



Autorité environnementale

<http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/l-autorite-environnementale-r145.html>

**Avis délibéré de l’Autorité environnementale
sur le dossier de démantèlement de l’INB 92 :
Phébus à Saint-Paul-lès-Durance (13)**

n°Ae : 2021-46

Avis délibéré n° 2021-46 adopté lors de la séance du 21 juillet 2021

Préambule relatif à l'élaboration de l'avis

L'Ae¹ s'est réunie le 21 juillet 2021 en visioconférence. L'ordre du jour comportait, notamment, l'avis sur le dossier de démantèlement de l'INB 92 : Phébus à Saint-Paul-lès-Durance (13).

Ont délibéré collégalement : Sylvie Banoun, Nathalie Bertrand, Barbara Bour-Desprez, Marc Clément, Pascal Douard, Louis Hubert, Christine Jean, Philippe Ledenvic, François Letourneux, Serge Muller, Alby Schmitt, 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 : Sophie Fonquernie, Michel Pascal, Éric Vindimian, Annie Viu

* *

*

L'Ae a été saisie pour avis par la direction générale de la prévention des risques du ministère de la transition écologique, l'ensemble des pièces constitutives du dossier ayant été reçu le 5 mai 2021.

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 doit être fourni dans un délai de trois mois.

Conformément aux dispositions de ce même article, l'Ae a consulté par courriers en date du 12 mai 2021 :

- le préfet des Bouches-du-Rhône,
- le directeur général de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) de Provence-Alpes-Côte-d'Azur,
- le directeur général de l'Agence régionale de santé (ARS) de Provence-Alpes-Côte-d'Azur, qui a transmis une contribution en date du 2 juillet 2021.

Sur le rapport de Carole Hohwiller et de François Vauglin, 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 à l'article L. 122-1 V 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.

¹ Formation d'autorité environnementale du Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD).

Synthèse de l'avis

L'installation nucléaire de base « Phébus » (INB 92) est localisée sur le centre de Cadarache du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), situé sur le territoire de la commune de Saint-Paul-lès-Durance (13). Construite dans les années 1970, l'installation Phébus était un réacteur expérimental de faible puissance dédié à la réalisation d'essais de sûreté pour l'étude des accidents graves pouvant survenir sur les réacteurs à eau pressurisée (REP) des centrales nucléaires, en reproduisant au 1/5 000^e la fusion du cœur d'un REP. En 2007, il a été décidé que l'installation ne serait plus utilisée.

Le projet présenté est celui du démantèlement de Phébus. Certaines opérations préparatoires au démantèlement (Opdem) ont déjà été conduites, d'autres sont prévues : elles sont constitutives du projet mais l'étude d'impact ne les évalue pas. L'Ae recommande de faire porter l'étude d'impact sur l'ensemble des opérations conduisant à l'état final envisagé (industriel ou tertiaire), y compris les Opdem.

Pour l'Ae, les principaux enjeux environnementaux du projet sont l'exposition des habitants et des milieux naturels aux rejets radioactifs et chimiques du fait du projet et du cumul avec les autres installations de Cadarache, ainsi que la production, la gestion et le traitement des déchets.

Le dossier est très didactique et bien présenté. L'Ae formule les principales recommandations suivantes :

- mieux justifier la durée de 33 ans prévue pour le projet et examiner les possibilités de réaliser les opérations sur une durée plus proche des 16 ans présentés comme nécessaires,
- prendre des hypothèses plus proches de la réalité prévisible (moins majorantes) pour fixer les limites de rejets sollicitées,
- mettre en œuvre l'ensemble des mesures d'évitement et de réduction proposées dans l'annexe de l'étude d'impact,
- compléter l'évaluation des effets cumulés par une analyse de l'ensemble des incidences cumulées du projet avec les autres projets connus, et en particulier ceux du centre CEA de Cadarache et d'Iter, et de reprendre l'analyse des effets cumulés des rejets d'hydrocarbures sur les milieux aquatiques, en prévoyant si besoin des mesures d'évitement, de réduction ou de compensation.

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

Le site de Cadarache est d'une superficie de 1 600 ha. L'installation voisine « Iter » se déploie sur 180 ha. Le périmètre de l'INB Phébus couvre une superficie de 0,8 ha. 5 000 personnes travaillent à Cadarache.

1.1.2 Présentation de l'installation

Construite dans les années 1970, l'installation Phébus était un réacteur expérimental de faible puissance : la puissance thermique maximale autorisée était de 38 MW. Il s'agissait d'un réacteur de type piscine² avec un cœur constitué de 1 816 crayons d'oxyde d'uranium (UO₂) faiblement enrichi en uranium 235 (2,78 %), modéré³ et refroidi avec de l'eau légère.

Il était dédié à la réalisation d'essais de sûreté pour l'étude des accidents graves pouvant survenir sur les réacteurs à eau pressurisée (REP) des centrales nucléaires, en reproduisant au 1/5 000^e la fusion du cœur d'un REP. Les programmes qui y ont été menés ont permis de simuler des accidents de perte de refroidissement ainsi que de fusion du combustible, et d'étudier le comportement des produits de fission (PF).

Le périmètre de l'installation Phébus comprend un bâtiment principal incluant :

- le « bâtiment réacteur », comprenant principalement une piscine contenant le cœur du réacteur avec des réflecteurs en graphite à sa périphérie (pour ralentir et réfléchir les neutrons) et une source neutronique de démarrage (pour lancer les réactions en chaîne du réacteur), un bac de stockage permettant de maintenir sous eau des structures issues du réacteur, le caisson du circuit d'eau pressurisée, une partie des circuits de refroidissement, des circuits d'effluents liquides ;
- l'« extension PF » dédiée à l'étude du comportement des produits de fission, avec notamment un carrousel permettant le transfert des produits de fission depuis le réacteur vers les installations d'analyse, le caisson des circuits PF, les cellules blindées « Cecile » et « Celena » utilisées pour traiter les échantillons prélevés lors des essais (conditionnement, entreposage et examen), l'autre partie des circuits de refroidissement, des circuits d'effluents liquides et gazeux ;
- des locaux annexes comprenant notamment la salle de commande, un laboratoire, deux postes électriques haute tension (HT) / basse tension (BT) et les locaux de ventilation ;
- une cheminée de 40 m de haut ;
- des caniveaux et réseaux destinés à évacuer les effluents liquides dans les installations de traitement de Cadarache.

L'installation Phébus comprenait également une tour aéro-réfrigérante de 20 MW désinstallée en 2017, dont la dalle en béton armé a été conservée. La zone correspondante sera réaménagée, pour les besoins du démantèlement, en zone d'entreposage (temporaire) de colis de déchets de très faible activité (TFA).

² Réacteur de recherche dont le bloc cœur est immergé dans une piscine de façon à assurer la protection du personnel et des installations voisines contre les rayonnements tout en permettant un accès et une utilisation faciles.

³ Le modérateur ralentit les neutrons afin d'optimiser la réaction de fission en chaîne.

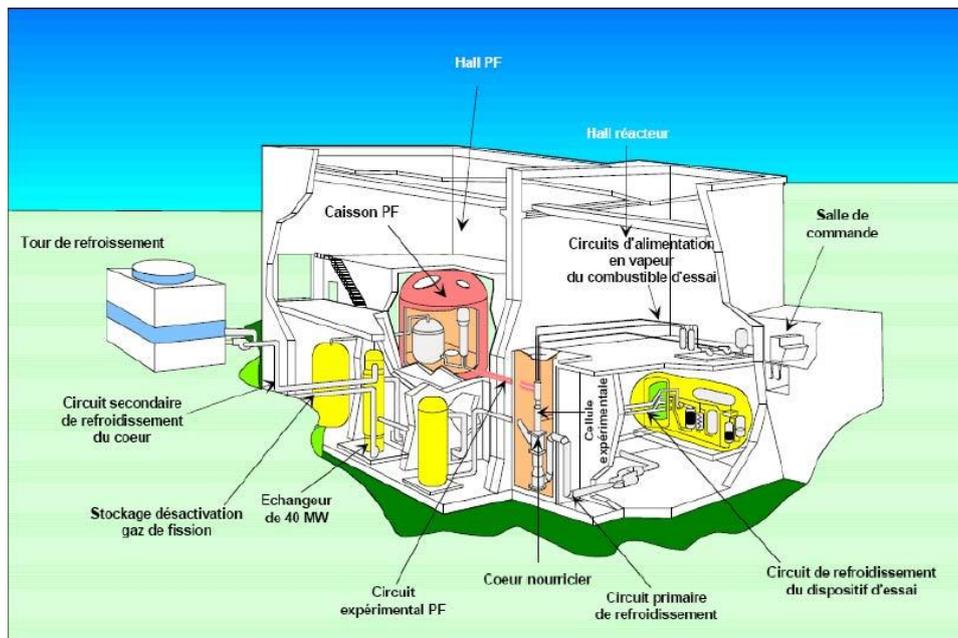


Figure 3 : Schéma de l'installation Phébus. (Source : dossier)

La surface bâtie de l'installation Phébus est de l'ordre de 3 000 m² (tous niveaux compris), dont environ 2 000 m² en zone réglementée au sens de la radioprotection.



Figure 4 : L'installation Phébus à son démarrage. (Source : dossier)

1.1.3 Historique du fonctionnement

Autorisée en 1977 et mise en service en 1978, l'installation Phébus a permis de réaliser trois programmes d'essais entre 1979 et 2004 :

- 1979 à 1984 : étude du comportement du combustible de type REP lors de sa remise en eau (remouillage), après une dépressurisation accidentelle du circuit primaire ;
- 1986 à 1989 : étude de la dégradation du combustible due à la perte de refroidissement primaire, pour des températures inférieures à la température de fusion de l'oxyde d'uranium ;
- 1993 à 2004 : étude de la diffusion des produits de fission consécutive à la dégradation de combustibles irradiés afin de valider les codes de calculs impliqués dans l'étude des accidents sévères des REP.

En 2007, il a été décidé que l'installation ne serait plus utilisée. En 2012, les assemblages combustibles du cœur ont été déchargés vers le bac de stockage du bâtiment réacteur. L'évacuation des éléments combustibles irradiés, autorisée en 2017, était initialement prévue vers une installation située sur le site CEA de Marcoule⁴. Celle-ci étant indisponible, l'ensemble des éléments combustibles et des matières contenant de l'uranium ont été évacués de l'installation Phébus vers d'autres INB du centre CEA de Cadarache entre 2017 et 2019.

La source neutronique de démarrage est encore présente dans la piscine du bâtiment réacteur, dans l'attente de l'identification d'une filière d'évacuation ou à défaut de son transfert vers un autre lieu d'entreposage. Son retrait de la piscine est un préalable au démarrage du démantèlement du bâtiment réacteur. Il a été indiqué par oral aux rapporteurs que cette source serait entreposée dans un autre local de Phébus avant de l'être ailleurs à Cadarache.

Des opérations préparatoires au démantèlement et à l'assainissement de l'installation ont été engagées à partir de 2017.

L'objectif du CEA est d'obtenir le déclassement de l'installation et sa radiation de la liste des INB. Dans l'état final visé, les substances dangereuses, y compris non radioactives, ainsi que les déchets générés, auront été évacués et l'installation sera exempte de contamination et de pollution chimique. Ces locaux pourront alors être libérés de toute contrainte nucléaire et être réutilisés comme des bâtiments conventionnels du CEA, probablement à des fins industrielles non nucléaires ou de recherche (tertiaire). Le dossier précise qu'en cas de découverte de contamination chimique ou radiologique sous les bâtiments qui ne seront pas déconstruits, une servitude serait mise en place.

1.2 Présentation du projet

1.2.1 Présentation générale du plan de démantèlement

Le démantèlement de Phébus consiste à déposer et évacuer les nombreux équipements expérimentaux, ainsi que les utilités et installations techniques auxiliaires (électricité, ventilation...), à assainir les structures et à déclasser l'installation.

La conception de Phébus facilite son démantèlement : le réacteur de type piscine, accueillant en son centre une cellule en pile, favorise l'accessibilité des éléments combustibles. Les deux circuits contenant la contamination provenant de la dégradation du combustible (circuit d'eau pressurisée et circuit PF) sont confinés chacun dans un caisson étanche.

La stratégie retenue consiste à réaliser un démantèlement en série de l'extension PF puis du bâtiment réacteur, ce qui permet notamment de limiter les capacités nécessaires pour gérer les déchets ainsi que pour accueillir le personnel. Pour l'extension PF comme pour le bâtiment réacteur ensuite, le démantèlement sera effectué en allant des zones les moins contaminées vers les plus contaminées.

Les éléments à démanteler dans l'extension PF sont notamment les composants de grand volume liés au circuit de refroidissement principal, les circuits d'effluents liquides et gazeux, le caisson de confinement des circuits expérimentaux PF, le dispositif d'évacuation des déchets, les équipements

⁴ <https://www.asn.fr/Informer/Dossiers-pedagogiques/Les-installations-de-recherche-et-les-installations-industrielles/Les-installations-de-recherche/Les-reacteurs-sources-de-neutrons>.

internes (ventilation...). Le démantèlement de l'extension PF sera réalisé par niveau, en procédant du 3^e sous-sol vers le 1^{er} niveau, afin de maintenir certains équipements le plus longtemps possible (sas situé en hauteur au niveau + 5,40 m et équipements de ventilation au 1^{er} sous-sol).

Les éléments à démanteler dans le bâtiment réacteur sont notamment les circuits d'effluents liquides, les circuits expérimentaux d'eau pressurisée et le caisson de confinement associé, la piscine et ses éléments internes, le bloc réacteur et la cellule en pile, le bac de stockage et ses éléments internes, les équipements internes (ventilation...). Le démantèlement du bâtiment réacteur sera réalisé par niveau, en procédant du rez-de-chaussée vers le 3^e sous-sol, afin de démanteler les réseaux selon une logique gravitaire.

L'ensemble des opérations de démantèlement est organisé en sept phases présentées ci-après. En amont de celles-ci, des opérations de surveillance, d'entretien et d'exploitation ont été engagées, ainsi que des opérations préparatoires au démantèlement (Opdem). Leur objectif est de réduire au plus tôt le niveau de risque global induit par l'installation en réduisant l'inventaire radiologique présent et plus généralement le terme source⁵ mobilisable en situation d'incident. Les Opdem concernent notamment la dépose des circuits de refroidissement principal et de secours du cœur du réacteur, le circuit d'eau intermédiaire, les équipements internes du caisson PF, les cellules Cecile et Celena, les équipements internes du carrousel.

L'étude d'impact ne porte que sur les opérations de démantèlement restant à réaliser (dont le contenu n'est dicté que par le phasage des travaux et les procédures administratives). Selon la directive « projets »⁶ et le code de l'environnement, le projet devrait inclure l'ensemble des opérations conduisant au démantèlement de l'installation depuis sa mise à l'arrêt (les Opdem en font donc partie). En effet, selon l'article L. 122-1 II 5° du code de l'environnement : « *Lorsqu'un projet est constitué de plusieurs travaux, installations, ouvrages ou autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage, il doit être appréhendé dans son ensemble, y compris en cas de fractionnement dans le temps et dans l'espace et en cas de multiplicité de maîtres d'ouvrage, afin que ses incidences sur l'environnement soient évaluées dans leur globalité* ».

Pour pouvoir apprécier l'ensemble des incidences du démantèlement, l'Ae recommande de rappeler les opérations déjà conduites ainsi que leurs incidences environnementales en tenant compte le cas échéant des mesures prises pour les éviter, les réduire et les compenser, et d'en présenter le suivi.

Le planning prévisionnel du projet, présenté ci-dessous, s'étend jusqu'en 2056, voire au-delà compte tenu du processus de réexamen de la sûreté de l'installation et de la stratégie globale de démantèlement de l'ensemble des installations nucléaires du CEA.

⁵ Ensemble des grandeurs caractérisant les produits radioactifs rejetés par une installation nucléaire.

⁶ Directive 2011/92/UE du Parlement européen et du Conseil du 13 décembre 2011 concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement, modifiée par la directive 2014/52/UE du 16 avril 2014.

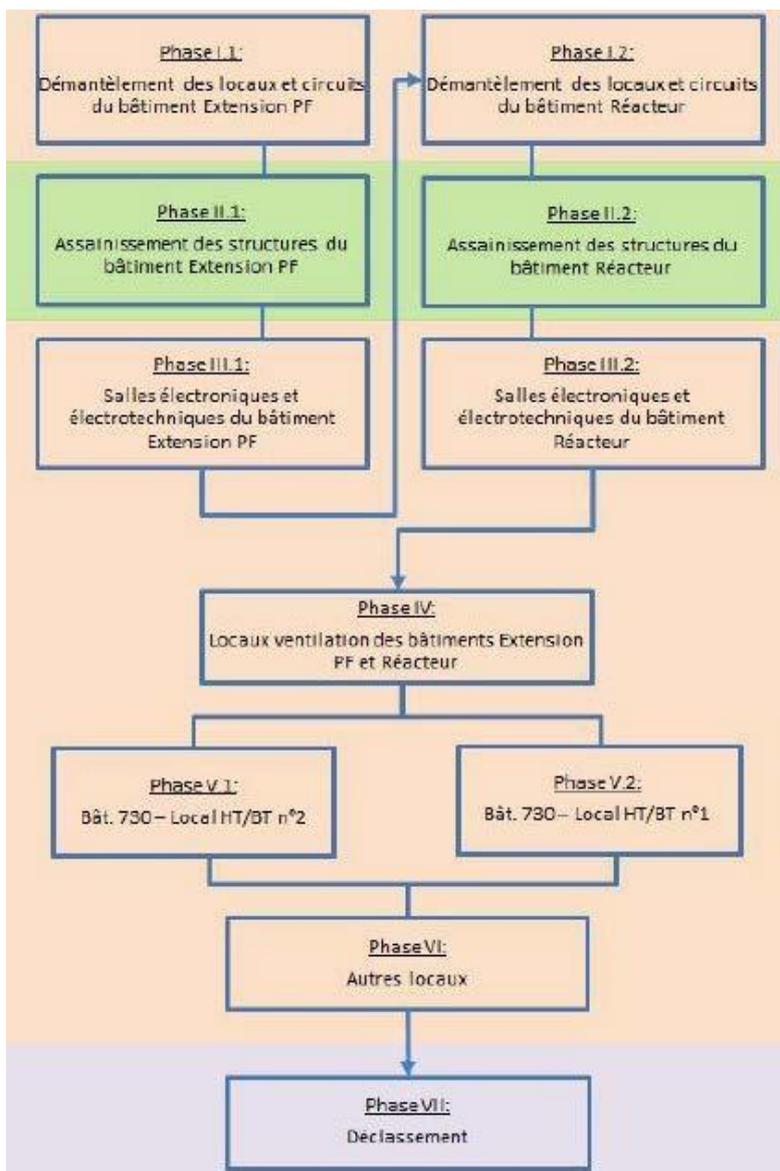


Figure 5 : Phasage des opérations de démantèlement. (Source : dossier)

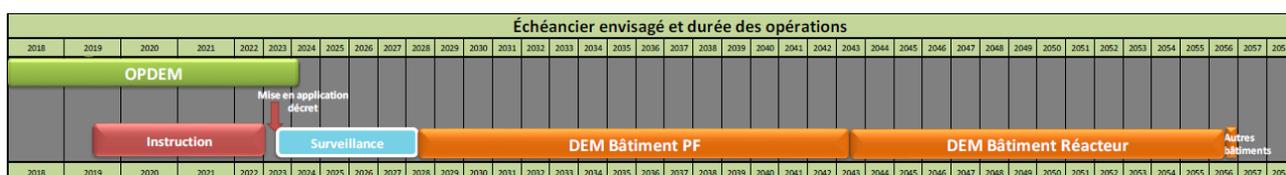


Figure 6 : Planning prévisionnel du projet. (Source : dossier)

Les opérations de démantèlement nécessitent des aménagements mineurs de l'installation : équipements de manutention supplémentaires (un pont de manutention au niveau - 8 m de l'extension PF, une potence au niveau 0 m du bâtiment réacteur), modification de portes d'accès à l'extension PF et au bâtiment réacteur, agrandissement des vestiaires pour le bâtiment réacteur.

Le dossier présente des éléments de coût du projet et indique que le montant des provisions comptabilisées au 31 décembre 2019 par le CEA, y compris aléas, au titre des obligations de fin de cycle relatives à l'installation Phébus est de 113,4 millions d'euros.

Pour la complète information du public, l'Ae recommande de préciser le coût total du projet de démantèlement et de ses différentes étapes (y compris les Opdem).

1.2.2 Évolution prévisionnelle de la radioactivité de l'installation – Déchets générés par le projet

La radioactivité⁷ totale de Phébus (terme source initial de l'installation) au début du démantèlement est estimée à environ 9.10^{12} Bq. Pour l'extension PF, la majeure partie du terme source sera évacuée lorsque les effluents actifs auront été transférés hors de l'installation. Pour le bâtiment réacteur, la quasi-totalité du terme source sera évacuée avec le démantèlement de la cellule en pile et des éléments internes de la piscine : ce retrait correspond à 99 % du terme source initial de l'installation. À l'issue du démantèlement, la radioactivité résiduelle sera inférieure à 10^8 Bq.

Le démantèlement générera des déchets radioactifs et des déchets conventionnels. Le zonage déchets des locaux de l'installation Phébus distingue les zones à l'intérieur desquelles les déchets solides produits sont soit radioactifs ou susceptibles de l'être (zones à production possible de déchets nucléaires (ZppDN) : bâtiment réacteur et extension PF), soit conventionnels (zones à déchets conventionnels (ZDC) : autres locaux). Les quantités de déchets radioactifs solides générés par le démantèlement de l'installation sont principalement de très faible activité (TFA : 1 547 t) et de faible ou moyenne activité à vie courte (FMA-VC : 360 t). De l'ordre de 200 kg de déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL) seront également produits, ainsi que 471 tonnes de déchets conventionnels. Le dossier précise le nombre de colis et de transports correspondant à l'ensemble de ces déchets, ainsi que leurs exutoires. Les déchets MA-VL seront entreposés en attendant de disposer d'une installation de stockage définitif.

Masses de déchets produits par le démantèlement de l'installation Phébus (t)						
	MA-VL	FMA-VC	FA-VL (*)	TFA	Conventionnels	Total
Déchets solides de démantèlement	0,2	197	0	984	471	1652
Déchets d'assainissement	0	0	0	327	0	327
Déchets induits	0	6	0	49	0	55
Déchets technologiques	0	157	0	187	0	344
Total par catégorie de déchets	0,2	360	0	1547	471	2 378

(*) : Aucun colis de déchets FA-VL n'est envisagé. Néanmoins, s'il s'avérait que les réflecteurs graphite ne puissent être considérés comme déchets FMA-VC, ils seraient recatégorisés comme déchets FA-VL.

Figure 7 : Bilan massique prévisionnel des déchets solides générés par le démantèlement de l'installation. (Source : dossier)

L'évaluation des déchets FMA-VC comprend 2,05 t de déchets graphite, dont le dossier précise qu'ils pourraient être caractérisés en FA-VL. Le résumé non technique évalue la quantité de déchets graphite à 1,7 t et les qualifie de FMA-VL. En outre, 200 m³ de déchets tritiés, plombés, de graphite et de résines sont considérés comme des déchets non immédiatement évacuables (NIE). Ils font partie des « déchets sans filière immédiate ». Il conviendra donc d'actualiser le dossier lorsque leur caractérisation sera mieux connue et que leurs filières existantes ou envisagées seront connues avec certitude.

⁷ La radioactivité se mesure en becquerel (Bq). Un Bq correspond à la désintégration d'un noyau radioactif par seconde. On parle aussi de MBq (millions de becquerels) ou de GBq (milliards de becquerels).

Le démantèlement de Phébus génère également des effluents liquides. Les effluents radioactifs sont principalement de très faible activité : environ 300 m³ issus de la vidange de la piscine du réacteur après découpe sous eau des éléments internes et du démantèlement de la station d'épuration de l'installation Phébus. De l'ordre de 20 m³ d'effluents suspects et amiantés seront produits par les opérations de décontamination en sortie du chantier amiante du caisson à eau pressurisée, ainsi que 3,6 m³ environ d'effluents actifs par l'assainissement des équipements (rinçage des cuves notamment). De plus, environ 375 m³ d'effluents *a priori* conventionnels (effluents industriels) seront produits lors de l'abaissement du niveau d'eau de la piscine du réacteur, en amont de la dépose des éléments internes, et de la vidange du bassin de stockage et du circuit de refroidissement. Leurs caractéristiques seront contrôlées et le cas échéant ils seront traités comme des effluents actifs.

Les effluents industriels seront traités à la station de traitement et d'épuration des effluents industriels de Cadarache. Les effluents TFA seront envoyés vers la station « Agate » dédiée au traitement des effluents actifs de Cadarache. Les effluents suspects seront traités dans l'une ou l'autre de ces stations en fonction de leurs caractéristiques radiologiques et du taux matières en suspension. Les autres effluents actifs seront envoyés vers la station de traitement du CEA de Marcoule.

Nature de l'effluent	Volume en m ³	Filière	Type de colis/ citerne
Effluents industriels	375	STEP-EI	réseau d'effluents industriels du Centre
Effluents suspects amiantés (caisson EP)	20	STEP-EI/AGATE	réseau d'effluents industriels du Centre / LR 154
Effluents actifs bât. extension PF (rinçage)	3,0	STEL Marcoule	LR 154
Effluents actifs bât. extension PF (fonds de cuves)	0,3	STEL Marcoule	Fût Halar® 200 L
Effluents actifs bât. réacteur (REEF 01)	0,3	STEL Marcoule /AGATE	Fût Halar® 200 L / LR 154
Effluents actifs : piscine après découpe	300	AGATE	LR 154

Figure 8 : Bilan volumique prévisionnel des effluents liquides générés par le démantèlement de l'installation. (Source : dossier)

1.3 Procédures relatives au projet

La mise à l'arrêt définitif et le démantèlement d'une installation nucléaire de base surviennent après son exploitation et visent à atteindre un état final permettant de déclasser l'installation et de la retirer de la liste des INB. L'article L. 593-25 du code de l'environnement prévoit en effet que la mise à l'arrêt définitif et le démantèlement d'une INB sont subordonnés à une autorisation préalable délivrée par décret, après avis de l'ASN. Le processus se terminera par une autorisation de déclassement de l'INB prise par l'ASN et homologuée par les ministres concernés.

Le projet de démantèlement de Phébus est l'objet d'une enquête publique et d'un avis de l'autorité environnementale. Nécessitant une décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution du

ministre chargé de l'environnement ou un décret pris sur son rapport, l'Ae est compétente en application de l'article R. 122-6 du code de l'environnement. Elle est saisie pour avis sur la qualité de l'évaluation environnementale et la bonne prise en compte des enjeux environnementaux et sanitaires.

Le dossier étudie les incidences des opérations sur les objectifs de conservation des sites Natura 2000 ⁸.

1.4 Principaux enjeux environnementaux du projet relevés par l'Ae

Pour l'Ae, les principaux enjeux environnementaux du projet sont :

- l'exposition des habitants et des milieux naturels (habitats et espèces) aux rejets radioactifs et chimiques du fait du projet et du cumul avec les autres installations de Cadarache,
- la production, la gestion et le traitement des déchets.

2. Analyse de l'étude d'impact

Le dossier est très didactique et bien présenté. Il comporte un fascicule spécifique rassemblant un glossaire et un dictionnaire qui permettent au lecteur non spécialiste de comprendre plus facilement les aspects techniques. L'étude d'impact pourrait cependant être encore améliorée en présentant une brève synthèse à la fin de chaque thématique traitée.

Le dossier cite d'autres opérations de démantèlement en cours ou menées à leur terme par le CEA. En particulier, vingt INB du CEA ont d'ores et déjà été déclassées à la suite de leur démantèlement. Cette expérience est de nature à crédibiliser le dossier.

2.1 État initial

La description de l'état initial est bien proportionnée aux enjeux.

Les premières habitations sont situées à plus d'un kilomètre. L'état radiologique de l'environnement est décrit. En supposant une présence continue 24h/24 à proximité immédiate de Phébus, une dose⁹ de 0,6 mSv/an serait reçue (calculée à partir des mesures 2019 en continu du dosimètre implanté à proximité de Phébus). La clôture du site de Cadarache est au plus proche à 350 m environ. L'irradiation externe est considérée comme négligeable.

L'analyse des sols autour de Phébus montre un niveau d'activité comparable à ce qui est mesuré hors de Cadarache, et pas de pollution chimique notable. Les prélèvements effectués dans des fruits, légumes, lait de chèvre et thym dans les environs de Cadarache ne montrent pas d'anomalie.

⁸ Code de l'environnement, articles L. 414-4 et R. 414.19 à 26. Les sites Natura 2000 constituent un réseau européen en application de la directive 79/409/CEE « Oiseaux » (codifiée en 2009) 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 » sont des zones spéciales de conservation (ZSC), ceux qui le sont au titre de la directive « Oiseaux » sont des zones de protection spéciale (ZPS).

⁹ L'effet biologique de la radioactivité se mesure par la dose efficace. Elle s'exprime en Sievert (Sv) ou plus généralement en millisievert (mSv ou 0,001 Sv) ou en microsievvert (µSv ou 0,001 mSv).

L'air est généralement de bonne qualité, mais des dépassements de la valeur cible pour la protection de la santé sont constatés plus de 25 jours par an pour l'ozone, majoritairement en période estivale. Ce phénomène est attribué à des déplacements d'air pollué issu de régions situées au sud de Cadarache. L'hiver, le chauffage et les brûlages (à l'extérieur du site du CEA) sont à l'origine d'émissions de particules fines qui dégradent la qualité de l'air. Des risques de dépassement par les oxydes d'azote existent aussi.

La qualité chimique et radiologique des eaux souterraines est bonne, tout comme la qualité physico-chimique, radiologique et biologique des eaux et milieux associés à la Durance.

Le site de Cadarache est caractérisé par une biodiversité riche. Il est entouré par le parc naturel régional du Verdon et par celui du Luberon. Cent-cinquante espèces végétales ont été inventoriées, parmi lesquelles aucune espèce patrimoniale ou protégée, ce qui est surprenant et serait à vérifier en tirant parti des inventaires des Znieff¹⁰ et sites Natura 2000 les plus proches et de prospections ciblées, en particulier pour le suivi de Cadarache (le projet n'affecte directement quasiment pas de milieux naturels).

Concernant la faune, certains reptiles présentent des enjeux notables sur le site ou à proximité : la Coronelle girondine (enjeu fort), le Psammodrome d'Edwards (enjeu modéré) et le Seps strié (enjeu modéré). Le Scorpion languedocien présente des enjeux modérés, ainsi que six espèces d'insectes : l'Arcyptère provençale, l'Éhippigère provençale, la Magicienne dentelée, le Sténobothre occitan, la Proserpine et la Zygène cendrée. Trois espèces de chauves-souris relèvent d'un enjeu écologique modéré à fort : le Grand Murin (enjeu fort), la Noctule de Leisler (enjeu modéré) et la Vespère de Savi (enjeu modéré). Parmi les vingt-quatre espèces d'oiseaux diurnes observées, sept présentent des enjeux notables pour la reproduction.

Les inventaires ne présentent pas d'information sur les mousses, lichens, champignons, mollusques : s'agissant d'espèces susceptibles de concentrer les pollutions (bioaccumulateurs) dont certaines sont utilisées dans le suivi radiologique, il serait utile de compléter les inventaires avec ces espèces.

2.2 Analyse de la recherche de variantes et du choix du parti retenu

L'étude des variantes porte sur l'organisation de la déconstruction et en particulier l'ordre des opérations. Quatre scénarios et trois variantes sont étudiés. Le choix est opéré en tenant compte des critères techniques, des enjeux liés à la sûreté, à la sécurité, à la dosimétrie et à l'environnement. Il ressort d'une analyse multicritères que le scénario retenu répond à une logique consistant à commencer par les circuits les moins contaminés pour aller vers les plus contaminés.

Les principes liés à la stratégie de démantèlement des INB sont fixés par le code de l'environnement qui prévoit qu'il est réalisé dans un délai « *aussi court que possible* »¹¹. Cette stratégie, dite de

¹⁰ Lancé en 1982 à l'initiative du ministère chargé de l'environnement, l'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (Znieff) a pour objectif d'identifier et de décrire des secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation. On distingue deux types de Znieff : les Znieff de type I : secteurs de grand intérêt biologique ou écologique ; les Znieff de type II : grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes. Les Znieff peuvent être terrestres ou marines.

¹¹ Article L. 593-25 : « *Lorsque le fonctionnement d'une installation nucléaire de base ou d'une partie d'une telle installation est arrêté définitivement, son exploitant procède à son démantèlement dans un délai aussi court que possible, dans des conditions économiquement acceptables et dans le respect des principes énoncés à l'article L. 1333-2 du code de la santé publique et au II de l'article L. 110-1 du présent code.* »

« démantèlement immédiat », signifie que le démantèlement est engagé dès l'arrêt de l'installation, sans période d'attente, les opérations de démantèlement pouvant toutefois s'étendre sur une longue période.

En l'espèce, le CEA a fait le choix de différer le démantèlement en instaurant une « période de surveillance » de 5 ans à compter de l'entrée en vigueur du décret de démantèlement. En outre, alors que le démantèlement du bâtiment extension PF nécessite 8 ans, tout comme celui du bâtiment réacteur, le planning intègre des marges importantes : en supposant une autorisation en 2023, la fin est planifiée pour 2056 (cf. figure 6 supra), au lieu de 2044 sans compter les aléas, et même 2039 sans compter la période de surveillance.

Si l'anticipation et la prise en compte d'aléa techniques ou procéduraux est de bonne gestion, il conviendrait toutefois de justifier l'importance des délais supplémentaires au regard des dispositions du code de l'environnement.

L'Ae recommande de mieux justifier la durée de 33 ans prévue pour le projet et d'examiner les possibilités de réaliser les opérations sur une durée plus proche des 16 ans présentés comme nécessaires.

2.3 Analyse des incidences du projet et mesures d'évitement, de réduction et de compensation (ERC) de ces incidences

2.3.1 Remarques liminaires

Le scénario de référence (évolution la plus probable en l'absence de projet) permet d'évaluer les incidences spécifiques du projet en comparant ce scénario de référence avec la situation qui sera créée par le projet. La définition du scénario de référence semble artificielle et peu adaptée dans le contexte du projet, imposé par la réglementation (principe du démantèlement immédiat).

La principale mesure de réduction des incidences tient à la conception du projet et à l'application des principes en vigueur en matière de gestion des déchets radioactifs des INB. En l'occurrence, les travaux de démantèlement, d'assainissement et de démolition sont organisés afin de prévenir et réduire la production et la nocivité des déchets en utilisant les meilleures techniques disponibles dans des conditions technico-économiques acceptables, en application de l'arrêté INB du 7 février 2012 modifié au titre VI et des guides applicables.

Article L. 593-27 : « L'exploitant adresse, au plus tard deux ans après la déclaration mentionnée à l'article L. 593-26, au ministre chargé de la sûreté nucléaire un dossier précisant et justifiant les opérations de démantèlement et celles relatives à la surveillance et à l'entretien ultérieurs du site qu'il prévoit. Dans le cas de certaines installations complexes, en dehors des réacteurs à eau sous pression de production d'électricité, le ministre chargé de la sûreté nucléaire peut, à la demande de l'exploitant et par arrêté motivé pris après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire, prolonger ce délai de deux ans au plus. Le dossier comporte l'analyse des risques auxquels ces opérations peuvent exposer les intérêts protégés mentionnés à l'article L. 593-1 et les dispositions prises pour prévenir ces risques et, en cas de réalisation du risque, en limiter les effets. »

2.3.2 Effets radiologiques

Les limites de rejets autorisés pour Phébus sont les suivantes :

Limite annuelle de rejets atmosphériques radioactifs pour l'INB 92 PHEBUS fixée par la Décision n° 2017-DC-0596 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 (GBq/an)					
Carbone 14	Tritium	Iodes	Gaz rares radioactifs	Autres émetteurs bêta-gamma	Emetteurs alpha
-	1	2,2E-02	2,5E+04	9E-05	1,5E-05

Limite mensuelle de rejets atmosphériques radioactifs pour l'INB 92 PHEBUS fixée par la Décision n° 2017-DC-0596 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 (GBq/mois)					
Carbone 14	Tritium	Iodes	Gaz rares radioactifs	Autres émetteurs bêta-gamma	Emetteurs alpha
-	0,2	-	4E+03	1,5E-05	3E-06

Figure 9 : Limites annuelles et mensuelles de rejets radioactifs autorisés pour Phébus. (Source : dossier)

La limite pour le tritium est portée à 24 GBq lors de la vidange d'un réservoir d'effluents actifs (REPF 503).

La démarche retenue pour évaluer la radioactivité potentielle des rejets repose sur une analyse systématique des tâches à effectuer et des techniques disponibles. Elle indique les quantités de radionucléides susceptibles d'être relâchées pour chaque élément radioactif et pour chaque phase de démantèlement. Le choix des procédés retenus repose sur des critères techniques, mais il vise aussi à réduire les rejets lorsque plusieurs techniques sont utilisables. Par exemple, la découpe des pièces à démanteler libère des radionucléides par remise en suspension dans l'air. Celle-ci est jusqu'à 10^4 fois supérieure lors de découpes thermiques qu'avec des découpes mécaniques et jusqu'à 10^7 fois plus qu'avec des découpes mécaniques sous eau.

À partir de l'ensemble de ces considérations, l'étude d'impact analyse les rejets potentiels et en déduit des propositions de valeurs limites (voir figure suivante). Celles-ci découlent d'arrondis supérieurs des émissions projetées, que l'étude discute et justifie. Certaines valeurs ainsi déterminées sont inférieures aux limites actuellement autorisées et le dossier propose en conséquence de réduire ces dernières : c'est par exemple le cas pour les limites annuelles du tritium, de l'iode, des émetteurs α et des autres émetteurs β/γ . À l'inverse, certaines limites doivent être augmentées, notamment les valeurs limites mensuelles car la déconstruction de certains éléments est susceptible de libérer l'activité sur un temps court. L'Ae souligne l'intérêt de cette démarche, qui tient compte des recommandations qu'elle a pu émettre sur d'autres projets de démantèlement pour lesquels les valeurs limites étaient des valeurs enveloppes très largement surestimées en dehors de toute démarche « éviter, réduire, compenser » (ERC).

L'évaluation des incidences radiologiques du projet est faite en considérant que toutes les découpes de pièces à démonter seront thermiques alors que le dossier précise que 70 % des découpes seront mécaniques, ce qui est très majorant.

L'Ae recommande de tenir compte des découpes mécaniques et des découpes mécaniques sous eau dans le calcul des limites des rejets radiologiques.

Propositions de limites annuelles de rejets atmosphériques radioactifs pour le démantèlement de PHEBUS						
Phase	¹⁴ C	Tritium	Iodes	Gaz rares radioactifs	Autres émetteurs β-γ	Emetteurs α
Limite annuelle proposée (Bq/an)	1,5E+08	4,0E+08	2,9E+05	2,5E+13	8,7E+04	1,2E+03
Résumé de la méthode d'évaluation	24xSD mensuel	DEM - phase 5	24xSD mensuel	2017-DC-596	DEM - phase 1	24xSD mensuel

Propositions de limites mensuelles de rejets atmosphériques radioactifs pour le démantèlement de PHEBUS						
Phase	¹⁴ C	Tritium	Iodes	Gaz rares radioactifs	Autres émetteurs β-γ	Emetteurs α
Limite mensuelle proposée (Bq/mois)	2,5E+07	4,0E+08	4,8E+04	4,0E+12	8,7E+04	1,2E+03
Résumé de la méthode d'évaluation	1/6 limite annuelle	= annuelle (DEM - Phase 5)	1/6 limite annuelle	2017-DC-596 (1/6 annuelle)	= annuelle (DEM - phase 1)	= annuelle (DEM - Phase 3)

Figure 10 : Limites annuelles et mensuelles de rejets radioactifs sollicitées pour le démantèlement. (Source : dossier)

L'impact de la radioactivité sur les populations et l'environnement est ensuite calculé d'abord à partir des rejets maximaux projetés, puis aussi en utilisant les valeurs limites autorisées et en retenant des hypothèses majorantes de diffusion et d'exposition. Sont prises en compte les expositions par inhalation, par irradiation du panache et par exposition transcutanée, ainsi que l'exposition aux dépôts et par ingestion.

Les rejets de tritium sont considérés comme gazeux, donc sans abattement par les filtres : cette hypothèse majorante les quantités estimées de tritium rejeté. En revanche pour calculer les incidences des rejets de tritium, l'étude retient l'hypothèse qu'il est entièrement sous sa forme d'aérosols d'eau tritiée, qui est dix mille fois plus radiotoxique que la forme gazeuse d'hydrogène tritié. Il s'agit donc d'une hypothèse majorant l'impact estimé.

La dose annuelle susceptible d'atteindre la population du fait des rejets atmosphériques du projet est maximale ($3,8 \cdot 10^{-8}$ mSv/an) pour un adulte de la commune de Ginasservis, située à environ 5 km de l'installation Phébus et la plus exposée aux rejets du site compte tenu de la rose des vents. Le même calcul est présenté en supposant une exposition égale aux valeurs limites sollicitées (hypothèse majorante). L'exposition est alors maximale pour un adulte à Ginasservis après 70 ans d'exposition avec une dose efficace annuelle de $8,2 \cdot 10^{-7}$ mSv/an. En retenant une exposition constante aux limites mensuelles maximales sollicitées (l'hypothèse est encore plus majorante), la dose efficace serait de $6,4 \cdot 10^{-6}$ mSv. Ces valeurs sont extrêmement faibles et le dossier conclut avec raison que l'exposition de la population aux rejets atmosphériques est non préoccupante.

Comme pour les rejets aériens, les rejets d'effluents liquides radioactifs sont calculés par phase et par type de radionucléide (en retenant des hypothèses majorantes). La station Agate permet d'abattre une partie de la radioactivité (sauf pour le tritium). Au maximum sur une année, les rejets radioactifs dans la Durance représentent environ 2,3 % et 7,5 % de la limite annuelle du centre de

Cadarache pour les émetteurs β/γ et pour les émetteurs α . Au total sur l'ensemble du démantèlement, l'activité rejetée s'élève à 3,01 GBq.

L'impact sanitaire des rejets liquides est estimé (en tenant compte de leur cumul éventuel dans l'environnement) à une dose annuelle maximale de $1,11 \cdot 10^{-3}$ mSv/an pour un adulte à Saint-Paul-lès-Durance.

La dose cumulée sur la durée du démantèlement due aux rejets atmosphériques et liquides du démantèlement est au maximum de l'ordre de $4,1 \cdot 10^{-3}$ mSv (soit 4,1 μ Sv) pour un adulte à Saint-Paul-lès-Durance, très inférieure à la limite réglementaire de 1 mSv/an fixée par l'article R. 1333-11 du code de la santé publique (limite de dose efficace pour l'exposition de la population à des rayonnements ionisants résultant de l'ensemble des activités nucléaires), et inférieure à la dose de 10 μ Sv annuelle considérée par la Commission internationale de protection radiologique comme « non préoccupante ».

L'Ae recommande de présenter l'exposition de la population à l'ensemble des doses cumulées pour le site de Cadarache et d'Iter.

2.3.3 Masses d'eau et effet sur l'environnement des pollutions

La consommation d'eau par le projet est très faible (de l'ordre de 200 m³ par an).

Les rejets liquides conventionnels liés au projet sont d'origines sanitaire et industrielle. Ils sont dirigés vers les stations d'épuration du site de Cadarache. Les rejets sanitaires sont au maximum de 700 m³/an et au total de 3 200 m³ pour l'ensemble du démantèlement. Les rejets industriels représentent moins de 400 m³ pour l'ensemble du démantèlement. La nature et les quantités de polluants sont détaillés par phase et ainsi que les concentrations ajoutées à la Durance, ce qui permet d'estimer les effets sanitaires et l'impact environnemental correspondant.

Il résulte de cette analyse que les quotients de dangers et excès de risque sanitaire pour l'ensemble des polluants sont inférieurs aux seuils. Concernant les incidences environnementales, elles sont estimées en évaluant les concentrations prévisibles sans effet « PNEC »¹² pour les différents polluants et les concentrations d'exposition des écosystèmes « PEC ». Le ratio PEC/PNEC doit être inférieur à 1 pour considérer qu'il n'y a pas d'impact. C'est le cas pour l'ensemble des polluants. Le dossier souligne que des hypothèses majorantes ont été retenues.

L'impact total est qualifié de très faible.

2.3.4 Milieu naturel

Les interventions directes susceptibles d'affecter des habitats naturels, la faune ou la flore sont limitées (les rejets aériens et aqueux ont été étudiés par ailleurs et sont également limités). La création de deux aires d'entreposage extérieures est prévue. Elle n'est pas décrite dans l'étude d'impact, mais dans une annexe (étude Sinergia de janvier 2018). Celle destinée aux déchets FA se situe sur une pelouse plantée de quelques arbres sur laquelle une observation de Lézard vert a été faite lors des inventaires. Aucune mesure correspondante n'est prévue.

¹² PNEC : *predicted no effect concentration*. PEC : *predicted environmental concentration*. Un ratio PEC/PNEC inférieur à 1 permet de considérer qu'il n'y a pas de risque d'effet.

Les incidences sur chaque espèce sont décrites dans l'annexe de l'étude d'impact. Elles sont « modérées » pour plusieurs oiseaux (Alouette lulu, Chardonneret élégant, Rougequeue à front blanc, Serin cini, Tourterelle des bois, Verdier d'Europe, Engoulevent d'Europe) au titre du dérangement temporaire en phase travaux. Quatre mesures d'évitement et quatre mesures de réduction permettant de ramener à un niveau « très faible » ou « nul » les incidences résiduelles sont proposées dans cette annexe. Toutefois, l'étude d'impact ne mentionne pas ces mesures et le pétitionnaire ne semble pas s'engager à leur mise en œuvre. Ces mesures sont pourtant indispensables pour suffisamment réduire les incidences sur des espèces protégées – alors que le dossier ne sollicite pas d'autorisation de déroger au principe de protection stricte qui les concerne.

L'Ae recommande de mettre en œuvre l'ensemble des mesures d'évitement et de réduction visant à la protection des espèces protégées proposées dans l'annexe de l'étude d'impact.

2.3.5 Consommation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre

Les consommations et rejets liés aux camions et engins nécessaires au chantier sont estimés, ainsi que ceux du groupe électrogène de secours. Ces émissions de CO₂ sont évaluées à près de 17 tonnes par an, les particules fines à près de 9 kg par an et les oxydes d'azote à 230 kg par an. L'augmentation des concentrations qu'elle génère en est déduite ainsi que l'impact sanitaire, qui est non préoccupant pour les populations les plus proches.

Les émissions de CO₂ du fait des transports de déchets jusqu'à leur exutoire vers Marcoule pour les effluents radioactifs liquides et dans l'Aube pour les déchets radioactifs solides sont évaluées à environ 680 tonnes par an.

Les déplacements des salariés pour venir travailler au démantèlement de Phébus, en tenant compte du fait que Cadarache est loin de toute habitation, sont évalués à 119 tonnes de CO₂ par an.

Le total des émissions annuelles maximales attribuables au démantèlement de Phébus est de l'ordre de 816 tonnes équivalent CO₂ par an. À titre de comparaison, les émissions de l'ensemble du site de Cadarache sont fournies : près de 31 000 tonnes équivalent CO₂ par an.

2.3.6 Effets cumulés

Selon l'étude d'impact, cinq projets sont concernés pour l'évaluation des effets cumulés avec le démantèlement de Phébus. Deux d'entre eux sont des projets du CEA sur le site de Cadarache : le démantèlement de l'INB 52 « Atue » et le démantèlement de l'INB 25 « Rapsodie »¹³. Les trois autres sont des projets de centrales photovoltaïques dans les communes voisines. D'autres projets du CEA à Cadarache ayant fait l'objet d'une étude d'impact ne sont pas mentionnés (par exemple la canalisation de rejet du réacteur « Jules Horowitz »¹⁴).

Seules les incidences cumulées sur l'environnement naturel (habitats, faune, flore) de ces cinq projets sont évoquées, à travers les interventions directes sur les milieux naturels, pour indiquer qu'aucun effet cumulé n'est susceptible de survenir. Les incidences sanitaires et environnementales des rejets chimiques et radioactifs de ces projets, pas plus que les autres effets sur l'environnement, ne sont mentionnés.

¹³ L'Ae a émis les avis [n° 2016-90 du 7 décembre 2016](#) et [n° 2017-44 du 30 août 2017](#).

¹⁴ http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2012-06-12_avis_AE_rejet-jhorowitz_cea_cle54d25c.pdf.

Une autre partie de l'étude d'impact présente spécifiquement les incidences cumulées des rejets d'effluents radioactifs et chimiques du démantèlement de Phébus et du projet Iter¹⁵ – mais n'en présente pas le cumul des autres effets sur l'environnement.

L'Ae recommande de compléter l'évaluation des effets cumulés par une analyse de l'ensemble des incidences cumulées du projet avec les autres projets connus, et en particulier ceux du CEA de Cadarache et d'Iter.

Les cumuls d'incidences sanitaires de Phébus et d'Iter présentent des excès de risque individuel (ERI) supérieurs au seuil de 10^{-5} pour les hydrocarbures pour toutes les tranches d'âge étudiées à Beaumont-de-Pertuis ($3,14 \cdot 10^{-5}$, ce qui correspond à un « niveau de risque sérieux » selon le Haut conseil de la santé publique (HCSP)). Ce calcul a été fait en considérant que les rejets sont constants et égaux au maximum autorisé, et entièrement constitués de naphthalène, ce qui majore l'impact. En prenant comme rejet la valeur moyenne rejetée par l'ensemble de Cadarache en 2015 et 2016, les ERI sont divisés par cent et restent inférieurs au seuil de 10^{-5} . L'Ae estime en conséquence que le niveau autorisé des rejets d'hydrocarbures devrait être analysé et revu à l'aune d'une analyse « éviter, réduire, compenser ».

Concernant les incidences environnementales des rejets cumulés de Phébus et d'Iter, les ratios PEC/PNEC calculés avec des rejets égaux au maximum autorisé dépassent largement la valeur seuil de 1 pour certains polluants (107 pour l'aluminium et 257 pour les hydrocarbures (résultats préoccupants selon le HCSP), 1,63 pour le fer (niveau de risque sérieux selon le HCSP), et s'en approchent pour d'autres (0,85 pour le zinc et 0,45 pour les nitrites). En refaisant le calcul avec les valeurs moyennes effectivement rejetées en 2015 et 2016, le ratio reste supérieur à 1 pour l'aluminium (2,7) et pour les hydrocarbures (2,9). Curieusement, le dossier indique que la concentration ajoutée en aluminium dans la Durance reste faible, ce qui ne saurait justifier de l'augmenter alors que la situation est déjà dégradée. Concernant les hydrocarbures, le dossier indique que l'évaluation est faite en considérant que tous les rejets sont du benzo(a)pyrène, ce qui est une hypothèse majorante. Les résultats d'un prélèvement effectué le 30 mai 2017 sont présentés : aucun dépassement en hydrocarbure n'est identifié, et le dossier conclut que « la concentration moyenne ajoutée en hydrocarbures par les rejets cumulés ne devrait pas être à l'origine d'un risque pour les organismes aquatiques ». Pour l'Ae, cette affirmation n'est pas démontrée.

L'Ae recommande de reprendre l'analyse des effets cumulés des rejets d'hydrocarbures et d'aluminium sur les milieux aquatiques, et de prévoir des mesures d'évitement, de réduction ou de compensation s'il n'est pas possible de démontrer clairement une absence d'incidences. Elle recommande de revoir les niveaux autorisés à l'aune d'une analyse « éviter, réduire, compenser ».

2.4 Incidences Natura 2000

Trois sites Natura 2000 sont situés à proximité immédiate du site de Cadarache :

- la ZPS « La Durance » (n° FR9312003), dont le formulaire standard de données (FSD) signale l'intérêt particulier pour la conservation de certaines espèces d'intérêt communautaire, telles que le Blongios nain, le Milan noir, l'Alouette calandre et l'Outarde canepetière. Les zones agricoles riveraines constituent des espaces ouverts propices à diverses espèces patrimoniales (Alouette

¹⁵ Projet sur lequel l'Ae a émis l'avis [n° 2010-67 du 23 mars 2011](#).

lulu, Pipit rousseline, Pie-grièche écorcheur, etc.) et sont régulièrement fréquentées par les grands rapaces (Percnoptère d'Égypte, Circaète Jean-le-Blanc, Aigle de Bonelli, Aigle royal, Grand-duc d'Europe, Faucon pèlerin) nichant dans les massifs alentour (Lubéron, Verdon, Alpilles, Lure...);

- les ZSC « La Durance » (n° FR9301589) et « Montagne Sainte-Victoire » (n° FR9301605) dont les FSD citent des espèces de flore patrimoniales susceptibles d'être présentes dans le site de Cadarache. Comme déjà évoqué ci-dessus, il serait utile de les prospector plus spécifiquement pour vérifier que l'état initial de l'étude d'impact sur la flore ne les a pas omises (par exemple : la Petite massette, ou encore la Sabline de Provence, espèce inscrite à l'annexe II de la directive 92/43/CEE).

D'autres sites sont un peu plus éloignés :

- la ZPS « Massif du Petit Lubéron » située à environ 6 km, d'importance nationale pour la reproduction de rapaces tels que le Percnoptère d'Égypte, l'Aigle de Bonelli et le Grand-duc d'Europe ;
- la ZSC « Basses gorges du Verdon » située à 14 km, signalée pour la présence de colonies de chauves-souris avec l'une des trois colonies mixtes de Provence : Petit Murin, Minioptère et Murin de Capaccini, traduisant la qualité préservée des milieux naturels et l'importance des ressources alimentaires, et la présence de colonies d'importance nationale à internationale, notamment pour le Murin de Capaccini (avec 30 % de la population reproductrice nationale) ;
- la ZSC « Valensole » et la ZPS « Plateau de Valensole » (toutes deux à 13 km), remarquables par la présence d'environ 160 espèces d'oiseaux dont une quarantaine sont inscrites en annexe I de la directive « Oiseaux », parmi lesquelles plusieurs espèces de forte valeur patrimoniale dont la répartition est très localisée et fragmentée en France, et qui constituent un site exceptionnel pour la conservation du Petit Rhinolophe (l'un des trois secteurs les plus importants de la région PACA). On y compte 50 colonies de reproduction, réparties dans les habitations et dans des cabanons agricoles. L'effectif de la population reproductrice pour ce secteur est évalué à près de 1 000 individus. Huit gîtes (d'hivernation, d'estivage ou de transit) utilisés par les petits rhinolophes sont recensés en plus des gîtes de reproduction.

L'évaluation des incidences Natura 2000 de l'étude d'impact ne mentionne pas ces enjeux. Elle est très sommaire, et conclut à l'absence d'incidences, du fait que le projet n'intervient presque pas directement dans les milieux naturels. L'Ae n'a pas d'observation à formuler sur ces conclusions.

2.5 Suivi du projet, de ses incidences, des mesures et de leurs effets

Le dossier mentionne le processus de réexamen de la sûreté de l'installation et de la stratégie globale de démantèlement de l'ensemble des installations nucléaires du CEA. Compte tenu de la durée de 33 ans prévue pour la réalisation du projet, celui-ci est susceptible d'évoluer, de même que son environnement. Le cas échéant, son évaluation environnementale pourrait devoir faire l'objet d'une actualisation.

L'Ae recommande d'actualiser l'évaluation environnementale du projet en cas d'évolution substantielle de celui-ci au cours de la période prévue pour sa réalisation.

Les mesures d'évitement et de réduction prévues sont des mesures génériques (principes d'organisation, application des meilleures techniques disponibles, mise en œuvre des règles

applicables aux matières radioactives et des principes de radioprotection...). S'ajoutent des mesures dites « additionnelles » qui sont spécifiques au démantèlement de Phébus : mesure de réduction de l'impact de rejets atmosphériques d'effluents radioactifs, mesure analogue pour les rejets liquides radioactifs, mesure de réduction relative à la production de déchets radioactifs, mesure de réduction de l'emprise sur l'environnement local de l'installation.

Après application de mesures d'évitement et de réduction (le projet ne prévoit pas de mesure de compensation), les « impacts résiduels » sont faibles ou moindre (ou positifs), sauf pour les déchets dont les effets résiduels sont qualifiés de « modérés ». Cette qualification repose sur des considérations qualitatives (importance de l'enjeu lié aux déchets, et particulièrement aux déchets radioactifs) mais n'est pas reliée directement à des incidences quantifiées. En revanche, les incidences résiduelles des effluents liquides sont qualifiées de « faibles » alors que l'étude montre l'existence probable d'incidences négatives significatives (cf. supra).

L'Ae recommande de revoir l'analyse des incidences résiduelles et de relier leur qualification aux incidences quantifiées par l'étude d'impact.

Le suivi environnemental reprend le dispositif de suivi radiologique, notamment du personnel et de l'environnement, prévu à l'échelle du projet mais aussi dans le cadre du suivi du centre de Cadarache. L'Ae n'a pas d'observation sur cette partie.

2.6 Résumé non technique

Le résumé non technique reflète bien le contenu de l'étude d'impact. Il est parfois un peu trop synthétique pour permettre une compréhension sans se reporter au reste du dossier : ainsi, il fait référence aux phases de démantèlement sans les décrire, il propose de nombreux renvois à l'étude d'impact pour avoir des éléments chiffrés, il n'énonce que les principes suivis par le projet sans exposer leur mise en œuvre pratique. De ce fait, le résumé non technique constitue plutôt un guide de lecture du dossier.

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 seule pour appréhender le projet et ses incidences.

3. Rapport de sûreté et étude de maîtrise des risques

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, qui distingue les risques d'origine nucléaire et non nucléaire, interne et externe. Les risques liés aux actes de malveillance d'origine interne et externe font l'objet d'études spécifiques classifiées soumises à l'approbation de l'autorité compétente (haut fonctionnaire de défense et de sécurité). Pour des raisons de sécurité, ces études ne sont pas incluses dans le dossier.

Dix-neuf événements significatifs sont recensés entre 1994 et 2016. Les suites qui leur ont été données sont mentionnées.

3.1 Maîtrise des risques d'origine nucléaire

L'installation Phébus n'est plus concernée par des risques de réactivité et de criticité. Le réacteur étant à l'arrêt et vidé de tout combustible, il ne dégage aucune puissance thermique nécessitant d'être évacuée. Enfin, l'analyse des risques liés au graphite présent en partie supérieure du cœur (effet Wigner¹⁶) a montré qu'ils ne sont pas présents dans l'installation.

Les risques de dissémination de matières radioactives et d'exposition interne des personnes aux rayonnements ionisants font l'objet de mesures :

- de prévention : découpe mécanique plutôt que thermique, aspiration au plus près des découpes, port par les personnels d'équipements de protection y compris des voies respiratoires, prévention contre l'épandage d'effluents liquides, confinement statique et dynamique des chantiers ;
- de surveillance : balises de détection de la contamination radioactive atmosphérique dans les zones de chantier, contrôle périodique de la contamination surfacique des locaux, contrôle de non contamination des sorties des matériels, déchets et personnels ;
- de limitation des conséquences : succession des barrières de confinement, formation des opérateurs, organisation d'équipes locales de premiers secours.

Les risques d'exposition externe des personnes aux rayonnements ionisants sont maîtrisés par le balisage des zones à risque et l'organisation des interventions et des circulations en fonction de l'évolution des chantiers, la formation des personnels habilités, la limitation des temps d'intervention, la distance aux sources et les écrans entre les sources et les personnes, la surveillance radiologique du débit de dose externe dans les locaux, la surveillance de l'exposition externe individuelle (dosimètres individuels), l'arrêt des opérations et le repli du chantier en cas d'alerte.

Les risques nucléaires d'origine externe à l'installation Phébus résultent des INB périphériques, principalement le réacteur expérimental « Cabri » en activité et le futur réacteur « Jules Horowitz ». Un accident dans ces INB conduirait à la mise en œuvre de mesures de protection des personnels de l'installation Phébus.

3.2 Maîtrise des risques d'origine non nucléaire

Les risques d'origine non nucléaire sont des risques mécaniques (émission accidentelle de projectiles, défaillance d'appareils sous pression, collision, chute de charge), des risques d'explosion, d'incendie, d'inondation, chimiques ou liés à l'amiante, des risques de perte de fonctionnalités (alimentation électrique, ventilation, alimentation en fluides, surveillance) et des risques organisationnels (co-activité notamment).

Ces risques font l'objet de mesures de prévention, de surveillance et de limitation des conséquences qui concernent notamment la conformité et le contrôle des équipements utilisés, la formation des opérateurs, la préparation et la surveillance des opérations, l'interdiction de survoler des équipements ou des personnes, la limitation des quantités de produits inflammables ou explosibles, la surveillance du dihydrogène dans le local batteries, la ventilation des locaux, la limitation des

¹⁶ Le bombardement de neutrons rapides déplace certains atomes de carbone du graphite hors de leur position dans le réseau cristallin, ce qui conduit à un stockage d'énergie. L'énergie emmagasinée peut ensuite être libérée lors d'un réarrangement brutal du réseau cristallin, à l'origine d'un pic de température dans le matériau, de l'ordre de 3 750 °C dans les cas les plus extrêmes. Les valeurs atteintes restent cependant généralement plus faibles. (Source : Wikipédia)

sources d'ignition, la détection incendie, la résistance des barrières de confinement. Les risques de perte de fonctionnalités sont maîtrisés par la redondance de celles-ci et par des équipements de secours. Une perte de fonctionnalité entraîne en outre l'arrêt des opérations en cours.

3.3 Accident de référence

L'analyse de l'ensemble des accidents plausibles identifiés permet de définir comme « accident de référence » celui dont les conséquences radiologiques sont les plus pénalisantes, toutes opérations confondues. L'accident de référence pris en compte pour le démantèlement de l'installation Phébus correspond à un séisme entraînant un incendie survenant dans le sas à camions du bâtiment réacteur et portant atteinte à une zone d'entreposage de déchets.

Les calculs relatifs à cet accident de référence, prenant en compte des hypothèses pénalisantes et les différentes voies d'atteinte (expositions interne et externe liées au passage du panache, exposition due aux dépôts et à l'ingestion de produits provenant d'animaux nourris par des végétaux contaminés...), montrent qu'il induit en deux jours une dose efficace maximale de 0,1 mSv au niveau de la clôture du site. Au Hameau, la dose efficace maximale est de $9,5 \cdot 10^{-4}$ mSv en deux jours et $6 \cdot 10^{-3}$ mSv en un an. À Saint-Paul-lès-Durance, elle est de $5,2 \cdot 10^{-4}$ mSv en deux jours et $8 \cdot 10^{-3}$ mSv en un an. À titre de référence, le premier seuil de mise en œuvre des mesures de protection des populations est de 10 mSv.