

Fontenay-aux-Roses, le 11 mai 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2016-00152

Objet : CEA Cadarache

INB n° 123 - Laboratoire d'études et de fabrications expérimentales de combustibles nucléaires avancés (LEFCA)

Mise en service du dispositif de prévention du risque de liquéfaction des sols en cas de séisme

Réf. : CODEP-DRC-2016-003987 du 1^{er} février 2016

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis et les observations de l'IRSN sur le dossier de sûreté transmis en décembre 2015 par le directeur du CEA Cadarache à l'appui de la déclaration de modification concernant la mise en service du dispositif de prévention du risque de liquéfaction¹ des sols sous le laboratoire d'études et de fabrications expérimentales de combustibles nucléaires avancés (LEFCA) en cas de séisme.

1. Rappel du contexte

Le CEA prévoit de mettre en service un dispositif de prévention du risque de liquéfaction des sols en cas de séisme, par drainage de la nappe phréatique à l'aplomb du bâtiment du LEFCA. L'objectif de ce dispositif est de maintenir la nappe phréatique à une cote maximale de 269 mNGF afin d'éviter qu'elle n'atteigne la zone de terrain sensible aux risques de liquéfaction située au droit des fondations du bâtiment du LEFCA (voir figure en annexe 3 au présent avis).

Le dossier transmis par l'exploitant à l'appui de la déclaration de modification est constitué, notamment, d'une note de sûreté, d'un projet de mise à jour du référentiel de sûreté du LEFCA, de la liste des éléments importants pour la protection (EIP) ainsi que d'une consigne d'exploitation et de maintenance du dispositif de drainage de la nappe phréatique décrivant en particulier le plan de surveillance associé au fonctionnement de ce dispositif.

Les essais de fonctionnement du dispositif de drainage de la nappe phréatique ont été réalisés au cours de l'été 2015.

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

¹ Le phénomène de liquéfaction des sols concerne principalement des couches géologiques constituées de matériaux sableux saturés en eau ; soumis à une sollicitation cyclique, ces matériaux perdent une part importante de leur résistance initiale au cisaillement et s'écoulent de manière semblable à un liquide.

Dans le cadre de l'instruction du dossier transmis par le CEA, l'IRSN a examiné, en particulier, la capacité du programme de surveillance proposé à détecter l'apparition d'effets liés au drainage de la nappe sur le génie civil du bâtiment du LEFCA et la proposition de mise à jour des règles générales d'exploitation (RGE) du LEFCA.

2. Description et fonctionnement du dispositif de prévention du risque de liquéfaction des sols

Le dispositif de prévention du risque de liquéfaction des sols est composé de deux puits de 15 m de profondeur, situés à l'Ouest et à l'Est du bâtiment, qui constituent les exutoires de 14 drains rayonnants subhorizontaux (5 pour le puits Ouest et 9 pour le puits Est) de 40 mètres de longueur (cf. figure en annexe 3 du présent avis). L'évacuation des eaux de drainage de la nappe phréatique vers le réseau d'eaux pluviales du centre CEA de Cadarache est réalisée à l'aide de 4 pompes immergées d'un débit de 90 m³/h (2 pompes par puits).

Le fonctionnement de chaque puits est entièrement automatisé et commandé depuis un poste de supervision situé dans le local dit « PC chaud » du LEFCA. Le pompage dans un puits débute lorsque la nappe phréatique y atteint le niveau haut de 268,50 mNGF et s'arrête sur atteinte du niveau bas fixé à 266,80 mNGF. Des alarmes sont reportées en cas de détection d'un niveau très haut de la nappe ou d'un dysfonctionnement d'un équipement du dispositif (pompes, débitmètre...). En cas de perte de la conduite de ce dispositif, l'exploitant peut démarrer les pompes manuellement en local. Au cours de l'instruction, l'exploitant a indiqué qu'en cas de perte totale du dispositif de drainage de la nappe phréatique, des moyens mobiles de pompage pourraient être amenés sur site pour abaisser le niveau de la nappe si celle-ci atteint la cote 269 mNGF. **Cette dernière disposition devrait figurer dans la consigne d'exploitation et de maintenance du dispositif de drainage. Ceci fait l'objet de l'observation n° 1 formulée en annexe 2 du présent avis.**

3. Plan de surveillance

Le fonctionnement du dispositif de drainage tend à entraîner les particules fines du terrain vers les puits. Ce phénomène d'érosion (ou « suffusion ») peut conduire à un dysfonctionnement du dispositif par colmatage des drains mais, également, à un tassement des terrains situés sous les fondations du génie civil du LEFCA. À cet égard, le bâtiment du LEFCA étant constitué de plusieurs blocs indépendants fondés sur un système de semelles appuyées sur des puits en gros béton non armé, de hauteur variable (niveau de fondation variant de 272 mNGF à 274 mNGF, cf. figure en annexe 3 du présent avis), sensibles à des tassements différentiels, l'exploitant a décidé de mettre en place un plan de surveillance associé au fonctionnement du dispositif de drainage de la nappe phréatique.

Ce plan de surveillance est détaillé dans la consigne d'exploitation et de maintenance du dispositif de drainage de la nappe phréatique. Celui-ci s'appuie sur :

- la maintenance préventive des équipements (pompes, vannes, capteurs...) ;
- le suivi des paramètres tels que le niveau de la nappe phréatique en périphérie du LEFCA (piézomètres), les débits et volumes d'exhaure du dispositif de drainage, les quantités de matières en suspension dans l'eau issue des drains et les mesures de turbidité de cette eau ;
- le suivi des paramètres représentatifs de la stabilité du génie civil du LEFCA à l'aide de repères de nivellement et de témoins de fissures.

Les mesures des quantités de matières en suspension dans l'eau issue des drains et de la turbidité de cette eau visent à surveiller le phénomène d'érosion des terrains sous le LEFCA. La surveillance de la stabilité du génie civil du LEFCA, qui repose sur un relevé périodique de repères de nivellement positionnés sur les façades et de témoins de fissures situés à l'intérieur du bâtiment du LEFCA, a pour objectif d'identifier rapidement un tassement localisé d'une fondation.

3.1 Mesures des quantités de matières en suspension et de la turbidité de l'eau

Lors des essais de mise en service des drains réalisés en 2015, l'exploitant a observé l'apparition de pics de turbidité au démarrage des pompes ainsi qu'une quantité non négligeable de matières en suspension dans les eaux drainées au niveau du puits Ouest. Afin d'assurer un suivi de ces paramètres, des échantillons d'eau sont prélevés dans chaque drain pour effectuer des mesures.

Le suivi de ces paramètres lors du fonctionnement du dispositif de drainage de la nappe phréatique est satisfaisant. Néanmoins, l'IRSN recommande que l'exploitant définisse, d'une part des seuils associés aux mesures de la turbidité de l'eau issue des drains et des quantités de matières en suspension dans cette eau, d'autre part les actions à mettre en place en cas d'atteinte de ces seuils. Ceci fait l'objet de la recommandation n°1 formulée en annexe 1 du présent avis.

3.2 Surveillance du bâtiment

Implantation des témoins de fissures et des repères de nivellement

En août 2010, avant le début des travaux de réalisation des drains, l'exploitant a effectué une identification des fissures présentes à l'intérieur du bâtiment du LEFCA. Un plan de repérage a été établi et les fissures les plus significatives (inclinaison et degré d'ouverture) ont été identifiées et équipées de témoins. Un fichier informatique avec tous les relevés effectués et les écarts calculés par rapport au point zéro effectué en 2010 est tenu à jour par l'exploitant.

L'exploitant a transmis, en cours d'instruction, les résultats des relevés effectués en 2015 lors des essais. Ceux-ci ne montrent pas d'évolution des fissures depuis 2010 (les écarts restent inférieurs à 0,2 mm).

Les critères de choix des fissures à surveiller n'appellent pas de remarque. Toutefois, l'IRSN note que cette surveillance n'est pas réalisée sur le bloc B1 Est (bureaux au rez-de-chaussée et local « poudres » au sous-sol). De plus, des témoins de fissures ont été ponctuellement ajoutés depuis 2010, en raison de l'identification de nouvelles fissures.

En conséquence, l'IRSN recommande que l'exploitant effectue, avant le démarrage du dispositif de drainage de la nappe phréatique, un état des lieux des fissures, mette à jour la liste des fissures à surveiller et ajoute, si nécessaire, des témoins de fissures pour s'assurer d'une surveillance exhaustive de tous les blocs du LEFCA, y compris le bloc B1 EST. Ceci fait l'objet de la recommandation n°2 formulée en annexe 1 du présent avis.

Afin de garantir une surveillance de la stabilité des blocs du LEFCA, l'exploitant a implanté, en 2010, 20 repères de nivellement scellés sur les façades du bâtiment et situés au droit des fondations. Depuis cette date, l'exploitant tient à jour un fichier informatique de tous les relevés de nivellement effectués depuis 2010 et de leur évolution. Depuis le début des travaux, aucun mouvement de la

structure n'a été identifié. Tous les blocs constituant le bâtiment du LEFCA et susceptibles d'être influencés par le dispositif de drainage sont surveillés. L'implantation des repères de nivellement n'appelle pas de remarque.

Détermination des seuils de mesure

Lors de chaque campagne de surveillance, les résultats de mesures du nivellement et des fissures sont comparés aux mesures de référence (point zéro) de 2010. Les écarts sont confrontés à des valeurs seuils définies par l'exploitant dans la consigne d'exploitation et de maintenance.

L'exploitant définit deux types de seuils :

- le « seuil de vérification », qui correspond à une amorce d'un phénomène de tassement ou d'un artefact de mesure, supérieur au bruit de fond du bâtiment (-3 mm par rapport à la mesure de référence pour le nivellement, $\pm 0,5$ mm par rapport au relevé initial de 2010 pour l'épaisseur des fissures) ;
- le « seuil d'alerte », qui correspond à un mouvement significatif en relation avec le fonctionnement des drains (-5 mm pour le nivellement et ± 1 mm pour l'épaisseur des fissures).

Les valeurs des seuils d'alerte et de vérification retenues par l'exploitant n'appellent pas de remarque particulière.

Le processus à mettre en œuvre en cas de d'atteinte des seuils de vérification ou d'alerte est défini dans la consigne d'exploitation et de maintenance :

- en cas d'atteinte du seuil de vérification, une campagne de mesures de contrôle est réalisée dans un délai de deux semaines ;
- en cas d'atteinte du seuil d'alerte, le dispositif de drainage de la nappe phréatique est arrêté sous un jour, après analyse des résultats.

L'exploitant a précisé en cours d'instruction que toutes les décisions sont prises en concertation avec les services techniques du centre CEA de Cadarache.

Cette démarche est satisfaisante. Elle permet à l'exploitant d'assurer le suivi du comportement du génie civil du bâtiment du LEFCA dans le temps et de décider de vérifications ou d'actions dès l'identification d'un mouvement inhabituel du bâtiment (évolution des fissures ou du nivellement).

3.3 Fréquence de surveillance des paramètres

Dans la consigne d'exploitation et de maintenance, l'exploitant propose de fixer, pendant la première année de fonctionnement du dispositif de drainage de la nappe phréatique, une fréquence de surveillance mensuelle des témoins de fissures, des repères de nivellement, de la turbidité de l'eau issue des drains et la teneur de cette eau en matières en suspension. Il précise qu'après cette période, la fréquence de surveillance pourra être revue en fonction du retour d'expérience et passer à une fréquence trimestrielle.

La fréquence mensuelle retenue pour la surveillance de la stabilité du génie civil du LEFCA (fissures, nivellement, turbidité, matières en suspension), identique à celle retenue lors des essais de mise en service des drains, est acceptable. L'IRSN note qu'en tout état de cause,

l'évolution ultérieure de la fréquence de surveillance devra faire l'objet d'une déclaration auprès de l'ASN.

4. Projet de mise à jour de la liste des EIP-AIP

L'exploitant a transmis une mise à jour de la liste des éléments importants pour la protection (EIP) et des activités importantes pour la protection (AIP) du LEFCA.

Dans le cadre de la fonction de protection des intérêts « *Maîtrise du confinement des matières radioactives* », l'exploitant a identifié l'EIP « *Dispositif de prévention du risque de liquéfaction des sols* ». Il précise que ce dispositif comprend les drains, les pompes, les détecteurs de niveau et le contrôle-commande associé. Pour ce nouvel EIP, les exigences définies (ED) en déclinaison de l'AIP n°2 « *Maintenance, contrôles et essais périodiques* » retenues sont :

- la mesure de la turbidité de l'eau issue des drains ;
- la conductance des drains ;
- le respect des seuils de niveau d'eau dans les puits associés au démarrage des pompes.

La création de l'EIP « *Dispositif de prévention du risque de liquéfaction des sols* » n'appelle pas de remarque. Toutefois, l'identification des exigences définies ne présente pas de caractère exhaustif au regard des dispositions de sûreté présentées dans l'analyse de sûreté et dans la consigne d'exploitation et de maintenance du dispositif de drainage de la nappe phréatique. L'exploitant n'a pas retenu d'exigence définie relative au suivi des débits d'exhaure du dispositif de drainage, à la mesure des quantités de matières en suspension et au bon fonctionnement des équipements associés à ce dispositif (automates de contrôle-commande, capteurs de téléalarme, débitmètres...).

Aussi, l'exploitant devra compléter les exigences définies associées à l'EIP « *Dispositif de prévention du risque de liquéfaction des sols* » au regard des éléments présentés dans le dossier de sûreté et de la consigne d'exploitation et de maintenance du dispositif de drainage de la nappe phréatique. Ceci fait l'objet de la recommandation n°3 formulée en annexe 1 du présent avis.

Pour cet EIP, l'exploitant a également défini une ED en déclinaison de l'AIP n°3 « *Exploitation* » concernant l'efficacité du drainage de la nappe phréatique (respect d'un niveau de nappe inférieur à 269 mNGF). Ceci est satisfaisant.

Par ailleurs, pour les EIP existants, l'exploitant a créé de nouvelles exigences définies, associées à l'AIP n°2 « *Maintenance et CEP* » :

- deux ED « *suivi des fissuromètres* » et « *suivi des repères de nivellement* » pour l'EIP existant « *3^{ème} barrière de confinement statique : parois extérieures du bâtiment* » ;
- une ED « *suivi des fissuromètres* » pour l'EIP existant « *2^{ème} barrière de confinement statique : secteur de confinement...* ».

La définition de ces ED associées aux contrôles et essais périodiques, en conformité avec les dispositions de sûreté définies par l'exploitant dans le dossier de sûreté, n'appelle pas de remarque.

Enfin, l'exploitant indique que, par souci de cohérence avec le référentiel de sûreté applicable, la liste des EIP et AIP présentée correspond à la liste des éléments importants pour la sûreté (EIS) et des activités concernées par la qualité (ACQ) définie dans ce référentiel de sûreté, complétée par les éléments relatifs au dispositif de drainage de la nappe phréatique. Cette dernière liste diffère de celle qui était jointe au dossier de réexamen de sûreté de l'installation, qui tient compte des évolutions liées à l'application de l'arrêté du 7 février 2012.

5. Projet de mise à jour du référentiel de sûreté du LEFCA

5.1 Règles générales d'exploitation (RGE)

Chapitre 3 : qualité en exploitation

L'exploitant indique qu'il conserve pour l'instant dans les RGE du LEFCA les notions d'EIS et d'ACQ issues de l'arrêté qualité en attendant la mise à jour du référentiel de sûreté applicable, prévue dans deux ans, qui intégrera les notions d'EIP et d'AIP définies par l'arrêté du 7 février 2012.

En cohérence avec l'identification des nouveaux EIP associés au dispositif de drainage de la nappe phréatique, l'exploitant a ajouté un EIS « *Dispositif de prévention du risque de liquéfaction des sols* » associé à la fonction de sûreté « *Confinement* ». **Comme précédemment indiqué dans la recommandation n°3, l'IRSN considère que les exigences définies identifiées pour cet EIS doivent être complétées.**

De plus, les modifications proposées par l'exploitant dans le chapitre 3 des RGE présentent des écarts avec la liste des EIP présentée dans le dossier de sûreté et faisant l'objet du paragraphe 4 du présent avis. Par exemple, pour ce qui concerne l'EIS existant « *2^{ème} barrière de confinement statique* », l'exploitant n'a pas retenu le suivi des témoins de fissures en tant qu'exigence définie alors que les parois des cellules sont concernées par le risque de tassement lié à l'érosion des terrains.

En conclusion, l'IRSN recommande qu'en préalable à la mise en service du dispositif de drainage de la nappe phréatique, l'exploitant mette à jour le chapitre 3 des RGE en cohérence avec la liste des EIP présentée dans le dossier de sûreté et en tenant compte des compléments demandés dans la recommandation n°3. Ceci fait l'objet de la recommandation n°4 formulée en annexe 1 du présent avis.

Chapitre 4 : domaine de fonctionnement de l'installation

L'exploitant a ajouté dans ce chapitre une description de l'objectif et des caractéristiques du dispositif de drainage ainsi que de son fonctionnement en situations normale et dégradée (perte du contrôle commande du dispositif). **Ces modifications n'appellent pas de remarque.**

Chapitre 5 : conduite en situation normale d'exploitation

L'exploitant a ajouté dans ce chapitre une description du fonctionnement du dispositif de drainage de la nappe phréatique. **L'IRSN estime que l'exploitant devrait y faire référence à la consigne d'exploitation et de maintenance. Ceci fait l'objet de l'observation n°2 formulée en annexe 2 du présent avis.**

Chapitre 7 : contrôle, essais périodiques et maintenance

L'exploitant a ajouté dans ce chapitre les contrôles et essais périodiques (CEP) à mettre en place pour les équipements du dispositif de drainage de la nappe phréatique. L'examen de ce chapitre appelle les mêmes remarques que celles formulées au paragraphe 4 du présent avis au regard de l'exhaustivité des exigences définies associées aux contrôles et essais périodiques du dispositif de drainage de la nappe phréatique (cf. recommandation n°3 du présent avis). Par ailleurs, pour ce qui concerne la périodicité des contrôles et essais périodiques prévus, l'exploitant devrait se mettre en conformité avec les dispositions définies dans la consigne d'exploitation et de maintenance. Par exemple, la mesure de turbidité de l'eau issue des drains doit être mensuelle.

Le suivi mensuel retenu par le CEA pour les témoins de fissures et les repères de nivellement est adapté, il correspond à celui qui était en place lors des essais de fonctionnement de l'été 2015.

En conclusion, l'exploitant devra mettre à jour le chapitre 7 des RGE en conformité avec la consigne d'exploitation et de maintenance du dispositif de drainage de la nappe phréatique et en tenant compte des éléments présentés dans la recommandation n°3. Ceci fait l'objet de la recommandation n°5 formulée en annexe 1 du présent avis.

Les propositions de mise à jour des chapitres 0 « généralités », 1 « présentation de l'installation », 6 « conduite à tenir en situation de fonctionnement dégradé autorisé et incidentel » n'appellent pas de remarque.

5.2 Rapport de sûreté

Volume 1 chapitre 5 : description de l'exploitation

L'exploitant a ajouté dans ce chapitre une description du dispositif de drainage de la nappe phréatique et de son fonctionnement. Cela n'appelle pas de remarque.

Volume 2 chapitre 4 : organisation de la qualité

Ce chapitre, présentant les éléments importants pour la sûreté (EIS) et les activités concernées par la qualité (ACQ), devrait être mis à jour conformément aux recommandations n°4 et n°5 du paragraphe 5.1 du présent avis, relatives aux chapitres 3 et 7 des RGE.

Volume 2 chapitre 1 : études des risques

L'exploitant a ajouté dans ce chapitre un paragraphe « liquéfaction » qui présente l'origine du risque de liquéfaction du sol et décrit les dispositifs de prévention et les dispositifs de surveillance associés. **Ces éléments n'appellent pas de remarque.** L'exploitant évoque la réalisation d'essais avant la mise en service des drains. **Ces derniers ayant été effectués durant l'été 2015, il conviendrait de mettre à jour ce paragraphe afin de tenir compte des résultats des essais de fonctionnement des drains. Ceci fait l'objet de l'observation n°3 formulée en annexe 2 du présent avis.**

Les propositions de mises à jour des autres chapitres du rapport de sûreté n'appellent pas de remarque.

6. Conclusion

L'IRSN considère que les dispositions présentées dans les dossiers transmis à l'appui de la déclaration de modification, retenues pour détecter l'apparition d'effets sur le génie civil du bâtiment du LEFCA liés à la mise en service du dispositif de drainage destiné à prévenir le risque de liquéfaction des sols sous séisme, sont convenables sous réserve que l'exploitant tienne compte des recommandations 1 et 2 formulées en annexe 1 au présent avis.

Par ailleurs, l'IRSN considère que la mise à jour de la liste des EIP tenant compte du dispositif de drainage et les exigences définies associées et la proposition de mise à jour des règles générales d'exploitation sont convenables sous réserve que l'exploitant tienne compte des recommandations 3 à 5 également formulées en annexe 1.

Des observations complémentaires sont formulées en annexe 2.

Pour le Directeur général et par délégation,

Jean-Michel FRISON,

Adjoint au Directeur de l'Expertise de Sûreté

Recommandations

L'IRSN recommande qu'avant le démarrage du dispositif de drainage de la nappe phréatique, le CEA :

- 1 définisse des seuils associés aux mesures de la turbidité de l'eau issue des drains et des quantités de matières en suspension dans cette eau, ainsi que les actions à mettre en place en cas d'atteinte de ces seuils ;
- 2 effectue un état des lieux des fissures, mette à jour la liste des fissures à surveiller et ajoute, si nécessaire, des témoins de fissures pour s'assurer d'une surveillance exhaustive de tous les blocs du LEFCA, y compris le bloc B1 EST ;
- 3 complète les exigences définies associées à l'élément important pour la protection (EIP) « Dispositif de prévention du risque de liquéfaction des sols » par des exigences relatives au suivi des débits d'exhaure du dispositif de drainage, à la mesure des quantités de matières en suspension dans l'eau issue des drains et au bon fonctionnement des équipements faisant partie de ce dispositif ;
- 4 mette à jour, dans le chapitre 3 « *qualité en exploitation* » des règles générales d'exploitation, les exigences définies associées à l'EIS « Dispositif de prévention du risque de liquéfaction des sols » et tenir compte des exigences définies faisant l'objet de la recommandation n°3.
- 5 mette à jour le chapitre 7 « *contrôles et essais périodiques (CEP)* » des règles générales d'exploitation pour mettre en cohérence la périodicité des contrôles et essais périodiques prévus avec le dossier de sûreté et tenir compte des exigences définies faisant l'objet de la recommandation n°3.

Observations

L'IRSN estime que le CEA devrait :

1. préciser dans la consigne d'exploitation et de maintenance du dispositif de drainage qu'en cas de perte totale du dispositif, des moyens mobiles de pompage peuvent être amenés pour abaisser le niveau de la nappe si celle-ci atteint la cote 269 mNGF ;
2. faire référence à la consigne d'exploitation et de maintenance dans le chapitre 5 des règles générales d'exploitation ;
3. lors de la prochaine révision du rapport de sûreté, mettre à jour, au volume 2 chapitre 1 « Études des risques », le paragraphe « *liquéfaction* » en tenant compte des résultats des essais de fonctionnement des drains.

Implantation et schéma du dispositif de prévention du risque de liquéfaction des sols sous séisme

