

Fontenay-aux-Roses, le 4 décembre 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2017-00380

Objet : Site du Tricastin  
Centrale nucléaire d'EDF et INB d'AREVA  
Stabilité au séisme de la digue du canal de Donzère Mondragon  
Complément d'information

Réf. [1] Avis IRSN/2017-00371 du 29 novembre 2017  
[2] Lettre ASN CODEP-DCN-2017-049195 du 1<sup>er</sup> décembre 2017  
[3] TL Youd and I.M. Idriss (2001) - Liquefaction Resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF. Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils". Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, vol 127, n° 4.

Dans son avis cité en référence [1], portant sur la stabilité au séisme de la digue du canal de Donzère Mondragon au droit du site nucléaire du Tricastin, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) conclut que :

*« (...) le renforcement de la « digue en gravier » et les dispositions prévues par EDF permettent de garantir l'absence de brèche, donc d'inondation de la centrale EDF et des installations d'AREVA, en cas de séisme de niveau SMS<sup>1</sup>, suivi d'éventuelles répliques de niveau SMHV, sous réserve d'un programme de surveillance adapté, qui reste à préciser par EDF avant la divergence des réacteurs. »*

L'IRSN souligne dans cet avis que les analyses du comportement de la « digue en gravier » après renforcement ne mettent pas en évidence de marge pour un séisme supérieur au SMS et recommande en conséquence *« qu'EDF mette en œuvre, dans les meilleurs délais, les renforcements nécessaires pour assurer la stabilité au SND<sup>2</sup> de la « digue en gravier ». »*

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 8 440 546 018

<sup>1</sup> Le séisme maximal historiquement vraisemblable (SMHV) correspond au séisme le plus pénalisant susceptible de se produire sur une durée d'environ 1000 ans, évalué sur la base des séismes historiquement connus. Le séisme majoré de sécurité (SMS) est défini en ajoutant conventionnellement 0,5 à la magnitude du SMHV ; il est retenu pour le dimensionnement au séisme des installations nucléaires.

<sup>2</sup> Séisme noyau dur : séisme extrême pris en compte pour le noyau dur des installations, défini après l'accident de Fukushima-Daiichi.

Cette conclusion est notamment fondée sur le fait que, pour un séisme de niveau SMS éventuellement suivi de répliques de niveau SMHV, la liquéfaction de la partie située au pied aval du tronçon aval de la « digue en gravier » de la couche sablo-limoneuse qui se trouve entre les cotes 48 et 50 m NGF 0 est « *peu probable* ».

Dans la lettre citée en référence [2], l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé à l'IRSN de lui apporter des éléments d'appréciation détaillés sur ce caractère « *peu probable* ».

Il convient de préciser que, pour EDF, cette couche est constituée de limons, alors que, pour l'IRSN, qui s'appuie sur son analyse des données géotechniques disponibles, il s'agit de sables limoneux. Cette nuance est importante : les limons ne sont pas liquéfiables, alors que des sables limoneux pourraient l'être.

Pour apprécier les risques associés à une éventuelle liquéfaction de cette couche, l'IRSN :

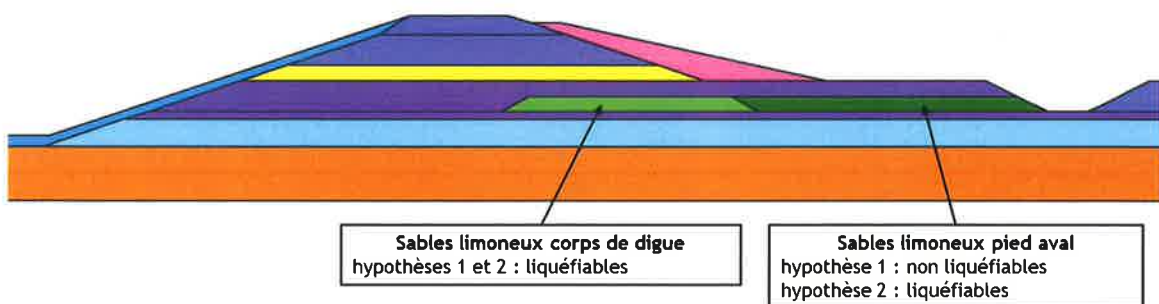
- a évalué les conséquences d'une telle liquéfaction sur la stabilité de l'ouvrage en cas de SMS suivi de répliques de niveau SMHV ;
- a examiné l'ensemble des données disponibles permettant d'évaluer le caractère liquéfiable ou non de cette couche.

Pour ce faire, l'IRSN a distingué deux parties dans cette couche, l'une située sous le corps de digue (en vert clair sur la figure ci-dessous), l'autre située au pied aval de cette digue (en vert foncé sur la même figure).

### 1. Conséquences d'une liquéfaction de la couche sablo-limoneuse sur la stabilité de l'ouvrage en cas de SMS suivi de répliques de niveau SMHV

L'IRSN envisage deux hypothèses, en évaluant pour chacune d'entre elles l'influence de la piézométrie dans la digue :

- hypothèse 1 : la partie de la couche sablo-limoneuse située dans le corps de digue est liquéfiable ; la partie située au pied aval de la digue est non liquéfiable ;
- hypothèse 2 : la partie de la couche sablo-limoneuse située dans le corps de digue est liquéfiable ; la partie située au pied aval de la digue est également liquéfiable.



**Vue en coupe du tronçon aval**

Pour l'hypothèse 1, les calculs menés par l'IRSN concluent à une absence de brèche dans la digue, que la piézométrie soit haute ou basse, en cas de SMS suivi de répliques de niveau SMHV.

Pour l'hypothèse 2, les calculs menés par l'IRSN concluent à un risque de brèche dans la digue, que la piézométrie soit haute ou basse, en cas de SMS suivi de répliques de niveau SMHV.

## 2. Évaluation du caractère liquéfiable ou non de la couche sablo-limoneuse

Pour ce qui concerne la partie située sous le corps de digue, ces sables limoneux présentent des granulométries voisines de celles reconnues comme liquéfiables en laboratoire. Leurs caractéristiques géotechniques sont également des indices d'une susceptibilité à la liquéfaction. **L'IRSN considère que les éléments disponibles ne permettent pas d'écarter la liquéfaction sous SMS de la partie de la couche sablo-limoneuse située sous le corps de digue**. Les hypothèses 1 et 2 exposées ci-avant reflètent cette appréciation.

Pour ce qui concerne la partie située au pied aval de la digue, les données géotechniques disponibles sont :

- une application par EDF d'une part et l'IRSN d'autre part de l'approche qui a été validée par le groupe de travail NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research) dans sa publication citée en référence [3] ; cette approche a été appliquée en considérant les résultats de deux sondages :
  - le « SPT 183,84 pied », issu d'un essai de pénétration standard consistant en la mesure du nombre de coups d'une masse normalisée nécessaires à l'enfoncement progressif d'un carottier sur une profondeur donnée ;
  - le « 1CPTA1 », issu d'un essai de pénétration consistant en la mesure de l'énergie nécessaire à l'enfoncement progressif d'un cône ;
- une analyse granulométrique de plusieurs carottes prélevées lors de l'essai « SPT 183,84 pied ».

Il convient de noter qu'EDF n'a pas réalisé d'essais en laboratoire permettant de déterminer les propriétés mécaniques de liquéfaction du matériau constitutif de la couche sablo-limoneuse.

La granulométrie du matériau prélevé dans les carottes précitées est moins sensible à la liquéfaction que celle du matériau prélevé dans la partie de la couche sablo-limoneuse située sous le corps de digue. En effet, la distribution granulométrique des matériaux prélevés dans la partie située au pied aval de la digue s'écarte en grande partie des « fuseaux d'Iwasaki » caractéristiques d'un sol liquéfiable.

L'approche NCEER consiste en le calcul d'un facteur de sécurité exprimé comme le rapport entre la contrainte critique du matériau à l'égard du risque de liquéfaction et une estimation approchée de la contrainte de cisaillement sismique (fondée sur une loi empirique qui fait intervenir la magnitude de moment du séisme et l'accélération du sol à fréquence infinie). Dans cette approche, le matériau est considéré comme non liquéfiable lorsque ce facteur est supérieur à 1,25.

Les facteurs de sécurité calculés par l'IRSN sont :

- pour les données géotechniques résultant de l'essai « SPT 183,84 pied », supérieurs ou égaux à 1,8 ;
- pour les données géotechniques résultant de l'essai « 1CPTA1 », supérieurs ou égaux à 2,2.

Les facteurs de sécurité calculés par EDF sont supérieurs ou égaux à ceux évalués par l'IRSN.

En complément de l'analyse des données géotechniques, EDF a réalisé des calculs dynamiques sous SMS et SMHV qui concluent que, en fin de séisme dans la zone de pied, le taux de liquéfaction dans cette couche sablo-limoneuse dépasse ponctuellement 80 %.

Les données géotechniques disponibles sont caractéristiques d'un sol non liquéfiable. C'est pourquoi, malgré des dépassements ponctuels d'un taux de liquéfaction de 80 % obtenus par EDF à l'issue de son calcul dynamique, **l'IRSN considère comme « *peu probable* » la liquéfaction de la partie de la couche sablo-limoneuse située au pied aval de la digue en cas de SMS suivi de répliques de niveau SMHV.**

Par ailleurs, en vue du renforcement au SND de la « digue en gravier », l'IRSN recommande dans l'avis cité en référence [2] qu'EDF précise, sous un an, le caractère liquéfiable de la couche sablo-limoneuse, à l'aide de reconnaissances géotechniques complémentaires et d'essais de laboratoire.

Ces éléments ont fondé, pour ce qui concerne le tronçon aval, la position de l'IRSN à l'égard de la stabilité de la « digue en graviers » en cas de sollicitation sismique qui figure en conclusion de l'avis cité en référence [2] et qui est reproduite ci-après.

**En conclusion de son analyse, l'IRSN estime que le renforcement de la « digue en gravier » et les dispositions prévues par EDF permettent de garantir l'absence de brèche, donc d'inondation de la centrale EDF et des installations d'AREVA, en cas de séisme de niveau SMS, suivi d'éventuelles répliques de niveau SMHV, sous réserve d'un programme de surveillance adapté, qui reste à préciser par EDF avant la divergence des réacteurs.**

Néanmoins, l'IRSN souligne que les analyses du comportement de la « digue en gravier » après renforcement ne mettent pas en évidence de marge pour un séisme supérieur au SMS. Ainsi, en l'état du renforcement mis en œuvre, l'absence d'effet falaise au-delà du SMS et la stabilité au SND de la « digue en gravier » ne sont pas garanties. À cet égard, l'IRSN recommande qu'EDF mette en œuvre, dans les meilleurs délais, les renforcements nécessaires pour assurer la stabilité au SND de la « digue en gravier ».

Pour le Directeur général et par délégation,

Thierry CHARLES

Directeur général adjoint