



## **Autorité environnementale**

**Avis délibéré de l’Autorité environnementale sur le  
démantèlement partiel de l’INB 22 – Installation  
Pégase sur le site du CEA à Cadarache (13)**

**n°Ae : 2024-052**

Avis délibéré n° 2024-052 adopté lors de la séance du 11 juillet 2024

## Préambule relatif à l'élaboration de l'avis

L'Ae<sup>1</sup> s'est réunie le 11 juillet 2024 en visioconférence. L'ordre du jour comportait, notamment, l'avis sur le démantèlement partiel de l'INB 22 - Installation Pégase sur le site du CEA à Cadarache (13).

Ont délibéré collégalement : Sylvie Banoun, Nathalie Bertrand, Barbara Bour-Desprez, Karine Brulé, Marc Clément, Virginie Dumoulin, Bertrand Galtier, Christine Jean, François Letourneux, Laurent Michel, Olivier Milan, Serge Muller, Jean-Michel Nataf, Laure Tourjansky, Véronique Wormser.

En application de l'article 4 du règlement intérieur de l'Ae, chacun des membres délibérants cités ci-dessus atteste qu'aucun intérêt particulier ou élément dans ses activités passées ou présentes n'est de nature à mettre en cause son impartialité dans le présent avis.

Étaient absents : Alby Schmitt, Éric Vindimian

\* \*

\*

L'Ae a été saisie pour avis par le préfet des Bouches-du-Rhône, l'ensemble des pièces constitutives du dossier ayant été reçues le 15 mai 2024.

Cette saisine étant conforme aux dispositions de l'article R. 122-6 du code de l'environnement relatif à l'autorité environnementale prévue à l'article L. 122-1 du même code, il en a été accusé réception. Conformément à l'article R. 122-7 du même code, l'avis a vocation à être rendu dans un délai de deux mois.

Conformément aux dispositions de ce même article, l'Ae a consulté par courriers en date du 23 mai 2024 :

- le préfet des Bouches-du-Rhône, et a pris en compte sa contribution du 25 juin 2024,
- le directeur général de l'Agence régionale de santé (ARS) Provence-Alpes-Côte-d'Azur, et a pris en compte la contribution du 30 mai 2024.

Sur le rapport de François Vauglin et Véronique Wormser, qui se sont rendus sur site le 21 juin 2024, après en avoir délibéré, l'Ae rend l'avis qui suit.

**Pour chaque projet soumis à évaluation environnementale, une autorité environnementale désignée par la réglementation doit donner son avis et le mettre à disposition du maître d'ouvrage, de l'autorité décisionnaire et du public.**

Cet avis porte sur la qualité de l'étude d'impact présentée par le maître d'ouvrage et sur la prise en compte de l'environnement par le projet. Il vise à permettre d'améliorer sa conception, ainsi que l'information du public et sa participation à l'élaboration des décisions qui s'y rapportent. L'avis ne lui est ni favorable, ni défavorable et ne porte pas sur son opportunité.

La décision de l'autorité compétente qui autorise le pétitionnaire ou le maître d'ouvrage à réaliser le projet prend en considération cet avis. Une synthèse des consultations opérées est rendue publique avec la décision d'octroi ou de refus d'autorisation du projet (article L. 122-1-1 du code de l'environnement). En cas d'octroi, l'autorité décisionnaire communique à l'autorité environnementale le ou les bilans des suivis, lui permettant de vérifier le degré d'efficacité et la pérennité des prescriptions, mesures et caractéristiques (article R. 122-13 du code de l'environnement).

Conformément au V de l'article L. 122-1 du code de l'environnement, le présent avis de l'autorité environnementale devra faire l'objet d'une réponse écrite de la part du maître d'ouvrage qui la mettra à disposition du public par voie électronique au plus tard au moment de l'ouverture de l'enquête publique prévue à l'article L. 123-2 ou de la participation du public par voie électronique prévue à l'article L. 123-19.

Le présent avis est publié sur le site de l'Ae. Il est intégré dans le dossier soumis à la consultation du public.

<sup>1</sup> Formation d'autorité environnementale de l'Inspection générale de l'environnement et du développement durable (IGEDD).

# Synthèse de l'avis

Le projet présenté par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) consiste à démanteler Pégase, réacteur du centre de Cadarache (13) d'une puissance de 35 MW qui réalisait des tests de combustibles. Après l'arrêt du réacteur en 1975, l'installation est utilisée depuis 1980 pour entreposer des substances radioactives. Le bâtiment principal de Pégase n'offrant pas une tenue suffisante au risque sismique, son démantèlement a été décidé. Pégase forme avec la casemate de Cadarache (Cascaud, toujours en fonctionnement) l'installation nucléaire de base (INB) 22. Le projet comprend le découplage de ces deux installations. Il vise le déclassement de Pégase et sa réutilisation sans contraintes radiologiques pour tout type d'activités industrielles ou de recherche.

Les opérations préalables au démantèlement (OPDEM) de Pégase visent à retirer les matières entreposées. Celles-ci comprennent 155 étuis de combustibles sans emploi (CSE), trois étuis de carbure de bore, 35 éléments de béryllium et 1,3 t d'éléments activés de structure métallique.

Pour l'Ae, le principal enjeu du projet est celui de la gestion des déchets radioactifs et conventionnels désentreposés ou produits par le démantèlement.

Le dossier est de qualité, clair, illustré et didactique. L'étude d'impact est proportionnée aux enjeux du territoire et du projet. Le choix de retirer prioritairement les matières radioactives est justifié. Ces opérations s'achèveront en 2035. Mais en raison de choix et d'une priorisation de moyens internes au CEA, définis dans sa stratégie de démantèlement (dont l'Ae n'a pas été saisie), il est prévu que le reste du démantèlement s'étalera sur trente ans supplémentaires, jusqu'en 2065. Comme l'Ae l'a déjà souligné dans de précédents avis sur des projets de démantèlement du CEA, il convient de justifier ces choix eu égard à leurs incidences environnementales.

En outre, l'Ae recommande notamment :

- d'évaluer les incidences du projet en tenant compte dans le terme source les 155 étuis de CSE présents au début des opérations de démantèlement,
- de préciser la nature et les incidences des gaz de radiolyse rejetés par les conteneurs araldités,
- de choisir et présenter les techniques de découpe utilisées pour le démantèlement en tenant compte des rejets radioactifs dans l'environnement qu'elles induisent, et en leur appliquant la démarche « éviter, réduire, compenser »,
- de préciser les volumes et caractéristiques des résines échangeuses d'ions à traiter dans le cadre du projet et de préciser selon les cas leur devenir,
- d'indiquer si d'autres déchets sans filière immédiate sont susceptibles d'être générés par le projet,
- d'indiquer si la prise en compte d'un incident déjà survenu dans Pégase (chute d'un palan-moteur dans un bassin d'entreposage) dans l'étude de maîtrise des risques serait de nature à en modifier l'évaluation des effets sur l'environnement et la santé humaine.

L'ensemble des observations et recommandations de l'Ae sont présentées dans l'avis détaillé.

# Avis détaillé

## 1. Contexte, présentation du projet et enjeux environnementaux

### 1.1 Contexte et contenu du projet

L'installation nucléaire de base (INB) n° 22 est exploitée par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA). Elle est implantée sur le site de Cadarache, au nord-est du département des Bouches-du-Rhône (13) sur la commune de Saint-Paul-lès-Durance. Elle est localisée dans la partie centrale du site.



Figure 1 : Situation de Cadarache (source : dossier).

L'INB 22 comprend l'installation Pégase, qui était auparavant un réacteur de 35 MW qui réalisait des tests d'éléments combustibles des centrales de la filière<sup>2</sup> uranium naturel graphite gaz (UNGG) ou eau lourde gaz. Ces tests étaient effectués dans des boucles à gaz, en vraie grandeur et dans des conditions réelles de fonctionnement. Le réacteur a fonctionné de 1963 à 1975. Son arrêt est consécutif à l'abandon de la filière UNGG.

Par décret du 17 avril 1980, le CEA a été autorisé à réutiliser l'installation Pégase pour entreposer<sup>3</sup> des substances radioactives, en particulier des éléments combustibles irradiés et des fûts de sous-produits de fabrication d'éléments combustibles, en attendant leur reprise et leur évacuation vers une autre installation. Pégase est ainsi devenue une installation d'entreposage (à sec, ou sous eau pour les conteneurs de combustibles irradiés), dans l'attente de son démantèlement.

<sup>2</sup> <https://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/nucleaire/essentiel-sur-les-filières-de-reacteurs-nucleaires.aspx>.

<sup>3</sup> L'entreposage de substances radioactives est par définition temporaire quand leur stockage est définitif, ainsi qu'en dispose l'article L. 542-1-1 du code de l'environnement : « L'entreposage de matières ou de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer ces substances à titre temporaire dans une installation spécialement aménagée en surface ou en faible profondeur à cet effet, avec intention de les retirer ultérieurement. Le stockage de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer ces substances dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive dans le respect des principes énoncés à l'article L. 542-1, sans intention de les retirer ultérieurement. »

L'INB 22 comporte également une installation d'entreposage à sec de combustibles nucléaires appelée « Cascad » (casemate de Cadarache), qui est en fonctionnement depuis 1990. Cette dernière sert à l'entreposage à sec de combustibles irradiés (au début, provenant de la centrale bretonne de Brennilis), refroidis par convection naturelle de l'air.

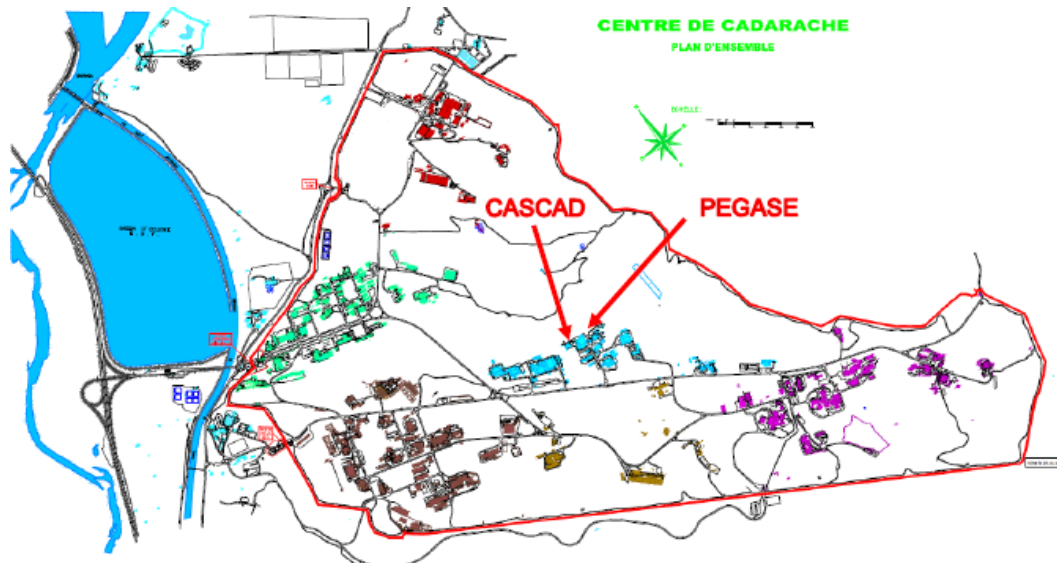


Figure 2 : Localisation de l'INB 22 composée de Pégase et de Cascad (source : dossier).

Le bâtiment principal de Pégase offre 3 700 m<sup>2</sup> répartis sur cinq niveaux selon 67 m de large, 80 m de long et 35 m de haut (les sous-sols sont enterrés à 12 m). Le réexamen périodique réalisé en 2003 a conclu que la tenue de ce bâtiment au séisme majoré de sécurité (SMS)<sup>4</sup> n'est pas assurée. Compte-tenu de l'importance des travaux de confortement à réaliser, le CEA a décidé de mettre un terme à l'entreposage dans Pégase. Une déclaration d'arrêt définitif a été adressée au ministre chargé de la sûreté nucléaire et à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en 2017 pour engager le démantèlement. Dans l'attente de l'autorisation, des opérations préparatoires au démantèlement (OPDEM) ont été engagées et consistent notamment à désentreposer les combustibles sans emploi (CSE) encore présents dans l'installation.

Après l'arrêt du réacteur de Pégase, certaines parties de l'installation ont été démontées entre 1977 et 1980 pour pouvoir réutiliser le « hall pile »<sup>5</sup> avec sa piscine et son bassin de stockage, l'atelier chaud et ses canaux, les deux étages où sont situés les circuits émergés (dispositif de détection de rupture de gaine (DRG), boucles et cœur). Tous les aéroréfrigérants, à l'exception d'un, ont été démontés.

<sup>4</sup> Séisme qui sert de référence pour la conception des bâtiments. Il est obtenu en augmentant arbitrairement de 0,5 la magnitude du séisme maximal historiquement vraisemblable (obtenu en déplaçant dans leur position la plus pénalisante les séismes maximaux historiquement connus associés à chaque faille ou zone). En l'espèce, il s'agit d'un séisme de magnitude locale 5,8 à une distance hypocentrale de 7,1 km, induisant une intensité VIII-IX (MSK) au niveau du site (voir <https://www.irsn.fr/savoir-comprendre/surete/evaluation-lalea-sismique-reglementation-applicable-sites-nucleaires> pour plus d'informations).

<sup>5</sup> Accueillant anciennement la pile atomique

Le démontage du réacteur a produit 132 t de déchets solides qui ont été évacués, dont des déchets radioactifs<sup>6</sup> : 84 t de ferrailage direct, 13 t de ferrailage pour refonte, 34 t de déchets de moyenne activité<sup>7</sup>, 1,2 t de déchets de haute activité (HA). Les 2 714 fûts plutonifères ont été reconditionnés et évacués entre 2009 et 2013 pour entreposage sur l'installation Conditionnement et entreposage de substances radioactives (Cedra) à Cadarache. Des éléments ou étuis de combustibles irradiés ont été évacués de la piscine de Pégase entre 2006 et 2016.

À la fin de ces opérations, les matières restantes représentaient moins de 4 % du terme source<sup>8</sup> initial de 2006. Elles sont essentiellement constituées de 119 étuis de combustibles araldités. L'araldite est un polyépoxyde formé par la mise en contact d'une résine époxyde et d'un agent polymérisant. Sa présence dans des étuis de combustibles génère un risque de production de gaz, en particulier de l'hydrogène, pouvant provoquer une surpression ou une explosion.

## 1.2 Présentation du projet et des aménagements projetés

### 1.2.1 Description du démantèlement

L'état final visé est le déclassement de Pégase et la réutilisation sans contraintes radiologiques de l'ensemble des zones et structures conservées pour tout type d'activité industrielle ou de recherche, à caractère nucléaire ou non.

Le dossier présente le démantèlement de Pégase en cinq étapes (cf. figure 3) :

- les opérations permettant de diminuer le terme source radioactif encore présent (finalisation des OPDEM),
- le démontage des procédés et de leurs utilités pour poursuivre la diminution du terme source radioactif et la consolidation de l'état radiologique du génie civil et des sols (actuellement encore méconnu),
- l'assainissement et le démantèlement de l'ensemble des utilités générales et installations techniques auxiliaires,
- l'assainissement des structures,
- la remise en état des sols si besoin.

---

<sup>6</sup> La radioactivité est un phénomène naturel qui existe depuis l'origine de l'univers lorsque les atomes se sont formés. Bâti sur le même modèle, tous les atomes n'ont pourtant pas les mêmes propriétés : certains sont stables et restent indéfiniment identiques à eux-mêmes alors que d'autres sont instables. Pour acquérir une meilleure stabilité, ces derniers (appelés radionucléides) expulsent à un moment donné une quantité d'énergie, sous forme de rayonnement et/ou de particules : ce phénomène est appelé « radioactivité ». Certaines substances naturelles ou artificielles émettent des électrons ou des positons (radioactivité bêta) et/ou des photons (radioactivité gamma), des neutrons, des noyaux d'hélium 4 constitués de deux protons et deux neutrons (radioactivité alpha). D'après IRSN : <https://www.irsn.fr/savoir-comprendre/dialogue-pedagogie/alors-finalement-radioactivite-cest-quoi>.

<sup>7</sup> Le Becquerel (Bq) est une unité de radioactivité correspondant à une désintégration par seconde. L'activité d'un gramme de Radium 226 est 37 milliards de Becquerels (ou  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq). La période ou demi-vie d'un élément radioactif ou radionucléide est la durée au bout de laquelle le niveau de radioactivité est divisé par deux. Les déchets regroupant plusieurs types de radionucléides, leur radioactivité suit une loi de décroissance plus complexe. Les substances sont dites à vie courte (VC) si la radioactivité provient principalement de radionucléides qui ont une période inférieure ou égale à 31 ans, vie longue (VL) sinon. La faible activité (FA) qualifie les substances dont l'activité est inférieure à un million de Bq/g. La haute activité (HA) qualifie les substances dont l'activité est supérieure à un milliard de becquerels par gramme. Le térabecquerel (TBq) vaut mille milliards de Becquerels.

<sup>8</sup> Ensemble des grandeurs caractérisant les produits radioactifs de l'installation.

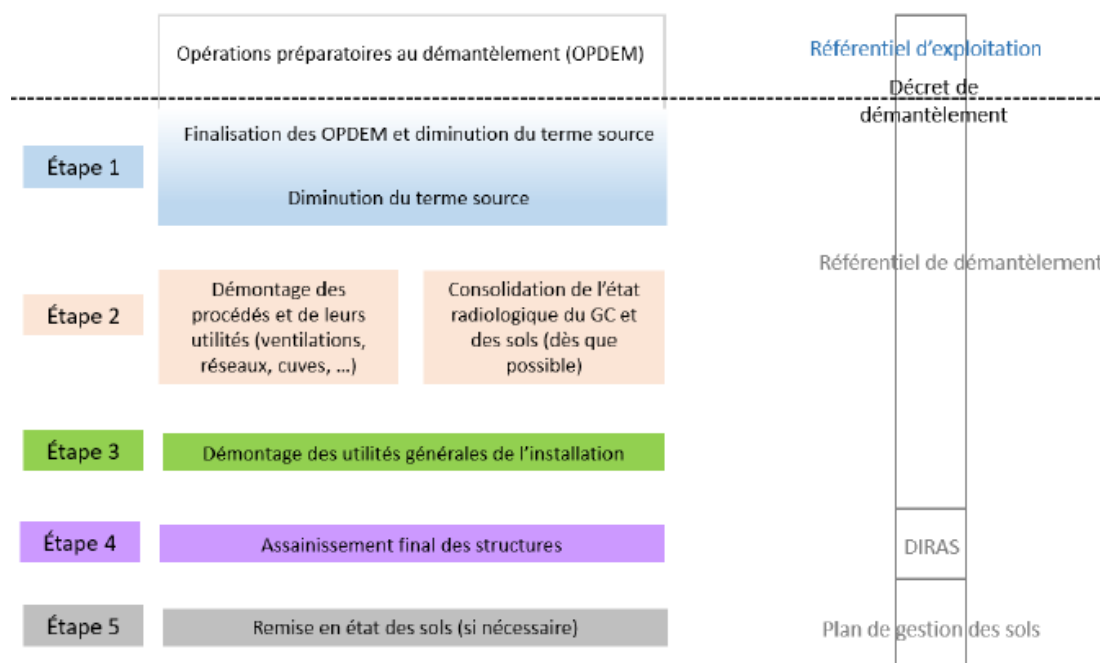


Figure 3 : Logigramme du démantèlement de Pégase (source : dossier).

Le désentreposage des combustibles sans emploi est réalisé par l'opération appelée « DECAP », qui consiste à effectuer un reconditionnement des étuis contenant ces combustibles et à les évacuer vers l'installation Cascad. DECAP a été commencé et le premier étui reconditionné avait déjà été réalisé lors de la visite des rapporteurs.

Les rejets gazeux de Cascad sont effectués avec ceux de Pégase via son émissaire. Le démantèlement de Pégase nécessite donc de découpler cette installation de Cascad et de la doter d'un système de rejets gazeux. Ce découplage conduit à une modification du périmètre de l'INB 22, demande que porte le dossier. Toutefois, les aménagements nécessaires à la poursuite de l'utilisation des installations de Cascad, relatifs aux effluents suspects, aux réseaux de fluides, aux rejets atmosphériques sont évoqués sans être décrits précisément, ni leurs incidences éventuelles.

***L'Ae recommande d'intégrer explicitement au périmètre du projet et de l'étude de ses impacts les aménagements nécessaires à la poursuite du fonctionnement de l'installation Cascad.***

### 1.2.2 Évolution de la radioactivité et déchets générés par le projet

Le terme source comprend essentiellement les substances entreposées dans la piscine : étuis de CSE (8 850 TBq), trois étuis de carbure de bore B<sub>4</sub>C (486 TBq), 35 éléments de béryllium (122 TBq), 1,3 t d'éléments activés de structure métallique (0,253 TBq). La part liée aux procédés de l'installation est estimée à environ 0,027 TBq. Le total, d'environ 9 460 TBq, sera évacué sur une durée totale de 45 ans, mais avec une quasi-totalité du terme source (>99,9 %) évacuée sur les dix premières années (cf. figure 4).

Les CSE auront été pris en charge à l'issue des OPDEM. Le reste du projet s'attache donc au retrait du terme source des trois autres substances.

Le dossier comporte toutefois une ambiguïté sur le terme source des CSE, mise en évidence lors des échanges entre les rapporteurs et le pétitionnaire. Ce dernier a en effet indiqué que : « *L'activité prise en compte dans le dossier de démantèlement correspond à l'activité des 119 étuis présents sur l'INB en 2019 (il y en a 155 en 2024). Cette activité est enveloppe car d'ici l'entrée en vigueur*

du décret, il y aura moins de 119 étuis présents sur l'INB car le désentreposage de ces étuis a commencé en 2024. ». Or l'étude d'impact indique l'activité des CSE (8 850 TBq) d'une part, et l'état initial de l'installation au début des opérations de démantèlement précise que le nombre de CSE est de 155. Il convient de clarifier ce point, et de présenter une évaluation des incidences sur l'environnement en prenant en compte un terme source incluant celui des 155 étuis à démanteler.

**L'Ae recommande d'évaluer les incidences du projet en tenant compte dans le terme source des 155 étuis de CSE présents en 2024 au début des opérations de démantèlement.**

Une zone d'entreposage de déchets à très faible activité (TFA) contrôlés en attente d'évacuation et de déchets sans filière immédiate (DSFI) est prévue à l'extérieur au nord-ouest du bâtiment sur une aire de 200 m<sup>2</sup>.

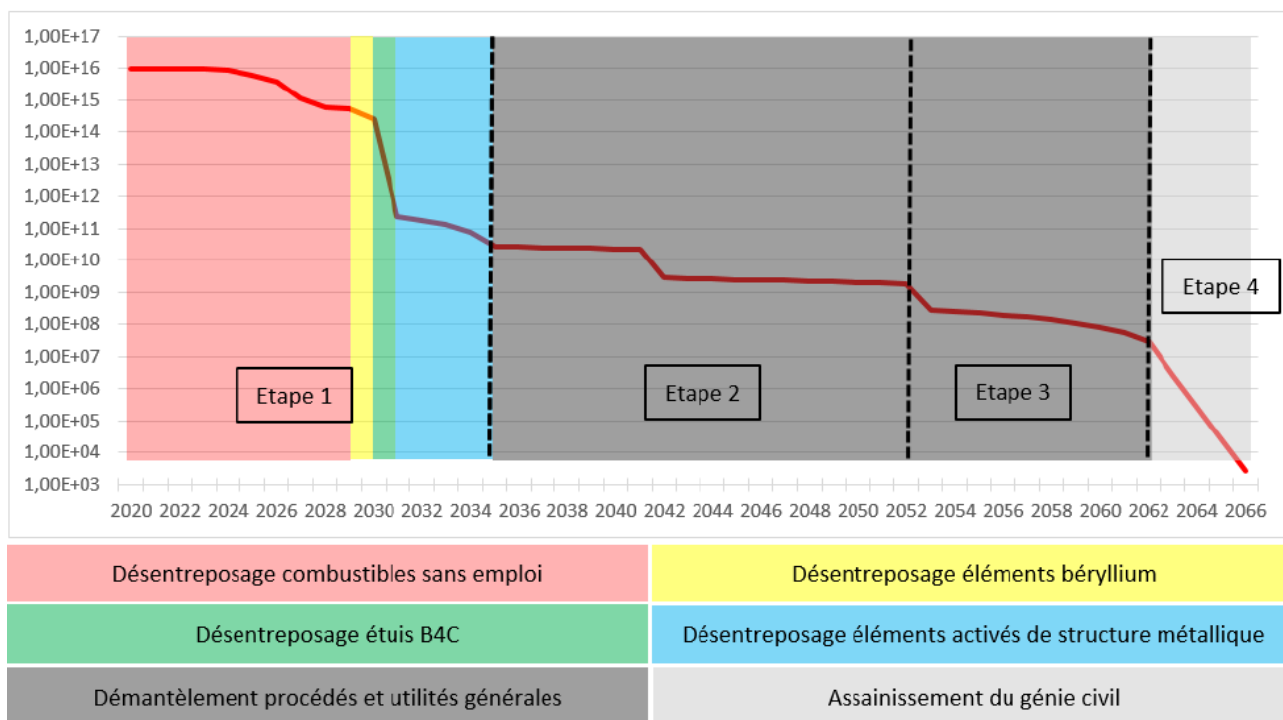


Figure 4 : Évolution du terme source radiologique de l'installation Pégase (source : dossier). (échelle logarithmique)

### 1.2.3 Durée et coût du démantèlement

L'échéancier du démantèlement de Pégase est organisé entre 2017 (déclaration d'arrêt) et 2065. L'évacuation des étuis B<sub>4</sub>C et des éléments béryllium est projetée pour 2030, la fin de l'évacuation des éléments activés de structure métallique et des travaux de découplage Pégase-Cascad pour 2035.

Le coût du projet n'est pas précisé. Le dossier indique toutefois la part des provisions comptabilisées au 31 décembre 2022 par le CEA au titre des obligations de fin de cycle relatives à l'installation Pégase : 91,1 M€<sub>2022</sub>.

## 1.3 Procédures relatives au projet

Les dispositions relatives à la mise à l'arrêt définitif d'une INB, à son démantèlement et à son déclassement sont fixées par les articles L. 593-25 et suivants du code de l'environnement et



R. 593-64 et suivants du même code. Le processus se termine par une autorisation de déclassement de l'INB prise par l'ASN et homologuée par le ministre chargé de la sûreté nucléaire.

Le dossier vise à obtenir un décret de démantèlement de l'INB 22, prévu à l'article L. 593-28 du code de l'environnement. Les articles L. 593-25 à L. 593-30 organisent le cadre juridique de la mise à l'arrêt définitif et du démantèlement d'une installation nucléaire de base et les subordonnent à une autorisation préalable délivrée par décret, après avis de l'ASN. Le dossier est soumis à enquête publique. En l'espèce, la demande ne porte que sur une partie de l'INB 22, laquelle continuera d'exister.

La demande d'autorisation de démantèlement repose sur la présentation d'un dossier dont le contenu est précisé par l'article R. 593-67 du code de l'environnement, comprenant l'étude d'impact prévue à l'article L. 122-1 du code de l'environnement.

L'Ae est compétente en application de l'article R. 122-6 du code de l'environnement pour rendre le présent avis.

Le dossier étudie les incidences des opérations sur les objectifs de conservation des sites Natura 2000<sup>9</sup>. Les éléments correspondants sont présentés dans le dossier conformément aux articles L. 414-4 et R. 414-22 du code de l'environnement. L'Ae n'a pas d'observation sur cette partie.

#### ***1.4 Principaux enjeux environnementaux du projet relevés par l'Ae***

Pour l'Ae, le principal enjeu du projet est celui de la gestion des déchets radioactifs et conventionnels désentreposés ou produits par le démantèlement.

## **2. Analyse de l'étude d'impact**

Le dossier est clair et bien proportionné aux enjeux. Il comporte un fascicule spécifique rassemblant un dictionnaire des sigles et un glossaire qui permettent au lecteur non spécialiste de comprendre plus facilement les aspects techniques. Cependant, certaines parties du dossier comprennent aussi leur glossaire, plus détaillé. Il serait utile que la pièce 0, censée concerner l'ensemble du dossier, couvre la totalité des sigles et termes utilisés.

Pour mémoire, le périmètre de l'étude d'impact devra être étendu à celui du projet, revu pour inclure les 155 étuis de CSE et les installations nécessaires à la poursuite du fonctionnement de Cascad.

### ***2.1 Analyse de la recherche de variantes et du choix du parti retenu, scénario de référence***

L'étude d'impact ne comporte pas de descriptif de « solutions de substitutions raisonnables » alternatives à celle retenue, requises par la réglementation (article R. 122-5 du code de l'environnement), le dossier rappelant que la réglementation applicable à une INB ne laisse pas d'autre choix que son démantèlement en fin de vie.

---

<sup>9</sup> Les sites Natura 2000 constituent un réseau européen en application de la directive 79/409/CEE « Oiseaux » et de la directive 92/43/CEE « Habitats faune flore », garantissant l'état de conservation favorable des habitats et espèces d'intérêt communautaire. Les sites inventoriés au titre de la directive « Habitats faune flore » sont des zones spéciales de conservation (ZSC), ceux qui le sont au titre de la directive « Oiseaux » sont des zones de protection spéciale (ZPS).

Le principe retenu pour le pilotage du démantèlement consiste à évacuer en priorité les éléments les plus radioactifs, et à les entreposer dans l'attente d'une solution de stockage : Cascad à Cadarache après reconditionnement dans Pégase (CSE), Diadem (déchets irradiants ou alpha issus du démantèlement) à Marcoule après reconditionnement dans Isai (installation individuelle de surveillance des assemblages irradiés) à Cadarache (béryllium), centrale de Phénix à Marcoule (B4C). La mise en cohérence du calendrier de la disponibilité de l'ensemble des installations de traitement, conditionnement et entreposage nécessaires, tout comme de celle des exutoires de stockage, n'est pas explicitée dans le dossier.

Plus spécifiquement pour ce qui concerne l'opération de désentreposage des étuis araldités de CSE (opération DECAP), sont décrits les trois scénarios qui ont été envisagés. Le premier est leur envoi à l'INB 55 « STAR » (station de traitement, d'assainissement et de reconditionnement de combustibles irradiés) pour traitement thermique des CSE avant leur entreposage dans Cascad. Le deuxième consiste à évacuer la totalité des CSE vers la piscine de l'installation RES (réacteur d'essais) en attendant la disponibilité de STAR pour le traitement thermique de l'araldite et leur conteneurisation avant l'évacuation vers l'installation Cascad. Le troisième scénario consiste en un simple reconditionnement dans Pégase des étuis de combustibles en conteneurs plus résistants, offrant une tenue à une pression de 70 bars. Il ne prévoit aucun traitement de l'araldite mais implique des contrôles réguliers de leur pression interne pour effectuer un dégazage éventuel des gaz de radiolyse dus à l'araldite. Il n'est pas précisé si les opérations de dégazage pourraient être susceptibles de rejets radioactifs (lors de la visite des rapporteurs, il leur a été dit que ce ne serait pas le cas). Le calendrier du traitement à terme de ces déchets n'est pas indiqué.

La durée totale du projet n'est justifiée dans le dossier que par les arbitrages internes au CEA selon les moyens dont il dispose pour les différentes opérations de démantèlement qu'il conduit. Sans sous-estimer le temps nécessaire aux opérations de génie civil, le choix d'étaler les opérations de démantèlement sur 44 ans, ce qui interroge quant à la réduction des incidences environnementales et au respect du principe de démantèlement immédiat des INB désormais imposé par la réglementation (et dans la doctrine en France depuis 2009<sup>10</sup>).

Le dossier indique l'objectif du démantèlement (état final visé) : permettre la réutilisation de l'ensemble des zones et structures conservées pour tout type d'activité industrielle, à caractère nucléaire ou non, sans que le choix de réutiliser ces installations s'appuie sur des éléments précis adossés à une stratégie générale du CEA pour l'évolution de son site de Cadarache ou plus largement de ses sites.

***L'Ae recommande au CEA d'exposer sa stratégie générale de développement du site de Cadarache, de prendre en compte les incidences environnementales de sa stratégie de démantèlement de l'INB22, qui conduit à étaler sur 30 ans la fin du démantèlement de Pégase, et si possible de réduire cette durée. Elle recommande aussi de préciser la nature des gaz de radiolyse rejetés par les conteneurs araldités, ainsi que leurs incidences si besoin, et d'indiquer le calendrier envisageable pour le traitement, le conditionnement, l'entreposage et le stockage de ces déchets.***

Certains choix techniques ne sont pas encore précisés. Ils sont cependant susceptibles de générer plus ou moins de rejets selon les choix qui seront opérés, en particulier la découpe des parties métalliques entreposées ou de celles faisant structurellement partie de Pégase (comme le cuvelage de la piscine par exemple).

<sup>10</sup> <https://www.asn.fr/l-asn-informe/dossiers-pedagogiques/le-demantelement-des-installations-nucleaires>.

Concernant les éléments activés de structure métallique actuellement entreposés dans la piscine, le dossier indique qu'ils seront découpés à froid par cisaille ou par point chaud. Plus généralement, il est mentionné que les découpes à froid seront privilégiées. Les découpes à chaud auront lieu en cas d'impossibilité technique de procéder à une découpe à froid mais aussi lorsque la démarche ALARA (« *as low as reasonably achievable* », aussi faible que raisonnablement possible) pour l'estimation des doses prévisionnelles des opérateurs met en avant un gain dosimétrique significatif par une découpe à chaud permettant de limiter la durée de cette opération. Ces deux critères sont bien sûr pertinents.

Il ne semble toutefois pas être tenu compte des niveaux de rejets dans l'environnement induits par le choix de la technique de découpe, Or, l'étude d'impact, qui mentionne bien les taux de mise en suspension par type de radionucléides selon les techniques retenues, met en évidence un facteur de dix millions à quarante millions entre la technique de découpe induisant le plus de mise en suspension de radionucléides (découpe à chaud) et celle qui en induit le moins (découpe mécanique sous eau)<sup>11</sup>. Le dossier n'expose pas quelles opérations de découpe pourraient être réalisées sous l'eau, et ne s'engage pas sur le choix de telle ou telle technique – qui est pourtant réalisé dès lors que les rejets liés à ces opérations ont été évalués.

***L'Ae recommande de choisir et présenter les techniques de découpe en tenant compte des rejets radioactifs dans l'environnement qu'elles induisent, et d'appliquer la démarche « éviter, réduire, compenser » à ces choix afin de privilégier l'évitement, puis, à défaut, la réduction des incidences.***

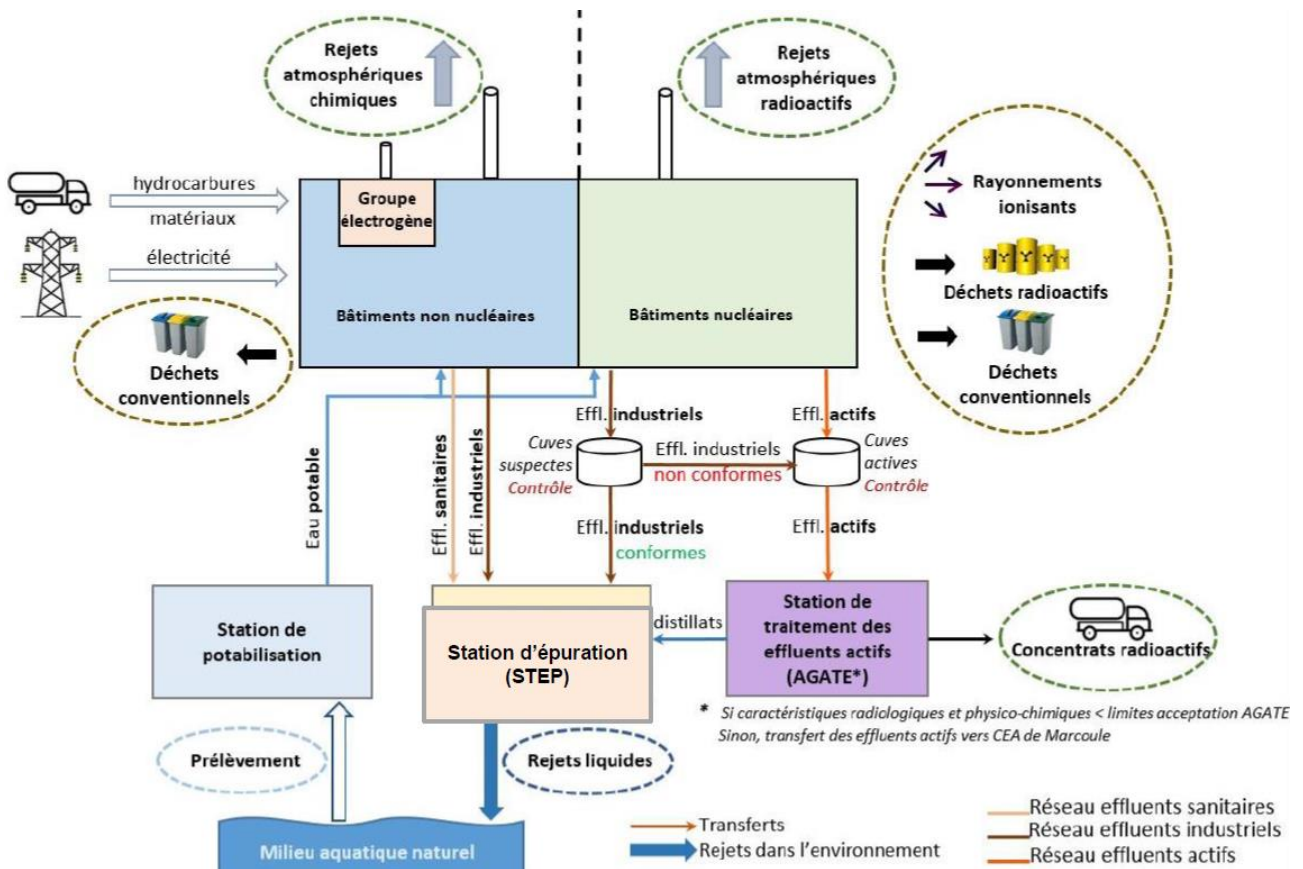
Le nouveau périmètre de l'INB est justifié par la mise en cohérence du périmètre avec les constructions faites depuis la création de l'INB, par le besoin d'intégrer les groupes électrogènes fixes, situés à l'extérieur, et de disposer de surfaces supplémentaires pour entreposer certains déchets issus du démantèlement qui ne seront pas tous enlevés par camions depuis l'intérieur du site actuel. La galerie technique reliant Pégase et Cascad est conservée, malgré le découplage des installations, pour assurer la connexion de Cascad au réseau d'eau industrielle du Centre du CEA.

---

<sup>11</sup> La découpe mécanique hors d'eau mettant en suspension jusqu'à 100 mille (10<sup>5</sup>) fois plus de radionucléides que celle sous eau.

## 2.2 État initial, incidences du projet, mesures et suivi

### 2.2.1 Déchets et rejets



### Déchets solides

L'ensemble des déchets solides produits par le démantèlement de Pégase est estimé par catégorie de déchets (voir tableau suivant).

Cette estimation-ci inclut l'opération DECAP des OPDEM, mais pas l'assainissement du génie civil. Pour ce dernier, les volumes sont estimés à 417 m<sup>3</sup> de déchets TFA, 50 m<sup>3</sup> de déchets à faible ou moyenne activité FMA-VC et à 1 m<sup>3</sup> de déchets conventionnels. Ces volumes sont estimés à partir d'une connaissance encore incomplète de l'état radiologique. Ils sont donc susceptibles d'évoluer.

Catégorie	Type d'emballage	Nombre de colis	Volume de colis (m <sup>3</sup> )	
Conventionnel	Benne 15 m <sup>3</sup>	75	1 125	1 187
	Benne 6 m <sup>3</sup>	2	12	
	Vrac sur palette (amiante)	17	17	
	GRVS (amiante)	33	33	
TFA	Casier 2,7 m <sup>3</sup> réutilisable	25	68	1 362
	Casier 2,7 m <sup>3</sup> parois pleines	30	82	
	Caisson 5 m <sup>3</sup> injectable	10	50	
	Casier 1,35 m <sup>3</sup> parois grillagées	2	2	
	Casier 0,67 m <sup>3</sup> demi hauteur	1	1	
	Casier 1,35 m <sup>3</sup> parois pleines	522	705	
	Casier 1,35 m <sup>3</sup> parois pleines (amiante)	18	26	
	GRVS	427	427	
	Fût 200L / 225L	4	1	
FMA-VC	Caisson 7C	2	10	24
	Caisson 7C (amiante)	1	5	
	Fût 200 L	42	9	
MA-VL	870 litres	24	21	21

Tableau 1 : Bilan estimatif des déchets solides générés par le démantèlement de Pégase hors assainissement du génie civil (source : dossier).

Les exutoires des déchets sont connus, sauf pour certains déchets sans filière immédiate, même s'ils ne sont pas encore tous disponibles. Ils sont définis en application du plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR).

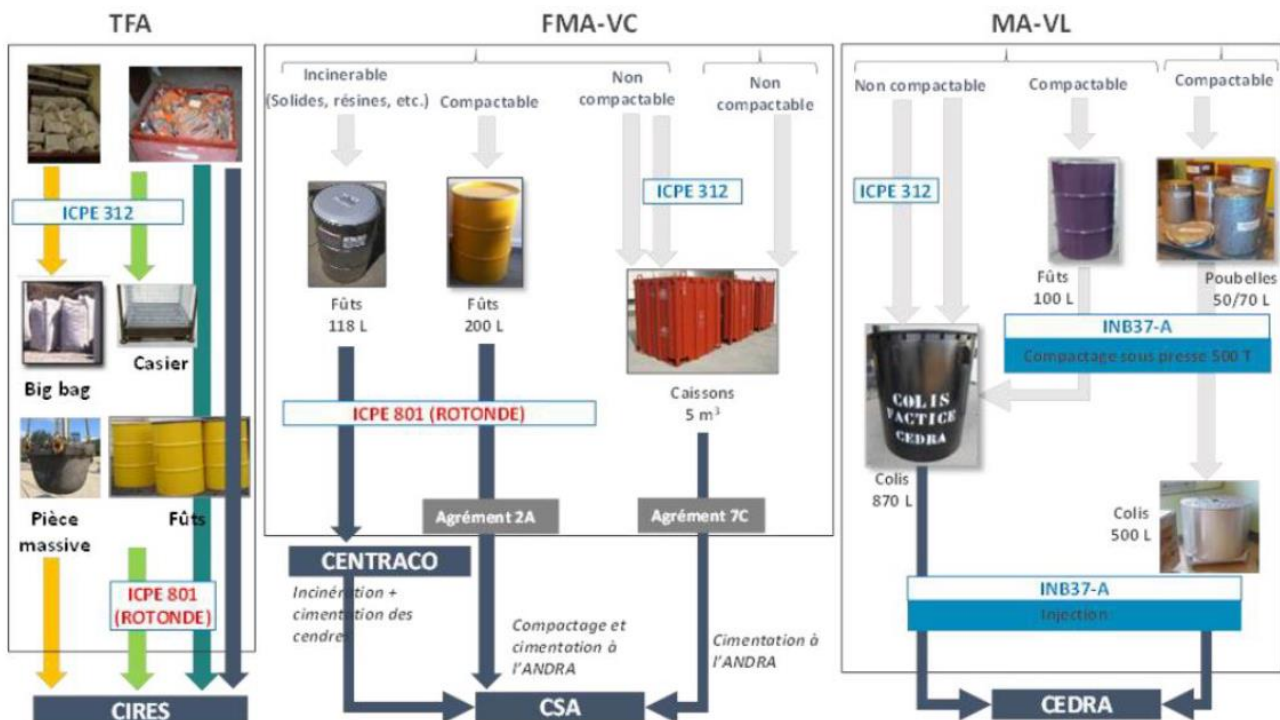


Figure 6 : Filières de traitement des déchets solides radioactifs de Cadarache (source : dossier).  
CSA : centre de stockage de l'Aube - CIREs : centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage

### Déchets sans filière immédiate

Pégase comprend deux types de résines échangeuses d'ions (REI) du circuit d'épuration des eaux :

- celles qui sont actuellement utilisées dans le système épuratoire en service (cela comprend les résines en place, celles qui ont été changées il y a deux ans, et toutes celles qui seront utilisées jusqu'à la fin du démantèlement),
- celles qui étaient utilisées dans l'ancien système épuratoire et qui ont été laissées en place sans être démontées.

Les REI sont fortement contaminées en radioactivité  $\alpha$  et incompatibles avec les exutoires existants. Le dossier renvoie à des études de recherche et développement actuellement en cours à Marcoule pour les traiter, sans plus de précision. Les REI de l'ancien système épuratoire sont en effet des déchets sans exutoire à ce jour. Il conviendrait de préciser l'avancée de la recherche de traitement de ces déchets, de fournir un calendrier (au moins indicatif) et d'indiquer si d'autres DSFI sont susceptibles d'être générés par le démantèlement de Pégase.

Concernant les REI actuelles et futures, il est prévu de les orienter sur l'installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) TRIADE<sup>12</sup>, sans plus de précisions sur cette installation, les procédés mis en œuvre et l'exutoire final de ces déchets.

***L'Ae recommande de préciser les volumes et caractéristiques des résines échangeuses d'ions à traiter dans le cadre du projet, et ce pour chaque type de résines, et de préciser selon les cas leur devenir. Elle recommande aussi au CEA de donner de la visibilité sur l'état d'avancement de la recherche d'une filière apte à toutes les prendre en charge. Elle recommande d'indiquer si d'autres déchets sans filière immédiate sont susceptibles d'être générés par le projet.***

#### Rejets liquides

Les effluents industriels liquides, évalués à 2 731 m<sup>3</sup>, sont transférés dans le réseau des effluents industriels (REI) du centre. Les rejets radioactifs liquides sont transférés vers l'atelier de gestion avancée et de traitement des effluents (Agate), qui est une installation du CEA à Cadarache dédiée au traitement des effluents à faible activité. Leur volume est estimé à 40 m<sup>3</sup>.

Les déchets radioactifs liquides à moyenne activité sont expédiés par camions à la station de traitement des effluents liquides (STEL) de Marcoule.

#### Rejets dans l'air

Les rejets gazeux transitent par un système de filtration à « très haute efficacité » (THE) dont le coefficient d'épuration est de 10<sup>3</sup>. Lorsque nécessaire, deux systèmes THE sont installés en série, permettant d'atteindre un coefficient d'épuration de 10<sup>4</sup> à 10<sup>5</sup>.

Le 1<sup>er</sup> août 2008, la présence de tritium a été détectée dans les rejets gazeux de Pégase à un niveau supérieur au seuil défini dans l'arrêté du 5 avril 2006 relatif aux transferts et rejets d'effluents liquides et aux rejets d'effluents gazeux du site de Cadarache, conduisant à le modifier afin d'y intégrer « une limite compatible avec les rejets tritium justifiés par l'installation ». L'absence d'incidences environnementales de ce taux de rejet, dont la valeur n'est pas précisée, et de l'évolution de la limite de l'arrêté, est démontrée par l'absence d'incidence de rejets effectués au niveau maximum autorisé. Il aurait toutefois été utile d'apporter plus de précisions sur le niveau de ce rejet, ses causes, et les moyens mis en œuvre pour en réduire le plus possible le niveau.

---

<sup>12</sup> Nommée par erreur « TIRADE » dans le dossier. Cette installation de décontamination est exploitée par Orano à Bollène (84).

De façon plus générale, si la part des émissions autorisées de Pégase par rapport à celle de l'ensemble du centre est fournie, ce n'est pas le cas des émissions effectives de Pégase (et de Cascad, laquelle a les mêmes émissaires gazeux) et de celles de l'ensemble du centre. Enfin, si les limites autorisées découlent de décisions de l'autorité de sûreté nucléaire dites « décisions limites » (les dernières datent de 2017)<sup>13</sup>, la nature et les raisons de l'évolution de ces valeurs limites par rapport aux décisions précédentes ne sont pas rappelées. La nature et la durée prévue pour le démantèlement de Pégase invitent à s'assurer que la prise en compte des dysfonctionnements passés est complète.

***L'Ae recommande de compléter la description des dysfonctionnements passés en joignant au dossier la démonstration de l'absence d'incidences sur l'environnement et la santé des valeurs limites autorisées depuis 2017.***

#### *Effets sur les milieux aquatiques et sur la santé humaine*

L'impact chimique sur les milieux aquatiques des rejets liquides issus des opérations de démantèlement est évalué sur une base de cinquante années d'accumulation des rejets dans la Durance par comparaison aux valeurs de référence environnementales disponibles pour la qualité des eaux douces de surface. Les hydrocarbures totaux présentent un ratio (PNEC/PEC)<sup>14</sup> égal à 0,89, très proche de 1, que le dossier qualifie de « *largement inférieure à 1* » ce qui serait à reconsidérer.

L'étude présente aussi les ratios obtenus en comparant les concentrations avec les normes de qualité environnementales, notamment leurs valeurs en moyenne annuelle (NQE-MA). Pour les hydrocarbures (benzo(a)pyrène), le ratio atteint 260 – ce qui signifie que les écosystèmes sont susceptibles d'être exposés à une concentration 260 fois plus élevée que la norme de qualité en moyenne annuelle. Cette valeur très élevée, fournie pour information, correspond à une concentration qui « *reste cependant inférieure à la norme de qualité environnementale en concentration maximale admissible pour ce même élément* ». L'Ae souligne que la concentration maximale admissible représente un seuil pour les rejets ponctuels, alors que la moyenne annuelle représente un seuil pour les rejets chroniques.

***L'Ae recommande d'approfondir l'étude des effets sur l'environnement des rejets de benzo(a)pyrène.***

Concernant la santé humaine, l'étude conclut que pour les substances à effet de seuil, les quotients de danger dus aux concentrations ajoutées par les rejets de l'installation Pégase sont inférieurs à 1 (ainsi que leur somme). Pour les substances sans effet de seuil, les excès de risque individuels par ingestion sont inférieurs à  $10^{-5}$ . Il est considéré donc que l'apparition d'un effet est peu probable et que le risque est non préoccupant.

### **2.2.2 Émissions de gaz à effet de serre**

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) du projet sont estimées à 70 t<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub>/an et à un total de 1 948 t<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub> pour l'ensemble du chantier de démantèlement dont les deux-tiers du fait des déplacements des personnels (16 personnes). Par comparaison, celles du site de Cadarache étaient de 30 522 t<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub> en 2014 (dont 30 % du fait des déplacements du personnel, 30 % de la production d'électricité et 30 % des sources de combustion) et 17 586 t<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub>, en 2020 (dont 41 % sont induites

<sup>13</sup> Décisions n° 2017-DC-0596 et n° 2017-DC-0597 du 11 juillet 2017.

<sup>14</sup> PNEC : concentrations prévisibles sans effet pour les organismes vivants, PEC : concentrations d'exposition des écosystèmes.

par les déplacements de personnel). Des flottes électriques et navettes pour le déplacement du personnel à l'intérieur du centre et à l'extérieur de celui-ci ont été mises en place. Les autres sources de réduction des émissions ne sont pas explicitées.

Les émissions du projet sont calculées sur la base des opérations de démantèlement sur site et des transports – approvisionnement, déchets, personnel– et d'un chantier d'une durée de 28 ans sans justifier cette durée par rapport aux 44 années annoncées (2020 à 2064). Elles n'incluent pas explicitement les émissions générées par l'entreposage au sein de Cascad, ni au sein des autres installations extérieures au centre.

Le dossier ne dit pas si les évaluations (centre et projet) produites tiennent compte des fuites de gaz telle que celle décelée<sup>15</sup> en 2022 sur l'INB 169 Magenta concernant 27,8 kg de fluide frigorigène R134A, ayant un potentiel de réchauffement global de 1,43  $t_{eq}CO_2/kg$ , par exemple. Un plan d'action est cependant mis en place à l'échelle du centre pour limiter les émissions de tels fluides.

***L'Ae recommande de détailler les mesures ou sources de réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle du centre de Cadarache.***

### 2.2.3 Biodiversité

Des barrières pour la faune sont implantées à proximité du site, en amont des installations de Pégase et de l'installation située à l'est, sans qu'elles soient mentionnées dans le dossier. Il a été indiqué aux rapporteurs lors de la visite que de nouvelles barrières seraient implantées. Le dossier annonce des incidences nulles sur la faune sans mentionner ces dispositifs. Il a également été indiqué par oral aux rapporteurs lors de leur visite qu'il serait nécessaire de clôturer l'INB 22, y compris en incluant Pégase sans attendre son démantèlement. Après découplage d'avec Cascad, la clôture sera remaniée pour correspondre aux nouveaux besoins. Ces travaux ne sont pas présentés par le dossier, et leurs incidences sur l'environnement ne sont pas décrites. Il reste donc nécessaire de croiser cette opération avec les enjeux environnementaux recensés autour des bâtiments actuels, qui mettent en évidence une présence de plusieurs espèces protégées.

***L'Ae recommande de compléter l'étude d'impact par le descriptif des dispositifs mis en place pour réduire les incidences de l'activité du centre sur la faune et par l'évaluation des incidences de la pose de clôtures autour de l'INB 22 et de leur reconfiguration après le découplage entre Pégase et Cascad.***

## 2.3 Cumuls d'incidences et suivis

Les cinq projets de démantèlement d'INB à l'intérieur du centre<sup>16</sup> retenus au titre de l'analyse des effets cumulés du projet n'ont, selon le dossier, pas d'effets cumulés significatifs. Cette position s'appuie sur les éléments de suivi environnemental du site. Le centre de Cadarache dispose d'une « étude d'impact » à son échelle (le rapport environnemental 2022 est en ligne)<sup>17</sup>, traitant des effets de l'ensemble du site, s'appuyant sur les résultats des suivis, et prenant en compte l'ensemble des

<sup>15</sup> <https://cadarache.cea.fr/cad/Documents/Environnement/Rapport%20annuel%20environnemental%202022.pdf> : Rapport environnemental du centre de Cadarache 2022.

<sup>16</sup> N° 52 ATUE (Atelier de traitement de l'uranium enrichi) en vue de sa mise à l'arrêt définitif (2016), Démantèlement de l'INB n° 25 RAPSODIE, Démantèlement de l'INB n° 92 PHEBUS (2021), Démantèlement des INB n°42 EOLE et n°95 MINERVE 2021, Démantèlement de l'INB n°53 MCMF (Magasin Central des matières fissiles) 2021.

<sup>17</sup> <https://cadarache.cea.fr/cad/Documents/Environnement/Rapport%20annuel%20environnemental%202022.pdf>.



opérations de démantèlement. La dose<sup>18</sup> totale induite par les rejets du centre de Cadarache (toutes INB et tous types de rejets confondus) serait de l'ordre de 1,3 µSv/an pour la population du hameau. Cette dose est largement inférieure à la limite autorisée pour le public, qui est de 1 mSv/an.

L'ensemble des rejets font l'objet d'une surveillance, en continu ou différée, décrite dans l'étude d'impact. Des retours d'expérience sont effectués, dont certains sont restitués dans le dossier. Ils sont exposés dans le rapport environnemental annuel à disposition du public.

## 2.4 Résumé non technique

Le résumé non technique, bien illustré, est lui aussi clair et didactique. Cependant, il ne permet pas d'avoir une vision complète de tous les documents qui constituent le dossier. Il manque par exemple les indications relatives aux dispositifs de suivi, ainsi qu'une présentation plus détaillée des travaux de démantèlement.

*L'Ae recommande de prendre en compte dans le résumé non technique les conséquences des recommandations du présent avis et de le compléter pour rendre sa lecture suffisante pour appréhender le projet et toutes ses incidences.*

## 3. Étude de maîtrise des risques et révision du rapport de sûreté

Le dossier comporte, comme cela est requis pour les projets concernant une installation nucléaire, un rapport de sûreté et une étude de maîtrise des risques (version préliminaire), qui distinguent les risques d'origine nucléaire et non nucléaire, internes et externes.

Ces deux études présentent sous une forme aisément accessible au public les conséquences, pour la santé des personnes et l'environnement, des incidents ou accidents que pourrait connaître l'installation, à partir d'une identification des risques présents<sup>19</sup>.

L'étude présente également les retours d'expérience disponibles pour des opérations similaires recueillis lors de précédents démantèlements d'installations du CEA. Cette partie ne mentionne pas un incident survenu dans Pégase et déclaré le 7 mars 2012 à l'ASN<sup>20</sup> : la chute du palan-moteur et de sa câblerie d'un pont roulant dans un bassin d'entreposage de matières radioactives. Une masse de 1,5 t a ainsi chuté d'une hauteur de 10 m puis de 7 m dans l'eau du bassin – qui ne contenait alors aucune matière radioactive. Un agent a subi une contusion à la jambe. L'incident a été classé 1 sur l'échelle de l'INES<sup>21</sup>.

Le risque de collision et de chute de charges est pris en compte, mais n'est considéré que l'effet de la chute de la charge manipulée, sans chute de l'engin de manutention comme dans l'incident de 2012. En outre, les effets de ce risque sont évalués en supposant une hauteur de chute maximale

<sup>18</sup> La quantité d'énergie transférée par unité de masse de la matière exposée aux rayonnements s'exprime en Gray (Gy). L'effet biologique de la radioactivité se mesure par la dose efficace, qui tient compte de l'énergie transférée pondérée par la dangerosité des rayonnements selon les tissus affectés. Elle s'exprime en Sievert (Sv) ou plus généralement en millisievert (mSv ou 0,001 Sv) ou en microsievert (µSv ou 0,001 mSv).

<sup>19</sup> Certains risques inventoriés pourraient être reformulés pour correspondre effectivement à des risques (« maîtrise des réactions nucléaires en chaîne », « facteurs organisationnels et humains »...).

<sup>20</sup> <https://www.asn.fr/l-asn-contrôle/actualités-du-contrôle/installations-nucléaires/avis-d-incident-des-installations-nucléaires/chute-d-un-equipement-de-manutention-dans-un-bassin-d-entreposage>.

<sup>21</sup> *International nuclear and radiological event scale* – Échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques graduée de 0 à 7 par ordre croissant de gravité.

de 1 m car la manutention est effectuée au plus près du sol, et de 3 m pour la phase de descente de charge d'un élément venant d'être découpé. Sous ces hypothèses, ce scénario est le plus pénalisant des scénarios recensés. Il n'est pas expliqué en quoi le risque de chute de l'engin de manutention ne pourrait aggraver ce scénario.

***L'Ae recommande d'inclure l'incident de mars 2012 dans le retour d'expérience utilisé pour évaluer les risques du démantèlement, d'indiquer si sa prise en compte dans le scénario de collision et de chute de charges serait de nature à en modifier l'évaluation des effets sur l'environnement et la santé humaine, et le cas échéant d'évaluer les effets d'un tel scénario aggravé.***

Un scénario accidentel de référence est défini comme étant celui qui est susceptible d'entraîner les conséquences chimiques ou radiologiques les plus importantes. Il s'agit d'un séisme entraînant la fissuration du bâtiment et provoquant le dénoyage des capacités en eau de l'INB 22 ainsi qu'un incendie des colis dans une zone d'entreposage. Il induirait dans tous les cas étudiés une radioactivité ajoutée inférieure à 10 µSv pour les populations les plus exposées. Elle reste ainsi nettement inférieure à 10 mSv pour le groupe de référence résidant à Saint-Paul-lès-Durance (groupe représentatif des populations les plus exposées), valeur qui correspond au premier niveau d'intervention (mise à l'abri) mentionné dans l'arrêté du 20 novembre 2009 portant homologation de la décision n° 2009-DC-153 de l'ASN du 18 août 2009, relative aux niveaux d'intervention en situation d'urgence radiologique en cas d'accident nucléaire. L'étude conclut que l'accident de référence n'est pas susceptible d'engendrer des conséquences radiologiques notables sur le public de référence et sur l'environnement.

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a produit le 19 décembre 2019 l'avis IRSN/2019-00288<sup>22</sup> sur l'aléa sismique pris en compte par le CEA pour des études de risque sismique sur Cascad et Cedra. Cet avis considère que les distances hypocentrales du séisme de référence du site et du paléoséisme sont sous-estimées par le CEA et que les spectres d'aléas ne sont pas satisfaisants. Il estime que le CEA devrait poursuivre ses travaux.

La version préliminaire de la révision du rapport de sûreté se réfère à un aléa sismique établi et validé en 2001. Le dossier ne permet pas de savoir si l'avis du 19 décembre 2019 de l'IRSN a été pris en compte et, en cas contraire, si sa prise en compte modifierait l'évaluation des incidences du scénario accidentel de référence sur Pégase.

***L'Ae recommande de préciser si l'avis IRSN/2019-00288 sur l'aléa sismique a été pris en compte par les études présentées, et en cas contraire, d'indiquer si sa prise en compte modifierait l'évaluation des incidences du scénario accidentel de référence sur Pégase.***

---

<sup>22</sup> <https://www.irsn.fr/sites/default/files/documents/expertise/avis/2019/Avis-IRSN-2019-00288.pdf>.