

Fontenay-aux-Roses, le 28 janvier 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2022-00016

---

**Objet :** CEA/Cadarache - INB n°54 – LPC  
**Etude hydrogéologique et programme d'investigations radiologiques des sols (Engagement n°23 du CEA)**

---

**Réf. :** Lettre ASN – CODEP-DRC-2021-012743 du 2 juin 2021.

---

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur :

- la robustesse des hypothèses retenues et la pertinence des conclusions de l'étude hydrogéologique du secteur de l'installation nucléaire de base (INB) n°54 ;
- l'adéquation du programme d'investigations radiologiques défini par le CEA pour caractériser la contamination dans les sols sous les bâtiments de l'INB n°54 et son éventuelle migration dans l'environnement.

Le CEA a transmis en 2020 cette étude hydrogéologique et ce programme d'investigations radiologiques, en réponse à son engagement n°23 pris dans le cadre de l'expertise de la stratégie de démantèlement des installations du CEA et la gestion de ses matières et déchets radioactifs, dont les conclusions ont été présentées en 2018 au Groupe permanent d'experts « Usines ».

De l'expertise des documents transmis, en tenant compte des éléments apportés par le CEA au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux points suivants.

### 1. CONTEXTE

Le laboratoire de purification chimique (LPC - INB n°54), qui fait partie du Complexe de Fabrication de combustibles au plutonium de Cadarache (CFCa) avec l'atelier de technologie du plutonium<sup>1</sup> (ATPu – INB n°32), est en démantèlement depuis 2003. Le LPC réalisait, pour l'ATPu, des contrôles physico-chimiques et métallurgiques, ainsi que le traitement des effluents actifs acides. Les opérations de démantèlement de la majorité des équipements qui étaient présents dans les locaux du LPC se sont terminées en 2017.

Dans la stratégie de démantèlement de ses installations, compte tenu des niveaux de contamination du génie civil du bâtiment principal du LPC, le CEA avait classé en priorité 1 la réalisation d'investigations complémentaires

---

<sup>1</sup> L'ATPu avait pour fonction principale la fabrication de combustibles nucléaires à base de plutonium pour les réacteurs.

de caractérisation radiologique dans le génie civil. À l'issue de l'expertise de cette stratégie, l'IRSN partageait cette priorité. En outre, le CEA ayant également identifié un risque de contamination des sols au droit de cette installation, l'IRSN estimait que l'évaluation de l'état radiologique des sols sous le bâtiment LPC était également prioritaire. Dans ce contexte, le CEA avait pris l'engagement n°23 de transmettre, « *sous deux ans, les études hydrogéologiques des sols sous le bâtiment du LPC et le programme d'investigations à effectuer pour caractériser l'état radiologique des sols* ».

## 2. EVOLUTION DU PROGRAMME D'INVESTIGATIONS DU CEA

### Contexte et état d'avancement du démantèlement du LPC

À la suite de l'identification de contaminations importantes des structures porteuses du LPC, le CEA s'était engagé à effectuer des investigations complémentaires (définies en priorité 1 de sa stratégie de démantèlement) de caractérisation radiologique du génie civil, complétées de carottages sous les bâtiments du LPC. Ces investigations devaient également permettre de confirmer le scénario de démantèlement : assainissement ou démolition totale du LPC. En 2019, le CEA a finalement retenu la démolition totale des bâtiments nucléaires de l'INB n°54, avec une fin des travaux de démolition à l'horizon 2030. Dans ce contexte, le CEA a annoncé qu'il n'était plus nécessaire de mener des investigations complémentaires des sols sous le LPC avant sa démolition.

**Pour l'IRSN, ce changement de scénario permettra d'accéder directement aux sols pollués et de les traiter convenablement. Toutefois, selon le planning du CEA, la fin des travaux de démolition du LPC est prévue à l'horizon 2030 (fin des travaux d'assainissement avant démolition du LPC prévue vers 2025, fin des travaux de démolition conventionnel et nucléaire prévue vers 2030). Le respect de ces échéances doit donc faire l'objet d'une attention particulière**

### Programme d'investigations complémentaires du CEA, dans le cadre de sa réponse à l'engagement n°23

En 2020, le CEA a réalisé une analyse historique et fonctionnelle du sous-sol du LPC identifiant des locaux dans lesquels une migration de la contamination au-delà des structures du génie civil ne peut être exclue. Aussi, afin de lever le doute, le CEA a annoncé en cours d'expertise qu'il prévoit d'effectuer vers 2025 de nouveaux carottages dans la dalle du sous-sol avant la démolition du LPC, lorsque les derniers équipements de procédés auront été retirés. En fonction des résultats obtenus au niveau du génie civil, il réalisera également des carottages superficiels sous le génie civil.

Compte tenu des nombreuses fuites d'effluents actifs qui ont atteint le sous-sol du LPC, l'IRSN estime vraisemblable qu'une partie de ces effluents ait contaminé les terres sous la dalle du LPC *via* des singularités telles que des fissures du béton, les revêtements n'ayant *a priori* pas toujours été adaptés. Dans ce contexte, compte tenu de l'absence de connaissance sur la profondeur que pourraient atteindre ces contaminations si elles sont avérées, des investigations pourraient d'ores et déjà être réalisées pour certains locaux ne contenant pas d'équipements.

Pour rappel, compte tenu des niveaux de contamination du génie civil et des suspicions de contamination des sols au droit de cette installation, la réalisation de carottages traversant la dalle du sous-sol était déjà identifiée prioritaire par le CEA, ce dont l'ASN a pris acte. **Dans le cas où le planning de démolition du LPC évoluerait, il appartiendrait au CEA de réaliser un programme d'investigations complémentaires conformément à l'engagement qu'il avait pris auprès de l'ASN en 2018.**

### 3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE DU SECTEUR DE L'INB N°54

#### Modélisation des transferts en nappe

Le LPC se situe en rive droite du ruisseau du Ravin de la Bête. La nappe Mio-Quaternaire, présente à une profondeur moyenne de 5 à 9 m sous l'installation, s'écoule du Sud-Est vers le Nord-Ouest. Afin d'évaluer l'impact d'un potentiel marquage radiologique des eaux souterraines sous les bâtiments du LPC, l'exploitant a réalisé une étude de transfert en nappe pour évaluer *in fine* l'impact dosimétrique sur l'homme. L'IRSN rappelle à ce sujet que, même si la nappe phréatique n'a jamais atteint la sous-face de la dalle du sous-sol du LPC, le terme source présent dans celle-ci a quand même pu commencer à migrer dans les terres sous le bâtiment, sans atteindre la nappe Mio-Quaternaire au niveau des piézomètres qui font l'objet d'un suivi radiologique.

Le CEA estime, pour les radionucléides d'intérêt, la durée nécessaire pour atteindre notamment la clôture du site du CEA à partir d'un modèle hydrogéologique. Les durées estimées à partir de ce modèle dépendent des vitesses d'écoulement retenues de l'eau (liées à la perméabilité des différentes formations géologiques), mais également des facteurs de retard des différents radionucléides (résultant de la capacité des formations géologiques à les retenir).

S'agissant des facteurs de retard, le CEA considère deux scénarios dont un « conservatif », **ce qui est satisfaisant.**

S'agissant des vitesses d'écoulement, le CEA retient une valeur de perméabilité uniforme pour l'aquifère du Mio-Quaternaire dans le secteur de l'installation, bien que des études, réalisées avant la construction du LPC, aient montré des perméabilités très variables pour les différentes formations géologiques. Au cours de l'expertise, le CEA a indiqué qu'un travail a été mis en œuvre afin de conforter le modèle hydrogéologique. **Ceci est favorable à l'amélioration de la connaissance. Toutefois, l'exploitant n'a pas tenu compte des études historiques précitées. Par ailleurs, les perméabilités retenues *in fine* dans le modèle actualisé devraient être représentatives des formations étudiées. Ceci fait l'objet de l'observation en annexe 2 au présent avis.**

En tout état de cause, l'IRSN rappelle que l'évaluation du terme source atteignant la nappe constitue une hypothèse forte qui conditionne les résultats de l'étude hydrogéologique présentée (doses reçues par l'homme à l'exutoire du site). **Ainsi, l'IRSN considère qu'afin de conforter son étude, l'exploitant doit en priorité améliorer sa connaissance de l'état des sols et de la nappe au droit de l'installation au travers d'analyses radiologiques complémentaires sur les piézomètres en aval de l'installation (cf. paragraphe ci-après) et des investigations de sols, tel que soulevé au paragraphe 2 de cet avis.**

#### Représentativité des piézomètres valorisés dans la modélisation hydrogéologique du CEA

Les fluctuations de niveau de la nappe Mio-Quaternaire, au niveau du LPC, sont suivies par l'intermédiaire de piézomètres en amont et en aval. Les résultats de ce suivi permettent au CEA de considérer que la nappe n'a jamais été en contact direct avec la dalle<sup>2</sup> du sous-sol du LPC. **Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

Le CEA réalise également un suivi radiologique réglementaire mensuel de la nappe sur certains des piézomètres. Les teneurs en  $\alpha_{\text{global}}$  et  $\beta_{\text{global}}$  sont proches voire inférieures aux seuils de mesure, et en tout état de cause inférieures à 0,2 Bq/L. Les teneurs en tritium sont globalement inférieures à 5 Bq/L. Ces éléments ne mettent pas en évidence de contamination de la nappe au droit du LPC. Toutefois, l'IRSN relève que les piézomètres qui font l'objet d'un suivi radiologique ne sont pas situés en aval de l'installation et que les piézomètres utilisés en amont sont situés à plus de 300 mètres des bâtiments, ce qui peut engendrer des imprécisions sur la détermination des directions locales d'écoulement de la nappe. **Ainsi, l'IRSN considère que l'exploitant doit**

<sup>2</sup> Pour rappel, cette dalle est contaminée à la suite de fuites d'effluents actifs qui ont eu lieu au cours de l'exploitation et lors d'opérations de démantèlement.

**améliorer la surveillance de la nappe en aval du LPC en mettant en œuvre une surveillance radiologique pérenne de la nappe sur le piézomètre PU05. En outre, l'exploitant doit réaliser une campagne de prélèvement de la nappe sur l'ensemble des piézomètres présents en aval proche du LPC. Ces deux points font l'objet de la recommandation formulée en annexe 1 au présent avis.**

#### **Caractère enveloppe du terme source considéré dans la modélisation hydrogéologique du CEA**

Pour estimer le terme source à considérer dans la modélisation hydrogéologique, le CEA a tout d'abord déterminé celui actuellement présent dans la dalle du sous-sol des locaux du LPC, en exploitant les résultats d'analyses de laboratoires et/ou les mesures en spectrométrie gamma réalisées sur des prélèvements effectués par carottage en 2014. Il a ensuite considéré que 10 % de ce terme source atteint la nappe phréatique Mio-Quaternaire. Cette hypothèse est fondée sur le pourcentage de matière radioactive que le CEA considère mobilisable à la suite de la survenue d'un séisme.

S'agissant de la détermination du terme source présent dans la dalle du sous-sol, l'IRSN relève que les carottages effectués sont dans l'ensemble trop éloignés des zones concernées par les fuites d'effluents actifs pour fournir une information réaliste du transfert de la contamination dans le béton de la dalle. Par ailleurs, le CEA ne justifie pas le coefficient de 10 % appliqué au terme source actuellement présent dans la dalle, pour déterminer la quantité de matière radioactive ayant déjà migré dans les terres sous le LPC.

**En conséquence, même si d'autres hypothèses sont par ailleurs pénalisantes (répartition homogène des radionucléides sur toute l'épaisseur de la dalle, répartition de la contamination sur toute la surface d'un local même si une seule partie du local a été contaminée), l'IRSN estime que le CEA n'a pas démontré le caractère enveloppe et réaliste du terme source. Ainsi, la réalisation de carottages complémentaires dans le génie civil de la dalle du sous-sol permettrait de conforter l'estimation de ce terme source (cf. paragraphe 2).**

## **4. CONCLUSION**

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par l'exploitant au cours de l'expertise, l'IRSN retient au sujet de l'adéquation du programme d'investigations radiologiques pour caractériser la contamination dans les sols sous les bâtiments du LPC, que le CEA ne prévoit de réaliser des investigations complémentaires qu'à partir de 2025 en raison de son changement de scénario de démantèlement. En effet, il prévoit désormais une démolition totale du LPC avec une fin des travaux à l'horizon 2030, ce qui est favorable à la reprise et la gestion des terres potentiellement contaminées situées sous le radier du bâtiment principal du LPC. De ce fait, une attention particulière doit être portée au respect de cette échéance. Dans le cas où cette échéance serait repoussée, il appartiendrait au CEA de réaliser au plus tôt le programme d'investigations complémentaires pour évaluer l'état des sols sous le bâtiment LPC, conformément à son engagement pris auprès l'ASN en 2018.

En outre, pour ce qui concerne l'étude hydrogéologique, l'IRSN considère que les hypothèses retenues sont acceptables. Néanmoins, le CEA devra tenir compte de la recommandation formulée en annexe 1, afin d'améliorer la représentativité des piézomètres utilisés pour la surveillance de la nappe en aval du LPC. Enfin, le caractère enveloppe du terme source considéré dans l'étude n'a pas été démontré, ce qui est susceptible de mettre en cause la pertinence des résultats et des conclusions de l'étude hydrogéologique.

Enfin, le CEA devrait tenir compte de l'observation formulée en annexe 2 afin d'améliorer la robustesse du modèle hydrogéologique développé à l'échelle du site de Cadarache.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté

## **ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2022-00016 DU 28 JANVIER 2022**

### **Recommandation de l'IRSN**

#### **Recommandation**

L'IRSN recommande que l'exploitant améliore la surveillance radiologique de la nappe en aval du LPC en :

- réalisant une campagne de prélèvement de la nappe avec les piézomètres PU03, PU19, PU05, PP03, PU01, GP08, PP02 et GP06 présents en aval proche du LPC ;
- mettant en œuvre une surveillance radiologique pérenne au droit du piézomètre PU05.

## ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2022-00016 DU 28 JANVIER 2022

### Observation de l'IRSN

#### Observation

Afin d'améliorer la robustesse du modèle hydrogéologique développé à l'échelle du site de Cadarache, l'exploitant devrait :

- tenir compte de l'ensemble des études réalisées sur les nappes au droit du site de Cadarache, y compris les études historiques ;
- différencier dans le modèle actualisé, dans les secteurs où les données disponibles permettent de mettre en évidence une nappe quaternaire distincte de la nappe miocène, avec des caractéristiques contrastées à celle-ci et une extension non négligeable, les perméabilités de l'aquifère du Mio-Quaternaire en fonction de la profondeur.