



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité

**IRSN**  
INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 27 janvier 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2022-00012

---

**Objet :** Réacteurs électronucléaires EDF - Tous paliers - Déclinaison du guide ASN n° 13 relatif à la protection des INB contre les inondations externes - Instruction de la SRI RNP.

---

**Réf. :** [1] Guide ASN n° 13 du 11 avril 2013.  
[2] Avis IRSN - 2019-00019 du 6 février 2019.  
[3] Avis IRSN - 2019-00282 du 13 décembre 2019.  
[4] Saisine ASN - CODEP-DCN-2021-047376 du 16 décembre 2021.

---

En avril 2013, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a publié le guide n° 13 [1] relatif à la protection des installations nucléaires contre les inondations externes. Il remplace, pour les réacteurs électronucléaires, la méthodologie « REX Blayais » définie par EDF à la suite de l'inondation partielle du site du Blayais survenue lors de la tempête de décembre 1999.

Le guide ASN n° 13 est ainsi le référentiel « inondations externes » applicable en matière de protection des réacteurs vis-à-vis de ce risque. Il définit :

- la démarche d'identification et de définition des situations de référence à prendre en compte pour le risque d'inondation d'origine externe (SRI), susceptibles de conduire à une arrivée d'eau sur le site pouvant se propager à des locaux contenant des matériels importants pour la sûreté ;
- les méthodes préconisées pour la caractérisation des SRI retenues et pour la prise en compte des incertitudes ;
- les principes et les dispositions préconisés pour la protection des installations nucléaires contre l'inondation.

Dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, les SRI Crue sur un grand bassin versant (CGB), Rupture d'un ouvrage de retenue (ROR), Intumescence (INT), Clapot (CLA), Crue sur un petit bassin versant (CPB) et Dégradations ou dysfonctionnements d'ouvrages, de circuits ou d'équipements (DDOCE) du guide ASN n° 13 ont été expertisées pour le site du Tricastin, de même que la SRI Niveau marin (NMA) pour les sites de Gravelines et du Blayais ainsi que la SRI DDOCE pour le site du Bugey (voir les avis en références [2] et [3]).

Par la lettre citée en référence [4], l'ASN souhaite recueillir l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la caractérisation de la SRI Remontée de la nappe phréatique (RNP) pour l'ensemble des sites électronucléaires d'EDF (hors Fessenheim).

MEMBRE DE  
**ETSON**

En particulier, l'ASN souhaite que l'IRSN examine :

- la méthodologie employée par EDF pour définir la SRI RNP de ses sites électronucléaires ;
- la validité de cette méthodologie par rapport aux recommandations du guide ASN n° 13 ;
- la déclinaison de cette méthodologie sur les sites de Belleville, du Blayais, du Bugey, de Cattenom, de Chooz, de Civaux, de Dampierre, de Flamanville, de Gravelines, de Nogent, de Saint-Laurent-des-Eaux, du Tricastin, de Paluel et de Penly (sites pour lesquels les études de caractérisation de la SRI ont été transmises par EDF).

Le présent avis ne traite ainsi que de la caractérisation de la SRI ; les dispositions de protection mises en œuvre sur les installations associées à cette SRI ne font pas partie du périmètre de l'expertise.

Sur la base du dossier initial de l'exploitant complété au cours de l'expertise, l'IRSN présente ci-après les conclusions de son évaluation sur les points susmentionnés.

## 1. DONNÉES PIÉZOMÉTRIQUES DISPONIBLES AU DROIT DES SITES

Au droit des différents sites, l'historique d'acquisition de données piézométriques est très hétérogène et n'a, pour la plupart des sites, pas permis de capter les remontées de nappe en lien avec des événements initiateurs de forte intensité (crue, fort épisode de pluie ...). Néanmoins, depuis 2015, EDF a équipé plus de 400 piézomètres (et ouvrages apparentés) de capteurs automatiques afin d'améliorer le suivi du comportement des nappes de chaque site et d'obtenir des chroniques piézométriques longues. L'IRSN considère que cette démarche est satisfaisante mais note que, sur certains ouvrages d'intérêt (voire certains sites), le suivi continu des niveaux de nappe a été arrêté quelques années après sa mise en place. L'IRSN estime qu'un suivi piézométrique continu doit être maintenu sur quelques piézomètres représentatifs du comportement de la ou des nappes. **Ce point fait l'objet de la Recommandation N° 1 en annexe.**

## 2. INITIATEURS DES REMONTÉES DE NAPPES

Pour l'ensemble des sites étudiés, afin de déterminer le risque d'inondation induit par une remontée de nappe (SRI RNP), EDF évalue un niveau de référence qui combine un niveau initial de la nappe et l'effet de remontée dû à un initiateur (la crue d'un cours d'eau, un niveau marin élevé, une pluie de forte intensité ...) qui provoque les plus fortes remontées de nappes, conformément aux préconisations du guide ASN n° 13.

Pour ce qui concerne le choix de l'évènement initiateur, l'IRSN note qu'EDF a tenu compte des événements susceptibles de provoquer les remontées de nappe les plus importantes en considérant notamment les spécificités de chaque site. Cependant, les études présentées ne permettent pas toujours de conforter le choix de l'évènement initiateur provoquant les plus fortes remontées de la nappe du fait qu'elles ne sont pas systématiquement accompagnées de chroniques piézométriques représentatives du comportement des nappes sur les sites. Par ailleurs, les données piézométriques acquises depuis 2015 sur les sites n'ont la plupart du temps pas encore pu être valorisées par EDF dans ses études. **L'IRSN formule en conséquence la Recommandation N° 2 en annexe.**

## 3. CARACTÉRISATION DE LA SRI RNP

L'IRSN relève que les méthodologies mises en œuvre pour définir les niveaux de référence de la nappe phréatique au droit des sites tiennent compte des spécificités associées à chaque site, **ce qui est satisfaisant**. Ces méthodologies diffèrent ainsi selon les enjeux en termes de sûreté pour les ouvrages, le fonctionnement hydrogéologique du site et l'historique des chroniques piézométriques.

### 3.1. SITES FLUVIAUX (HORS TRICASTIN ET CATTENOM)

Au droit des sites situés en bord de cours d'eau, les différents initiateurs de remontée de nappe étudiés par EDF sont la pluie et la crue du cours d'eau. Pour ces sites, EDF retient *in fine* la crue du cours d'eau comme initiateur principal provoquant les remontées de la nappe les plus importantes.

EDF met alors en œuvre différentes méthodologies selon les sites considérés qui consistent respectivement à :

- retenir le niveau défini dans les SRI CGB ou ROR comme niveau de référence ;
- calculer, à partir du niveau défini dans les SRI CGB ou ROR, le niveau de référence en tenant compte d'un facteur caractérisant l'atténuation de l'onde de crue du cours d'eau dans la nappe, sur la base des observations des niveaux simultanés du cours d'eau et de la nappe ;
- utiliser un modèle hydrogéologique permettant de simuler la remontée de nappe engendrée par une crue du cours d'eau (pour le site de Belleville et pour les îlots nucléaires du site du Bugey).

**L'IRSN considère que les méthodologies consistant à retenir le niveau défini dans les SRI CGB ou ROR ou à tenir compte d'un facteur d'amortissement à partir de ce niveau pour déterminer le niveau de référence de la SRI RNP sont satisfaisantes.** Pour ce qui concerne l'utilisation de modèles hydrogéologiques pour déterminer les niveaux de référence de la nappe, l'IRSN relève que l'utilisation d'un faible volume de données piézométriques a pu induire des résultats de simulations parfois peu cohérents vis-à-vis du comportement de la nappe observé, notamment pour le site du Bugey. **Ce point fait l'objet de la Recommandation N° 3 en annexe.**

*In fine*, l'IRSN considère que les niveaux de référence de nappe calculés pour les sites de Belleville, du Bugey, de Chooz, de Civaux, de Dampierre, de Nogent et de Saint-Laurent-des-Eaux sont conservatifs. Néanmoins, le degré de conservatisme reste à apprécier pour les sites pour lesquels EDF a établi le niveau de référence de la nappe sur la base d'un modèle hydrogéologique, notamment pour le site du Bugey.

### 3.2. SITES MARITIMES

Au droit des sites situés en bord de mer, les différents initiateurs de remontée de nappe étudiés par EDF sont la pluie et le niveau de la mer.

EDF considère que l'évènement initiateur engendrant les remontées de nappe les plus importantes est :

- lié à l'élévation du niveau marin pour les stations de pompage gagnées en remblai sur la mer (à l'exception du site du Blayais) et pour l'îlot nucléaire du site de Gravelines ;
- la pluie pour les îlots nucléaires des sites de Paluel, de Penly, de Flamanville et pour le site du Blayais.

Pour les remontées de nappe en lien avec le niveau marin, EDF retient différentes méthodologies selon les sites considérés. Celles-ci consistent respectivement à :

- retenir le niveau défini dans la SRI NMA comme niveau de référence (avec ajout éventuel de l'effet de la pluie sur ce niveau) ;
- calculer, à partir du niveau défini dans la SRI NMA, le niveau de référence en tenant compte d'un facteur caractérisant l'atténuation de la marée dans la nappe, sur la base des observations des niveaux simultanés de la mer et de la nappe ;
- estimer la remontée de nappe induite par les fuites résiduelles et les percolations au droit de la protection périphérique qui entraîneraient un déversement d'eau sur la plateforme en cas de SRI NMA (pour le site de Gravelines).

L'IRSN considère que les méthodologies consistant à retenir le niveau défini dans les SRI NMA ou à tenir compte d'un facteur d'amortissement à partir de ce niveau pour déterminer le niveau de référence de la SRI RNP sont satisfaisantes. Pour ce qui concerne la méthodologie mise en œuvre sur le site de Gravelines, l'IRSN note qu'il n'existe qu'une faible marge entre le niveau de référence de nappe calculé pour les différentes tranches du site

et le niveau le plus haut observé. De plus, le niveau initial de la nappe considéré pourrait être sous-estimé au vu de la période d'acquisition des données étudiée. **Ce point fait l'objet de la Recommandation N° 4 en annexe.**

Pour les remontées de nappe en lien avec la pluie, EDF définit, pour l'îlot nucléaire du site de Penly, un niveau de référence atteignant la cote de la plateforme, ce qui est acceptable. Toutefois, pour ce site, au vu de la très faible durée d'observation des niveaux piézométriques disponible, l'IRSN considère qu'EDF doit améliorer la connaissance des fluctuations de la nappe. **Ce point fait l'objet de la Recommandation N° 5 en annexe.**

Pour le site du Blayais et les îlots nucléaires des sites de Flamanville et de Paluel, EDF définit le niveau de référence à partir de l'infiltration de pluies centennales, via l'utilisation d'une formule empirique. Pour les sites de Flamanville et de Paluel, EDF applique également un facteur d'amplification à la remontée de nappe calculée afin de tenir compte de la fissuration des roches et de la présence éventuelle de coteaux dans l'arrière-pays immédiat. Pour ces deux sites, l'IRSN considère que la prise en compte du facteur d'amplification est conservative. Toutefois, l'IRSN a relevé durant l'analyse des points d'amélioration à mettre en œuvre vis-à-vis de la formule empirique utilisée (durée des chroniques piézométriques utilisées, vérification des calculs réalisés, ...). **Ce point fait l'objet de la Recommandation N° 6 en annexe.**

*In fine*, les niveaux de nappe calculés par EDF pour les sites de Flamanville, de Paluel et de Penly présentent des marges vis-à-vis des plus hauts niveaux de nappe connus et au vu des fluctuations des nappes observées. Par ailleurs, les enjeux de sûreté sont relativement faibles pour le site du Blayais et de Gravelines au regard de la tenue structurelle des ouvrages et de la protection volumétrique. Néanmoins, certains aspects restent à consolider par EDF pour évaluer le niveau de conservatisme obtenu sur le niveau de référence de la nappe retenu pour les sites de Gravelines, de Penly et du Blayais.

### 3.3. SITE DU TRICASTIN

Pour le site du Tricastin, l'étude de remontée de nappe a été menée de façon à estimer la durée nécessaire pour atteindre le niveau maximum admissible de la nappe, en cas de crue du canal de Donzère-Mondragon (engendrée par une crue du Rhône) ou de fortes précipitations entraînant une crue du Contre-Canal Rive Droite.

Au vu des spécificités de ce site, l'IRSN considère que la démarche mise en œuvre par EDF est satisfaisante. Toutefois, l'IRSN relève que les scénarios étudiés par EDF ne correspondent pas forcément aux situations majorantes, le retour d'expérience indiquant notamment une remontée de nappe plus importante lors de travaux sur le réseau d'eaux pluviales réalisés lors de fortes pluies. **Ce point fait l'objet de la Recommandation N° 7 en annexe.**

### 3.4. SITE DE CATTENOM

Pour le site de Cattenom, EDF retient un scénario de remontée de nappe résultant d'un arrêt des pompes du réseau de drainage profond qui conduit à l'atteinte de la cote de la plateforme.

Pour l'IRSN, les éléments présentés concernant la tenue structurelle des ouvrages et la protection volumétrique permettent a priori d'écarter les risques vis-à-vis de la sûreté de l'installation pour un tel scénario. Toutefois, l'IRSN note qu'une remontée de nappe peut entraîner une perte du confinement hydraulique du site et modifier les sens d'écoulements de la nappe. Ainsi, en cas de présence de terrains contaminés au-dessus de la cote permettant le maintien du confinement hydraulique, il est possible que la remontée de la nappe entraîne la remobilisation d'éléments radiologiques ou chimiques qui ne serait pas détectée par les moyens actuels de surveillance de la nappe. Or le guide ASN n° 13 précise que l'exploitant doit évaluer les conséquences des situations d'inondation envisagées en lien notamment avec l'apparition éventuelle de nouvelles voies de transfert de produits radioactifs ou chimiques dans l'environnement. **Ce point fait l'objet de la Recommandation N° 8 en annexe.**

## 4. CONCLUSION

L'IRSN a évalué les études mises en œuvre par EDF pour définir les niveaux de référence associés à la situation de remontée de la nappe phréatique pour les sites de Belleville, du Blayais, du Bugey, de Cattenom, de Chooz, de Civaux, de Dampierre, de Flamanville, de Gravelines, de Nogent, de Saint-Laurent-des-Eaux, du Tricastin, de Paluel et de Penly.

L'IRSN estime que les méthodologies mises en œuvre pour définir ces niveaux sont globalement satisfaisantes et conformes au guide ASN n° 13 et que les niveaux ainsi obtenus présentent pour la majorité des sites un certain degré de conservatisme. Néanmoins, ce dernier est parfois difficile à apprécier du fait de la faible quantité des données disponibles ou présentées dans les études. Ceci fait l'objet de recommandations.

L'IRSN a également relevé que certaines méthodologies utilisées pour déterminer le niveau de référence sur les sites doivent être améliorées sur certains aspects (formule empirique utilisée pour calculer la remontée de nappe induite par une forte pluie, qualité des modèles hydrogéologiques). Par ailleurs, les méthodologies retenues sur les sites de Gravelines et du Tricastin doivent respectivement être confortées et révisées. De plus, la connaissance des fluctuations de la nappe au droit du site de Penly devra être améliorée. Ceci fait l'objet de recommandations.

Enfin, une situation d'inondation en lien avec l'apparition éventuelle de nouvelles voies de transfert de produits radioactifs ou chimiques a été mise en évidence pour le site de Cattenom. Ceci fait l'objet d'une recommandation.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

## ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2022-00012 DU 27 JANVIER 2022

### Recommandations de l'IRSN

#### Recommandation N° 1

L'IRSN recommande que, au droit de chaque site, EDF maintienne un suivi piézométrique continu sur quelques piézomètres représentatifs du comportement de la ou des nappes.

#### Recommandation N° 2

L'IRSN recommande que, pour l'évaluation de la situation de référence pour le risque d'inondation « Remontée de nappe phréatique », EDF conforte l'évènement initiateur retenu in fine pour chaque site. Dans ce cadre, indépendamment des méthodologies employées, EDF devra :

- présenter les chroniques piézométriques représentatives du comportement des différentes nappes au droit de chaque site ;
- tenir compte des données acquises en continu sur le site, ainsi que des données historiques.

#### Recommandation N° 3

Dans le cas où EDF utilise un modèle hydrogéologique pour déterminer le niveau de référence de la nappe en lien avec le cours d'eau, l'IRSN recommande qu'EDF s'appuie sur des enregistrements continus d'épisodes de crue sur plusieurs piézomètres représentatifs de la nappe pour valider le modèle.

#### Recommandation N° 4

L'IRSN recommande qu'EDF conforte la méthodologie mise en œuvre pour définir les niveaux de référence de nappe au droit du site de Gravelines en tenant compte des nouvelles données piézométriques, afin de garantir une marge suffisante avec les niveaux de nappe observés.

#### Recommandation N° 5

L'IRSN recommande qu'EDF améliore la connaissance des fluctuations de la nappe au droit du site de Penly à l'aide des données acquises durant plusieurs années sur au moins cinq piézomètres représentatifs.

#### Recommandation N° 6

L'IRSN recommande que, dans les cas où une formule empirique est utilisée pour évaluer la remontée de nappe en lien avec la pluie, EDF :

- justifie la pertinence du niveau initial de la nappe retenu au regard de la durée des chroniques piézométriques disponibles et de la représentativité des niveaux historiques mesurés ;
- compare les remontées de nappe calculées avec les remontées observées sur les chroniques piézométriques acquises en continu sur les sites, afin de s'assurer de leur cohérence.

#### Recommandation N° 7

L'IRSN recommande qu'EDF révise la méthode de caractérisation de la situation de référence pour le risque d'inondation « Remontée de la nappe phréatique » pour le site du Tricastin en tenant compte de défauts d'étanchéité du réseau SEO plausibles au regard du retour d'expérience, et en tire les enseignements en termes de prévention et de limitation des conséquences.

### **Recommandation N° 8**

L'IRSN recommande que, pour le site de Cattenom, EDF évalue les risques de contamination de la nappe, en cas de dysfonctionnement du réseau de drainage entraînant une remontée de celle-ci au-delà de la cote permettant le maintien du confinement hydraulique. Le cas échéant, EDF devra prévoir des actions pour limiter les apports en eau au réseau de drainage défaillant, ainsi qu'une surveillance complémentaire de la nappe en tenant compte d'un sens d'écoulement potentiellement différent.