

Fontenay-aux-Roses, le 21 juillet 2014

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2014-00286

**Objet :** Réacteurs électronucléaires d'EDF  
Faisabilité de dispositifs techniques visant à s'opposer au  
transfert de contamination dans le sol en cas d'accident grave

**Réf. :** Lettre ASN CODEP-DCN-2013-50703 du 5 décembre 2013

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a souhaité recueillir l'avis de l'IRSN sur « *la faisabilité de la mise en place de dispositifs techniques, ou de la rénovation de dispositions existantes, de type enceinte géotechnique ou d'effet équivalent, visant à s'opposer au transfert de contamination radioactive vers les eaux souterraines et, par écoulement souterrain, vers les eaux superficielles, en cas d'accident grave ayant conduit au percement de la cuve par le corium* », qui fait l'objet de la prescription technique ECS-27 notifiée à EDF par décision ASN du 26 juin 2012. Par cette même lettre, l'ASN souhaite également connaître l'avis de l'IRSN sur la faisabilité technique d'un traitement des eaux contaminées qui seraient contenues par l'enceinte géotechnique ou son équivalent.

L'analyse réalisée par l'IRSN en réponse à ces demandes, qui conduit aux conclusions présentées ci-après, s'appuie notamment sur l'examen de l'étude transmise par EDF en réponse à la prescription technique précitée. A l'issue de cette étude, EDF, soulignant que « *le risque de percée du radier se situe déjà à ce jour à un niveau très faible* », conclut que « *les dispositions évaluées n'offrent aucune garantie de faisabilité ni d'efficacité et que, même si elles étaient faisables, elles n'apporteraient que des gains supplémentaires minimes sur la sûreté, tout en entraînant des coûts d'investissement disproportionnés* ».

#### **Faisabilité de la réalisation de dispositifs techniques**

Il convient tout d'abord de rappeler que, sur les dix-neuf sites nucléaires d'EDF, dix sont dotés d'enceintes géotechniques qui ont été réalisées pour les besoins de la construction des installations. Ces enceintes sont en bon état sur quatre sites et présentent des brèches non colmatées sur les six autres sites. Les rabattements par pompage effectués sur ces sites, tel celui du Tricastin, donnent des indications sur les performances hydrauliques de ces enceintes.

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

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

EDF a étudié la faisabilité de trois types de dispositifs sur les sites du parc nucléaire : un confinement hydraulique sans enceinte géotechnique, une enceinte « au large »<sup>1</sup> associée à un système de pompage et une enceinte « sous BR<sup>2</sup> » associée à un système de pompage. Cette étude s'est déroulée en deux temps : une étude d'avant-projet sommaire pour les sites du Bugey, de Fessenheim et de Civaux, puis une transposition aux autres sites du parc. **Il est à noter que cette démarche ne prend en compte que partiellement les spécificités de chaque site.**

Les techniques de rénovation ou de réalisation des enceintes géotechniques considérées par EDF sont conformes à l'état de l'art dans ce domaine : étanchement du sol par injection, parois moulées au coulis ou en béton plastique, travail à partir des galeries de précontrainte des réacteurs. Ces ouvrages seraient réalisés pendant l'exploitation des réacteurs. **Au cours de l'instruction, plusieurs réserves de l'étude d'EDF ont finalement pu être levées** : l'efficacité hydraulique (étanchéité) des enceintes géotechniques, leur comportement sismique, le coût de valorisation des enceintes existantes (sur 60 % des tranches du parc) et la capacité des entreprises à mobiliser les moyens nécessaires aux travaux.

L'étude d'EDF met en évidence les difficultés particulières de la réalisation d'enceintes géotechniques sur le site de Fessenheim et, dans une moindre mesure, sur celui de Civaux. Pour ce qui concerne la faisabilité d'enceintes « sous BR », EDF juge qu'elle n'est acquise sur aucun site du parc. L'IRSN considère, pour sa part, que des enceintes réalisées par injection dans les terrains, à partir des galeries de précontrainte situées sous les bâtiments des réacteurs, sont faisables pour les paliers P4, P'4 et N4, mais que les réacteurs des paliers de 900 MWe ne présentent pas les conditions requises pour ce type de travaux. Une enceinte géotechnique « sous BR » ne permet toutefois pas de gérer des pollutions liées à des infiltrations d'eaux contaminées dans le sol à partir d'un lieu autre que le radier des bâtiments des réacteurs.

**Sur la base des éléments techniques apportés par EDF ainsi que de ses propres analyses, l'IRSN considère qu'il est préférable, quels que soient les sites, de valoriser les enceintes géotechniques existantes ou de réaliser des enceintes « au large ».**

#### Efficacité des dispositifs techniques

EDF a estimé les débits de pompage en nappe nécessaires au confinement des eaux sous le bâtiment du réacteur et compare ces valeurs à celle de 50 m<sup>3</sup>/h, correspondant à la capacité de traitement des eaux contaminées qu'il considère comme raisonnablement faisable.

---

<sup>1</sup> En pratique, une enceinte « au large » ceinture au moins les îlots nucléaires et salles des machines de deux tranches du site.

<sup>2</sup> Bâtiment du réacteur

L'IRSN considère que les méthodes présentées par EDF pour estimer les débits à pomper sont conformes à l'état de l'art, mais que les estimations de débits sont souvent pessimistes, car fondées sur des hypothèses pénalisantes en termes de caractéristiques hydrogéologiques des sites et de perméabilité des parois des enceintes géotechniques.

Sur la base des études d'EDF et des analyses de l'IRSN :

- pour le site de Cattenom, un rabattement par simple pompage (sans enceinte) est envisageable avec des débits inférieurs à 50 m<sup>3</sup>/h, sous réserve de vérifications sur le site ;
- des pompages compris entre 10 et 40 m<sup>3</sup>/h seraient suffisants, sans travaux spécifiques, sur trois sites déjà pourvus d'enceintes géotechniques en bon état (Blayais, Nogent et Tricastin) ;
- des pompages inférieurs à 50 m<sup>3</sup>/h sont envisageables après des travaux d'ampleur limitée de réparation des brèches sur cinq sites déjà pourvus d'enceintes géotechniques (Bugey, Chooz, Dampierre, Gravelines et Saint-Laurent) ; le respect du critère de 50 m<sup>3</sup>/h après réparation des brèches n'est acquis, ni pour le site de Belleville, en raison d'incertitudes sur les débits d'infiltration sous la paroi moulée, ni pour celui de Cruas<sup>3</sup>, sauf à augmenter la profondeur de l'enceinte existante ;
- des pompages inférieurs à 50 m<sup>3</sup>/h sont raisonnablement envisageables après réalisation d'enceintes géotechniques « au large » pour sept sites qui n'en sont pas dotés (Chinon, Civaux, Flamanville, Golfech, Paluel, Penly et Saint-Alban) ; pour Civaux, l'ampleur des travaux serait toutefois plus importante que pour les autres sites ;
- pour le site de Fessenheim, des pompages inférieurs à 50 m<sup>3</sup>/h nécessiteraient une enceinte géotechnique d'une profondeur de 135 m, pour atteindre un substratum suffisamment étanche, dont la faisabilité n'est pas acquise ; d'autres configurations permettant de confiner les eaux contaminées restent à étudier, telles qu'une enceinte moins profonde combinée à des pompages à deux niveaux différents de la nappe ;
- pour les sites des paliers P4, P'4 et N4, la réalisation d'enceintes géotechniques « sous BR » permettrait des débits de pompage faibles, entre 1 m<sup>3</sup>/h et 10 m<sup>3</sup>/h.

Plus généralement, l'IRSN souligne les bénéfices pour la sûreté apportés par un dispositif pré-existant<sup>4</sup>, associant un pompage à une enceinte géotechnique :

- une réduction significative de l'impact radiologique en dehors du site ;
- un délai supplémentaire pour le déploiement et la mise en service d'une unité de traitement des eaux contaminées ;
- une limitation du volume d'eau à traiter.

<sup>3</sup> Le site de Cruas présente, en outre, la particularité d'avoir un radier sur plots parasismiques, dont il faut tenir compte spécifiquement en cas d'accident grave.

<sup>4</sup> La réalisation d'un tel dispositif après un accident est complexe et moins efficace, eu égard aux travaux à réaliser et à leur durée ainsi qu'aux conditions d'ambiance radiologique pouvant être présentes sur le site.

Ainsi, la présence d'un tel dispositif permettrait, pour ce qui concerne les conséquences d'un accident par la « voie eau », de limiter au seul voisinage du site la gestion post-accidentelle. Par ailleurs, l'intérêt d'un tel dispositif (avec une enceinte « au large ») ne se limite pas à réduire les conséquences d'un rejet d'eaux contaminées résultant du percement du radier du bâtiment du réacteur, mais couvrirait également les conséquences de rejets provenant d'autres bâtiments.

#### Gestion des eaux pompées

Pour le traitement des eaux pompées, EDF indique s'être notamment appuyé sur l'expérience du groupement Areva-Véolia acquise sur le site de Fukushima Daiichi. Toutefois, les éléments issus de ce retour d'expérience ne sont pas détaillés.

La stratégie retenue par EDF comprend deux phases. Dans une première phase, une unité de traitement transitoire serait installée pour une période de deux ans minimum. Cette unité serait constituée de modules transportables par la force d'action rapide nucléaire d'EDF (FARN). Dans une deuxième phase, EDF prévoit l'implantation d'une unité de traitement fixe. **L'IRSN estime que le principe d'un déploiement de l'unité de traitement en deux phases est satisfaisant**, la conception de l'unité fixe pouvant alors tenir compte des données acquises pendant l'exploitation de l'unité de traitement transitoire.

Les caractéristiques chimiques et radiologiques des eaux pompées sont essentielles pour le dimensionnement des procédés de décontamination, tant du point de vue de la sûreté et de la radioprotection que des performances attendues. A cet égard, EDF évalue le spectre radiologique et l'activité des eaux à traiter en considérant que l'intégralité des produits de fission du cœur pouvant conduire à la production d'aérosols est entraînée par les eaux provenant du bâtiment du réacteur et en négligeant la rétention de ces produits dans le sol. **L'IRSN relève qu'EDF a retenu des caractéristiques radiologiques surévaluées, dans des proportions qui peuvent conduire à une appréciation erronée de la faisabilité des opérations de traitement.** Par ailleurs, du fait des mobilités différentes des éléments chimiques dans le sol, les premières eaux pompées pourraient contenir essentiellement des radionucléides non retenus par le dispositif de traitement transitoire mis en place (tritium par exemple). A cet égard, EDF a indiqué qu'une étude relative aux phénomènes de rétention du strontium et du césium sera disponible fin 2014.

**D'une façon générale, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF réévalue de façon plus réaliste les caractéristiques radiologiques des eaux à traiter et tienne compte des phénomènes de dilution et de rétention des radioéléments dans le sol.**

Par ailleurs, l'IRSN souligne que les procédés présentés par EDF sont, actuellement, soit mis en œuvre pour des solutions d'activité faible ou moyenne (colonne d'échangeurs minéraux et co-précipitation), soit novateurs et pas encore utilisés dans un contexte industriel de décontamination d'effluents radioactifs (osmose inverse). Des aspects importants de la conception des procédés restent à étudier par EDF en tenant compte des variations possibles des caractéristiques des solutions à traiter et des objectifs de décontamination retenus.

En tout état de cause, au vu du retour d'expérience de Fukushima Daiichi et des installations industrielles de traitement des effluents, une décontamination des eaux pompées, à l'aide notamment de colonnes d'échangeurs minéraux et de procédés de co-précipitation, est réalisable avec des débits importants pour une large gamme d'effluents.

### Conclusion

L'IRSN a évalué la faisabilité technique de dispositifs de type enceinte géotechnique ou équivalent visant à s'opposer au transfert de la contamination radioactive par la « voie eau » en cas d'accident grave sur un réacteur nucléaire d'EDF. Ces dispositifs associent généralement, sous une forme qu'il convient d'adapter à chacun des sites, une barrière statique (la paroi de l'enceinte géotechnique) à un confinement dynamique (un système de pompage).

En conclusion de cette analyse tenant compte des échanges techniques avec EDF, l'IRSN considère, à ce stade, que cette faisabilité est acquise pour l'ensemble des sites nucléaires d'EDF, sauf pour celui de Fessenheim qui nécessite des études complémentaires. De surcroît, les études hydrogéologiques permettent de conclure à l'efficacité vraisemblable de tels dispositifs pour la plupart des sites, ceux de Belleville et de Cruas nécessitant toutefois des études spécifiques. A cet égard, des dispositifs avec une enceinte géotechnique « au large » permettraient de couvrir une plus grande variété de scénarios accidentels que les dispositifs avec une enceinte « sous BR ».

S'agissant du traitement des eaux pompées dans l'emprise de l'enceinte géotechnique, l'IRSN souligne la nécessité de disposer au plus tôt d'une unité modulaire de traitement des eaux contaminées déployée par la FARN. Des développements restent toutefois nécessaires pour rendre cette unité adaptable aux situations accidentelles pouvant être rencontrées. Compte tenu du retour d'expérience disponible, l'IRSN estime accessible la conception d'une telle unité, dont l'intérêt, en cas d'accident, serait plus large que le seul traitement des eaux provenant du percement du radier du bâtiment du réacteur.

Enfin, les moyens matériels et financiers à mobiliser pour la réalisation de ces dispositifs de protection des eaux souterraines restent comparables à ceux nécessités par de grands projets d'infrastructure.

Ces éléments permettent d'envisager la mise en œuvre progressive de ces dispositifs sur l'ensemble du parc nucléaire ; afin d'en préciser les modalités opérationnelles, des études détaillées devraient être engagées par EDF en tenant compte des recommandations et de l'observation de l'IRSN regroupées en annexe.

Les conclusions de ces études détaillées devraient être remises, au plus tard, lors de la transmission des conclusions des études relatives à la maîtrise des risques de percée du radier des bâtiments des réacteurs en cas d'accident grave, qui sont menées dans le cadre des actions post-Fukushima et du projet « durée de fonctionnement » ; elles devraient être accompagnées d'une vision calendaire de la mise en œuvre sur les différents sites des dispositions retenues à la suite de cet ensemble d'études. Ceci permettrait une prise de décision intégrant l'ensemble des éléments liés aux risques de pollution radioactive des sols en cas d'accident grave affectant un réacteur, en tenant compte également des dispositions retenues en matière de prise d'eau en nappe pour appoint ultime des réacteurs.

Pour le Directeur général de l'IRSN, par ordre,

Thierry CHARLES

Directeur général adjoint

P. J. : 1

Annexe à l'avis IRSN/2014-00286 du 21 juillet 2014

**Recommandations et observation de l'IRSN**

**Recommandation n° 1 :**

Pour définir les modalités de mise en œuvre des dispositifs techniques visant à s'opposer au transfert de contamination dans le sol du site en cas d'accident grave, l'IRSN recommande qu'EDF tienne compte des ouvrages existants et des données hydrogéologiques et géotechniques les plus complètes de chaque site.

**Recommandation n° 2 :**

Pour définir les installations de traitement des eaux pompées dans le dispositif technique visant à s'opposer au transfert de contamination dans le sol du site en cas d'accident grave, l'IRSN recommande qu'EDF réévalue les caractéristiques radiologiques des eaux à traiter et tienne compte des phénomènes de dilution et de rétention des radioéléments dans le sol.

**Observation :**

L'unité de traitement des eaux pompées doit :

- comprendre des systèmes modulaires pour pouvoir :
  - séparer les liquides non miscibles et les matières solides des eaux à traiter,
  - adapter les moyens d'épuration aux caractéristiques des eaux à traiter, en tenant compte également du domaine de fonctionnement et de la capacité du dispositif de cimentation associé,
  - réaliser les opérations de maintenance ;
- tenir compte des contraintes qui seraient engendrées par une nécessité de bipasse d'une des étapes de traitement ;
- être conçue en appliquant une démarche d'optimisation de la radioprotection s'appuyant sur des objectifs de dose dont les valeurs ne peuvent correspondre aux limites réglementaires applicables aux travailleurs et doivent être justifiées en regard des technologies disponibles et des pratiques existantes ;
- tenir compte tout particulièrement, dans la conception des dispositions de sûreté et de radioprotection, des risques liés à la corrosion et aux bouchages de circuits ainsi qu'à la maintenance et aux interventions sur les équipements.