

Audition de l'IRSN par la Commission d'enquête sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires

Président de la Commission : M. Paul Christophe, Député du Nord

Rapporteuse de la Commission : Mme Barbara Pompili, Députée de la Somme,
Présidente de la commission du développement durable et de l'aménagement du territoire

Audition de l'IRSN 22 février 2018

De Jean-Christophe Niel, Directeur général de l'IRSN et Georges-Henri Mouton, Directeur général adjoint délégué pour les missions relevant de la Défense¹

Accompagnés de : Laurent Moché, Président du Conseil d'administration de l'IRSN par intérim et Audrey Lebeau-Livé, Cheffe du bureau de l'ouverture à la société et chargée des relations avec le Parlement à l'IRSN

Introduction

L'IRSN est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) dont les missions sont définies par la loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour une croissance verte et dont l'organisation et la gouvernance sont précisées dans le décret n°2016-283 du 10 mars 2016. L'IRSN est placé sous la tutelle conjointe des ministres chargés de l'écologie, de la recherche, de l'énergie, de la santé et de la défense.

Expert public en matière de recherche et d'expertises relatives aux risques nucléaires et radiologiques, l'Institut couvre l'ensemble des problématiques scientifiques et techniques associées à ces risques. En interaction avec les acteurs concernés par ces risques, l'IRSN concourt aux politiques publiques en matière de sûreté nucléaire, de protection de l'homme et de l'environnement contre les rayonnements ionisants ainsi que de protection des matières nucléaires, de leurs installations et de leurs transports vis-à-vis du risque de malveillance. Par son action, il concourt activement à d'autres politiques publiques majeures comme celle de la recherche et de l'innovation, de la santé-travail ou de la santé environnementale.

L'Institut rassemble environ 1 800 salariés, dont une centaine de doctorants et post-doctorants. Le siège est implanté à Fontenay-aux-Roses

¹ Lors de la création de l'IRSN, le parlement et le gouvernement ont souhaité que des dispositions spécifiques soient prises pour la mise en œuvre des missions de l'IRSN relevant de la défense et de la sécurité. Le directeur général de l'IRSN est assisté par un directeur général adjoint nommé par décret pris sur rapport des ministres de la défense et de l'énergie. Ce directeur général adjoint est chargé de mettre en œuvre les missions de l'établissement dans les domaines de la défense et de la sécurité.

Réponses au questionnaire de la Commission

1. Que pensez-vous de la situation en matière de sûreté des installations nucléaires de base en France. Les incidents de ces derniers mois traduisent-ils une dégradation ?

L'année 2017 a été effectivement marquée par la déclaration par EDF de plusieurs événements significatifs pour la sûreté (ESS) au niveau 2 de l'échelle INES, ce qui n'avait pas eu lieu depuis 4 ans. Ces événements concernent le comportement d'équipements au niveau de séisme requis et la fiabilité des dispositions d'alimentation électrique des réacteurs électronucléaires.

Début 2017, sur la base du retour d'expérience des années précédentes, l'IRSN avait déjà considéré qu'EDF devait mettre en œuvre des actions significatives concernant les questions de conformité et de qualité de maintenance de ses installations. Les incidents de niveau 2 de 2017 renforcent ce constat. EDF a indiqué avoir engagé un programme significatif de contrôle in situ et entrepris des actions correctives.

Sur la question plus générale de la situation en matière de sûreté nucléaire, il convient de rappeler que celle-ci concerne la conception, la construction, l'exploitation, l'arrêt définitif et le démantèlement des installations nucléaires de base ainsi que le transport des matières radioactives.

Toutes les installations font l'objet d'amélioration continue tenant compte des connaissances nouvelles, de la prise en compte des standards les plus récents et du retour d'expérience mondial (réexamens décennaux, renforcements post-Fukushima...). Néanmoins, la bonne réalisation par les exploitants des actions de maîtrise de la conformité des installations telles que les contrôles ou la maintenance est un prérequis à l'amélioration du niveau de sûreté.

L'IRSN publie chaque année pour les réacteurs électronucléaires, ou tous les deux ans pour les autres installations, les rapports intitulés :

- « Point de vue l'IRSN sur la sûreté et la radioprotection du parc électronucléaire français » ;
- « Sûreté des installations nucléaires de base autres que les réacteurs électronucléaires - enseignements tirés des événements significatifs ».

Ces rapports, dont une synthèse est proposée dans la fiche N°1 en annexe, font apparaître des tendances pluriannuelles sur lesquelles l'IRSN estime nécessaire que les exploitants poursuivent leurs efforts. Cette fiche rappelle également les ESS de niveau 2 déclarés en 2017 par EDF.

2. Certaines centrales ou certaines installations vous semblent-elles plus exposées à des vulnérabilités en matière de sûreté ? Lesquelles ?

Réacteurs électronucléaires

Une conception et des règles d'exploitation homogènes pour tous les réacteurs

Il convient de rappeler que le parc de réacteurs français est standardisé (trois paliers de réacteurs) et fait l'objet d'un processus d'amélioration continue en lien avec les réexamens décennaux.

Le référentiel de sûreté est commun à chaque série de réacteurs et il est renforcé à l'occasion des réexamens décennaux. A titre d'exemple, les réacteurs de 900 MWe, les plus anciens, bénéficieront en premier, lors de leur quatrième visite décennale, des dispositions visant à réduire l'écart avec le niveau de sûreté d'un réacteur de type EPR.

Des disparités liées aux spécificités des sites, mais pour des agressions « extrêmes »

Les réacteurs électronucléaires ne sont pas équivalents au regard des risques liés à l'environnement des sites sur lesquels ils sont implantés (aléas naturels tels que le séisme ou l'inondation,

environnement industriel, aéroports, transports terrestre, fluvial, maritime, ...). Les aléas susceptibles de survenir sont identifiés et une démarche de renforcement progressif des installations à des aléas de plus grande ampleur que ceux pris en compte à la conception est mise en œuvre dans le cadre des réexamens de sûreté ou dans le cadre des dispositions retenues après l'accident de Fukushima.

Toutefois, suivant les sites, la faisabilité des renforcements face à certaines situations extrêmes peut présenter des difficultés. Ainsi, le risque « résiduel » associé à des agressions extrêmes dont l'ampleur dépasserait les capacités des dispositions matérielles et humaines diffère d'un site à l'autre. Par exemple, le site du Tricastin présente une vulnérabilité particulière liée au canal de Donzère-Mondragon (dont le fil de l'eau est au-dessus du niveau de la plateforme de la centrale) ; une non-conformité sur la digue de ce canal (absence de tenue d'une portion de la digue au séisme retenu pour le dimensionnement des installations) a d'ailleurs conduit l'ASN à prescrire l'arrêt temporaire des réacteurs du site, dans l'attente de la réalisation de travaux de renforcement de la digue par EDF en octobre 2017.

Autres installations

Parmi les autres installations, l'IRSN est particulièrement attentif à leur vieillissement (de nombreuses ont été mises en service dans les années 90 et auparavant). Ainsi, la maîtrise de la conformité de ces installations à leur référentiel de sûreté est un point d'attention particulier lors des réexamens décennaux de sûreté de ces installations.

À cet égard, la corrosion de certains équipements des usines de traitement des combustibles usés de l'établissement ORANO de La Hague fait l'objet d'une surveillance particulière. Ce sujet fait l'objet de la fiche N°2 en annexe.

Par ailleurs, les plus anciennes de ces installations n'ont pas toutes été conçues pour faire face à certains risques liés à l'environnement (séisme notamment). Cela a conduit à recommander des renforcements, voire à limiter la poursuite de leur exploitation ou à entraîner leur arrêt définitif (Cf. atelier plutonium de Cadarache en 2003).

Les dispositions de sûreté dites « noyau dur post-Fukushima » exigées par l'ASN auprès d'EDF après l'accident de Fukushima (mars 2011), et les mesures complémentaires demandées en janvier 2014 vous semblent-elles satisfaisantes ? Ont-elles été mise en œuvre ?

L'IRSN avait, lors des évaluations complémentaires de sûreté menées après l'accident de Fukushima, proposé les principes de ce noyau dur et insisté sur la nécessité que les sites électronucléaires d'EDF disposent d'équipements robustes aux agressions permettant (au titre de la défense en profondeur) :

- de maîtriser les accidents de perte du refroidissement du combustible présent dans les réacteurs et les piscines d'entreposage ;
- de limiter les conséquences sur les populations et l'environnement d'une aggravation de ces situations, notamment en cas d'accident grave avec fusion de combustible dans le réacteur.

De même, des bâtiments de crise renforcés devaient être construits afin de permettre à l'exploitant de maîtriser des situations d'urgence issues d'agressions naturelles extrêmes.

EDF a engagé un déploiement industriel des dispositions « post-Fukushima » en trois phases. Les deux premières phases, dont la réalisation est très avancée en 2018 et sera finalisée à l'horizon 2021, comprennent des dispositions au moins équivalentes à celles mises en œuvre dans les autres pays disposant de réacteurs. La troisième phase apportera une plus grande robustesse grâce

principalement à un renforcement de la résistance des installations à des niveaux d'agressions significativement supérieurs à ceux actuellement retenus et la mise en œuvre de dispositions supplémentaires permettant de maîtriser les conséquences d'un accident grave. Son calendrier de déploiement sur tous les réacteurs s'étend actuellement jusqu'en 2030.

Les dispositions organisationnelles et matérielles déjà mises en œuvre par EDF ou sur le point de l'être, telles que les diesels d'ultime secours (DUS) ou la Force d'action rapide nucléaire (FARN), sont de nature à apporter aux sites une résilience accrue en cas de situations extrêmes.

L'IRSN examine, au fur et mesure de la présentation des dossiers par EDF, la pertinence des différentes dispositions prévues en termes notamment de conduite de ces situations accidentelles, de conception des équipements, d'implémentation sur les sites et d'exploitation.

De manière générale, l'IRSN considère que la capacité industrielle de déploiement de ces améliorations constitue un enjeu majeur de ce dossier.

La fiche N°3 en annexe présente une synthèse des dispositions « noyau dur post-Fukushima ». .

4. Comment percevez-vous l'efficacité des contrôles menés par la puissance publique face aux exploitants ? L'ASN et l'IRSN ont-ils suffisamment de poids et d'autorité face aux exploitants ?

Les exploitants sont responsables de leurs installations et doivent mettre en œuvre, avec un haut niveau d'exigences, une exploitation rigoureuse ainsi qu'une surveillance et une maintenance appropriées. Ils doivent traiter avec la plus grande efficacité les écarts rencontrés. En complément, ils doivent transmettre aux autorités l'ensemble des données pertinentes pour la sûreté ou la radioprotection. À cet égard, l'efficacité des « contrôles menés par la puissance publique » repose en grande partie sur le système dual constitué par l'ASN et l'IRSN, mais également sur la qualité de la relation entretenue avec les exploitants.

Pour l'IRSN, l'organisation française est rodée, mais nécessite en permanence de s'assurer de l'engagement de moyens sur les sujets à enjeu. Ainsi, sur la période récente, se pose la question du renforcement des contrôles réglementaires sur la conformité des installations ou la prévention des malfaçons (ou des falsifications).

L'ASN dispose de pouvoirs de sanction importants, pouvant aller jusqu'à l'arrêt d'une installation (exemples récents liés à la digue du site de Tricastin ou aux malfaçons sur les générateurs de vapeur) et s'appuie, pour se positionner, sur les évaluations techniques menées par l'IRSN.

La capacité de l'IRSN à mener des évaluations de qualité repose :

- sur le développement de ses connaissances au travers notamment de ses programmes de recherche ;
- sur sa connaissance de l'état de l'art en sûreté et radioprotection et sa participation à son élaboration, en France et dans un contexte international ;
- sur sa capacité à développer des études indépendamment de celles des exploitants ;
- sur l'accès aux données concernant les installations et la connaissance « terrain » de celles-ci.

Le développement de ces quatre points fait partie des priorités de l'IRSN et permet de disposer de capacité d'analyse et d'évaluation ne reposant pas uniquement sur les éléments fournis par les exploitants

A cet égard, la définition des programmes pluriannuels de recherche, les ambitions qu'ils portent, les moyens associés et les relations qu'entretient l'IRSN avec ses pairs dans les autres pays au travers de projets communs sont importants pour l'efficacité du dispositif de contrôle.

5. La loi relative à la transition énergétique a étendu les moyens de contrôle et de sanction de l'ASN. Quelle est votre analyse de l'utilisation par l'ASN des nouveaux pouvoirs qui lui ont été confiés ?

Au titre de ses missions, confortées dans le cadre de la loi TECV et précisées dans le décret 2016-283 du 10 mars 2016, l'IRSN apporte son appui technique à l'ASN. Cet appui technique, prend différentes formes qu'il s'agisse des avis d'expertise, des accompagnements techniques des inspections diligentées par l'ASN, l'analyse d'événements significatifs suite à la survenue d'incidents sur les installations nucléaires...Cet appui a pour objectif d'apporter à l'autorité des éléments techniques qui lui sont utiles et nécessaires pour règlementer et contrôler les activités mettant en œuvre des rayonnements ionisants. Le dispositif de contrôle, qui relève des prérogatives de l'Autorité, a évolué avec notamment l'introduction au travers de la loi TECV de moyens de sanction supplémentaire. Toutefois, l'IRSN n'est pas en mesure de porter une analyse sur l'utilisation de ces moyens par l'ASN dans la mesure où ce sujet dépasse le cadre de ses missions d'appui technique.

6. Le stockage des déchets radioactifs dans différents sites - Soulaines, Morvilliers et peut-être un jour Bure - vous semble-t-il sûr ? Quelle analyse fait l'IRSN de la thèse de Lény Patinaux soutenue en décembre 2017 et présentant l'impossibilité d'apporter la preuve de la sûreté à long terme d'un tel stockage ?

Concernant le site de Morvilliers : l'IRSN n'est pas en charge de l'évaluation de la sûreté du CIRES qui relève du régime de contrôle des ICPE effectué par la DREAL. Néanmoins, ce centre de stockage accueille des déchets de très faible activité qui intrinsèquement, présentent un risque radiologique très peu élevé, voire négligeable pour une grande partie d'entre eux. A cet égard, la nécessité de gérer, dans le futur, les très grands volumes de déchets qui seront produits par le démantèlement des installations conduit à une réflexion, en cours, (animée notamment par le HCTISN) sur les modes de gestion possibles et l'éventualité d'une diversification . L'IRSN participe à cette réflexion.

Concernant le site de Soulaines (CSA) : L'IRSN vient d'évaluer le réexamen décennal de la sûreté de ce centre de stockage de déchets de faible et moyenne activité à vie courte. Il ressort que le retour d'expérience de l'exploitation du stockage montre une bonne maîtrise de la sûreté de l'installation dont l'impact sur les travailleurs et l'environnement est faible. Des améliorations notables de la sûreté face au risque d'incendie sont en outre prévues à court terme. S'agissant de la sûreté après fermeture, l'analyse développée par l'Andra est robuste et montre avec un bon degré de confiance que l'impact radiologique du centre devrait demeurer acceptable, pour la situation d'évolution normale comme pour les situations d'évolution altérées envisageables (dégradation anormale du confinement ou intrusion). Des améliorations concernant le confinement dynamique de certains bâtiments et le dimensionnement des renforts à apporter aux bâtiments d'exploitation vis à vis de l'occurrence d'un séisme ont été identifiées par l'Institut. L'analyse de l'impact chimique du stockage après sa fermeture doit également être affinée.

Concernant le site de Bure : depuis le début du projet, l'IRSN a évalué chaque étape importante de son développement du point de vue de la sûreté et de la radioprotection. Sur la base de son évaluation du Dossier d'Options de Sûreté, conduite en 2017, l'Institut estime que ce projet a atteint, dans son ensemble, une maturité technique satisfaisante mais relève quatre points qui sont susceptibles d'entraîner des évolutions de conception du stockage. Ces points concernent

l'optimisation de l'architecture du stockage, les moyens de surveillance des risques lors de l'exploitation, la possibilité d'intervenir pour gérer des situations susceptibles d'entraîner une contamination des infrastructures et les conséquences d'un incendie dans un alvéole de stockage de colis d'enrobés bitumineux. L'IRSN estime que ce dernier point est le plus sensible et qu'il est nécessaire pour l'Andra, en relation avec les propriétaires des déchets, d'étudier la possibilité d'un prétraitement destiné à réduire, voire neutraliser, la réactivité thermique des enrobés, ou de revoir significativement les concepts afin d'éliminer la possibilité qu'un incendie puisse se propager dans l'alvéole de stockage.

Concernant la thèse de Leny Patinaux : Ce travail de thèse, financé par l'Andra, ne visait pas à soutenir la démonstration de sûreté du stockage mais de porter un regard, au travers d'une analyse de l'historique du projet et de débats techniques internes, sur la démarche d'évaluation que l'agence met en œuvre. La thèse rend ainsi compte des différents avis techniques émis par le personnel sur divers sujets et des arbitrages rendus au vu de ces avis. S'agissant des choix qui sont faits par l'Andra et de leur restitution, il est du ressort des évaluateurs, dont l'IRSN, de réaliser l'analyse critique des arguments et données qui sous-tendent ces choix en les évaluant au regard de l'état des connaissances. A cette fin, l'Institut s'appuie notamment sur les capacités d'études et de recherche qu'il développe en propre ou en partenariat.

L'IRSN n'a pas identifié, dans les différents exemples mentionnés dans la thèse de Leny Patinaux, d'éléments techniques remettant en question sur le fond les expertises qu'il a réalisées au cours du développement du projet Cigéo, notamment celle du Dossier d'Options de Sûreté du stockage en 2017.

Pour ce qui concerne « l'impossibilité d'apporter la preuve de la sûreté à long terme du stockage », il est à noter que la thèse mentionne à ce sujet les propos tenus au cours d'un débat technique interne à l'Andra indiquant que « la démonstration de sûreté ne sera jamais une démonstration de type mathématique ». L'IRSN partage l'analyse selon laquelle il n'est pas envisageable de prédire au sens mathématique quelles seront les évolutions exactes de l'installation sur des centaines de milliers d'années. Aussi la démonstration de sûreté, par principe, repose sur une approche prudente qui consiste à identifier l'ensemble des phénomènes physico-chimiques qui gouvernent les propriétés de confinement du stockage, en l'occurrence celles de la couche d'argile qui joue principalement ce rôle à très long terme, et d'évaluer les incertitudes sur les effets possibles de ces phénomènes. L'objectif recherché est ainsi de pouvoir cerner, en retenant des hypothèses volontairement pessimistes, le champ d'évolutions possibles du stockage et d'apprécier sur cette base si la capacité de confinement qu'il présente reste suffisamment préservée dans le temps.

7. A défaut d'un stockage souterrain, que faire de ces déchets qui existent parfois depuis des dizaines d'années? Un entreposage en « subsurface », comme le demandent certains, serait-il plus sûr et, surtout, plus réversible ?

La position de l'IRSN sur ce point a été explicitée lors du débat public Cigéo organisé par la CNDP : « La loi Bataille de 1991 proposait trois axes de recherche pour la gestion des déchets HA et MA-VL : le stockage géologique, l'entreposage de longue durée et la séparation/transmutation.

L'entreposage des déchets est une pratique industrielle bénéficiant d'un large retour d'expérience. L'enjeu de la loi Bataille était d'évaluer la possibilité de pérenniser ce mode de gestion pour les déchets HA et MA-VL. Par conception, la sûreté d'un entreposage repose sur des actions de maintenance et de surveillance et ne peut donc être assurée que sur une durée limitée. Même si il est conçu de manière très robuste, le vieillissement des composants d'une telle installation nécessitera des actions de rénovation voire de reconstruction ainsi qu'un reconditionnement périodique des déchets qu'elle contient. Le choix d'une solution d'entreposage de longue durée des

déchets HA et MA-VL engagerait inéluctablement les générations futures à réaliser ces opérations lourdes et potentiellement dangereuses, impliquant une exposition significative des travailleurs qui en auraient la charge. De plus, en cas d'abandon, l'entreposage générerait à terme des conséquences inacceptables pour le public et l'environnement. L'IRSN estime qu'il n'est pas approprié d'imposer sciemment aux générations futures une telle charge de contrôle et de maîtrise des risques, dès lors qu'une solution pérenne peut être mise en œuvre à une échéance rapprochée.» (Cahier d'acteurs CNDP - mai 2013).

L'IRSN considère en outre que la transmutation des déchets radioactifs les plus dangereux, dans l'état actuel des connaissances, ne constitue pas par elle-même une solution suffisante et équilibrée. En effet, les gains sont faibles en termes de sûreté et de radioprotection et les contraintes sur le cycle du combustible apparaissent lourdes, en imposant notamment de concevoir de nouvelles installations nucléaires, sources supplémentaires d'exposition et de danger.

En revanche, l'IRSN estime qu'il est essentiel que soit mise en œuvre de manière effective le principe de réversibilité du stockage géologique. Celle-ci passe nécessairement par la garantie que le retrait (« récupérabilité ») des colis puisse être assuré par des moyens raisonnablement aisés, afin de préserver des choix possibles de gestion en cas de survenue d'un incident, ou s'il était décidé de recourir à d'autres solutions techniques, du fait par exemple d'évolutions technologiques majeures. Il importe que cette possibilité, qui peut le cas échéant être aussi nécessaire pour améliorer la sûreté de l'installation au cours du temps, soit maintenue pendant la durée séculaire prévue pour son exploitation jusqu'à sa fermeture, durée en outre prescrite par la loi. La bonne application de ce principe permet, selon l'Institut d'apporter à la fois une réponse à la préoccupation exprimée par la société civile de créer avec trop de précipitation une situation irréversible pour la gestion des déchets HA-MA-VL et de progresser dans la mise en œuvre du stockage. L'IRSN considère que moyennant des choix de concepts pertinents, tenant compte des risques spécifiques liés aux différentes familles de déchets, et la mise en place de dispositifs efficaces de surveillance du comportement de l'installation, la démonstration de la récupérabilité des colis est accessible et compatible avec la sûreté du stockage.

8. Pensez-vous que le prolongement de l'exploitation des réacteurs nucléaires soit techniquement réalisable ?

Le prolongement de l'exploitation des réacteurs nucléaires nécessite du point de vue de la sûreté :

- une connaissance des effets du vieillissement des structures et équipements ;
- des opérations de jouvence de certains équipements et, pour les parties non remplaçables (enceintes, cuves), une maîtrise des effets du vieillissement ;
- le maintien des compétences humaines et des capacités industrielles pour l'ensemble des équipements de chaque réacteur ;
- la vérification du maintien de la conformité de l'installation à son référentiel de sûreté (programme de surveillance et maintenance, essais périodiques...) ;
- des améliorations de sûreté afin notamment de tendre vers les objectifs de sûreté des réacteurs de dernière génération, tel que l'EPR en cours de réalisation sur le site de Flamanville (ces améliorations incluent en particulier des modifications permettant la gestion du cœur fondu (corium) en cas d'accident grave).

L'IRSN instruit actuellement l'ensemble de ces sujets dans le cadre notamment de la phase générique du réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe en vue de leur quatrième visite décennale.

Sous réserve qu'EDF dispose de la capacité industrielle pour la mise en œuvre des améliorations nécessaires et des financements associés, à ce jour, l'analyse de l'IRSN ne conduit pas à identifier d'éléments techniques rédhibitoires au prolongement de l'exploitation des réacteurs nucléaires.

9. A combien chiffrez-vous les investissements en terme de sureté et de sécurité, notamment dans l'hypothèse d'une prolongation au-delà de 40 ans ?

L'IRSN ne dispose pas des données permettant d'apporter une réponse étayée à cette question.

10. Quels sont les principaux scénarios de catastrophe nucléaire dans une INB ? En a-t-on étudié également le coût ? Quelles seraient les conséquences par exemple, selon qu'il s'agit de la fusion d'un réacteur ou d'une fuite dans une piscine ?

Principaux scénarios d'accidents pour les réacteurs électronucléaires

Les réacteurs électronucléaires français comprennent un ensemble de dispositions (systèmes de sauvegarde, procédures de conduite) permettant de faire face à des défaillances simples ou multiples conduisant à un accident. Les types d'accidents considérés sont présentés ci-après.

- **Les incidents/accidents retenus dans le dimensionnement initial, par exemple la rupture d'une tuyauterie principale du circuit primaire**

Ces accidents n'impliquent pas de fusion du cœur, mais d'éventuelles ruptures de gaine de combustible.

Leur liste est complétée par les accidents(dits du domaine complémentaire de dimensionnement), caractérisés par des défaillances multiples de composants (conduisant par exemple à la perte totale de la source froide).

Des dispositions (systèmes de sauvegarde, procédures de conduite) permettant de gérer ces accidents sont mises en place, avec pour objectif d'éviter la nécessité de mesures de protection des populations.

- **Les accidents de fusion du cœur**

Ces accidents ont deux causes possibles : la perte du refroidissement du cœur (accidents de Three Mile Island en 1979 ou de Fukushima-Daiichi en 2011) ou un défaut de maîtrise de la réactivité (accident de Tchernobyl en 1989). Ils ont fait l'objet en France et à l'étranger d'études approfondies de manière à définir des dispositions visant, d'une part à les éviter, d'autre part à en limiter les conséquences dans l'hypothèse où ils surviendraient malgré tout, en évitant ou retardant des rejets radioactifs importants dans l'environnement. Pour les réacteurs en exploitation, les dispositions suivantes ont été mises en œuvre :

- pour la phase court terme (<24h) : installation d'instrumentations (détection d'un accident de fusion du cœur, détection d'hydrogène, détection de la rupture de la cuve), installation de recombineurs d'hydrogène, fiabilisation des moyens de dépressurisation du circuit primaire, fiabilisation de l'isolement de l'enceinte de confinement en cas de perte de sources électriques,
- pour la phase long terme (>24h) : installation d'un dispositif d'éventage filtration des enceintes de confinement pour faire face à des situations de pressurisation lente, contrôle du pH de l'eau des puisards des enceintes de confinement pour limiter les rejets en iode.

Deux dispositions supplémentaires compléteront les dispositions existantes (début du déploiement en 2020 sur les réacteurs de 900 MWe) :

- une modification de la zone du puits de cuve de manière à éviter la percée du radier par le corium en cas de rupture de la cuve (fonctionnalité similaire à celle assurée par le récupérateur de corium du réacteur EPR),
- l'ajout d'un système permettant, en situation d'accident de fusion du cœur, l'évacuation de la chaleur hors de l'enceinte de confinement sans utiliser le dispositif d'événement-filtration.

Conséquences d'un accident grave sur un réacteur électronucléaire

- **Les accidents graves « maîtrisés »**
 - Il s'agit des accidents de fusion du cœur pour lesquels le confinement est maintenu avec ou si possible sans ouverture du dispositif d'événement-filtration ; c'est le cas de l'accident de Three Miles Island pour lequel les rejets ont été limités,
 - l'amplitude des rejets et leur cinétique lente permettent la mise en œuvre des plans d'intervention pour la protection des populations.
- **Les accidents graves « non maîtrisés », suite à une défaillance du confinement**

Ce sont des accidents du type de celui de Fukushima. L'amplitude des rejets dépend alors de la nature de la défaillance. En cas de fuite importante et non filtrée du confinement, les conséquences seraient majeures sur le territoire français, voire pour les pays limitrophes. Il en est de même pour un accident de fuite sur une piscine conduisant au dénoyage des assemblages de combustible. Ces scénarios sont étudiés et font, le cas échéant, l'objet de dispositions pour réduire les risques associés.

Coût d'un accident grave

Le coût d'un accident grave a fait l'objet de recherches par l'IRSN, notamment à l'occasion de l'expertise d'une méthode coût-bénéfice sûreté proposée par EDF en 2005.

Ces recherches concluaient, en prenant en compte des impacts radiologiques et d'image, à des coûts très élevés (50 à 240 milliard d'euros pour un accident « maîtrisé », plus de 430 milliards d'euros pour un accident « non maîtrisé »).

Ces chiffres, qui ont pu faire l'objet de controverses, mais dont l'ordre de grandeur est cohérent avec ce qui a été observé au Japon à la suite de l'accident de Fukushima, rappellent l'importance qui doit être accordée aux dispositions de maîtrise des accidents graves, même si ceux-ci peuvent paraître hypothétiques. Cela justifie la poursuite des efforts demandés à EDF pour renforcer ces dispositions sur les réacteurs existants.

Les conclusions de ces recherches sont disponibles sur le site web de l'IRSN (voir aussi la Fiche N°4 en annexe).

Principaux scénarios d'accidents pour les autres installations

Les autres installations sont également conçues avec des dispositions (systèmes de sauvegarde, de secours, procédures) permettant de faire face à des défaillances simples ou multiples, consécutives notamment à des agressions internes ou externes aux installations, pouvant conduire à un accident (rejet de matières radioactives en particulier). Les scénarios considérés pour ces installations sont très divers selon les installations (laboratoires, usines de l'amont du cycle, usine de l'aval du cycle, entreposage...) et ont des conséquences potentielles très variables.

A cet égard, les études menées dans le cadre des évaluations complémentaires de sûreté (ou post-Fukushima) ont porté plus particulièrement sur les scénarios accidentels les plus importants de ces installations. Elles ont conduit, compte tenu de la prise en compte de niveaux d'agression extrêmes

et de la perte postulée des sources électriques et de refroidissement, à des renforcements des dispositions de maîtrise des accidents.

11. Quelles avancées ont été permises par les programmes internationaux de recherche que vous menez dans le domaine de la sûreté ?

L'IRSN participe à de nombreux programmes de recherche en sûreté, que ce soit en France ou dans un cadre international. Quelques exemples sont présentés ci-après.

Dans le domaine des accidents graves, les programmes internationaux les plus marquants pilotés par l'IRSN sont : le programme PHEBUS PF, le programme ISTP (International Source Term Programme), les programmes STEM (Source Term Evaluation and Mitigation) et les programmes menés dans le cadre du réseau d'excellence SARNET (Severe Accident Research Network), puis SARNET 2, aujourd'hui composante de l'association NUGENIA (Nuclear Generation II&III Association). Ces différents programmes ont établi un ensemble de connaissances qui ont largement contribué à la prise en compte des accidents graves dans la conception des réacteurs de génération III et à la mise en œuvre d'un ensemble d'améliorations pour gérer les accidents graves dans les réacteurs en exploitation (le livre « Les accidents de fusion du cœur des réacteurs nucléaires de puissance » - collection science et technique de l'IRSN - propose un panorama très complet de ces programmes). A noter en particulier que, grâce à ces travaux, l'IRSN a été le seul organisme au monde à publier, dans la dizaine de jours qui ont suivi l'accident, une évaluation des rejets de l'accident de Fukushima, qui a été utilisée pour estimer la radioactivité atmosphérique attendue en France.

La sûreté-criticité consiste à s'assurer, avec un très haut niveau de confiance, que les dispositions de conception et d'exploitation d'un système contenant de la matière fissile maintiennent la sous-criticité du système (c'est-à-dire l'absence de réaction en chaîne de fission). Dans ce domaine, l'IRSN a conduit dans les installations du CEA à Valduc un ensemble très important d'expériences critiques (de l'ordre de 4000), par exemple dans le cadre des programmes MIRTE (Matériaux en Interaction et Réflexion Toutes Epaisseurs) et MIRTE 2 menés en collaboration avec AREVA, l'ANDRA et le Department of Energy (DOE) des États-Unis d'Amérique, expériences dont les résultats ont été pour partie versés dans le catalogue de l'ICSBEP (International Criticality Safety Benchmark Evaluation Project) de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE. Le partage des données dans ce cadre permet de consolider les données nucléaires considérées actuellement comme la principale source résiduelle d'incertitudes dans les calculs de criticité. Ces données sont exploitées dans le cadre de l'expertise en sûreté-criticité réalisée par l'IRSN.

Dans le domaine de l'incendie, une des spécificités des installations nucléaires est leur confinement, ce qui conduit à étudier les risques spécifiques liés à des incendies en milieu confiné et ventilé. C'est ainsi que l'IRSN conduit le programme PRISME (Propagation d'un incendie pour des scénarios multi-locaux élémentaires) réalisé par l'IRSN et mené sous l'égide de l'OCDE. Ce programme étudie expérimentalement la propagation des fumées dégagées par un incendie dans une installation nucléaire via les ouvertures entre les locaux et le réseau de ventilation, ainsi que le comportement en conditions sous-oxygénées (locaux confinés et ventilés) de foyers réels (armoires et câbles électriques). Les connaissances acquises notamment dans le cadre de PRISME ont conduit l'IRSN à développer une approche plus physique de l'évaluation des risques d'incendie dans les installations nucléaires explicitée dans un guide², approche qui vient en complément des approches normatives (qui ne sont pas spécifiques des installations nucléaires). Ce programme fournit

² Démarche d'analyse des risques d'incendie dans les installations nucléaires - rapport IRSN/DSU n° 240

également des éléments pour évaluer les conséquences des fumées et des suies sur le fonctionnement d'équipements électriques ou électroniques, conséquences qui n'étaient initialement pas prises en compte.

Dans le domaine du combustible, l'IRSN pilote le programme CIP (CABRI International Programme), dont la réalisation expérimentale va débiter suite aux opérations de modifications et de remise à niveau du réacteur CABRI. Ce programme devrait permettre des avancées majeures dans le domaine du comportement des crayons de combustible nucléaire et de leur gainage lors d'un accident d'injection de réactivité (RIA) dans les réacteurs à eau sous pression (REP).

Toujours dans le domaine du combustible, l'IRSN participe à deux programmes menés dans le cadre de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE : les programmes HALDEN mené en Norvège et SCIP mené en Suède, qui s'intéressent au comportement du combustible en situation d'accident de perte de réfrigérant primaire et en particulier aux phénomènes de fragmentation et de relocalisation du combustible dans la zone déformée (dite ballonnée) des crayons combustibles. De façon générale, les recherches menées par l'IRSN sur le combustible permettent de faire évoluer les exigences et les critères de la démonstration de sûreté des réacteurs.

Dans le domaine des études probabiliste de sûreté (EPS), l'IRSN participe aux groupes de travail internationaux (OCDE, AIEA, Europe) qui s'efforcent d'améliorer les méthodes associées à ces études et en partagent les enseignements. Sur la période récente, l'IRSN a coordonné deux projets européens (ASAMPSA2, ASAMPSA_E) visant établir les meilleures pratiques pour les études probabilistes de sûreté et étendre leur domaine de couverture. Ces projets ont regroupé plus de 30 partenaires dans une vingtaine de pays (voir www.asamposa.eu). Ces activités contribuent à l'amélioration de la qualité des études développées en France.

Du fait de leur complexité et des coûts induits, mais aussi du besoin de partager les sujets, les enjeux, les méthodes et bien sûr les moyens, la R&D dans le domaine de la sûreté des installations nucléaires est largement menée dans un cadre international, surtout pour les réacteurs. Ceci implique un partage de la recherche en fonction des compétences, des moyens et des sensibilités des différents pays et partenaires dans un souci d'équilibre. Les deux principales instances qui ont vocation à promouvoir le partage de la recherche au plan international sont l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE et la Commission européenne via les différents programmes-cadres de la Communauté européenne de l'énergie atomique (PCRD Euratom). Dans ces différents cadres ou par le biais d'accords spécifiques, l'IRSN est amené à piloter certains programmes et à participer à d'autres.

L'IRSN a acquis un très haut niveau de reconnaissance internationale pour ses travaux de recherche, les accidents graves des réacteurs et la criticité dans les laboratoires et usines et dans les transports étant notamment deux de ses domaines d'excellence.

La recherche de l'IRSN se positionne nécessairement en regard de la recherche menée par les exploitants et concepteurs ; à cet égard, les axes de recherche de l'IRSN correspondent à ses domaines privilégiés de compétence, mais aussi à ceux pour lesquels il estime que la recherche menée par les exploitants et concepteurs est insuffisante. De façon générale pour des programmes de recherche nationaux comme internationaux, un meilleur accès de l'IRSN aux résultats des recherches menées par les exploitants et un accès à des matériaux représentatifs (dont les matériaux nouveaux mis en œuvre (par exemple le gainage M5) et certains matériaux vieilliss in situ

(par exemple des câbles)) comme à des terrains d'observations (domaine des facteurs organisationnels et humains) serait une source importante d'amélioration.

12. La sous-traitance à plusieurs niveaux contribue-t-elle à diluer les responsabilités, créant un autre point de vulnérabilité ?

Le risque de dilution des responsabilités en cas de sous-traitance à plusieurs niveaux est réel. Cette dilution, notamment si la coordination est insuffisante, peut conduire à des non-conformités dans la réalisation des activités sous-traitées.

À cet égard, le décret n° 2016-846 du 28 juin 2016 relatif à la modification, à l'arrêt définitif et au démantèlement des installations nucléaires de base, ainsi qu'à la sous-traitance, prescrit que l'exploitant conserve la **responsabilité opérationnelle de l'installation, la surveillance de l'installation et limite les niveaux de sous-traitance à trois (hors dérogations accordées par l'ASN).**

L'IRSN considère que la sous-traitance peut apporter aux exploitants des compétences particulières dont ils ne disposent pas et que le recours aux prestations extérieures peut être utile voire nécessaire. Pour être efficace, tant sur le plan industriel que sur celui de la sûreté, les exploitants doivent maîtriser toutes les dimensions opérationnelles du recours à la sous-traitance : coordination des différents niveaux de sous-traitance, partage d'une connaissance suffisante des installations, des enjeux de sûreté et des exigences associées, gestion des changements de prestataires, maîtrise des tensions économiques (budget, effectifs, compétences, temps, moyens matériels ...) notamment pour les sous-traitants de dernier rang...

L'analyse du retour d'expérience des événements significatifs pour la sûreté fait apparaître que certains événements impliquent la chaîne de sous-traitance, sans être majoritaires (20 % des événements déclarés par EDF). Il n'est pas rare que le personnel sous-traitant concoure positivement à la maîtrise des risques et contribue à détecter et corriger des écarts sur une installation.

En 2015, l'IRSN a présenté au Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires les conclusions de son examen de la maîtrise des activités sous-traitées par EDF dans les REP en exploitation. L'IRSN a examiné les processus d'EDF (notes d'organisations, lettre de mission, guide, directives, ...), mené des entretiens avec les responsables de ces processus, examiné les traces de leur mise en œuvre et les données quantitatives associées et observé des phases de travail sur trois CNPE, essentiellement à l'occasion d'interventions en arrêts de tranche sur la période 2013-2014. Des entretiens avec des salariés EDF et des salariés d'entreprises extérieures ont permis d'apprécier leur perception de leur activité et de la maîtrise des risques liés aux interventions.

De ce travail important, les points suivants peuvent être mentionnés :

- le recours à la sous-traitance dans le domaine de la maintenance date du début des années 90 ; en 2012, 22 000 salariés issus d'entreprises prestataires ont travaillé au côté de 10 000 salariés d'EDF sur les activités de maintenance ; ce volume s'est accru depuis, compte tenu du projet d'allongement de la durée d'exploitation des réacteurs, du programme de modification associé à ce projet et des renforcements décidés après l'accident de Fukushima ;
- EDF a renforcé ses dispositions techniques et organisationnelles de maîtrise des activités sous-traitées, mais l'instruction par l'IRSN a fait apparaître des possibilités d'amélioration, notamment pour ce qui concerne :
 - o le renforcement de la vérification par EDF (et non un sous-traitant de rang 1) de la capacité des entreprises à réaliser les interventions avec enjeu de sûreté

conformément aux attentes (qualification des équipes, capacité à prendre en compte des spécificités de site ...),

- o l'amélioration des conditions d'interventions des entreprises (maîtrise des plannings d'intervention, maîtrise de l'adéquation « charge-ressource », limitation des « heures d'attente » et des périodes à très forte charge de travail, limitation des décalages de planning, maximisation du temps disponible pour les interventions, ...),
- o l'amélioration des remontées de retour d'expérience (sur les interventions, les prestations, les fournisseurs, la maîtrise des activités sous-traitées, ...), du traitement de ces remontées (identification d'enseignements) et de la prise en compte effective de ces enseignements.

A chaque étape des activités de maintenance, il est important qu'EDF construise avec ses fournisseurs une relation partenariale en vue de la maîtrise des risques lors des activités sous-traitées (depuis l'élaboration des plannings d'activités, la préparation des actions (analyse des risques), leur réalisation (dans des conditions aussi bonne que possible) et jusqu'à l'élaboration du retour d'expérience).

13. Pensez-vous que les questions de sûreté et de sécurité en matière nucléaire doivent être traitées séparément ou par une même autorité publique ?

L'IRSN est l'appui technique du haut fonctionnaire de défense et de sécurité du ministère de la transition écologique et solidaire. Sa compétence se limitant à des analyses techniques sur les dispositifs de sécurité des installations et des transports nucléaires il n'est pas vraiment à même d'émettre un avis sur l'organisation adoptée par l'Etat pour assurer la sécurité des dits installations et transports nucléaires.

L'institution d'une « autorité administrative unique » qui aurait délégation pour prescrire et contrôler l'ensemble des mesures de sûreté et de sécurité applicables aux opérateurs nucléaires serait de nature à renforcer le couplage sûreté/sécurité et simplifier l'interface de l'administration avec les opérateurs pour l'application des deux réglementations, et à optimiser le couplage sûreté/sécurité.

En même temps, il apparaît que la capacité de vision globale sur la menace et la capacité à la traiter, tant par les capacités des forces de sécurité publiques et des opérateurs que par la résistance intrinsèque des installations et des transports, telle que portée par le ministre de l'énergie, en lien avec les autres départements ministériels est essentielle pour assurer cette mission fondamentale.

Dans l'hypothèse de la création d'une autorité unique, les exigences inhérentes aux questions de défense et de sécurité imposeraient vraisemblablement de développer, au sein de cette « autorité unique », une structure ad hoc à même de traiter les sujets de sécurité dans leur cadre législatif propre (code de la défense). Cette structure devrait être en capacité technique et juridique d'agir en interaction étroite avec les autres Services de l'Etat qui resteront compétents pour la définition des menaces à prendre en compte, et l'ordonnancement de la capacité d'intervention de la force publique.

14. L'article R592-1 du code de l'environnement précise que l'IRSN exerce des missions d'expertise et de recherche dans le domaine de la protection des installations nucléaires et des transports de matières radioactives et fissiles contre les actes de malveillance. C'est une activité peu connue de votre organisme. Pouvez-vous nous préciser quelle est votre expertise et quelles sont vos activités en ce domaine ?

L'IRSN, expert public des risques nucléaires et radiologiques, est bien identifié en tant qu'appui technique de l'Autorité de sûreté nucléaire, dans le cadre du système dit « dual » de contrôle de la sûreté nucléaire constitué par ces deux organismes complémentaires. Ce qui est moins connu, c'est que l'IRSN est également l'appui technique du Ministre compétent pour le contrôle de la sécurité nucléaire, c'est-à-dire pour l'application des règlements concernant la protection des matières nucléaires, des installations et des transports nucléaires vis-à-vis des actes de malveillance.

Les méthodes d'expertise sont similaires pour l'expertise de sûreté et celle de la sécurité. Ces expertises sont fondées sur l'analyse de la démonstration de sécurité/sûreté fournie par les opérateurs.

Comme appui technique du HFDS du MTES, l'IRSN expertise, à sa demande, les dossiers des exploitants.

La réglementation oblige les exploitants détenteurs de matières nucléaires à des dispositions pour les protéger contre les actes de malveillance.

Dans ce cadre, l'IRSN examine par exemple :

- Les dispositifs de surveillance et de sécurité des installations, en s'appuyant sur les analyses de sûreté pour identifier les cibles à protéger,
- La protection contre les menaces cyber de ces dispositifs,
- Les principes de sécurité des nouvelles installations.

L'IRSN propose également des scénarii d'exercices au MTES à l'issue desquels l'analyse du retour d'expérience permet de renforcer les dispositions de protection des installations et des transports. L'IRSN effectue également des études et des recherches dans ce champs (effets des armes, efficacité des dispositifs de protection physique...).

15. Pouvons-nous déduire de cette disposition que vous seriez compétents pour seconder l'ASN si cet organisme obtenait des attributions en matière de sécurité passive ? Auriez-vous suffisamment de moyens ?

L'IRSN s'efforce d'apporter un appui technique rigoureux, compétent et moteur auprès du MTES.

Il serait souhaitable de renforcer les moyens humains de l'IRSN dans le domaine de la cyberdéfense.

Il n'appartient pas à l'IRSN de s'exprimer sur l'organisation de l'État. Néanmoins, en cas d'appui de l'IRSN à l'ASN au titre des missions de « sécurité passive » (concept qui mériterait d'être précisé), l'IRSN devrait aussi continuer à appuyer les services de l'État en charge des forces de sécurité publiques, de l'évaluation des forces de sécurité des opérateurs, de l'organisation d'exercices...

16. Certaines centrales ou certaines installations vous semblent-elles plus exposées à des risques en matière de sécurité ? Si oui, lesquelles ?

La démonstration de sécurité repose sur quatre fonctions principales de sécurité : dissuasion, détection, retard et intervention au regard de cibles à protéger.

L'analyse de ces démonstrations montre que la vulnérabilité de ces installations n'est pas au même niveau. Il n'est pas possible d'être plus précis dans la mesure où les éléments correspondants sont classifiés au titre de la protection du secret de la défense nationale.

17. Les installations nucléaires françaises ont-elles déjà fait l'objet de sabotage, d'attaques ou de tentatives d'attaques, physiques ou cybernétiques, ou d'autres actes de malveillance ?

Depuis le 11 septembre 2001, il n'y a pas eu d'attaque terroriste sur des installations nucléaires en France.

S'il y a eu quelques actes malveillants, comme par exemple le déclenchement d'arrêt de dispositifs, dont le caractère avéré est parfois difficile de démontrer, cela a correspondu à un comportement individuel (démonstration d'un mécontentement, d'une revanche...)

Pour ce qui concerne la cyberdéfense, des actions de vérification sont engagées à chaque épisode relatif à une attaque informatique.

18. Est-ce que les INB françaises (notamment les réacteurs nucléaires et leurs piscines de refroidissement) sont suffisamment protégées contre une attaque aérienne suicide du type de celle du 11-septembre menées avec des gros avions civils ? Que pensez-vous des risques d'attentats sur lesquels Greenpeace essaie d'alerter l'opinion publique ?

La mission de l'IRSN est, à la demande du MTES, d'apprécier la qualité des systèmes physiques et humains de surveillance, la résistance intrinsèque des installations ou des transports, par exemple, celle de résistance selon les types de centrale et la géographie des lieux à un crash volontaire d'avions de ligne.

Toutefois, l'IRSN n'est pas en mesure de juger du niveau de protection global des installations nucléaires car il ne dispose pas de l'ensemble des compétences ou des connaissances pour cela, cette protection relevant de plusieurs niveaux de nature de défense (prévention du risque en amont, intervention en aval notamment).

Ainsi, l'IRSN n'est pas compétente en matière de renseignement, de surveillance dans les aéroports, de délais de réaction des patrouilles de l'armée de l'air... il ne peut donc se prononcer sur la suffisance globale de la protection des centrales et de leurs piscines.

Concernant les risques d'attentats dont l'actualité montre la permanence, sous l'impulsion du MTES, l'IRSN travaille sur des scénarii d'exercices, et s'emploie à être imaginatif dans ce domaine.

A noter qu'en termes de résistance mécanique, de nombreuses études sur le comportement des infrastructures face à un crash d'avion volontaire ont été réalisées après les événements de septembre 2001.

19. Que pensez-vous du projet de construction par EDF d'une piscine géante centralisant des combustibles en cours de refroidissement ?

L'IRSN a débuté l'examen du dossier d'options de sûreté (DOS) établi par EDF dans le cadre de son projet de création d'une piscine d'entreposage centralisé de combustibles usés, dont il prévoit l'exploitation sur 100 ans. La conception de cette piscine prendra en compte le retour d'expérience français et international, notamment celui de l'accident de Fukushima. Ce dossier ne présente pas de site d'implantation, mais des caractéristiques enveloppes (niveau de séisme, environnement industriel) qui sont retenues pour la conception de l'installation. Enfin, EDF prévoit d'abriter cette installation sous une structure en béton armé afin de la protéger en cas de chute d'un avion.

L'expertise de ce dossier par l'IRSN se déroule en 2018. Des échanges avec la société civile (ANCCLI...) interviendront durant cette période.

L'IRSN s'attache en particulier à évaluer les options retenues pour prévenir toute situation accidentelle conduisant à une perte du refroidissement des combustibles usés dont les conséquences ne seraient pas acceptables. Dans ce cadre, la robustesse de la conception de l'installation, notamment au regard du maintien de l'inventaire en eau des bassins, sera examinée, en particulier dans le contexte d'une durée d'exploitation de 100 ans, notablement plus longue que celle prévue à la conception des installations existantes.

Lors de l'audition de l'IRSN du 22 février 2018, la Commission Sûreté-Sécurité de l'Assemblée Nationale a interrogé l'IRSN sur les autres options d'entreposage disponibles, notamment l'entreposage à sec. Les options envisagées sont mentionnées ci-après, sachant que seule la première a fait l'objet d'une instruction approfondie par l'IRSN :

- l'augmentation de la capacité d'entreposage d'assemblages usés dans les piscines actuelles des bâtiments des combustibles (BK) des réacteurs. Cette solution a été proposée par EDF, mais l'IRSN considère qu'elle ne doit pas être privilégiée : d'une part, elle ne résout que temporairement les problèmes de saturation des piscines de l'usine de La Hague, d'autre part il convient de limiter, à un niveau aussi bas que raisonnablement possible, l'inventaire en radionucléides des bâtiments des combustibles des réacteurs du parc. EDF indique avoir définitivement abandonné cette solution ;
- la création d'une piscine sur chaque site électronucléaire. La faisabilité technique d'une piscine de site est avérée, cela nécessiterait un dossier de création d'une installation nouvelle pour chaque site ;
- la création de moyens d'entreposage à sec du combustible (centralisé ou sur chaque site). Les solutions d'entreposage à sec mises en œuvre dans d'autres pays nécessitent le refroidissement préalable des assemblages en piscine pendant plusieurs années ; ce délai serait notablement accru dans le cas des combustibles MOX usés. EDF n'a pas retenu cette option dans la mesure où, de son point de vue, le procédé de reprise ultérieure de ces assemblages pour un traitement à l'établissement de La Hague reste à développer.

Comme indiqué lors de l'audition de 22 février 2018, l'IRSN pourrait examiner plus précisément les avantages et inconvénients pour la sûreté des options d'entreposage à sec ou en piscine.

Pour information, sont donnés ci-après des éléments sur la gestion des combustibles usés en France.

1) Contexte

- Les centrales nucléaires d'EDF utilisent des combustibles à base d'uranium, dits UOX, et des combustibles à base d'un mélange d'uranium et de plutonium, dits MOX. Après utilisation, les combustibles usés sont entreposés dans les piscines de désactivation des réacteurs. Après 2 à 4 ans de refroidissement, ils sont transportés vers l'une des quatre piscines d'entreposage de l'établissement ORANO de La Hague. Après une nouvelle période d'entreposage en piscine (8

ans), les combustibles UOX usés (~ 1050 tonnes par an) sont traités dans l'une des deux usines du site, le plutonium extrait servant à la production de combustibles MOX dans l'usine MELOX de Marcoule. Les combustibles MOX usés (~ 125 tonnes par an) ne sont actuellement pas traités et restent entreposés en piscine. Par le passé, EDF a utilisé des assemblages à base d'uranium issu du traitement des assemblages UOX, dits URE, qui ne sont également pas traités.

Ainsi, sont entreposés dans les piscines des bâtiments des combustibles (BK) des réacteurs et celles de La Hague, des combustibles usés UOX, en attente de traitement, ainsi que les combustibles usés MOX et URE, non traités, dont le nombre croît chaque année.

- Depuis la fin des années 1990, un dossier dit « Impact cycle », régulièrement mis à jour par EDF et instruit par l'IRSN³, décrit les flux et les entreposages de matières associés au cycle du combustible nucléaire d'EDF. Il permet de disposer d'une vision globale de ce cycle et d'évaluer les conséquences pour la sûreté de ses évolutions prévues (adaptations des installations, capacités d'entreposage...). Les deux dossiers déjà examinés (Impact Cycle 2000 et Impact Cycle 2007) ont conclu à un risque de saturation à moyen terme des capacités actuelles d'entreposage des combustibles usés. Cette saturation, qui dépend de la production d'électricité nucléaire, du flux de combustibles UOX usés traités et des capacités d'entreposage utilisées pour des matières autres que les combustibles usés d'EDF (déchets, combustibles étrangers...), est actuellement estimée à l'horizon 2030 pour le fonctionnement du parc actuel. Des variations à la hausse ou à la baisse sont possibles selon les options retenues ou en cas d'aléas.

- Tenant compte de ce risque de saturation, le plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) 2016-2018 a prescrit à EDF de transmettre à l'ASN les options techniques et de sûreté relatives à la création de nouvelles capacités d'entreposage des combustibles usés. En avril 2017, EDF a transmis à l'ASN le dossier d'options de sûreté (DOS) d'une piscine d'entreposage centralisé, dont la mise en service est envisagée à l'horizon 2030. À la demande de l'ASN, EDF a complété ce dossier en octobre et novembre 2017.

2) Piscine d'entreposage centralisé d'EDF

Pour EDF, la piscine d'entreposage centralisé permettrait de recevoir et d'entreposer des assemblages combustibles usés, en particulier des combustibles MOX et URE dans l'attente de leur traitement pour constituer à nouveau du combustible de réacteur ou de leur conditionnement en vue de leur stockage. Conçue pour une durée d'exploitation de 100 ans, elle permettrait l'entreposage d'environ 21 000 assemblages combustibles, soit environ 10 000 tonnes de métal lourd (tML). Pour comparaison, les décrets de création des usines de l'établissement de La Hague fixent à 17 600 tML les capacités maximales d'entreposage de ses quatre piscines. Au stade du projet présenté par EDF, l'installation serait constituée de deux bassins d'eau claire déminéralisée, non compartimentés, de conception et de capacité d'entreposage identiques (capacité unitaire de 5 000 tML). La construction des bassins serait échelonnée : la mise en service de la seconde unité d'entreposage est prévue 10 ans après celle de la première unité.

- EDF prévoit d'entreposer dans la piscine d'entreposage centralisé les combustibles non actuellement traités (MOX et URE), y compris ceux actuellement entreposés dans les piscines de La Hague, ainsi que ceux provenant du réacteur à neutrons rapides (RNR) Superphénix. Il n'exclut pas d'entreposer des combustibles UOX, en cas d'aléas survenant dans les usines de La Hague.

- L'installation comprendrait plusieurs bâtiments et infrastructures, notamment un terminal de transport ferroviaire et routier, deux bâtiments de déchargement des emballages de transport (un par bassin) et deux bâtiments accueillant chacun un bassin d'entreposage.

³ L'examen par l'IRSN de la dernière version de ce dossier « impact cycle », transmise en 2016, se terminera en mai 2018.

- Ces bâtiments formeraient une structure dimensionnée à la chute d'avion (« bunker »). Ce concept n'est pas déployé pour les piscines d'entreposage françaises aujourd'hui en exploitation (seule la piscine du réacteur EPR Flamanville 3 en est équipée).
- EDF a indiqué que la piscine d'entreposage centralisé intégrerait dès sa conception le retour d'expérience de l'accident de Fukushima. En particulier, EDF a pris en compte des agressions naturelles extrêmes.
- Le dossier transmis par EDF ne précise pas le site d'implantation de la piscine d'entreposage centralisé. Il détaille cependant les aléas naturels (séisme, inondation...) et liés à l'environnement du site (voies de communication...) pris en compte dans le dimensionnement de l'installation. L'adéquation entre les niveaux considérés pour ces aléas et ceux associés au site retenu interviendrait ultérieurement, au plus tard lors de la demande de création de l'installation.

Concernant la sécurité, s'agissant d'un nouveau projet, sa conception s'appuiera sur les standards actuels dont les exigences sont plus fortes que celles des anciens référentiels. Ces exigences intègrent le retour d'expérience.

Il ressort des premières options de sûreté transmises par EDF qu'elle aurait une résistance intrinsèque plus importante que celle des piscines actuelles, ce qui en première approche est un progrès.

20. Que penser du système de brouillard artificiel mis au point par les Allemands pour dissimuler rapidement leurs centrales en cas d'alerte aérienne ? Fonctionne-t-il ? Est-il envisageable de le transposer en France ?

L'IRSN n'a pas étudié ce système, celui-ci, développé à l'origine pour des usages militaires, pour dissimuler des navires ou des blindés qui sont mobiles est moins efficient pour les installations nucléaires qui sont fixes et bien évidemment géolocalisées. Il pourrait augmenter la durée nécessaire pour atteindre les cibles à protéger.

Etant donné la nature de ce dispositif, il pourrait être expertisé par un organisme du Ministère des Armées.

21. Les moyens d'alerte et de neutralisation mis en place par les pouvoirs publics pour contrer les vols de drones enregistrés au-dessus des sites nucléaires français, depuis l'automne 2014, vous semblent-ils efficaces ?

Le SGDSN et le MTES travaillent avec l'armée de l'air sur ce sujet et ont financé des travaux de recherche. Ils sont les plus à même de répondre cette interrogation.

22. En matière de cyber sécurité, les systèmes informatiques des centrales sont-ils « étanches » ?

Il n'existe pas de système absolument étanche. Les points essentiels sont :

- d'isoler le plus possible les systèmes les plus critiques mais comme rien n'est jamais totalement isolé il faut surtout avoir une maîtrise des échanges avec l'extérieur ;
- de surveiller ses réseaux pour détecter toute introduction de logiciel malveillant.

L'ANSSI a étudié le système de contrôle commande de l'EPR. Dans son avis sur le dossier de sécurité de l'EPR, l'IRSN a rendu son analyse sur la pertinence de la capacité de cyberdéfense.

23. Les personnels des entreprises sous-traitantes font-ils l'objet des mêmes enquêtes administratives que les salariés d'EDF ou d'Orano ?

Les enquêtes administratives sont demandées par l'employeur au COSSEN. L'IRSN n'intervient pas dans cette démarche. En tant qu'employeur l'IRSN demande aussi des enquêtes administratives et ne procède à aucune différence lorsqu'il emploie un sous-traitant.

24. Les transports de matières dangereuses constituent-ils un point de vulnérabilité de la filière nucléaire française, tant en matière de sûreté qu'en matière de sécurité ? Si oui, comment y remédier ? Convierait-il de privilégier le transport sur rail plutôt que par la route ?

Du point de vue de la sûreté

Du point de vue de la sûreté, les transports de matières dangereuses sont encadrés par une réglementation nationale et internationale, établie à partir de recommandations de l'AIEA reprises dans les règlements internationaux et nationaux. Pour les colis de transport de matières radioactives agréés par l'ASN, le respect des exigences spécifiées dans cette réglementation fait l'objet d'expertises de l'IRSN.

Les transports de matières radioactives font l'objet de contrôles par l'ASN au même titre que les installations nucléaires.

L'IRSN effectue régulièrement un bilan des événements de sûreté de transport, pour l'ensemble des matières radioactives qui circulent sur le territoire français (tous secteurs), et publie un rapport public tous les deux ans. Le dernier rapport analyse les événements survenus en 2014 et 2015 (plus de 900 000 colis par an avaient été expédiés en France). La fiche N°4 en annexe présente un résumé. Le rapport traitant des événements de 2016 et 2017 interviendra en 2018.

Tous les événements liés aux transports sont répertoriés : la fiche N°5 en annexe présente une liste des incidents les plus significatifs survenus en France (ceux liés à la filière nucléaire sont distingués par un encadré).

La sûreté des transports de matières radioactives n'appelle pas de remarque particulière au regard des dispositions mises en place et du retour d'expérience.

Du point de vue de la sécurité

Dans le cadre de la réglementation actuelle, les mesures de protection des transports de matières nucléaires sont proportionnées à leur sensibilité à l'égard de la non-prolifération. Les transports des matières nucléaires les plus sensibles font ainsi l'objet d'une protection élevée, homogène avec celle dont elles bénéficient sur les installations. Pour l'IRSN, le rail n'apparaît pas plus adapté que la route.

25. La loi relative à la transition énergétique a clarifié les relations entre vous-mêmes et l'ASN. Cette clarification vous semble-t-elle satisfaisante ? Comment s'organise la répartition des compétences ? Des modifications en ce domaine vous semblent-elles souhaitables ? A quelles occasions avez-vous été amenés à apporter un soutien technique à l'ASN ou aux services de l'État ?

La loi TECV vient conforter le système actuel de contrôle des activités nucléaires civiles avec comme objectifs le renforcement de la sûreté et de l'information des citoyens.

Le contrôle des activités nucléaires civiles repose, en France, sur un dispositif à deux composantes (parfois appelé dispositif dual), consolidé avec la création, sous leurs statuts actuels, en 2006 de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et en 2002 de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Ce dispositif cohérent avec celui des agences sanitaires vise à séparer les fonctions d'évaluation des risques (IRSN) et de décision (ASN). Elle évite de faire porter sur l'expert le poids de la décision.

Si l'efficacité technique de ce dispositif est démontrée, la loi TECV conforte celui-ci en le rendant explicite au niveau législatif. Elle donne à la mission de l'IRSN un caractère légal et permet à l'ASN de pleinement exercer son rôle de contrôle la sûreté et de la radioprotection en ayant recours aux activités d'appui technique de l'IRSN, en capacité de lui apporter une expertise robuste et réactive, grâce en particulier à son activité de recherche.

L'IRSN est également concerné par le titre VI « Renforcer la sûreté nucléaire et l'information des citoyens » (p.m. articles 123 à 132), à des degrés variés compte tenu de la largeur de spectre des sujets traités dans le titre. Certains points s'inscrivent dans la continuité de l'action de l'Institut avec, notamment, le renforcement des compétences des CLI, qui peuvent susciter un accompagnement accru de l'IRSN (par exemple, l'information sur les évolutions des PUI) ou l'évolution du régime d'autorisation des installations (pour lesquelles l'ASN sollicite l'IRSN en termes d'évaluation des risques). D'autres constituent des nouveautés comme la création d'une étape de participation du public « post 35 ans », nécessitant un investissement significatif pour construire, en lien avec l'ANCCLI et les CLI, l'ASN et l'exploitant, des actions qui font sens pour les citoyens. Par contre, en première approche, l'évolution du régime des sanctions qui renforce l'action de l'ASN n'a pas ou peu d'impact sur les missions de l'IRSN.

A noter également deux ajouts :

- une mission confiée à l'ASN dans le domaine de la recherche, qui ne se substitue pas à celle confiée à l'IRSN comme opérateur de recherche, mais vient conforter l'importance de la connaissance scientifique et technique pour les politiques de sûreté et de radioprotection ;
- une mission confiée à l'ASN dans le domaine du contrôle de la sécurité des sources. Cette évolution attendue de longue date est venu étendre, compte tenu des compétences en sécurité nucléaire dont dispose l'Institut, le champ d'application de la convention ASN / IRSN et nécessitera des moyens humains complémentaires d'expertise pour évaluer certains dossiers complexes voire l'adaptation des systèmes d'information de l'IRSN (inventaire national des sources), sans qu'il soit aujourd'hui possible d'en cerner le niveau avec précision.

La clarification apportée par la loi quant aux missions de l'ASN et de l'IRSN est satisfaisante du point de vue de l'Institut. Par ailleurs, l'IRSN attache également une grande importance à la volonté portée par la loi de renforcement de l'information du citoyen. Le principe de transparence et d'ouverture à la société que soutient l'Institut trouve également écho dans le texte de loi qui inscrit le principe de publication des avis de l'IRSN rendus sur saisine de l'ASN ou d'une autre autorité publique, de manière concertée avec celles-ci et dans le respect des exigences de confidentialité qui s'imposent à certains sujets.

Organisation et fonctionnement

La mission d'appui technique de l'IRSN auprès de l'ASN est régie au travers de dispositions contractuelles (appelées par le décret). Une convention pluriannuelle est signée entre l'ASN et l'Institut (actuelle convention signée en 2017 d'une durée de 5 ans et intégrant les dispositions nouvelles introduites par la loi TECV), cette convention définit les domaines d'appui technique, les modalités mise en œuvre pour la réalisation des activités d'appui technique et précise les instruments de gouvernance et de pilotage de la relation ASN/IRSN.

Cette convention précise également les sources et modalités de financement des actions réalisées (financement au travers de la subvention pour charge de service public de l'Institut au titre du Programme LOLF 190 et du produit de la contribution des exploitants d'installations nucléaires perçue par l'IRSN).

Annuellement, un protocole est pris en application de la convention qui définit les actions programmées à réaliser, qui fixe les priorités et identifie les moyens mis en œuvre. Les actions conduites par l'IRSN se matérialisent annuellement par la transmission de plus de 500 livrables (avis, rapports, notes techniques,...) à l'ASN, l'accompagnement technique d'environ 400 inspections menées par l'autorité et le suivi d'exploitation de l'ensemble des INB parmi lesquelles les 58 réacteurs électronucléaires actuellement en service. Le budget consacré par l'IRSN à cet appui technique est annuellement de 83 M€. Ce dispositif mis en œuvre depuis la création de l'Institut, la première convention ayant été signée en 2004, et régulièrement réexaminé par l'IRSN et l'ASN permet tant à l'IRSN qu'à l'ASN au travers du dialogue permanent mis en œuvre de disposer à la fois de visibilité sur les actions menées, d'une certaine flexibilité en matière de programmation au travers de la régulation périodique mise en place (environ une trentaine de réunion de régulation par an) tout en assurant le traitement de dossiers à caractère urgent et non programmés comme par exemple récemment les anomalies de carbone de la cuve du réacteur EPR, les problèmes de tenue de la digue de la centrale de Tricastin...

L'IRSN apporte aussi son appui technique à l'Autorité de sûreté nucléaire de défense (ASND), à l'autorité de sécurité nucléaire (Haut fonctionnaire de défense et de sécurité du MTES) et plus généralement à l'ensemble des directions et services de l'Etat dont le champ des missions traite du risque nucléaire et radiologique (DGPR, DGT, DGS, DGSCGC, DGCCRF, ...). L'IRSN intervient également auprès des autorités françaises en charge du respect des engagements pris par la France en matière de non-prolifération nucléaire et chimique. Les modalités de ces différents appuis techniques font l'objet de conventions entre l'IRSN et chacune des administrations et autorités concernées, à l'instar des dispositions mises en œuvre avec l'ASN.

26. La multiple tutelle qui pèse sur l'IRSN (ministères chargés de l'énergie, de l'environnement, de la défense, de la santé et de la recherche) est-elle un facteur de contrainte ou de complexification ?

L'IRSN n'est pas le seul établissement public dans cette situation, à titre d'exemple l'ANSES qui traite des risques dans les domaines de l'alimentation, de l'environnement et du travail a également 5 tutelles.

Au-delà de l'exemple, cette multiple tutelle s'inscrit de manière consubstantielle avec :

- les différents usages faits des rayonnements ionisants qu'il s'agisse d'usages industriels (civil et de défense), médicaux ou de recherche ;
- les différents risques à évaluer (risques technologiques, risques sur la santé et sur l'environnement);
- les missions de l'Institut portant à la fois sur l'expertise (au service des autorités de sûreté, de de sécurité ainsi qu'aux services de l'Etat) et sur la recherche (nécessaire à l'acquisition et au développement des connaissances).

Pour l'IRSN la tutelle multiple, exercée sous la coordination d'un ministère « chef de file », le MTES, n'apporte ni contrainte ni complexification, elle est le reflet des différents domaines liés à l'utilisation des rayonnements ionisants. Par ailleurs, il convient de noter qu'un certain nombre de recommandations sur l'exercice de la tutelle de l'Institut ont été formulées par la Cour des Comptes et les Corps d'inspection des ministères, recommandations auxquelles les dispositions de la loi TECV et le décret 2016-283 ont permis d'apporter réponse.

Au-delà de cette tutelle multiple, il convient de noter la pluridisciplinarité scientifique et technique ainsi que la synergie entre expertise et recherche portées par l'IRSN. Ce dispositif voulu et mis en place par le législateur, conforté par la loi TECV, favorise la mise en œuvre d'un retour d'expérience élargi, l'identification de besoins en connaissances nouvelles et, ainsi la mutualisation des ressources employées tant sur le volet de l'expertise que sur celui de la recherche.

Si la tutelle de l'Institut est multiple, son financement public est quant à lui porté essentiellement sur un seul programme LOLF (Programme 190 - Piloté par le Directeur de la recherche et de l'innovation du MTES/CGDD) avec une subvention à hauteur de 170 M€ à laquelle s'ajoute un montant de 3,6 M€ en provenance du P 212 (Soutien à la politique de défense). Ces modalités de financement « centralisé » représentent un intérêt majeur pour l'IRSN car elles lui permettent une capacité d'adaptation pour la programmation de ses dépenses et ce, pour ses différentes activités et au sein de chacune d'entre elles.

27. L'IRSN a-t-elle les moyens humains, financiers et juridiques pour mener à bien ses missions ?

L'IRSN intervient dans un contexte actuel marqué par une forte demande d'expertise dans ses différents champs d'intervention, par un questionnement et une implication sociétale croissants et par l'émergence de défis scientifiques majeurs pour les années à venir tant en matière de sûreté, de sécurité que de radioprotection.

Parmi les quatre domaines techniques opérationnels (sûreté des installations nucléaires civiles et de défense, sécurité nucléaire, radioprotection de l'homme et de l'environnement, gestion des situations d'urgence), celui de la sûreté est de loin le domaine pour lequel les besoins s'avèrent être les plus importants. Plusieurs sujets techniques sont à l'origine de l'accroissement significatif de la charge de travail de l'Institut au premier rang desquels la mise en service du réacteur EPR, la prolongation de la durée d'exploitation des réacteurs de 900 MWe, la mise en œuvre de l'ensemble des modifications matérielles sur les 58 réacteurs en exploitation prescrites dans le cadre du renforcement de la sûreté suite à l'accident de Fukushima et la généralisation des réexamens de sûreté à l'ensemble des installations du cycle du combustible.

Au-delà de la persistance des besoins en termes de sûreté nucléaire sur le parc existant des installations civiles et de défense, la mise en œuvre de nouveaux projets industriels (Piscine centralisée de stockage de combustibles, nouveau concept de réacteur EPR II, sous-marins nucléaires lanceurs d'engins de 3ème génération,...) nécessiteront une expertise de l'IRSN dans les différentes phases des projets (options de sûreté, demandes d'autorisations...).

A ce constat, s'ajoute le traitement d'importants dossiers qui font suite à la survenue sur la période 2016-2017 d'aléas majeurs tels que les problèmes d'anomalies de la teneur en carbone sur un nombre important de composants du parc nucléaire (générateurs de vapeur) ainsi que la cuve du réacteur EPR de Flamanville qui auront des conséquences sur l'activité d'expertise de l'Institut sur les années à venir.

Enfin, l'émergence de sujets au premier rang desquels les préoccupations en matière de sécurité nucléaire tant du point de vue de l'examen des dispositions qui seront mises en œuvre par les opérateurs pour la protection de leurs installations en réponse aux exigences réglementaires nouvelles que du déploiement de compétences dans des domaines sensibles tels que celui de la cybercriminalité, viennent renforcer les besoins d'analyse auxquels l'IRSN doit répondre.

Ce contexte appelle un effort soutenu de la part de l'IRSN en matière d'efficience et de priorisation des actions menées.

Au cours des dernières années, après la mise en place d'une nouvelle organisation de ses activités opérationnelles, l'IRSN a lancé une démarche destinée à adapter ses programmes et son fonctionnement à son nouvel environnement dans une perspective à long terme.

Cela se traduit, notamment, par une revue de l'ensemble de ses activités scientifiques et techniques, une réorganisation et une simplification de ses fonctions support, et un renforcement de son pilotage technique et financier.

Ainsi, en matière d'expertise, l'IRSN mène avec ses commanditaires (autorités et pouvoirs publics) un travail de priorisation à la fois qualitative et quantitative des demandes d'expertise en fonction des enjeux de sûreté. Plus particulièrement avec l'ASN, cette priorisation se fonde sur une revue conjointe des dossiers à fort enjeux, de leur programmation pluriannuelle avec une actualisation en fonction de l'évolution des projets industriels des exploitants.

L'IRSN poursuit par ailleurs les efforts d'efficience engagés, notamment, en application de son contrat d'objectifs et de performance pour la période 2014-2018, et travaille dans le cadre des différents plans d'action déployés au niveau national, comme celui associé à la maîtrise des achats, domaine dans lequel l'Institut a réalisé en 2016 un taux d'économie de 3,42 % pour un objectif initial de 2,1 %, soit une économie de 3,73 M€ sur un montant des achats notifiés dans l'année.

Ce contexte souligne toute l'importance pour l'IRSN de disposer de moyens en adéquation avec les enjeux auxquels il doit répondre, aussi bien sur les plans scientifique et technique que sur celui des attentes de la société.

Le financement de l'IRSN est principalement assuré (budget initial 2017) par les subventions issues du budget de l'Etat (62%), essentiellement au titre du programme 190, la contribution acquittée par les exploitants d'installations nucléaires de base (23%) et des ressources propres (15%).

Depuis 2010, ces ressources connaissent une érosion certaine⁴ même s'il convient de noter que l'Institut apparaît, dans un contexte de réduction de la dépense publique, plus préservé que d'autres établissements comparables. Celle-ci provient d'une diminution de la subvention (programme 190), avec une baisse significative en 2017, d'un transfert progressif de cette subvention vers la contribution, dont le produit est actuellement bloqué par un plafonnement à 62,5 M€, et d'une quasi-stabilité de ses ressources propres.

Cette évolution, et les arbitrages rendus par l'Etat, ont conduit, sur la période, à une stabilité des dépenses relatives à l'expertise et aux missions d'intérêt public, et à une diminution des dépenses de recherche passées de 44% en 2010 à 42% en 2016 et à 40 % en 2017.

Compte tenu du rôle essentiel que joue la recherche dans le maintien d'un haut niveau de qualité et de crédibilité de l'expertise ainsi que de l'appui et du concours techniques apportés par l'Institut aux autorités et aux pouvoirs publics, la plus grande vigilance devra être accordée à la préservation des moyens dédiés à la recherche dans les années à venir.

La recherche de ressources propres supplémentaires, en complément des économies réalisées dans le cadre des actions d'efficience, ne permettront pas de couvrir l'augmentation du besoin de financement estimé pour les prochaines années.

L'analyse sur une longue période des recettes de nature commerciale met en évidence qu'elles ne sont pas de nature à générer des ressources complémentaires significatives. Elles sont principalement motivées par l'acquisition de connaissance, comme c'est notamment le cas dans le cadre des expertises effectuées sur des installations étrangères dans le cadre, notamment, de l'accompagnement des autorités et des organismes techniques de sûreté de pays tiers. Elles

⁴ Baisse du budget exécuté de -4,4 % entre 2010 et 2016 et de 8,6 % entre 2010 et 2017.

peuvent également l'être par la volonté d'un positionnement comme référence dans le domaine de la dosimétrie, notamment environnementale, qui ne représente pas un marché important, mais sur lequel l'IRSN doit être prêt pour faire face à d'éventuelles situations d'urgence. De façon générale, la réalisation des contrats correspondants demande la mobilisation d'une ressource rare et ne permet pas de dégager des marges importantes.

S'agissant des co-financements de recherche, il convient de constater une difficulté croissante à rassembler des partenaires financiers sur des projets internationaux, le positionnement à un niveau élevé de l'Institut dans les programmes européens (près de 50% des projets retenus dans le cadre du dernier appel à projets 2016-2017 H2020 Euratom), niveau qu'il sera difficile d'élever de façon significative et une tendance à la baisse des cofinancements sur programmes nationaux (programme d'investissements d'avenir - PIA - non reconduit à ce jour) ou par les industriels français.

A cet égard, lors de la préparation de l'exercice 2018 et plus globalement du quinquennal 2018-2022, l'IRSN a sollicité une augmentation de ses moyens de 5 M€, en lien avec la demande d'accroissement de ses effectifs de 17 ETPT et avec les effectifs supplémentaires accordés 2017 (20 ETPT) mais sans financement correspondant. La reconduction en 2018 du montant de la subvention et du plafond d'emplois de l'IRSN au niveau de la LFI pour 2017, si elle représente une décision favorable à l'Institut, ne permettra pas de répondre pleinement aux attentes des pouvoirs publics. Aussi, et compte tenu du cadre budgétaire national qu'il sait contraint, l'IRSN propose que soit examiné la possibilité, au travers du dispositif de la contribution, d'opérer un relèvement du plafond de cette dernière, afin de permettre, dès 2019, un ajustement des moyens de l'institut à l'évolution de la charge à laquelle il doit faire face.

En ce qui concerne la sécurité il faudrait accroître les moyens humains concernés par la cybersécurité.

28. Quelles seront les priorités de l'IRSN pour le nouveau contrat d'objectifs et de performances (le précédent arrivant à échéance fin 2018) ?

Les travaux d'élaboration du prochain COP Etat-IRSN 2019-2023 débutent en février. Plusieurs priorités seront discutées avec les représentants des ministères de tutelle dans le cadre de ces travaux parmi lesquelles :

- l'apport aux autorités et aux pouvoirs publics d'une expertise efficiente et des savoir-faire pour prévenir les risques nucléaires et radiologiques,
- le développement de la stratégie scientifique de l'IRSN au travers d'une recherche de haut niveau favorisant l'émergence de partenariats à la fois nationaux, européens et internationaux afin de répondre aux enjeux futurs de l'expertise,
- la contribution de l'IRSN à la transparence et au dialogue en matière de sûreté et de radioprotection,
- le renforcement de l'action de l'Institut en appui aux autorités et aux services de l'Etat pour faire face à l'évolution de la nature des situations de crise nucléaire ou radiologique.

A ces priorités stratégiques, s'ajoutent des actions techniques majeures pour la période 2019-2023, telles que l'examen de la poursuite d'exploitation des réacteurs de 900 MWe, la mise en exploitation du réacteur EPR, l'examen du dossier d'option de sûreté de la piscine centralisée de stockage de combustibles nucléaires, le projet de stockage Cigéo, les enjeux portés par la PPE, par la stratégie nationale de santé, par la stratégie nationale de recherche en matière d'énergie ou bien encore les problématiques liées à la sécurité des installations nucléaires.

Enfin, le contrat fixera également des objectifs en termes d'efficience de pilotage et de gestion financière de l'Institut en application des politiques de modernisation de l'Etat, ainsi qu'en termes

de management des ressources humaines, pour assurer le développement et la pérennité des compétences et des connaissances.

29. *La coopération européenne en matière de sécurité et de sûreté dans le nucléaire civil vous semble-t-elle efficace ?*

La coopération européenne en matière de sûreté nucléaire repose, au principal, sur le Traité instituant la Communauté Européenne de l'Energie Atomique, dit Traité EURATOM, et sur les relations bilatérales qui, au fil des années, ont été tissées entre les différents acteurs nationaux de la sûreté nucléaire.

A l'origine, le Traité EURATOM prévoyait l'établissement de normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des radiations ionisantes. En matière de radioprotection, le système législatif et réglementaire des pays de l'Union est donc établi dans le cadre communautaire de la directive « normes de base ».

En 2009, les Etats Membres ont décidé d'étendre l'action communautaire au champ de la sûreté nucléaire avec l'adoption d'une directive établissant un cadre communautaire pour la sûreté nucléaire des installations nucléaires. Cette directive, modifiée en 2014, a permis de fixer des principes communs (indépendance de l'Autorité de sûreté, compétences et qualifications, ...) à tous les Etats Membres, tout en laissant la responsabilité de définir les règles détaillées relatives à l'autorisation et au fonctionnement des installations nucléaires et d'en assurer le contrôle, aux Autorités nationales.

Dans le domaine de la sécurité nucléaire/protection physique des installations nucléaires, la coopération européenne, conformément à la nécessité de préserver la confidentialité des analyses de risque et des contre-mesures prises, reste limitée à des coopérations bilatérales spécifiques, hors du champ communautaire.

Cette organisation, tant pour la sûreté nucléaire (respect du principe reconnu internationalement de responsabilité nationale), que pour la sécurité nucléaire, nous paraît, à ce stade satisfaisante.

Aujourd'hui, le panorama européen de la sûreté nucléaire s'organise autour de la directive « sûreté nucléaire », des autorités de sûreté et des organismes techniques de sûreté (TSO comme l'IRSN) et des réseaux européens [le réseau des autorités de sûreté nationales (ENSREG / WENRA), le réseau des organismes techniques de sûreté (european technical safety organisation network (ETSON), où l'IRSN joue un rôle important) et le réseau des opérateurs ENISS]. Ces réseaux doivent accroître leur interaction, c'est notamment l'objectif d'actions en cours entre ENSREG, WENRA et ETSON.

Il serait utile de renforcer encore la coopération européenne dans le secteur de l'expertise en sûreté nucléaire et en radioprotection en définissant des principes communs pour garantir qu'une expertise scientifique de haute qualité, assurée sur le long terme est fournie, de manière transparente, par les organisations d'appui technique, telles que l'IRSN, aux autorités publiques.

Cette réflexion sur une « expertise européenne » se développe dans le cadre du réseau des « European Technical Safety Organisations Network » (ETSON).

En matière de recherche pour la sûreté nucléaire et la radioprotection, la dimension européenne doit se renforcer encore. Cette collaboration européenne conforte la pertinence des recherches effectuées et permet de mobiliser et partager les moyens associés. Les plateformes expérimentales ont vocation à contribuer à ces collaborations notamment certains équipements de l'IRSN qui sont uniques au niveau international.

Dans ce secteur de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, les enjeux sont nombreux : prolongation d'exploitation, vieillissement des installations, gestion des accidents graves, effets des expositions chroniques des rayonnements ionisants, développement des méthodes de diagnostics et thérapeutiques innovantes. Le réseau ETSON pourrait être mis à contribution pour accélérer la

réflexion sur ces enjeux de moyen et long terme. En même temps, le programme de recherche EURATOM (+ de 50 MEuros pour la sûreté et 10 pour la radioprotection en 2016/2017) apporte des financements indispensables à la poursuite de l'effort de recherche de l'Institut. Ce programme EURATOM de recherche, qui doit être renouvelé sur la période 2021/2025, doit continuer de contribuer à cet effort.

L'ensemble de ces démarches contribue à une recherche de l'IRSN du meilleur niveau en l'intégrant dans un cadre européen et international. Dans un environnement budgétaire national contraint, il permet aussi à l'IRSN d'optimiser ses moyens et de valoriser ses plateformes expérimentales au bénéfice du citoyen européen.

ANNEXES



FICHE N°1 - ETAT DES LIEUX SUR L'ÉMERGENCE DE NON-CONFORMITÉS SUR LES INB

o Bilan de sûreté des installations nucléaires pour 2016 (analyse des tendances)

Réacteurs électronucléaires

L'IRSN a publié le 9 novembre 2017 son rapport présentant le bilan de la sûreté et de la radioprotection du parc électronucléaire français en 2016 ; les principaux éléments issus de ce rapport sont résumés ci-après.

En 2016, le nombre d'événements significatifs pour la sûreté (ESS) était en diminution de 4 % ; en moyenne, environ 10 ESS ont été déclarés pour chaque réacteur en 2016, contre un peu moins de 10,5 en 2015, 11 en 2014 et 12 en 2013. Parmi les 582 ESS recensés en 2016, 64 ont été classés au niveau 1 de l'échelle INES et, pour la quatrième année consécutive, aucun événement n'a été classé en 2016 à un niveau égal ou supérieur à 2

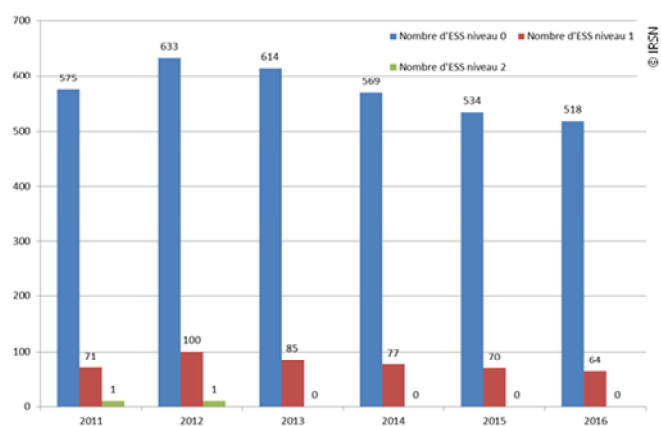


Figure 1 : Évolution du nombre d'ESS déclarés entre 2011 et 2016 (comptabilisés à partir de la date de détection de l'événement)

Au-delà du recensement des événements déclarés, l'IRSN considère, dans le cadre du bilan 2016, que les sujets suivants nécessitent une vigilance particulière d'EDF :

- l'état des sources électriques de puissance et la distribution électrique : l'analyse des ESS met en évidence des défauts organisationnels, des erreurs humaines lors d'interventions et des défaillances de matériels, qui ont conduit à dé-fiabiliser plusieurs systèmes électriques participant à la sûreté des installations ;
- les moyens de détection et protection contre l'incendie : en 2015, 11 événements concernant le non-respect de la conduite à tenir liée à l'indisponibilité partielle ou totale de la détection d'incendie sont survenus sur le parc nucléaire. En 2016, neuf événements de même type ont été identifiés. Ce constat met en évidence que les difficultés dans ce domaine persistent. L'organisation mise en place par les exploitants des centrales nucléaires est souvent mise en défaut sur ce type d'événement ;
- le maintien de la conformité des installations : pour l'IRSN, les processus de détection des écarts, d'information et de résolution devraient être améliorés (voir exemple de

la Centrale de Belleville) ; à cet égard, l'IRSN constate que des écarts de conformité sont régulièrement détectés de manière fortuite par EDF, ce qui n'est pas satisfaisant ; l'IRSN relève également l'émergence d'événements liés à l'évolution du système d'information regroupant désormais l'ensemble des outils et des documents permettant la mise en œuvre du référentiel d'exploitation. Sur ces points, l'IRSN considère qu'EDF devrait renforcer son organisation afin de détecter au plus tôt les éventuels écarts d'application de ce référentiel ;

- les « non-qualités » des actions de maintenance (NQM) : l'IRSN note l'augmentation continue du nombre de NQM depuis 2010. Par ailleurs, l'IRSN relève que la latence de détection des NQM est trop grande : environ 10 % des NQM ne sont détectées qu'après plusieurs années de fonctionnement des réacteurs. La majorité de ces NQM détectées très tardivement sont des « précurseurs », ce qui signifie que ces NQM présentent un fort enjeu de sûreté. Deux tiers des NQM sont détectées de manière fortuite. En effet, ces NQM ne sont pas détectées lors des opérations de maintenance (contrôles de 1^{er} et 2nd niveau, surveillance...) et lors des requalifications des matériels. Ce constat montre que les efforts engagés pour traiter cette dérive ne semblent pas avoir suffisamment atteint le terrain.

Les deux derniers points sont, pour l'IRSN, tout particulièrement importants. Les actions à caractère technique, organisationnel ou humain prescrites par EDF sont pertinentes, mais elles n'ont pas toutes été mises en œuvre jusqu'à présent de manière suffisamment soutenue et efficace. À cet égard, EDF s'est engagé à renforcer notamment l'accompagnement et la formation des intervenants, ainsi que l'implication managériale (présence sur le terrain, contrôles...).

En 2016, le nombre d'événements significatifs pour la radioprotection (ESR) est en augmentation de 9 %. 121 ESR ont été déclarés par EDF (Figure 1), soit une moyenne d'un peu plus de deux ESR par réacteur.

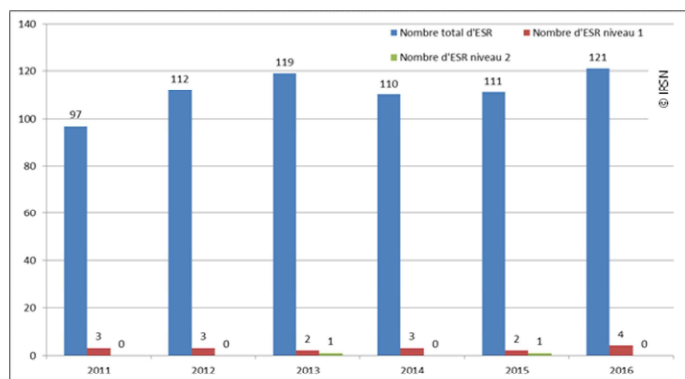


Figure 1 : Nombre d'ESR total par an et nombre d'ESR classés aux niveaux 1 et 2 sur l'échelle INES

En 2016, les principales causes des ESR sont :

- des écarts aux conditions d'accès en zone spécialement réglementée, notamment des défauts d'accès en zone orange du fait d'un manque de préparation et de surveillance des activités de maintenance ;
- des défauts d'analyse de risque conduisant à des expositions fortuites des intervenants ;
- des défauts de port de dosimètre (opérationnel ou passif). Ce dernier point a déjà été souligné dans les bilans des années 2014 et 2015.

L'année 2016 montre également une persistance de contaminations cutanées avec quatre cas qui ont conduit au dépassement du quart de la limite réglementaire de dose à la peau.

Installations nucléaires autres que les réacteurs électronucléaires

Le bilan global des événements significatifs (sûreté (ESS), radioprotection (ESR) et environnement (ESE)) réalisé pour 2015 et 2016 ne montre pas d'évolution notable par rapport aux années précédentes. Aucun événement n'a été classé au niveau 2 de l'échelle INES. Ceci suggère que la maîtrise de l'exploitation au quotidien atteint un plateau. Une progression dans ce domaine, souhaitable pour renforcer la sûreté, nécessitera des actions d'amélioration de la part des exploitants, notamment pour limiter la complexification des référentiels d'exploitation ou les défaillances survenant aux interfaces entre les entités organisationnelles.

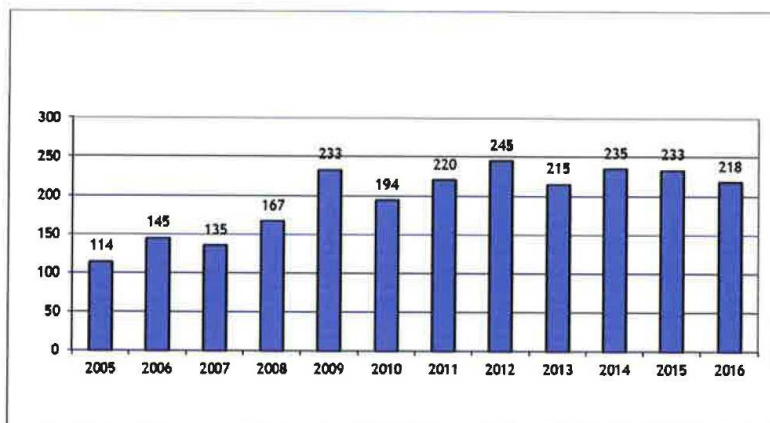


Figure 2 – Evolution du nombre d'événements déclarés à l'ASN pendant la période 2005 à 2016

Au titre des progrès constatés en 2015 et 2016, les événements relatifs aux risques de criticité à l'usine FBCF de Romans-sur-Isère (Drôme) ont diminué de moitié par rapport aux années précédentes. Pour l'IRSN, il s'agit des premiers résultats concrets du remaniement en profondeur de l'organisation de la sûreté de cette usine de fabrication d'éléments combustibles pour les réacteurs, en parallèle de la rénovation de l'outil industriel et de la mise en œuvre d'une série d'améliorations matérielles suite au dernier réexamen de sûreté.

Quatre sujets méritent une vigilance particulière de la part des exploitants concernés qui devraient les conduire à :

- engager une réflexion sur la protection des vannes d'ouverture des cylindres d'entreposage et de transport d'hexafluorure d'uranium. Une perte d'étanchéité de la fixation du corps de vanne peut en effet occasionner un rejet dans l'environnement. En 2016, quatre événements survenus sur le site du Tricastin (Drôme et Vaucluse) ont concerné des écarts affectant le capot de protection de cette vanne ;
- veiller au caractère adapté et suffisant des dispositions organisationnelles et humaines prises lors des contrôles des filtres à « très haute efficacité » destinés à limiter les rejets en cas d'accident. Cette vigilance doit être mise en œuvre par l'exploitant et les sociétés prestataires, ces activités étant très souvent sous-traitées ;
- faire respecter les dispositions techniques et organisationnelles lors des phases d'habillage et de déshabillage du personnel intervenant dans les zones à risque de contamination. En 2016, trois événements se sont produits sur des chantiers « à risque alpha » (présence d'éléments radioactifs émetteurs de rayonnement alpha). Ils ont entraîné une contamination interne des opérateurs à l'issue de la phase de déshabillage ;
- mieux prendre en compte les phases de repli d'un chantier de démantèlement - par exemple, le traitement et conditionnement des déchets avant leur évacuation - qui peuvent comporter des risques spécifiques (dissémination de substances radioactives, incendie...) ou des contraintes propres (exiguïté, bruit...). En septembre 2015, un incendie s'est déclaré sur le site de la centrale en démantèlement des Monts d'Arrée (Finistère) à l'occasion d'une opération de découpe d'un outil utilisé sur ce chantier et considéré comme un déchet.

o Non-conformités affectant les réacteurs français déclarées en 2017

En 2017, EDF a déclaré plusieurs événements classés au niveau 2 de l'échelle INES, liés à des non-conformités concernant la tenue au séisme de structures ou équipements, notamment les digues du site du Tricastin ou les groupes électrogènes de secours à moteur Diesel des réacteurs de 1300 MWe ou des sites de Bugey et Fessenheim et les stations de pompage. Ces événements concernent, de par leur caractère générique, un très grand nombre de réacteurs du parc en exploitation.

Cette situation prolonge en fait une situation antérieure : comme l'IRSN l'a souligné à de nombreuses reprises, les centrales d'EDF ne mettent pas en œuvre les programmes de maintenance préventive dès que possible, mais attendent régulièrement la date limite prescrite par les services centraux d'EDF pour réaliser l'activité de maintenance. Cette pratique peut faire perdre le bénéfice du caractère préventif d'une maintenance sur des matériels importants pour la sûreté, en regard notamment des cinétiques des phénomènes de vieillissement redoutés (cf. avis cité en référence [38]). À titre d'exemple sur l'action de l'IRSN, dans les avis cités en références [1] à [36] sont relevés des écarts concernant les groupes électrogènes (sur les ancrages notamment), l'IRSN ayant formulé des recommandations visant à les résorber rapidement.

Tuyauteries situées dans les stations de pompage des centrales nucléaires

L'exploitant de la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire a constaté une perte d'épaisseur de tuyauterie sur les deux voies du circuit d'alimentation en eau du réseau incendie (JPP) du réacteur n° 2 et présents dans les locaux de la station de pompage. Les mesures d'épaisseur réalisées au niveau des tronçons dégradés ont mis en évidence des épaisseurs ne respectant plus l'épaisseur minimale requise pour assurer la tenue au séisme (pas de tenue au SMHV⁵ ni - a fortiori - au SMS⁶, celui-ci étant le niveau requis), ce qui pourrait conduire, en cas de séisme, à une inondation des locaux et à une perte totale de la source froide.

EDF a déclaré le 23 juin 2017 un événement significatif pour la sûreté et a entrepris des vérifications et des contrôles des tuyauteries analogues sur les autres sites électronucléaires.

Dans le cadre du traitement de l'événement significatif de Belleville, l'ASN avait demandé à EDF de réparer les deux voies du circuit d'alimentation en eau du réseau d'extinction d'incendie des réacteurs de la centrale de Belleville pour garantir leur tenue au séisme. À ce titre, EDF a procédé, mi-juillet, au remplacement de la partie endommagée de la tuyauterie des deux voies.

Le 10 octobre 2017, EDF a déclaré un événement significatif, à caractère générique, et propose un classement suivant :

- au niveau 0 de l'échelle INES pour 9 réacteurs : Cruas 2-3, Paluel 3-4, Saint-Alban 1-2, Tricastin 1-3-4 (selon EDF, pour ces réacteurs, une voie de refroidissement par la source froide resterait disponible en cas de SMHV),
- au niveau 2 de l'échelle INES pour 20 réacteurs : Belleville 1-2, Cattenom 1-2-3-4, Chinon B 3-4, Cruas 1-4, Dampierre 1-2-3-4, Golfech 1-2, Nogent 1-2 et Saint Laurent B 1-2 (selon EDF, pour ces réacteurs, aucune voie de refroidissement par la source froide ne serait disponible en cas de SMHV).

En cas de séisme conduisant à la perte de la source froide, (et en parallèle à la perte des sources électriques externes, non robustes au séisme), un réacteur fonctionnant en puissance serait, selon les procédures de conduite, replié vers un état d'arrêt normal sur les générateurs de vapeur ; cet état pourrait nécessiter toutefois, au-delà d'une dizaine d'heures, de réalimenter la bêche d'alimentation en eau des générateurs de vapeur par des moyens mobiles, les autres moyens n'étant pas qualifiés au séisme. Ces moyens mobiles n'ont pas l'objet d'une démonstration formelle de leur robustesse en cas de séisme, ce qui justifie la déclaration de cet incident au niveau 2 de l'échelle INES.

Indisponibilité potentielle en cas de séisme des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel des réacteurs de 1300 MWe et CP0

Réacteurs de 1300 MWe - Non-conformités des ancrages de matériels nécessaires au bon fonctionnement des groupes électrogènes de secours

Le 27 mars 2017, le réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Golfech était à l'arrêt pour renouvellement du combustible. Dans le cadre de la réalisation de contrôles périodiques, EDF a constaté que les structures métalliques supportant les vases d'expansion des deux groupes électrogènes de secours de ce réacteur n'étaient pas conformes aux plans de conception, des éléments de la structure métallique étant manquants.

À la suite de cet événement, et au titre du retour d'expérience, EDF a contrôlé, entre avril et juin 2017, ces structures métalliques sur les autres réacteurs de 1300 MWe et a constaté que les ancrages existants des structures métalliques ne permettent pas de garantir leur tenue au séisme pour plusieurs autres réacteurs du palier 1300 MWe,

⁵ SMHV : Séismes maximaux historiquement vraisemblables considérés comme les séismes les plus pénalisants susceptibles de se produire sur une période de durée comparable à la période historique, soit environ 1000 ans.

⁶ SMS : Séismes majorés de sécurité. Le SMS est déduit du SMHV par majoration de l'intensité de ce dernier. Les SMS sont considérés comme les séismes les plus agressifs à retenir pour l'évaluation de l'aléa sismique à prendre en compte pour le dimensionnement d'une installation.

- soit du fait de leur sous-dimensionnement historique, en fonction des niveaux de SMHV et de SMS propres à chaque site⁷ (écart de conception) ;
- soit en raison d'écarts par rapport aux plans de conception ;
- soit à cause d'un vieillissement des installations qui aurait dû être détecté et corrigé par EDF sans attendre des dégradations importantes.

Par ailleurs, dans le cadre de la réalisation de contrôles complémentaires de robustesse au séisme, des écarts portant sur des ancrages d'une dizaine de matériels nécessaires au bon fonctionnement des groupes électrogènes de secours (appelés « auxiliaires ») ont été identifiés par EDF sur le réacteur n° 3 de la centrale nucléaire de Paluel.

Dans son avis du 16 juin 2017 [39], l'IRSN estime que, si la permanence de la fonction d'alimentation électrique de secours d'un réacteur ne pouvait pas être assurée pour un séisme de niveau SMHV, le réacteur devrait être mis dans un état sûr (réparation très rapide ou mise à l'arrêt du réacteur). L'IRSN rappelle avoir relevé, de manière récurrente ces dernières années, des écarts concernant les groupes électrogènes de secours, relatifs notamment aux ancrages, et avoir formulé à de nombreuses reprises des recommandations visant à les résorber rapidement.

Compte tenu de doutes sur l'existence de tels défauts d'ancrage pour les autres réacteurs de 1300 MWe, et par conséquent sur la tenue au SMHV des matériels auxiliaires des groupes électrogènes de secours, EDF a déclaré, le 20 juin 2017, un événement significatif pour la sûreté de niveau 2 sur l'échelle INES pour tous les réacteurs de 1300 MWe et a engagé et réalisé des renforcements systématiques de l'ensemble des ancrages concernés.

Réacteurs du palier CPO - Non-conformités des ancrages de matériels nécessaires au bon fonctionnement des groupes électrogènes de secours

Le 13 octobre 2017, EDF a complété sa déclaration du 20 juin 2017 à l'ASN pour y ajouter des écarts de conformité similaires, concernant tous les groupes électrogènes de secours à moteur Diesel des réacteurs du palier CPO (Bugey et Fessenheim).

En cas de séisme conduisant à la perte des sources externes et des groupes électrogènes, la situation serait gérée par les turbopompes ASG permettant d'injecter de l'eau dans les générateurs de vapeur et une pompe (alimentée électriquement par le turboalternateur LLS) permettant l'injection d'eau dans le circuit primaire et le refroidissement des joints des pompes primaires. Les turbo-alternateurs LLS de ces réacteurs ont toutefois fait l'objet de la déclaration d'un écart de conformité lié à sa tenue en température (cet écart est encore présent sur les réacteurs de Bugey et a été résolu pour les réacteurs de Fessenheim).

Le cumul de ces écarts a conduit EDF à déclarer un événement significatif de niveau 2 pour les réacteurs Bugey 2 et 5, Fessenheim 1 et 2. La caractérisation de la situation pour les réacteurs Bugey 3 et 4 était en cours lors de la déclaration. Le 27 décembre 2017, EDF a également déclaré à l'ASN un événement significatif pour la sûreté de niveau 2 sur l'échelle INES concernant l'indisponibilité potentielle des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel des réacteurs n° 3 et 4 de la centrale nucléaire du Bugey en cas de séisme.

La remise en conformité des groupes électrogènes a été effectuée par EDF entre juillet et septembre 2017 pour les réacteurs Bugey 5, Bugey 2 et Fessenheim 1.

L'ASN a émis, le 26 octobre 2017, une décision imposant à EDF de remédier aux insuffisances de résistance au séisme des matériels auxiliaires objets de la déclaration du 13 octobre 2017 :

- au plus tard le 6 novembre 2017, pour les deux groupes électrogènes de secours à moteur Diesel du réacteur n° 3 de la centrale nucléaire du Bugey et pour au moins un des deux groupes électrogènes de secours du réacteur n° 4 ;
- au plus tard le 29 novembre 2017, pour les deux groupes électrogènes de secours du réacteur n° 4 de la centrale nucléaire du Bugey ;

⁷ Les structures métalliques sont analogues pour l'ensemble des réacteurs de 1300 MWe. Elles sont basées sur une conception standard, indépendante du lieu d'implantation.

- au plus tard le 31 décembre 2017, pour au moins un des deux groupes électrogènes de secours du réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Fessenheim ;
- au plus tard le 31 janvier 2018, pour les deux groupes électrogènes de secours du réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Fessenheim.

Réacteurs de 1300 MWe - Corrosion des vases d'expansion des groupes électrogènes de secours

EDF a déclaré à l'ASN, le 9 novembre 2017, un événement significatif de sûreté au niveau 2 de l'échelle INES, pour les réacteurs 1 et 2 de Paluel concernant des défauts locaux de corrosion des vases d'expansion des groupes électrogènes de secours pouvant remettre en cause leur fonctionnement en cas de SMHV. Cet écart de conformité concerne également les réacteurs de Belleville 2, Cattenom 2, Penly 1, Nogent 1 et Paluel 3 pour un seul des deux groupes électrogènes de secours. EDF déclare pour ces réacteurs un ESS générique de niveau 0.

Digues du site de Tricastin

EDF a déclaré à l'ASN le 30 juin 2017 une non-conformité portant sur l'absence de tenue au SMS d'un tronçon de la digue protégeant le site de Tricastin d'une inondation par le canal de Donzère-Mondragon.

En cas de séisme supérieur au SMHV, un effacement partiel de la digue pourrait se produire. L'inondation de la centrale nucléaire qui en résulterait serait susceptible de conduire à la perte des alimentations électriques externes et internes et de la source froide des réacteurs ainsi que de certains systèmes de sauvegarde. L'accès au site serait rendu difficile et les moyens d'intervention seraient limités.

La perte totale des moyens de refroidissement des réacteurs conduirait à la fusion du combustible sur les quatre réacteurs avec des conséquences majeures pour l'environnement.

Par décision du 27 septembre 2017, l'ASN a imposé à EDF la mise à l'arrêt provisoire des quatre réacteurs de la centrale nucléaire du Tricastin dans les délais les plus courts et a reclassé cet événement significatif au niveau 2 de l'échelle INES. L'ASN a de plus prescrit des mesures adaptées aux risques présentés par les installations d'Areva (mise à niveau des moyens de limitation des conséquences des rejets chimiques pour les installations W et Comurhex 1).

Les renforcements de la digue, réalisés par EDF, ont fait l'objet d'un avis de l'IRSN en décembre 2017 qui conclut que les renforcements permettent de garantir la tenue du tronçon concerné de digue au niveau SMS, mais sans marge à ce stade pour un séisme d'un niveau supérieur (notamment le séisme noyau dur (SND) retenu dans le cadre des renforcements post-Fukushima).

Références d'avis contenant des alertes sur l'état des sources électriques sur les REP

- [1] Avis IRSN - 2015-00270 du 12 août 2015 : « Réacteurs électronucléaires - EDF - REP - Tous paliers - Écart de conformité relatif à la température dans les locaux LLS (EC 249) ».
- [2] Avis IRSN - 2013-00390 du 18 octobre 2013 : « REP - Palier 1300 MWe - Traitement des écarts des diesels - Pertinence des dispositions retenues par EDF ».
- [3] Avis IRSN - 2010-22 du 22 janvier 2010 : « REP - Belleville 1 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de la visite décennale VD 2 n° 16 ».
- [4] Avis IRSN - 2010-190 du 25 juin 2010 : « REP - Réacteur n° 1 de Cattenom - Programme des travaux et des contrôles prévus lors de l'arrêt pour simple rechargement (ASR) en 2010 ».
- [5] Avis IRSN - 2010-5 du 2 juillet 2010 : « REP - Belleville 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de la visite partielle n° 16 (VP 16) ».

- [6] Avis IRSN - 2010-35 du 20 juillet 2010 : « REP - CNPE de Saint-Alban - Réacteur n° 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt n° 17 pour visite partielle et rechargement en 2010 ».
- [7] Avis IRSN - 2011-70 du 18 février 2011 : « Penly 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour simple rechargement (ASR15) ».
- [8] Avis IRSN - 2011-209 du 16 mai 2011 : REP - CNPE de Nogent-sur-Seine - Réacteur n° 2 - Programme des travaux et des contrôles prévus lors de l'arrêt n° 17 pour arrêt pour simple rechargement en 2011 ».
- [9] Avis IRSN - 2011-294 du 5 juillet 2011 : REP - CNPE de Belleville - Réacteur n° 1 - Programme des travaux et des contrôles prévus lors de l'arrêt n° 17 pour visite partielle en 2011 ».
- [10] Avis IRSN - 2011-302 du 8 juillet 2011 : REP - CNPE de Flamanville - Réacteur n° 2 - Programme des travaux et des contrôles prévus lors de l'arrêt simple pour rechargement n° 18 en 2011 ».
- [11] Avis IRSN - 2011-313 du 13 juillet 2011 : REP - CNPE de Penly - Réacteur n° 1 - Programme des travaux et des contrôles prévus lors de l'arrêt n° 16 pour visite décennale en 2011 ».
- [12] Avis IRSN - 2011-321 du 19 juillet 2011 : REP - Réacteur n° 4 de Paluel - Programme des travaux et des contrôles prévus lors de l'arrêt pour simple rechargement (ASR) en 2011 ».
- [13] Avis IRSN - 2012-00038 du 3 février 2012 : « REP - Centrale nucléaire de Paluel - Réacteur n° 1 - Examen du programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt de type simple pour rechargement en 2012 (ASR n° 24/R20) ».
- [14] Avis IRSN - 2012-00079 du 23 février 2012 : « REP - Centrale nucléaire de Saint-Alban - INB 120 - Saint-Alban 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour simple rechargement en 2012 (ASR n° 18) ».
- [15] Avis IRSN - 2012-00094 du 29 février 2012 : « REP - Centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire - INB 128 - Belleville 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour simple rechargement en 2012 (ASR n° 17) ».
- [16] Avis IRSN - 2012-00131 du 26 mars 2012 : « REP - Centrale nucléaire de Paluel - INB 114 - Réacteur n° 3 - Examen du programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt de type Visite partielle P19 en 2012 ».
- [17] Avis IRSN - 2012-00175 du 19 avril 2012 : « REP - Centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine - INB 129 - Réacteur n° 1 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour visite partielle de 2012 (VP n° 18/2012) ».
- [18] Avis IRSN - 2012-00244 du 4 juin 2012 : « REP - Centrale nucléaire de Cattenom - INB 126 - Réacteur n° 3 - Programme des travaux et des contrôles prévus lors de l'arrêt pour rechargement en 2012 (VP 21) ».
- [19] Avis IRSN - 2012-00257 du 7 juin 2012 : « REP - Centrale nucléaire de Flamanville - INB 108 - Flamanville 1 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour rechargement en 2012 (VP n° 19) ».
- [20] Avis IRSN - 2012-00297 du 3 juillet 2012 : « REP - Centrale nucléaire de Paluel - INB 104 - Réacteur n° 2. Examen du programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt de type visite partielle en 2012 ».
- [21] Avis IRSN - 2012-00329 du 16 juillet 2012 : « REP - Centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine - INB 130 - Réacteur n° 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour visite partielle de 2012 (VP n° 18/2012) ».
- [22] Avis IRSN - 2012-00346 du 25 juillet 2012 : « REP - Centrale nucléaire de Golfech - Réacteur n° 2 - INB 142 - Programme des travaux et des contrôles prévus lors de l'arrêt pour simple rechargement en 2012 (ASR n° 14) ».
- [23] Avis IRSN - 2013-00116 du 27 mars 2013 : « REP - Centrale nucléaire de Penly - INB 136 - Réacteur n° 1 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'Arrêt pour simple rechargement de 2013 (ASR17/2013) ».
- [24] Avis IRSN - 2013-00203 du 31 mai 2013 : « REP - Centrale nucléaire de Belleville - INB 128 - Réacteur n° 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour rechargement en 2013 (VP n° 18) ».
- [25] Avis IRSN - 2013-00215 du 12 juin 2013 : « REP - Centrale nucléaire de Saint-Alban - INB 120 - Réacteur n° 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour rechargement en 2013 (VP n° 19) ».
- [26] Avis IRSN - 2014-00069 du 25 février 2014 : « REP - Centrale nucléaire de Flamanville - INB 108 - Réacteur n° 1 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour rechargement de 2014 de type simple visite (ASR20) ».

- [27] Avis IRSN - 2014-00192 du 13 mai 2014 : « REP - Centrale nucléaire de Flamanville - INB 109 - Réacteur n° 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour rechargement de 2014 ».
- [28] Avis IRSN - 2014-00428 du 4 décembre 2014 : « REP - Centrale nucléaire de Paluel - INB 114 - Réacteur n° 3. Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour rechargement de 2015 (VP 21/2015) ».
- [29] Avis IRSN - 2015-00054 du 20 février 2015 : « REP - Centrale nucléaire de Saint-Alban - INB 120 - Réacteur n° 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors du 20^e arrêt pour rechargement de 2015 ».
- [30] Avis IRSN - 2015-00056 du 23 février 2015 : « REP - Centrale nucléaire de Flamanville - INB 108 - Réacteur n° 1 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour rechargement de 2015 (ASR 21) ».
- [31] Avis IRSN - 2015-00220 du 30 juin 2015 : « REP - Centrale nucléaire de Flamanville - INB 109 - Réacteur n° 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour rechargement de 2015 de type visite partielle (VP 21) ».
- [32] Avis IRSN - 2015-00261 du 3 août 2015 : « REP - Centrale nucléaire de Saint-Alban - INB 119 - Réacteur n° 1 - Programme des travaux et contrôles prévus lors du 20^e arrêt pour rechargement de 2015 ».
- [33] Avis IRSN - 2016-00149 du 4 mai 2016 : « REP - Centrale nucléaire de Saint-Alban - INB 120 - Réacteur n° 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt pour rechargement de 2016 (VP 21) ».
- [34] Avis IRSN - 2016-00238 du 12 juillet 2016 : « REP - Centrale nucléaire de Penly - INB 140 - Réacteur n° 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt de 2016 ».
- [35] Avis IRSN - 2016-00239 du 12 juillet 2016 : « REP - Centrale nucléaire de Flamanville - INB 108 - Réacteur n° 1 - Programme des travaux et contrôles prévus lors de l'arrêt de 2016 ».
- [36] Avis IRSN - 2017-00073 du 1^{er} mars 2017 : « REP - Centrale nucléaire de Flamanville - INB 109 - Réacteur n° 2 - Programme des travaux et contrôles prévus lors du 22^e arrêt pour rechargement de 2017 ».
- [37] Lettre ASN - CODEP-DCN-2015-04199 du 23 décembre 2015 : « Réacteurs électronucléaires - EDF - Tous paliers hors Fessenheim - Température dans les locaux LLS ».
- [38] 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 ».
- [39] Avis IRSN - 2017-00197 du 16 juin 2017 - « EDF - REP - Palier 1300 MWe - Non-tenue au séisme des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel des réacteurs nucléaires du palier 1300 MWe. »

FICHE N° 2

Les évaporateurs des ateliers R2 de l'usine UP2-800, T2 de l'usine UP3 et HAPF de l'usine UP2-400 de l'établissement ORANO la Hague

Surveillance de la corrosion

Les ateliers R2 de l'usine UP2-800 et T2 de l'usine UP3 (mis en service dans les années 90) sont destinés à la séparation, d'une part de l'uranium et du plutonium, d'autre part des produits de fission (PF) dans les solutions de dissolution des combustibles usés. Dans chacun de ces ateliers, les solutions de PF après séparation sont concentrées dans trois évaporateurs, avant transfert vers des cuves d'entreposage puis vitrification. Les évaporateurs de l'atelier R2 sont également utilisés pour concentrer une partie des effluents liquides de l'atelier R7 (vitrification), à la suite de l'arrêt de l'évaporateur de cet atelier du fait de sa corrosion (le remplacement de cet évaporateur est actuellement en cours). L'autre partie des effluents de l'atelier R7 est concentrée dans la chaîne NCP1 de l'atelier HAPF de l'usine UP2-400 (usine en cours de démantèlement).

Ces évaporateurs sont constitués d'un bouilleur cylindrique (volume utile : 10 m³), surmonté d'une colonne de décontamination (d'environ 4 mètres de haut). Un circuit d'eau surchauffée sous pression, constitué d'une hélice en demi-coquilles, est soudé sur la surface externe du bouilleur.

A partir de 2011, dans le cadre des réexamens de sûreté de ces installations, des campagnes de mesure d'épaisseur des parois des bouilleurs ont été effectuées. Elles ont montré que les surépaisseurs de corrosion retenues à la conception étaient largement consommées dans la partie basse des évaporateurs (en contact avec la solution PF). Aussi, ORANO a réalisé de nouvelles études visant à déterminer l'épaisseur minimale admissible des parois des bouilleurs, afin d'estimer la durée de vie restante de ces équipements.

Ces études concluent à un arrêt potentiel des évaporateurs actuels des ateliers R2 et T2 d'ici quelques années. Or, les usines de La Hague ne peuvent pas fonctionner sans ces équipements. La diminution des capacités de traitement de ces usines pourrait conduire à la saturation des entreposages de combustibles usés d'EDF (piscines BK des réacteurs et de La Hague) en quelques années, pouvant entraîner des arrêts de réacteurs.

Outre des actions visant à ralentir les phénomènes de corrosion (modification des caractéristiques chimiques des solutions, rinçages plus fréquents des équipements, suivi des produits de corrosion) et à augmenter les marges de sûreté (diminution des pressions et températures de fonctionnement de la boucle caloporteur), ORANO a mis en place courant 2017 des vannes de sectionnement sur le circuit d'eau surchauffée et des dispositions d'isolement des cellules des évaporateurs pour limiter les conséquences en cas de fuite. Par ailleurs, ORANO a mis en place une surveillance accrue des évaporateurs et a commencé les travaux visant à leur remplacement d'ici mi 2021 et mi 2022.

Le programme de surveillance des évaporateurs proposé initialement par ORANO a fait l'objet d'un avis de l'IRSN fin novembre 2015, qui a conduit ORANO à augmenter les fréquences de contrôles et des zones concernées.

Ces différents éléments ont fait l'objet d'une décision de l'ASN publiée en juin 2016, qui prévoit notamment une analyse détaillée de la situation de chaque évaporateur après chaque campagne de mesure (annuellement).

Enfin, ORANO a apporté des compléments concernant les interprétations des contrôles et la définition de « critères » d'arrêt définitif des évaporateurs. Ils sont actuellement examinés dans le cadre de l'instruction du dossier de réexamen de sûreté de l'INB n° 117 (usine UP2-800).

Les derniers contrôles des évaporateurs réalisés (octobre 2017 pour l'atelier T2 et novembre 2017 pour l'atelier R2) confirment les cinétiques de corrosion déterminées précédemment ; les actions visant à ralentir la corrosion n'ont toutefois été mises en œuvre que peu de temps avant ces mesures.

Enfin, ORANO réalise à présent, après chaque campagne de mesure, des tests de montée en pression des circuits caloporteurs, à une pression supérieure à celle de fonctionnement. Lors de ces tests, des fuites sont apparues sur certains circuits. Elles ne concernent cependant pas les surfaces en contact avec la solution PF, où le phénomène de corrosion est important. Ces fuites (au niveau

d'un coude et d'une soudure) ont été réparées en 2016. Les derniers tests de montée en pression ont eu lieu en octobre 2017 pour l'atelier T2 et en mars 2017 pour l'atelier R2.

Le dossier d'options de sûreté des nouveaux évaporateurs de remplacement a fait l'objet d'avis de l'IRSN en avril et août 2016. Dans ces avis, les options retenues par AREVA NC sont estimées globalement adaptées. Toutefois, l'IRSN a recommandé que l'exploitant complète les dispositions visant à limiter les conséquences d'une éventuelle fuite des évaporateurs et assure une capacité de surveillance de l'ensemble des zones des évaporateurs.

L'IRSN a expertisé les dispositions de sûreté associées à la mise en place des grues de grande hauteur pour la construction de ses nouveaux bâtiments devant accueillir ces évaporateurs (avis de juin 2017), puis le dossier de demande d'autorisation de construction de ces bâtiments (avis d'octobre 2017).

Concernant l'avancement des chantiers, AREVA a réalisé le montage des grues à tour en novembre 2017. Le béton drainant et le ferrailage dans les fonds de fouille sont également réalisés. Le coulage des radiers a été effectué fin janvier 2018. La fabrication des évaporateurs est en cours, la fourniture des premiers appareils étant prévue en fin d'année 2018.

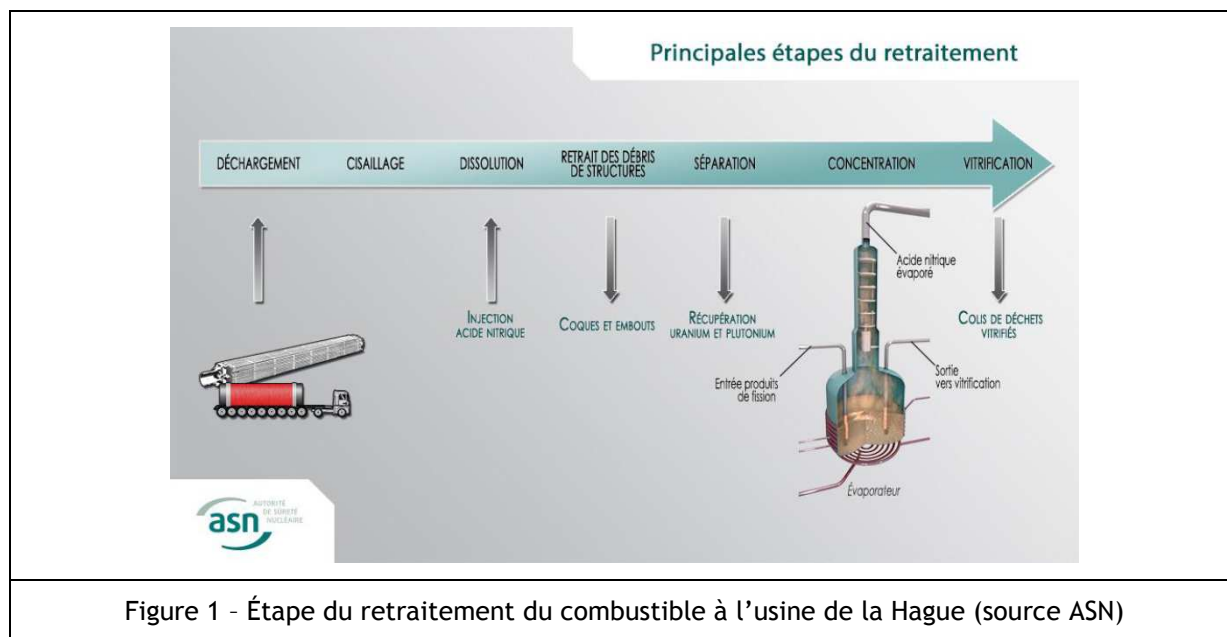
De manière globale, le projet d'ORANO de remplacement des évaporateurs apparaît complexe (construction de bâtiments, fabrication d'évaporateurs, créations de lignes de transfert...) et les délais sont tendus (mise en service visée à partir de mi 2021/22). En l'état actuel des informations, l'IRSN n'exclut pas une diminution des capacités de traitement des combustibles usés avant la mise en service des nouvelles unités d'évaporation.

Arrêt des évaporateurs de l'INB n° 33 (usine UP2-400, en cours de démantèlement).

Les évaporateurs de la chaîne NCP1 de l'atelier HAPF (INB n° 33, en cours de démantèlement) ont été arrêtés à la suite de mesures d'épaisseurs des parois de ces équipements réalisées fin 2017. Ces évaporateurs concentrent des effluents issus des opérations de démantèlement des ateliers de l'usine UP2-400, ainsi qu'une partie des effluents provenant de l'atelier de vitrification R7 de l'usine UP2-800 (l'autre partie étant concentrée dans les évaporateurs PF de l'atelier R2 de cette usine).

En cas d'absence de reprise de l'activité de cet évaporateur, ORANO devrait revoir les conditions de fonctionnement de l'atelier R7, et de fait de l'ensemble de l'usine UP2-800, en réduisant ses capacités de traitement. Compte tenu du taux élevé d'occupation des piscines de l'établissement, cette diminution des capacités de traitement de l'usine conduirait dès fin 2018 à en accroître le taux d'occupation.

Ceci aurait également des conséquences sur la réalisation des opérations de démantèlement des ateliers de l'usine UP2-400.



Les évaporateurs PF sont constitués d'un bouilleur mécano-soudé situé en partie basse, surmonté d'un cyclone dit « casse-mousse » et d'une colonne de décontamination à plateaux également mécanosoudés. En partie basse, des circuits de chauffe, dans lesquels circule de l'eau surchauffée et constitués de demi-tubes ou demi-coquilles en hélice à spires quasi-jointives, sont soudés en surface externe de la virole et du fond des bouilleurs. Les évaporateurs comportent des traversées en partie haute du bouilleur notamment, en particulier celles utilisées pour placer des sondes thermométriques.

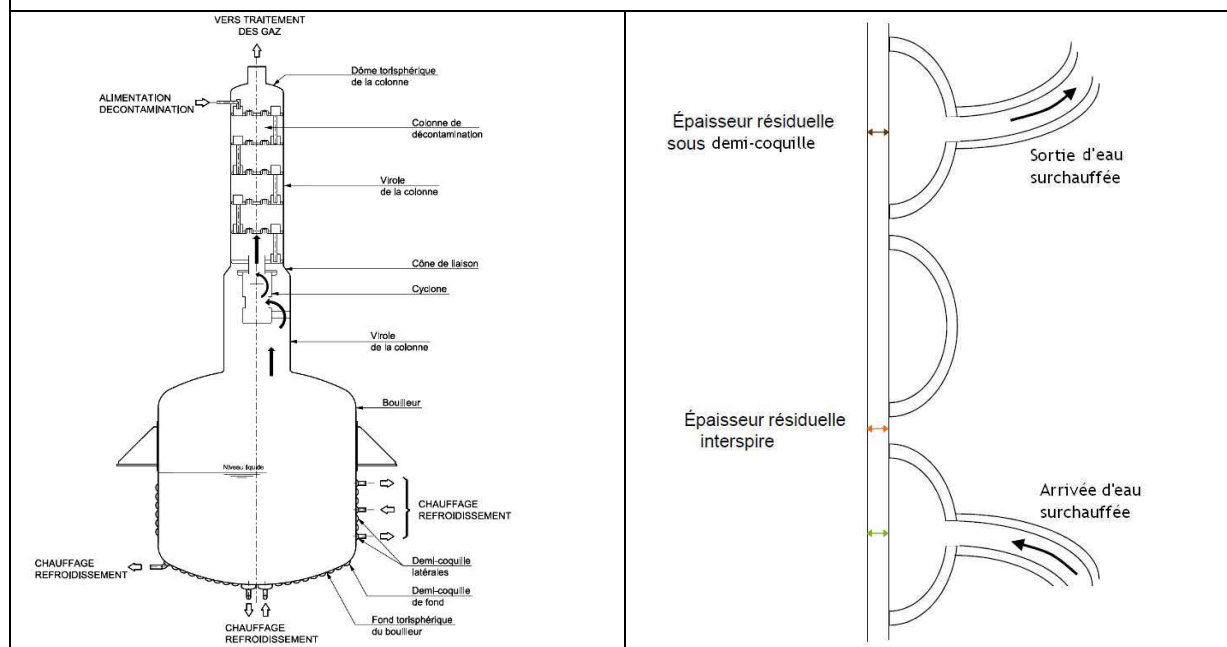


Figure n°2 : Schéma d'un évaporateur PF et détail des demi-coquilles des circuits de chauffe

FICHE N° 3 - Le déploiement des modifications « Post-Fukushima »

Sur la base des propositions techniques de l'IRSN, l'ASN a prescrit à la plupart des exploitants nucléaires la mise en œuvre d'un « noyau dur » de dispositions matérielles et organisationnelles robustes visant à :

- prévenir un accident grave ou à limiter sa progression,
- prévenir les rejets à grande échelle en cas d'accident échappant au contrôle,
- permettre à l'exploitant de réaliser sa gestion des situations d'urgence.

L'évaluation du coût de ces dispositions n'entre pas dans le champ de compétence de l'IRSN. Sur ce sujet, comme sur d'autres, l'IRSN s'attache à recommander des dispositions qui sont faisables, dans des conditions technico-économiques acceptables.

Réacteurs électronucléaires exploités par EDF

Pour répondre aux prescriptions de l'ASN, EDF a développé une Force d'action rapide nucléaire (FARN) et prévoit la mise en place de nouvelles dispositions matérielles et de conduite, en trois phases.

Calendrier

- phase 1 (de 2012 à 2015) : mise en place des dispositions permettant aux exploitants de faire face à des situations de perte totale de la source froide ou des alimentations électriques, plus sévères que celles considérées initialement par les référentiels de sûreté actuels en termes de situations cumulées, de durée et de nombre de réacteurs concernés sur un même site. Cela s'est traduit par la modification des installations permettant le raccordement des moyens mobiles supplémentaires (compresseur mobile, point d'appoint, flexibles d'alimentation en eau ou air, ...) qui seraient mis en œuvre par la force d'action rapide nucléaire (FARN) sur le ou les réacteurs accidentés. Elle inclut également l'ajout d'un groupe électrogène fixe (dans l'attente du diesel d'ultime secours), un moyen mobile (batterie) pour l'ouverture des soupapes du circuit primaire, le remplacement de certaines batteries pour augmenter leur autonomie, le renforcement des locaux de crise existant et des moyens de télécommunication et enfin des modifications d'exploitation pour mieux gérer les situations de perte totale des alimentations électriques. **Cette phase est achevée.**
- phase 2 (de 2015 à 2021) : mise en œuvre des moyens définitifs qui constituent les premiers éléments du noyau dur et permettent d'accroître, par rapport à la phase 1, la couverture des situations redoutées. **Cette phase est actuellement en cours** et inclut, pour chaque réacteur, un diesel d'ultime de secours (DUS), une source d'eau pour réalimenter les réservoirs des circuits de sauvegarde (ceux du circuit secondaire en particulier) et les piscines, des protections contre les inondations extrêmes sur la plateforme, un arrêt automatique des réacteurs sur séisme, une instrumentation dédiée aux accidents graves (détection du percement de la cuve, détection d'hydrogène), des renforcements sismiques (circuits hydrogénés, dispositif d'éventage-filtration U5) ou relatifs à la tenue aux vents extrêmes. EDF a annoncé (fin 2017) que les DUS seront installés sur tous les sites d'ici fin 2019 (retard d'un an vis-à-vis des prescriptions de l'ASN). Des premiers CCL (centres de crise locaux), robustes aux situations noyau dur, seront déployés pendant cette phase. Les derniers sont prévus en 2024.
- phase 3 (de 2019 à 2033) : à la fin de cette phase, l'ensemble des moyens déployés sur les installations permettra de couvrir, avec des équipements fixes, les situations les plus extrêmes considérées dans le cadre des Études complémentaires de sûreté (ECS). Ces équipements (nouveaux ou existants renforcés) permettront notamment le refroidissement des réacteurs par le circuit secondaire (générateur de vapeur) ou une gestion améliorée des accidents graves (évacuation de la puissance hors de l'enceinte de confinement sans recourir au dispositif d'éventage-filtration, stabilisation du corium par étalement et renoyage sur le radier). Ces moyens permettront également de répondre aux objectifs de sûreté définis pour l'extension de la durée d'exploitation des réacteurs. EDF prévoit de déployer ces moyens à l'occasion des visites décennales des réacteurs, soit pour les différents paliers :
 - o REP 900 : 2019 à 2030 (VD4 900)
 - o REP 1300 : 2025 à 2032 (VD4 1300)

En pratique, l'optimisation de ce calendrier de la phase 3 fait l'objet d'échanges entre l'ASN, EDF et l'IRSN de manière à concilier la mise en œuvre d'améliorations de sûreté sur les installations et les contraintes industrielles.

Les instructions menées par l'IRSN

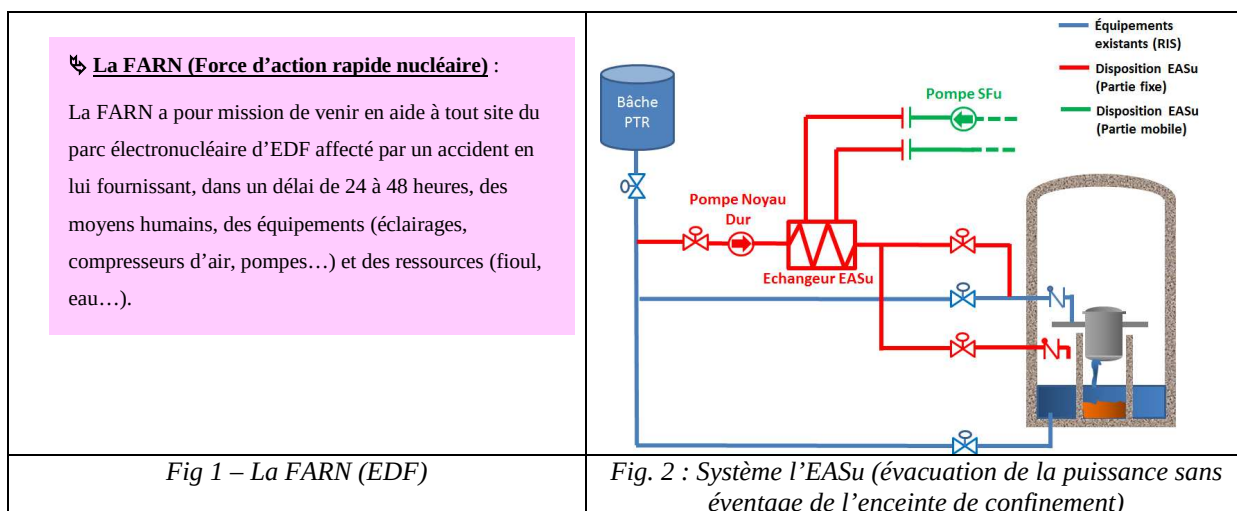
L'IRSN a finalisé en 2016 l'examen de l'ensemble des hypothèses techniques structurant les améliorations de sûreté issues des prescriptions de l'ASN.

Plusieurs dispositions importantes devant d'ores et déjà être mises en œuvre par EDF ont été analysées par l'IRSN, dont

- les nouveaux groupes électrogènes (DUS) et le contrôle-commande ultime,
- la stratégie de conduite des équipements du noyau dur pour prévenir la fusion du cœur du réacteur,
- la stratégie de conduite des équipements du noyau dur pour les piscines de désactivation du combustible,
- le principe des dispositions de limitation des conséquences d'un accident de fusion du cœur (stabilisation du corium (étalement/renoyage Fig. 1), limitation des rejets en iode, évacuation de la puissance avec un nouveau système EASu (Fig. 2),
- la capacité des grappes de contrôle à chuter en situation de noyau dur.

À la demande de l'ASN, des instructions techniques importantes de l'IRSN sont prévues jusqu'en 2019 pour les réacteurs de 900 MWe dans le cadre de leur quatrième réexamen décennal et se poursuivront ensuite pour les réacteurs de 1300 MWe et 1450 MWe.

Ces instructions, essentielles dans le processus de mise au point et déploiement des nouvelles dispositions, portent sur la conception détaillée des modifications, les démonstrations de leur efficacité, leur implémentation sur chaque réacteur ainsi que sur les règles générales d'exploitation associées.



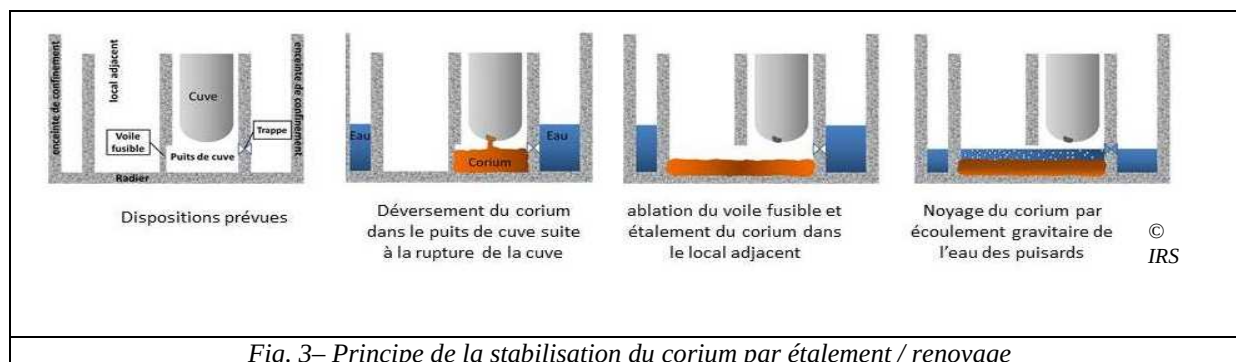


Fig. 3– Principe de la stabilisation du corium par étalement / renoyage

Installations autres que les réacteurs électronucléaires exploités par EDF

Suite aux évaluations complémentaires de sûreté (ECS) faites après l'accident de Fukushima et aux expertises de l'IRSN, la mise en place d'un noyau dur pour une partie des installations autres que les réacteurs de puissance a été prescrite par l'ASN. Dans ce cadre, de nombreux dossiers ont été constitués par les exploitants concernés (AREVA (ORANO), CEA, ILL) et expertisés par l'IRSN. Un point global est présenté ci-après.

Dans le cadre de la mise en œuvre du « noyau dur », les exploitants ont proposé des niveaux pour les aléas extrêmes à retenir pour le dimensionnement du « noyau dur » (séisme, inondation, tornade...). Les dossiers correspondants ont fait l'objet de d'instructions de l'IRSN, identifiant notamment des points à approfondir, tant du point de vue des méthodes que des données disponibles. Dans ce contexte, dans l'attente de la finalisation des études, l'IRSN a considéré que les exploitants devraient prendre des marges dans le dimensionnement des ouvrages et équipements du noyau dur.

Le déploiement des équipements du noyau dur est en cours sur l'ensemble des installations. Pour rappel, ces équipements visent à créer une ligne de défense supplémentaire, dimensionnée aux aléas extrêmes, pour les scénarios accidentels pouvant conduire à des conséquences significatives pour l'environnement et les populations. Ce déploiement est voie d'achèvement pour l'ILL (réacteur de recherche de Grenoble) et les sites AREVA (Pierrelatte, La Hague, Romans sur Isère et Marcoule). Il est toujours en cours pour le CEA.

En particulier, suite aux ECS, la construction de nouveaux bâtiments de gestion des situations de crise, dont la conception prend en compte des aléas extrêmes, a été décidée (Pierrelatte, La Hague, Romans sur Isère, Usine MELOX, ILL Grenoble, Cadarache, Saclay). Les exploitants ont transmis les options de sûreté retenues pour ces nouveaux bâtiments, actuellement en construction. L'IRSN les a considérées globalement adaptées et a identifié certaines améliorations.

Enfin, AREVA et le CEA ont transmis les analyses relatives à la prise en compte des facteurs organisationnels et humains dans l'organisation de crise visant à répondre aux situations extrêmes et défini l'organisation pour assurer un renfort sur chaque site pour la gestion d'urgence d'une situation « noyau dur » (avec notamment la création d'une force d'intervention nationale : la FINA). Les expertises réalisées par l'IRSN sur ces points, qui se poursuivent, ont identifié des points de vigilance dans le déploiement des organisations proposées.

FICHE N° 4 - Coût d'un accident - Travaux de recherche

/Source : http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/cout-economique-accident/

Introduction

Depuis plusieurs années, l'IRSN conduit des travaux de recherche sur le coût économique des accidents nucléaires entraînant des rejets radioactifs dans l'environnement. Ce dossier présente quelques résultats de ces travaux.

Un rapport de la Cour des Comptes publié en janvier 2012 relatif aux coûts de la filière électronucléaire fait mention de ces recherches, qui ont également fait l'objet de présentations synthétiques au forum Eurosafe à Bruxelles en novembre 2012.

Origine des travaux de recherche

Aux Etats-Unis, l'évaluation du rapport bénéfice/coût des mesures fait partie de la culture de l'administration. Dans le domaine nucléaire, cette approche nécessite d'évaluer notamment le coût d'un accident, ainsi que de retenir une hypothèse sur sa probabilité d'occurrence.

Les premières estimations mondiales de coût d'accident ont été publiées aux Etats-Unis en 1990 dans le sillage de l'accident majeur de Tchernobyl et représentaient un saut qualitatif dans la compréhension des accidents nucléaires. Utilisant par ailleurs les estimations de probabilité d'accident issues des études probabilistes de sûreté, les Etats-Unis se sont forgé progressivement une doctrine en matière d'analyse coûts-bénéfices, qui continue d'évoluer au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles connaissances.

En France, c'est en 2005 que l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé à l'IRSN d'analyser une approche « coût/bénéfice » proposée par EDF pour les modifications destinées à renforcer la sûreté. Dans le cadre de ces travaux d'expertise, l'IRSN a entrepris de réaliser ses propres recherches sur le coût de l'accident.

Auparavant, le coût d'un accident nucléaire était en général évalué à partir d'une approche « conséquences » qui consistait à calculer, dans une optique opérationnelle de gestion de crise, les conséquences sanitaires et agricoles des rejets radioactifs. Ainsi, à partir d'une estimation des rejets radioactifs, de leur dispersion sur les territoires et des dépôts radioactifs provoqués, on évaluait les quantités de denrées devenues impropres à la consommation. Ensuite, un simple calcul du prix des denrées permettait d'obtenir le coût de l'accident. Dans cette approche, lorsqu'il n'y a pas de radioactivité, il n'y a pas de conséquence, donc pas de coût.

Aucun coût ne doit être négligé

Au contraire, l'approche économique préconise d'établir une liste complète des effets d'une crise nucléaire, puis d'évaluer les coûts correspondants. Certains coûts peuvent ne correspondre à aucun becquerel...

Il est important qu'aucun élément notable de coût ne soit laissé de côté. En effet, cela sous-estimerait le coût de l'accident et pourrait conduire à sous-estimer la valeur de la prévention.

En quelques années, l'IRSN a ainsi construit les bases d'une approche économique des enjeux de sûreté nucléaire adaptée aux caractéristiques particulières de la France. Les résultats obtenus ont donné lieu à des échanges avec les experts américains du sujet, confirmant la qualité des travaux de l'Institut, malgré des différences importantes liées notamment à l'histoire réglementaire aux Etats-Unis.

L'approche adoptée notamment aux Etats-Unis évalue les coûts radiologiques « hors site », c'est-à-dire le coût des conséquences radiologiques directes et des mesures prises pour les réduire, essentiellement les interdictions alimentaires. Outre ces éléments, l'IRSN juge nécessaire de retenir quatre autres grandes catégories de coûts, à savoir :

- les coûts radiologiques « sur site », liés notamment à la perte du (ou des) réacteur(s), aux frais de décontamination du site, etc. ;
- les coûts d'image, c'est-à-dire les pertes économiques à prévoir sur la non-vente de denrées ou autres biens de consommation parfaitement sains, du fait d'un boycott par les distributeurs ou les consommateurs (syndrome du « concombre espagnol »), les effets négatifs majeurs sur le tourisme, domaine particulièrement important pour la France et la réduction d'autres exportations ;
- le coût des effets collatéraux sur le parc électronucléaire national qui pourrait voir sa production réduite en raison des remises en question et des exigences nouvelles exprimées par les différents acteurs de la société (politique, autorités, pression internationale...) (cf. situation actuelle au Japon) ;
- les coûts liés aux modifications des conditions de vie et des facteurs socio-économiques dans les territoires contaminés, qui peuvent être fortes (zones d'exclusion) ou plus modérées (zones contaminées habitées sous condition de surveillance ou de restriction).

Il pourrait encore y avoir d'autres coûts...

Le coût économique pour deux scénarios d'accident

Pour construire ses évaluations, l'IRSN a estimé les conséquences de plusieurs types de scénarios d'accident sur un réacteur typique du parc français (900 MWe), entraînant des contaminations radiologiques plus ou moins graves. Les conséquences de ces scénarios ont été calculées avec des conditions météorologiques réalistes, ces dernières jouant un rôle majeur sur l'étendue des conséquences environnementales, comme l'accident de Fukushima l'a montré. Les études ainsi menées permettent d'estimer des valeurs du coût d'un accident - représentatives d'une gamme étendue d'accidents nucléaires majeurs avec rejets radioactifs.

Les études de l'IRSN indiquent qu'il est nécessaire de différencier deux grandes familles d'accidents nucléaires, toutes deux impliquant la fusion du cœur d'un réacteur français de production d'électricité, mais dont les conséquences sont d'une ampleur très différente.

Par convention de langage, l'accident dit « grave » comporte des rejets radioactifs importants, mais différés et partiellement filtrés, alors que l'accident dit « majeur » provoque des rejets massifs non filtrés. Au sein des deux familles, les rejets peuvent être plus ou moins importants, les conditions climatiques plus ou moins favorables, conduisant à des coûts plus ou moins importants.

Les chiffres sont calculés du point de vue de la France. Ils seraient différents du point de vue de la région concernée, et également différents du point de vue de l'Union européenne.

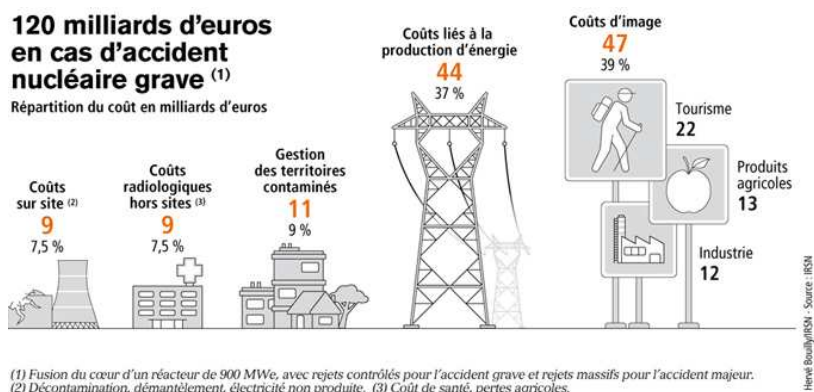
Le coût d'un accident grave

Selon les évaluations réalisées par l'IRSN, un accident grave représentatif engendrerait un coût global de quelque 120 milliards d'euros (avec une fourchette entre 50 et 240 milliards d'euros).

Il s'agit d'une catastrophe d'ampleur nationale : ces pertes représentent de l'ordre de 6 % du PIB français annuel (le PIB moyen d'une année en France est de l'ordre de 2000 milliards d'euros). Ces chiffres sont très supérieurs à ceux relatifs aux coûts d'accidents industriels majeurs comme celui du naufrage de l'Erica (1980), de l'explosion de l'usine AZF (2001), ou de l'incendie de la plateforme de forage BP dans le Golfe du Mexique (2011).

Pour ce type d'accident, les coûts purement « radiologiques » représenteraient moins de 20 % du total (coûts radiologiques hors-site, y compris la gestion des territoires contaminés). Le nombre de « réfugiés radiologiques » (personnes éloignées des territoires les plus contaminés) pourrait être de l'ordre de quelques milliers de personnes, une situation qu'un pays comme la France pourrait surmonter par un effort de solidarité.

Le caractère différé des rejets par rapport aux événements initiateurs de l'accident permettrait la mise en place de mesures de protection des populations et des travailleurs sur le site. Les conséquences sanitaires pourraient être restreintes. Cependant, l'impact sur l'opinion publique serait élevé, nécessitant une capacité d'excellence en termes de communication publique et de gestion.



Le coût d'un accident majeur

Par comparaison, un accident majeur provoquerait une catastrophe de nature différente. Les coûts liés aux seules conséquences radiologiques pourraient s'élever à plus de 160 milliards d'euros, soit plus que le coût total d'un accident grave du type évoqué précédemment. L'ampleur de la contamination aurait pour conséquence de devoir prendre en charge un nombre de « réfugiés radiologiques », c'est-à-dire la population des zones d'exclusion qui aurait besoin d'être relogée définitivement, qui pourrait être de l'ordre de 100 000 personnes.

Contrairement au cas précédent, les conséquences sanitaires pour la population directement imputables à l'exposition aux rayonnements ionisants pourraient être importantes. Les quantités de produits agricoles devant être éliminées seraient considérables. La gestion des territoires contaminés et des zones d'exclusion resterait un défi permanent durant de nombreuses années, et des pays voisins pourraient être également affectés par la contamination et par des soupçons sur leurs produits. Les effets psychologiques pourraient être importants. Au total, les conséquences radiologiques pourraient représenter jusqu'à 40% du coût total de l'accident.

Les autres coûts, plus diffus et répartis sur l'ensemble des activités du pays, pourraient être qualifiés « d'économiques ». Ils comprennent principalement les coûts d'image (par exemple la perte de revenus liés au tourisme, ou à la baisse des exportations de certains produits pourtant non contaminés) et les coûts liés à la production d'électricité. Les coûts d'image pourraient dépasser 160 milliards d'euros, soit autant que les coûts radiologiques. La couverture médiatique rendrait les problèmes d'image plus aigus dans l'immédiat après-crise, mais aussi chaque année aux dates anniversaires, entraînant la persistance des difficultés pour les activités économiques et humaines concernées et pour les revenus des personnes qui en vivent.

Au total, un accident majeur pourrait coûter plus de 430 milliards d'euros, soit plus de 20 % du PIB français annuel. Le pays serait durablement et fortement traumatisé, car deux impacts se combineraient : il faudrait faire face simultanément à des conséquences radiologiques sévères sur une partie du territoire, et à de lourdes pertes économiques, ainsi qu'à des conséquences internationales. L'Union Européenne serait affectée, et l'histoire garderait pendant longtemps la mémoire de la catastrophe.

	Milliards d'€	%
Coûts radiologiques « sur site »	8	2 %
Coûts radiologiques « hors site »	53	13 %
Territoires contaminés	110	26 %
Effet parc	90	21 %
Coûts d'image	166	39 %
Total (arrondi)	430	100 %

Mieux connaître les coûts d'un accident pour mieux en maîtriser les conséquences

Bien entendu, ces évaluations très élevées du coût d'un accident nucléaire sont à mettre en regard de probabilités très faibles d'occurrence de tels événements, grâce à la compétence des opérateurs dans les centrales nucléaires et à un effort permanent de maintien et d'amélioration de la sûreté des installations.

De manière générale l'intérêt de disposer de telles études n'est pas seulement de mieux connaître quel pourrait être le coût d'un tel type d'accident, mais aussi d'en tirer parti pour optimiser les modalités de gestion des risques.



SÛRETÉ DES TRANSPORTS DE SUBSTANCES RADIOACTIVES À USAGE CIVIL EN FRANCE

1 DE QUOI PARLONS-NOUS ?

Enseignements tirés par l'IRSN de l'analyse des événements significatifs liés aux opérations de transports de substances radioactives à usage civil sur le territoire français. Ce rapport est réalisé tous les deux ans et traite les événements déclarés en 2014 et 2015.



980 000

COLIS DE SUBSTANCES RADIOACTIVES À USAGE CIVIL TRANSPORTÉS PAR AN EN FRANCE



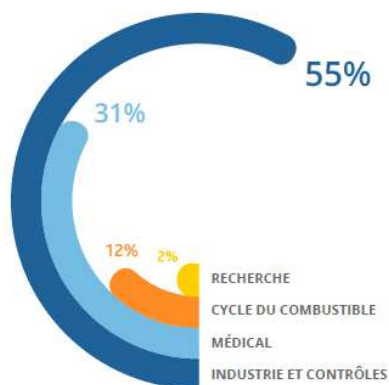
15 MILLIONS

DE COLIS DE MATIÈRES DANGEREUSES TRANSPORTÉS PAR AN EN FRANCE

Le transport des colis de substances radioactives à usage civil est encadré par une réglementation internationale, harmonisée, déclinée en règlements spécifiques à chaque mode de transport : route, chemin de fer, voie de navigation intérieure, mer ou air.

Les transports concernent une grande diversité de substances, de formes physiques et chimiques variées, de quantités de radioactivité et de types de conditionnement. Un colis peut mesurer de 10 centimètres à 8 mètres de long, et peser de quelques kilos à plus de 100 tonnes.

FLUX DE TRANSPORT PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ



ÉLÉMENTS PRIS EN COMPTE PAR L'IRSN POUR RÉALISER SON EXPERTISE

L'analyse est réalisée à partir des événements survenus en France déclarés par les expéditeurs de transports à l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN). Ces événements, survenus lors du transport, du chargement, du déchargement ou du contrôle des colis avant ou après le transport réalisé sur la voie publique, sont classés sur l'échelle internationale INES qui comprend 7 niveaux.

CRITÈRES DE DÉCLARATION



ÉVÉNEMENTS SIGNIFICATIFS

Ce sont les événements survenus durant un transport qui remplissent l'un des 13 critères figurant dans le guide de déclaration d'événements de l'ASN.



ÉVÉNEMENTS INTÉRESSANT LA SÛRETÉ

Ce sont les événements survenus durant un transport qui n'entrent pas dans les critères définis par l'ASN.

CLASSEMENT SUR L'ÉCHELLE INES



NIVEAUX 0 ET 1

Écarts et anomalies
En France, une cinquantaine d'événements par an. Le nombre d'anomalies (niveau 1) est en baisse depuis le début des années 2000.



NIVEAU 2

Incidents
En France, deux incidents au cours des quinze dernières années.



NIVEAUX 3 À 7

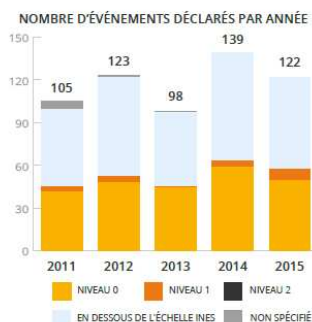
Incidents graves et accidents
En France, un seul incident grave (niveau 3) en 2001.

2 ANALYSE DES ÉVÉNEMENTS TRANSPORT EN 2014 ET 2015

L'analyse des événements déclarés en 2014 et en 2015 ne met pas en évidence de dégradation de la sûreté des transports de substances radioactives à usage civil sur le territoire français. Aucun événement n'a eu de conséquences radiologiques significatives pour les travailleurs, la population et l'environnement.



1 ÉVÉNEMENT DÉCLARÉ
EN MOYENNE
POUR 7 500 COLIS TRANSPORTÉS



En 2014 et 2015, on dénombre :

- 1 événement pour 1 400 colis transportés dans le secteur du cycle du combustible ;
- 1 événement pour 4 400 colis dans la recherche ;
- 1 événement pour 10 300 colis dans le secteur médical ;
- 1 événement pour 41 600 colis dans le secteur de l'industrie et du contrôle.

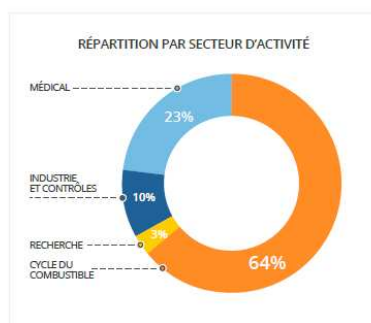
ÉVÉNEMENTS EN 2014 ET 2015

En 2014 et 2015, respectivement 139 et 122 événements ont été déclarés, en augmentation notable par rapport à l'année 2013.

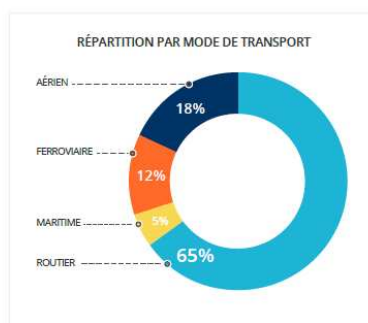
Cette tendance ne doit pas être interprétée comme une dégradation du niveau de sûreté des transports de substances radioactives. En effet, elle s'explique en grande partie par une meilleure déclaration d'événements « mineurs » pour la sûreté.

Les événements relatifs à des défauts de verrouillage de la source dans les appareils de gammagraphie, et des défauts d'arrimage des colis sur le véhicule de transport, apparaissent comme des événements marquants (3 événements de niveau 1 et 1 niveau 2).

RÉPARTITION DES ÉVÉNEMENTS EN 2014 ET 2015



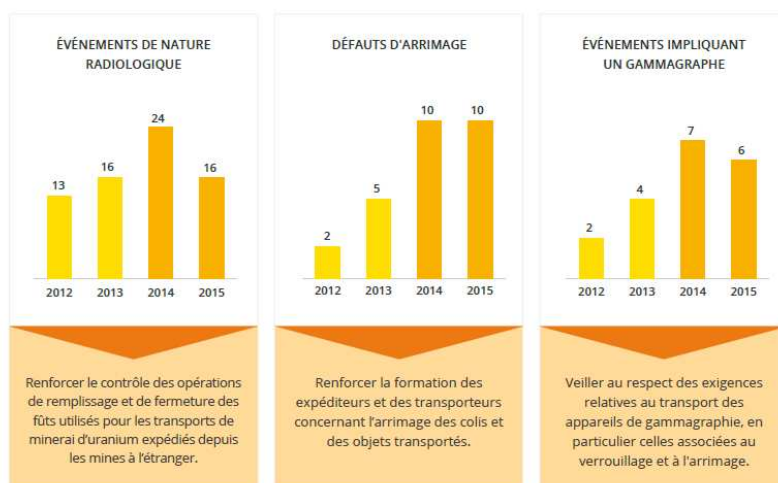
La surreprésentation du secteur du cycle du combustible est principalement marquée pour des événements relatifs à des « contenus non-conformes ».



Dans le transport exclusivement par la route, 70 % des événements déclarés en 2014 et 2015 ont concerné les activités du cycle du combustible.

PISTES D'AMÉLIORATION

L'analyse des événements par l'IRSN permet d'identifier d'éventuelles causes récurrentes ou génériques, et de définir des actions correctives pertinentes. Les enseignements tirés du retour d'expérience permettent d'améliorer la sûreté des transports en faisant évoluer les emballages, les pratiques ou encore la réglementation.



FICHE N°6 - Incidents significatifs et accidents de transport sur le territoire français

Septembre 1983 / Gare de Montpellier

Collision entre un train et un chariot à bagages chargé de colis de type A à usage médical. Le ballast a été contaminé et rapidement nettoyé. Aucune personne n'a été contaminée.

Août 1984 / Mer du Nord

Naufrage du cargo Montlouis transportant des conteneurs d'hexafluorure d'uranium près des côtes belges. Tous les conteneurs ont été récupérés.

Des défauts d'étanchéité ont été détectés sur quelques conteneurs, entraînant la dilution dans la mer de quelques kilogrammes d'hexafluorure d'uranium sans conséquence notable sur le public ni sur l'environnement.



Février 1987 / Aéroport de Roissy

Chute d'un colis contenant une source de cobalt 60. Pas de dispersion du produit. Aucune conséquence radiologique.

Juin 1987 / Lailly-en-Val

Accident d'un camion transportant un colis contenant des combustibles irradiés. La remorque a été déportée dans le fossé ; le colis a basculé et s'est enlisé partiellement dans le sol très meuble du bas-côté. Le colis a été récupéré après une trentaine d'heures. La chute n'a pas affecté l'étanchéité du colis et n'a pas occasionné de dommages.



Juillet 1990 / Saclay

Ouverture d'un colis contenant un flacon d'iode 131 à usage médical, brisé lors du transport. Le réceptionniste a été contaminé. Il a reçu une dose à la thyroïde estimée à 0,6 mSv.

Novembre 1991 / Port de Cherbourg

Rupture d'un engin de levage et chute d'un colis contenant des combustibles irradiés sur un navire à quai. Seuls des dommages superficiels ont été détectés sans conséquence radiologique.

Mars 1996 / Port du Havre

Décrochage d'un colis d'hexafluorure d'uranium suspendu à un engin de levage, et chute du colis sur un autre colis encore dans la cale du navire à quai. Les colis ont subi quelques déformations sans conséquence sur le confinement de la matière. Leur acheminement a pu se poursuivre après expertise de l'IRSN.

Février 1997 / Gare d'Apach (frontière franco-allemande)

Déraillement d'un convoi de trois wagons transportant des colis de combustibles irradiés en provenance d'Allemagne. Seuls la voie et les essieux et tampons d'un wagon ont été endommagés.

Novembre 1997 / Les Açores

Le navire MSC-Carla a coulé au large des Açores, avec à son bord trois irradiateurs contenant des sources fortement radioactives ; ces irradiateurs, fabriqués en France, étaient destinés à un hôpital de Boston (Etats-Unis).

Les estimations ont montré que, du fait de la grande profondeur d'immersion (environ 3 000 m), l'effet de dilution, après dégradation des sources radioactives par corrosion, limiterait les risques d'exposition des populations consommant des produits de la pêche. Les doses calculées étaient au maximum de 5.10^{-9} mSv/an.

Janvier 1998 / Les Adrets

Des colis de solution d'iode ont été écrasés dans la camionnette qui les transportait, lors d'un accident sur l'autoroute A8. L'asphalte contaminé a été enlevé.

Printemps 1998 / Valognes

De nombreux cas de contamination supérieure aux normes ont été mis en évidence sur des emballages et des wagons de transport de combustibles irradiés provenant de centrales nucléaires et destinés à l'usine de retraitement de la Hague.

Les doses dues à la contamination pour les travailleurs et la population, sont restées inférieures à 1 mSv, même pour des scénarii très pessimistes d'exposition. Néanmoins, des méthodes plus rigoureuses de décontamination et de contrôle ont été mises en œuvre, dans les centrales nucléaires, pour éviter de tels dépassements des normes de contamination.

Mars 1999 / Autoroute A72

Le 3 mars 1999, une camionnette transportant cinq colis de matières radioactives destinés à des hôpitaux, a été impliquée dans un accident sur l'A72. Le chauffeur a été hospitalisé pour examens mais n'a pas été contaminé.

L'un des colis, légèrement déformé, contenait un générateur de technétium utilisé par les laboratoires d'analyses médicales. Les colis ont été acheminés au centre de Saclay (Essonne) où ils ont été reconditionnés. Aucune radioactivité n'a été décelée sur la chaussée.

Octobre 1999 / Langres

Un camion transportant 900 détecteurs de fumée contenant des sources d'américium, a été entièrement détruit par un incendie sur l'autoroute A31. Une contamination du bas-côté sur une surface de 1 m² a été enregistrée et un échantillon de terre prélevée présentait une activité de 3 700 Bq/kg.

Le chauffeur, les gendarmes et les pompiers, soit au total 40 personnes présentes sur les lieux de l'incendie, ont fait l'objet d'analyses pour vérifier qu'elles n'avaient pas été contaminées. L'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle de gravité INES.

Décembre 2001 / Roissy

Fuite de rayonnements détectée à la Nouvelle Orléans (Etats-Unis) par un chauffeur qui conduisait un colis en provenance de Suède via un transit à l'aéroport de Roissy. Le chargement comprenait 1 000 pastilles d'iridium 192 d'une activité totale de 366 TBq réparties dans trois étuis et destinées à un usage industriel de type radiographie.

L'ouverture du colis a montré une erreur de conditionnement : les couvercles de deux des trois étuis étaient dévissés, de nombreuses pastilles s'étaient échappées des étuis en position horizontale au cours du transport et s'étaient répandues dans le jeu autour du bouchon et du colis.

Des prélèvements sanguins effectués sur plusieurs opérateurs de Roissy ont permis de suggérer sur un des opérateurs une exposition récente et une (ou des) exposition(s) plus ancienne(s). Des examens complémentaires ont révélé que l'un des employés aurait reçu une dose pouvant aller jusqu'à 100 mSv. Les autorités suédoises ont classé l'accident au niveau 3 de l'échelle INES.

Août 2002 / Roissy

Chute et écrasement d'un colis de type A sur une portion de route interne à l'aéroport en zone réservée. Le colis, chargé de 5 GBq d'iode 131, sous forme de poudre dans une gélule, est tombé du camion qui l'acheminait vers l'avion. Après sa chute, le colis a vraisemblablement été écrasé par les véhicules suivants ; il s'est ensuivi une perte du confinement et une dispersion de matière radioactive sur la route.

Les mesures radiologiques ont confirmé la présence de taches de contamination très localisées avec un débit de dose de 0,1 à 0,2 mGy/h au contact. Un périmètre de sécurité a été établi autour de la zone contaminée. La période radioactive de l'iode 131 (8 jours) et les premiers résultats de mesure enregistrés indiquent que les débits de dose les plus élevés devaient revenir à la normale dans un délai de huit à dix semaines maximum. L'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

Avril 2007 / Route Nationale 4

Une camionnette transportant un colis de type B chargé d'une source de césium 137 de forte activité (73 TBq) est entrée en collision avec un poids lourd, avant de prendre feu. Le chauffeur de la camionnette et celui du poids lourd sont décédés.

Une équipe de l'IRSN a été dépêchée sur les lieux pour vérifier l'état du colis et procéder à des contrôles de contamination et d'irradiation, puis aider à son évacuation pour mise en sécurité. Toute la boulonnerie du colis avait été desserrée sous l'effet de la chaleur mais la protection contre les rayonnements n'était pas dégradée. La matière radioactive est restée complètement confinée dans le colis.

Novembre 2012 / Nîmes

Perte sur la voie publique d'un colis de type A contenant une solution de fluor 18. Quelques minutes après le départ, le chauffeur remarque que la porte arrière de son véhicule est ouverte et qu'un colis a disparu. Le colis n'a jamais été retrouvé. Compte tenu de la demi-vie limitée du fluor 18 (moins de deux heures), le contenu ne présentait plus de dangerosité radiologique 24 heures après la perte du colis. Événement classé au niveau 2 de l'échelle INES.

Décembre 2013 / Gare de triage de Drancy

Sortie de voie à très faible vitesse d'un wagon transportant d'un colis de type B chargé de combustible irradié. Aucune conséquence sur le colis, mais fort impact médiatique.

Opérations de relevage du wagon et transbordement du colis sur un autre wagon, poursuite de l'acheminement après autorisation de l'ASN. Découverte ultérieure au transbordement d'un point de contamination sur une zone non accessible du wagon endommagé, sans lien apparent avec la sortie de voie.



Mars 2015 / Transport d'un gammagraphe hors position de sécurité

Transport d'un gammagraphe alors que le voyant indiquant le verrouillage de l'obturateur n'est pas visible, et alors que le gammagraphe, encore muni de ses équipements de chantier, n'est pas correctement placé dans sa caisse de transport (qui fait partie du modèle de colis). Événement classé au niveau 2 de l'échelle INES.