) des déchets particulièrement irradiants (cas des filtres irradiants des déprimogènes ou d'autres outils, ORFO par exemple).

Observation n° 6

L'IRSN considère qu'EDF devrait d'une part spécifier les actions à conduire en cas de présence d'effluents tritiés faiblement actifs dans son guide relatif à l'identification de l'origine d'eau dans la double enveloppe des puisards RPE, d'autre part formaliser un bilan des actions correctives mises en œuvre par les CNPE pour prévenir ces situations anormales.