

Avis de l'IRSN sur les risques de liquéfaction des sols au droit du Laboratoire d'études et de fabrications expérimentales de combustibles nucléaires avancés (LEFCA - INB 123)

Par lettre du 8 septembre 2009, l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) a demandé l'avis de l'IRSN, d'une part sur la mise à jour du cahier des charges techniques particulières (CCTP) transmis par le CEA en avril 2009, relatif au dispositif de drainage visant à prévenir, en cas de séisme, les risques de liquéfaction des sols au droit du Laboratoire d'études et de fabrications expérimentales de combustibles nucléaires avancés (LEFCA - INB n°123), d'autre part sur les résultats des investigations géotechniques réalisées par le CEA pour apprécier ces risques de liquéfaction, transmis en septembre 2009.

1. Rappel du contexte

L'exploitant a identifié à l'occasion de la mise à jour du rapport de sûreté du LEFCA des risques de liquéfaction des sols au droit du bâtiment abritant cette installation. Ce 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 un pourcentage important de leur résistance initiale au cisaillement et s'écoulent de manière semblable à un liquide.

Dans le cadre de l'examen de la mise à jour précitée du rapport de sûreté par le groupe permanent d'experts pour les installations nucléaires de base autres que les réacteurs nucléaires, à l'exception des installations destinées au stockage à long terme des déchets radioactifs (GPU) (réunion du 10 décembre 2003) le CEA a indiqué qu'il mettait en œuvre des dispositions de prévention de ces risques de liquéfaction des sols.

En effet, le bâtiment du LEFCA est constitué de plusieurs blocs séparés par des joints de 4 cm, que le CEA vide actuellement du polystyrène encore présent. Les blocs sont fondés sur des semelles s'appuyant sur des puits en gros béton non armé de hauteur variable (niveau de fondation variant de 272 à 274 m NGF). Ces semelles sont reliées entre elles par des longrines qui supportent les voiles du bâtiment. Ce type de fondation, particulièrement sensible au mouvement différentiel, n'est pas recommandé en génie parasismique dans la mesure où il ne garantit pas un comportement monolithique de l'ouvrage, comportement notamment recommandé par le guide ASN 2/01.

Conformément à l'engagement précité, le CEA a transmis en mai 2006 une étude de faisabilité présentant des dispositions consistant, en particulier, à mettre en œuvre un drainage par puits à drains rayonnants sous le bâtiment du LEFCA, afin de maintenir la nappe phréatique à une cote suffisamment basse (269 m NGF) pour exclure les risques de liquéfaction des sols. L'avis de l'IRSN, de février 2007, sur ce dossier concluait à l'acceptabilité des dispositions présentées.

Le CEA a alors indiqué à l'ASN que la consultation pour la réalisation de drains sous le bâtiment avait été interrompue fin 2006 et a transmis, en juin 2007, de nouveaux éléments techniques visant, cette fois, à montrer l'absence de risque de liquéfaction des sols au droit du LEFCA. Ces éléments étaient en particulier basés sur la caractérisation des sols et de leur période de formation.

Après examen de ces éléments, l'IRSN a notamment estimé que l'âge ante quaternaire des terrains ne constituait pas un critère suffisamment robuste pour permettre d'écarter les risques de liquéfaction des sols au droit du LEFCA en cas de séisme.

A la suite de cet avis, l'ASN a transmis au CEA, en décembre 2008, un projet de décision demandant la réalisation, avant le 31 mai 2010, d'un dispositif de prévention des risques de liquéfaction. En réponse à ce projet de décision, le CEA a proposé, en février 2009 :

- de reprendre la consultation d'entreprises pour la réalisation, au plus tard le 31 mai 2011, si les risques de liquéfaction ne sont pas exclus, d'un dispositif de drainage permettant de les prévenir ;
- de réaliser une nouvelle campagne d'investigations géotechniques visant à lever les incertitudes et à statuer « sans ambiguïté », avant le 30 septembre 2009, sur l'absence de risques de liquéfaction.

En mars 2009, l'ASN a validé cette démarche en insistant sur l'engagement du CEA de réaliser le dispositif de drainage au plus tard au 31 mai 2011, si les risques de liquéfaction des sols n'étaient pas écartés à l'issue de la nouvelle campagne d'essais géotechniques.

Le cahier des charges techniques particulières (CCTP) transmis en avril 2009, relatif au dispositif de drainage visant à prévenir ces risques de liquéfaction, correspond au premier point. Le rapport de synthèse, transmis en septembre 2009, présentant l'interprétation des résultats des investigations géotechniques ainsi qu'une nouvelle évaluation des risques de liquéfaction, correspond au deuxième point.

2. CCTP relatif au dispositif de drainage visant à prévenir ces risques de liquéfaction

Le cahier des charges techniques particulières établi par l'exploitant n'appelle pas de commentaire. L'IRSN n'a pas d'objection à une poursuite des opérations liées à la mise en place de ce dispositif sur la base de ce cahier des charges.

3. Examen des résultats des investigations géotechniques relatives aux risques de liquéfaction des sols au droit du bâtiment du LEFCA

Le CEA a réalisé, autour du bâtiment LEFCA, 16 nouveaux sondages « standard pénétration test » (SPT) en conditions contrôlées et 3 sondages carottés de gros diamètre (250 mm) pour essais sismiques en laboratoire. Les conditions de réalisation des essais en laboratoire, les précautions d'échantillonnage ainsi que les méthodes mises en œuvre dans le cadre de ces essais n'appellent pas de commentaire.

Ces sondages confirment la qualité médiocre des sols de fondation du bâtiment, ce qui est cohérent avec le système de fondation retenu lors de la construction. En effet, le sous-sol est composé de couches formées par un mélange d'argiles, de sables et de cailloutis. Au sein de ces couches les caractéristiques lithologiques du sol sont globalement homogènes, mais les caractéristiques mécaniques peuvent varier significativement avec la présence de lentilles plus ou moins sensibles à la liquéfaction. L'épaisseur de ces lentilles est de l'ordre du mètre et leur extension latérale de l'ordre de la dizaine de mètres.

Pour évaluer les risques de liquéfaction, le CEA s'appuie sur une méthode qui compare, en tenant compte du niveau de la nappe, la contrainte de cisaillement induite par un séisme dans chaque lentille et la résistance à la liquéfaction de cette lentille. Cette résistance est calculée à partir des résultats obtenus pour les lentilles interceptées par les sondages SPT et de la magnitude du séisme. Sur la base des hypothèses retenues, l'exploitant conclut que, pour le séisme majoré de sécurité (SMS), les risques de liquéfaction de quelques lentilles isolées sont faibles mais ne peuvent cependant pas être totalement exclus. Les lentilles concernées sont essentiellement localisées entre les cotes 270 et 272 m NGF.

Pour le paléoséisme, le CEA n'écarte pas les risques de liquéfaction et indique que, entre les cotes 269 et 272 m NGF, 10 des 16 sondages présentent au moins une zone présentant un risque de liquéfaction. Un de ces sondages, situé dans la zone au Nord-Est du bâtiment, intercepte plusieurs lentilles présentant des risques de liquéfaction. Le CEA considère que, toutes ces zones n'étant pas au même niveau, les risques de liquéfaction concernent des lentilles isolées.

Ces résultats sont obtenus en retenant un certain nombre d'hypothèses relatives : aux caractéristiques (magnitude et la distance focale) des séismes retenues et au niveau de la nappe considéré.

La magnitude et la distance focale du SMS sont issues de la présentation générale de sûreté de l'établissement (PGSE) du CEA/Cadarache de 2004, approuvée par l'ASN en 2008 ; ceci **n'appelle pas de commentaire**. En revanche, l'IRSN relève que le CEA retient, dans son étude, un paléoséisme de magnitude 6,5 et une distance focale de 11,5 km alors que la PGSE indique que la magnitude et la distance focale du paléoséisme sont respectivement de 7 et de 18,5 km. **Les caractéristiques du paléoséisme retenu dans l'étude conduisent donc le CEA à sensiblement sous-estimer le nombre de lentilles concernées et donc l'extension des zones liquéfiables.**

Le niveau de la nappe phréatique considéré dans l'étude est de 272 m NGF. Le CEA estime la probabilité d'occurrence d'un tel niveau de nappe comme centennale, ce qui selon lui dégage certaines marges pour les calculs en cas de paléoséisme. L'IRSN constate, sur la base des relevés effectués par le CEA à proximité de l'installation, que le niveau de 272 m NGF semble effectivement être le niveau maximal atteint, à plusieurs reprises, par la nappe depuis une trentaine d'années (période pendant laquelle il existe des mesures partielles). Durant cette période, le niveau de nappe a, à plusieurs reprises, fluctué entre 271,50 et 272 m NGF. L'utilisation dans les calculs d'un niveau de l'ordre de 271,50 m NGF ne diminuerait que très peu la valeur de la contrainte sismique et donc l'extension des zones liquéfiables. **L'IRSN estime donc que le niveau de 272,00 m NGF ne dégage pas, contrairement à ce qu'indique le CEA, de marge significative.**

La prise en compte de ces remarques ne remet cependant pas en cause la zone de terrain sensible aux risques de liquéfaction qui, l'IRSN le confirme, est située entre les cotes 269 m NGF et 272 m NGF.

S'agissant du SMS, l'IRSN estime également que les lentilles interceptées par les sondages SPT présentent des risques de liquéfaction limités en nombre et en extension.

S'agissant du paléoséisme, l'IRSN estime qu'avec les caractéristiques du paléoséisme définies dans la PGSE, 14 des 16 sondages réalisés par le CEA présente, entre les cotes 269 et 272 m NGF, au moins une zone où il existe un risque de liquéfaction, l'épaisseur de cette zone étant au moins de 2 m pour 8 d'entre eux.

De plus, les estimations précitées, effectuées tant par le CEA que par l'IRSN, du nombre et de la localisation des zones présentant des risques de liquéfaction ne tiennent pas compte du facteur de sécurité de 1,25 préconisé en la matière par l'Eurocode 8. La prise en compte de ce facteur conduirait à pratiquement doubler le nombre de zones présentant un risque.

De surcroît, ces estimations doivent être considérées avec prudence ; en effet l'exploitant est dans l'incapacité, compte tenu de la variabilité du sol et de l'extension des lentilles, d'extrapoler les caractéristiques d'un sondage à partir d'un autre sondage et donc d'évaluer, en l'absence de sondage sous le bâtiment LEFCA, les zones éventuellement liquéfiables situées sous celui-ci. Or, comme cela est rappelé au point 1 du présent avis, le bâtiment du LEFCA est fondé sur des semelles s'appuyant sur des puits dont les niveaux bas sont tous au dessus du niveau 269,00 m NGF, donc dans la zone de terrain sensible à la liquéfaction. Dans ces conditions, il est nécessaire de prendre en compte les risques de liquéfaction d'une ou plusieurs lentilles pouvant affecter un ou plusieurs puits.

S'agissant des tassements susceptibles de se produire dans les zones liquéfiables, le CEA indique que l'ordre de grandeur de la déformation du sol peut être estimé de 3 % à 5 % dans l'épaisseur de sol liquéfiable, sur la base des résultats des essais mécaniques réalisés en laboratoire sur les carottes prélevées sur le site. Dans ces conditions, les tassements seraient limités, vraisemblablement inférieurs à une dizaine de centimètres. Toutefois, le CEA ne précise pas les conséquences potentielles sur les structures du bâtiment du LEFCA de tels mouvements ; cependant, il est vraisemblable que cela conduirait à des désordres dans ces structures qui ne sont pas acceptables.

Enfin, le CEA ne pouvant pas écarter totalement les risques de liquéfaction, il pondère l'approche déterministe présentée ci-avant par une approche probabiliste. L'IRSN rappelle que ce type d'approche probabiliste n'est pas recevable pour dimensionner, ou pour justifier le dimensionnement, d'une installation nucléaire. En effet, de manière générale, il n'est pas possible de déterminer la probabilité d'occurrence d'un séisme dans un endroit donné, et en particulier pour le site de Cadarache où la faille à considérer est proche. Enfin, la définition d'une probabilité d'initiation d'un phénomène de liquéfaction reste du domaine de la recherche.

4. Conclusion

En conclusion, l'IRSN estime, sur la base de la nouvelle campagne d'investigations géotechniques réalisée par le CEA, que les risques de liquéfaction, en particulier pour le paléoséisme, ne peuvent pas être écartés et que les tassements de sol qui en résulteraient sont de nature à engendrer des désordres inacceptables dans les structures du bâtiment du LEFCA. Aussi, l'IRSN recommande qu'un système de drainage soit mis en place sous le bâtiment sur la base du cahier des charges techniques particulières établi par l'exploitant.