



Autorité environnementale

**Avis délibéré de l’Autorité environnementale
sur le démantèlement de l’INB n°39 Masurca à
Saint-Paul-lès-Durance (13)**

n°Ae : 2023-055

Avis délibéré n° 2023–055 adopté lors de la séance du 21 septembre 2023

Préambule relatif à l'élaboration de l'avis

L'Ae¹ s'est réunie le 21 septembre 2023 en visioconférence. L'ordre du jour comportait, notamment, l'avis sur le démantèlement de l'INB n°39 Masurca à Saint-Paul-lès-Durance (13).

Ont délibéré collégalement : Sylvie Banoun, Nathalie Bertrand, Barbara Bour-Desprez, Karine Brulé, Virginie Dumoulin, Bertrand Galtier, Philippe Ledenvic, François Letourneux, Laurent Michel, Serge Muller, Jean-Michel Nataf, Alby Schmitt, Éric Vindimian, 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 absent(e)s : Hugues Ayphassorho, Marc Clément, Louis Hubert, Christine Jean

* *

L'Ae a été saisie pour avis par le préfet des Bouches-du-Rhône, préfet de la région Provence – Alpes – Côte d'Azur, l'ensemble des pièces constitutives du dossier ayant été reçues le 30 juin 2023.

Cette saisine étant conforme aux dispositions de l'article R. 1226 du code de l'environnement relatif à l'autorité environnementale prévue à l'article L. 1221 du même code, il en a été accusé réception. Conformément à l'article R. 1227 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 du 18 juillet 2023 :

- le préfet des Bouches-du-Rhône qui a transmis une contribution le 21 août 2023,
- le directeur général de l'Agence régionale de santé (ARS) de Provence – Alpes – Côte d'Azur,

En outre, sur proposition des rapporteurs, l'Ae a consulté par courrier en date du 19 juillet 2023 :

- la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement,

Sur le rapport de Sylvie Banoun et Christian Le Coz, qui se sont rendus sur site le 31 août 2023, 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. 122-1-3 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.

¹ Formation d'autorité environnementale de l'Inspection générale de l'environnement et du développement durable (IGEDD)

Synthèse de l'avis

L'installation nucléaire de base (INB) « maquette de surgénérateur de Cadarache » (Masurca), également appelée INB 39, se trouve 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). Construit dans les années 1960 et mis en service en 1966, Masurca était un réacteur de recherche de très faible puissance (maximum 5 000 W) destiné à la validation d'outils de calculs numériques utilisés pour simuler le fonctionnement de réacteurs de production à neutrons rapides (surgénérateurs de type Rapsodie, Phénix, Superphénix, Astrid, etc.). La dernière campagne d'expérimentations conduite avec Masurca date de 2006, son cœur ayant été ôté en 2007 ; sa rénovation a été programmée et entamée, en 2013, suite à une évaluation complémentaire de sûreté consécutive à l'accident de Fukushima, avec la construction d'un nouveau bâtiment de stockage aux normes antisismiques. Le projet a toutefois été abandonné en décembre 2018 par suite de décisions privilégiant la filière des réacteurs à eau pressurisée (EPR) et conduisant à la mise en sommeil du réacteur de démonstration à neutrons rapides Astrid. Le projet dont l'Ae a été saisie pour avis est donc celui d'un démantèlement de l'INB 39 en vue de son déclassement.

Des opérations entreprises dans la perspective de sa rénovation ont été mises au service du projet de démantèlement et intégrées aux opérations préparatoires au démantèlement (Opdem) conduites depuis janvier 2019 ; bien qu'elles soient constitutives du projet, l'étude d'impact ne les prend pas en compte dans l'évaluation, ce qui devrait être corrigé, le projet portant sur l'ensemble des opérations conduisant à l'état final envisagé (industriel ou tertiaire), y compris les Opdem. Un décret permettant les opérations de démantèlement est attendu selon le dossier en 2025.

Le dossier, bien présenté, est didactique (avec des présentations claires des phénomènes et des unités employées) et doté d'un fascicule « sigles et glossaire ». L'étude d'impact est très précise sur l'état initial des milieux naturels et, pour le périmètre de projet retenu par le dossier, les incidences des travaux en matière de déchets et de contamination des milieux ainsi que les enjeux représentés par la présence de cuves de sodium (2,3 tonnes) mais elle l'est moins sur les sources radioactives encore présentes dans l'installation, notamment la source neutronique de démarrage dont le devenir n'est pas encore défini.

Pour l'Ae, les principaux risques liés au projet sont l'exposition des habitants et des milieux naturels aux rejets radioactifs et la gestion du sodium. La gestion des déchets générés par le démantèlement, conjointement avec celui d'autres installations du centre de Cadarache et celle des éléments de sodium constituent le principal enjeu environnemental. S'y ajoute un enjeu particulier de complète information du public notamment s'agissant du devenir de la source neutronique de démarrage.

Les principales recommandations de l'Ae portent sur le complément de l'étude d'impact pour y inclure l'ensemble des opérations nécessaires au déclassement de l'installation, y compris celles déjà effectuées, préciser le devenir de la source neutronique de démarrage, expliciter le statut radioactif des effluents industriels liquides supposés traités en station de traitement des eaux sur le centre de Cadarache et expliquer en quoi les mesures retenues pour éviter et réduire les incidences du projet participent d'une démarche « éviter, réduire ou à défaut compenser ». L'Ae recommande aussi de démontrer en quoi l'accident de référence retenu dans l'étude de maîtrise des risques, celui d'un séisme provoquant la ruine partielle du bâtiment de stockage et de manutention et conduisant à un incendie du magasin de stockage des produits contenant du sodium, est le plus critique. 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

1.1.1 Situation de l'installation Masurca

L'installation nucléaire de base (INB) « maquette de surgénérateur de Cadarache » (Masurca), également appelée INB 39, se trouve 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). Le site, à l'aval de la confluence de la Durance et du Verdon, est traversé par le Ravin de la Bête. L'avis porte sur le démantèlement de Masurca, sous maîtrise d'ouvrage du CEA.

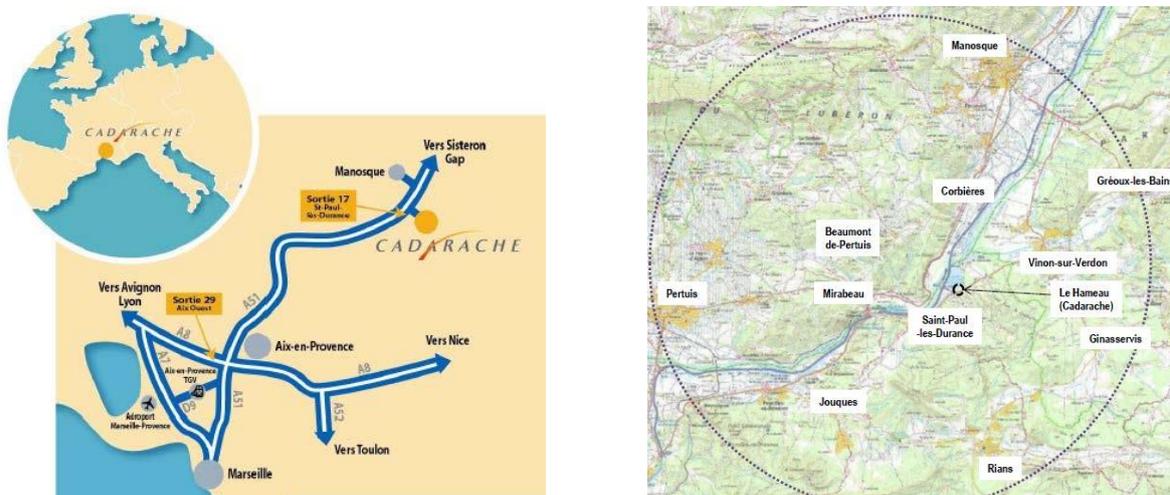


Figure 1 – Plan de situation du site de Cadarache à Saint-Paul-lès-Durance (13) (Source : dossier)



Figure 2 – Plan de situation de Masurca au sein du site de Cadarache (Source : dossier)

Le site de Cadarache (1 600 ha) comprend une vingtaine d'installations dont la moitié sont en arrêt définitif ou en démantèlement. Environ 5 000 personnes y travaillent (hors installations *Iter-International thermonuclear experimental reactor*²-180 ha). Le dossier présente systématiquement le site et le contexte hors zone Iter, y compris en termes d'emplois sur le site ou induits. L'exclusion d'Iter de la présentation du contexte, par exemple socio-économique, n'est pas expliquée et devrait être corrigée.

1.1.2 Présentation de l'installation

Construit dans les années 1960 et mis en service en 1966, Masurca était un réacteur de recherche de très faible puissance (maximum 5 000 W) destiné à la validation d'outils de simulation neutronique (calculs numériques utilisés pour simuler le fonctionnement de réacteurs de production à neutrons rapides –surgénérateurs de type Rapsodie, Phénix, Superphénix, Astrid, etc.) : essais de sûreté pour contribuer à l'élaboration et à la qualification de méthodes de la neutronique. Le périmètre global de l'INB Masurca couvre une superficie d'un peu plus de 2 ha.



Figure 3 – Vue aérienne de l'installation Masurca et de son périmètre (Source : dossier)

Le cœur du réacteur était « modulaire » : il contenait des assemblages en tubes d'éléments comprenant des matériaux fissiles, fertiles³ et inertes (notamment du sodium) utilisés pour simuler leur comportement dans tout type de réacteur , ce qui permettait de modéliser le comportement de tout type de cœur (réseau vertical de tubes suspendus et de barres écran) lors de la réalisation des programmes expérimentaux de simulation neutronique. L'installation a ainsi participé à la validation expérimentale de données utilisées pour des projets d'installations nucléaires de production à neutrons rapides.

² Selon le dossier, la phase d'assemblage de la machine lancée en 2020 aurait conduit à l'achèvement de 70 % des tâches nécessaires à la production du premier plasma, attendue pour 2025.

³ La définition de « fertile » ne figure pas dans le glossaire (au contraire de fissile). Les noyaux fissiles sont susceptibles de subir une fission quelle que soit l'énergie des neutrons qui les percutent ; les noyaux fertiles ne sont fissiles qu'au contact d'un neutron ayant une énergie suffisante ; ils peuvent se transformer en noyaux fissiles après capture d'un neutron. Source [IRSN](#)

Au centre de Masurca, une plate-forme d'une superficie de 6 000 m² environ, regroupe des bâtiments reliés les uns aux autres par des galeries ou des passages couverts aériens (l'implantation est schématisée sur la figure ci-dessous) :

- le bâtiment réacteur (BR) : enceinte cylindrique métallique de confinement, de 26 mètres de hauteur dont 8 mètres enterrés et de diamètre 18 mètres, abritait le réacteur expérimental (cœur) ou cellule réacteur, une zone d'entreposage temporaire des assemblages (dite stockage vertical -STV) et les moyens de manutention pour le chargement/déchargement du combustible du cœur. Vidé de ses assemblages expérimentaux et de l'instrumentation associée, le BR conserve une partie des moyens de manutention ;
- le bâtiment de stockage et de manutention (BSM), d'environ 30 mètres de long sur 26 mètres de large est essentiellement enterré : sa hauteur au-dessus du sol est de 5,50 mètres. Dès lors que les éléments fissiles en ont été évacués depuis 2014 vers l'INB Magenta⁴ conformément à l'engagement du CEA suite à l'évaluation complémentaire de sûreté (ECS) consécutive à Fukushima et que les éléments fertiles l'ont été vers le magasin des matières brutes (MMB) dont la localisation n'est pas précisée, le BSM renferme aujourd'hui principalement des éléments de simulation neutronique inertes, utilisés dans les assemblages du cœur, et la source neutronique de démarrage dans son conteneur dit « château » de plomb ;

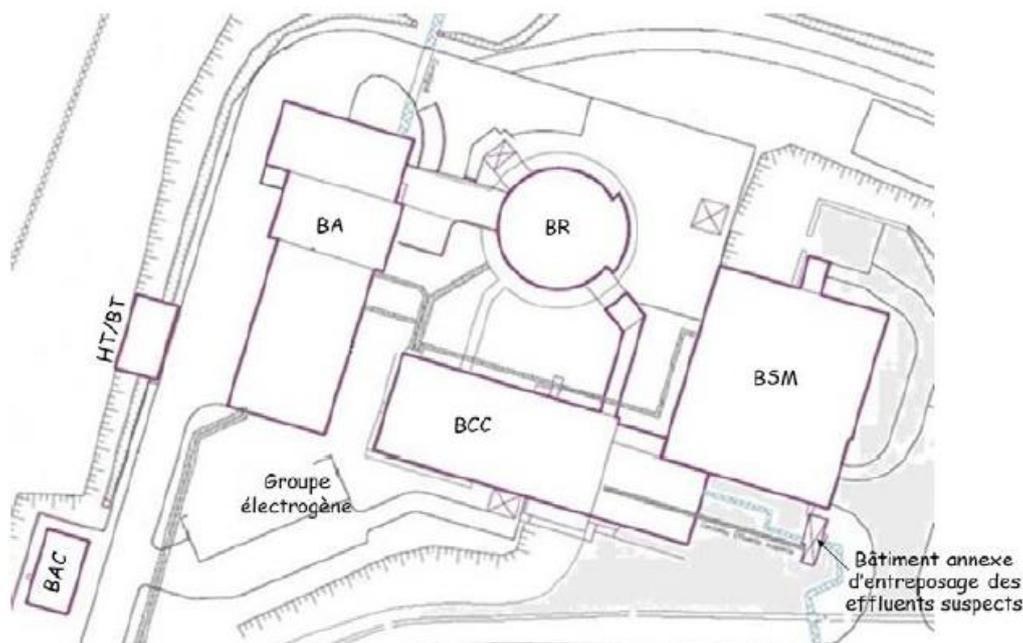


Figure 4 – Implantation des différents bâtiments de Masurca (Source : dossier)

- des bâtiments complémentaires : le bâtiment annexe d'entreposage des effluents suspects qui abritait les cuves d'entreposage et les installations d'évacuation ; il abrite la sous-station de chauffage des bâtiments avec l'arrivée du circuit d'eau surchauffée basse température (ESBT) du centre de Cadarache ; le bâtiment contrôle commande (BCC), qui regroupait les équipements nécessaires à l'exploitation et à la surveillance de l'installation ; et enfin le bâtiment des auxiliaires (BA) qui regroupe des locaux techniques équipements nécessaires

⁴ INB 169 « Réception et expédition de matières nucléaires ».

au fonctionnement (distribution électrique, production d'air comprimé, ventilation d'extraction du BR, etc.) ; et enfin le bureau d'accueil (BAC), ancien poste de garde, le poste électrique haute tension / basse tension (HT/BT) et le groupe électrogène fixe (GEF) extérieur.

1.1.3 Historique du fonctionnement

Depuis sa mise en service en 1966, l'installation a connu trois périodes principales de programmes expérimentaux :

- 1969–1994 : soutien au développement des réacteurs à neutrons rapides (RNR) refroidis au sodium (Rapsodie, Phénix, Superphénix) ;
- 1994–2000 : soutien aux recherches⁵ sur la gestion des déchets radioactifs, dédiées aux études visant à réduire les quantités à gérer de plutonium ou de produits de fission à vie longue (matières radioactives issues de la fission d'un noyau fissile, comme l'uranium ou le plutonium, et disposant d'une longue période radioactive) ;
- 2000–2006 : soutien au développement des réacteurs « hybrides » couplant une source externe de neutrons à un réacteur, susceptibles de contribuer à la transmutation des produits radioactifs à vie longue.

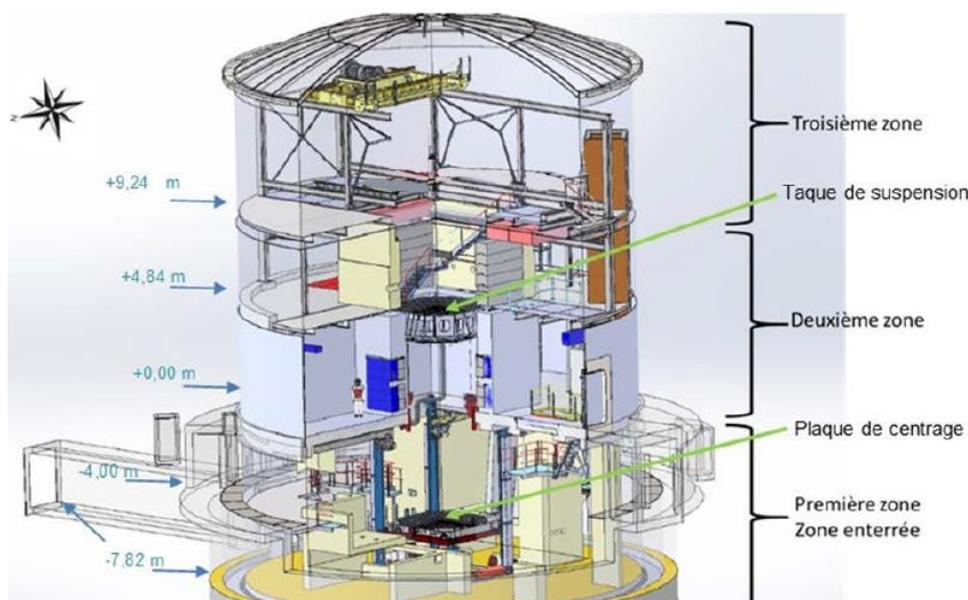


Figure 5 - Vue en 3D du bâtiment réacteur (Source : dossier)

Sur toute sa durée de vie, compte tenu de son caractère expérimental, Masurca aurait fonctionné l'équivalent de 22 jours à pleine puissance⁶. En 2007, le cœur a été entièrement déchargé du réacteur et l'ensemble des éléments constitutifs des assemblages (notamment les tubes vides) et des barres de sécurité ont été stockés, après déconstruction, dans des magasins dédiés.

L'évacuation en 2011 des matières fissiles vers l'installation Magenta était destinée à un entreposage réversible temporaire (jusqu'à la fin des travaux de rénovation). Les opérations de

⁵ Dans le cadre de la [loi n°91-1381 du 30 décembre 1991](#) relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs

⁶ Source : entretien des rapporteurs avec le maître d'ouvrage lors de la visite sur site

désentreposage se sont déroulées en 2013 et 2014. La source neutronique de démarrage, dont le déplacement nécessite des autorisations particulières en attendant son stockage ultérieur, est dans le hall de livraison, en sous-sol du BSM.

Dans la perspective d'une continuation de l'installation, un nouveau bâtiment de stockage et de manutention aux normes antisismiques était nécessaire. La rénovation du réacteur et la construction de ce nouveau bâtiment ont fait l'objet d'une demande en 2016. Mais les incertitudes sur la nécessité de développer le prototype de réacteur à neutrons rapides Astrid⁷ alors que le choix portait sur la filière des réacteurs à eau pressurisée pour la production énergétique nationale⁸ (pour le court-moyen terme) ont conduit à arrêter la rénovation de l'installation Masurca et à une déclaration de mise à l'arrêt définitif fin décembre 2018 pour engager le processus de démantèlement.

1.2 Présentation du projet

Le projet d'assainissement-démantèlement de Masurca concerne l'ensemble des opérations à réaliser en vue d'atteindre un état final permettant de le rayer de la liste des installations nucléaires de base (« déclassement »). Il comprend des opérations de démantèlement à proprement parler et celles qui sont liées au fonctionnement pour permettre ces opérations. Il comprend quatre étapes (cf. figure 5 ci-dessous).

Les dispositions prises en vue de la sécurisation du fonctionnement de l'installation ont conduit à une simplification du réseau de ventilation, un déstockage des matières fissiles, la rénovation du circuit électrique et la mise en place d'un groupe électrogène extérieur. Ces opérations, conduites dans une perspective de continuation de l'installation, auraient en tout état de cause été nécessaires dans une perspective de démantèlement et constituent pour partie des opérations qui entreraient habituellement dans la catégorie des opérations préparatoires au démantèlement (Opdem) et figureraient comme telles dans le décret correspondant.

Les opérations de fonctionnement, dites opérations « Senex » (surveillance, entretien, exploitation) correspondent à la maintenance et l'exploitation courantes nécessaires au maintien de l'installation dans son domaine de fonctionnement autorisé ; elles s'arrêteront à la fin du chantier de démantèlement.

Les opérations de démantèlement prévues visent à vider et assainir l'installation, notamment le BR et le BSM, ainsi que les locaux annexes, et d'obtenir pour toutes les substances et matières extraites dans ces opérations un état radiologique permettant leur déclassement au titre du zonage « déchets »⁹ ; les bâtiments assainis devront pouvoir être utilisés comme des locaux tertiaires classiques.

⁷ Astrid (*Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration*) est un projet de prototype de réacteur nucléaire français de quatrième génération, de type réacteur rapide refroidi au sodium, porté par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) dans les années 2010 et arrêté en 2019. Source Wikipédia.

⁸ Le gouvernement a décidé d'arrêter le projet Astrid, le CEA devant néanmoins poursuivre, sous une forme différente, des recherches sur la filière des réacteurs à neutrons rapides à des horizons plus lointains (potentiellement fin de siècle).

⁹ <https://www.cea.fr/entreprises/Documents/guide-ASN-n23.pdf>

Pour chaque zone d'intervention de l'installation, des opérations préalables d'aménagement obéissant à des procédures précisément définies, sont en cours pour favoriser le cheminement des personnes, celui des matériels, des conteneurs de déchets et des déchets à destination de leurs zones de conditionnement respectives et le transit des conteneurs de déchets dans le périmètre des installations.

Il s'agit notamment d'évacuer les équipements encore présents et inutiles pour la suite du démantèlement, déposer et évacuer tous les circuits de fluides auxiliaires, les câbles électriques, déposer et évacuer les réseaux de ventilation au fur et à mesure de l'avancement des travaux, et de remplacer les « utilités » au besoin par des équipements nouveaux.

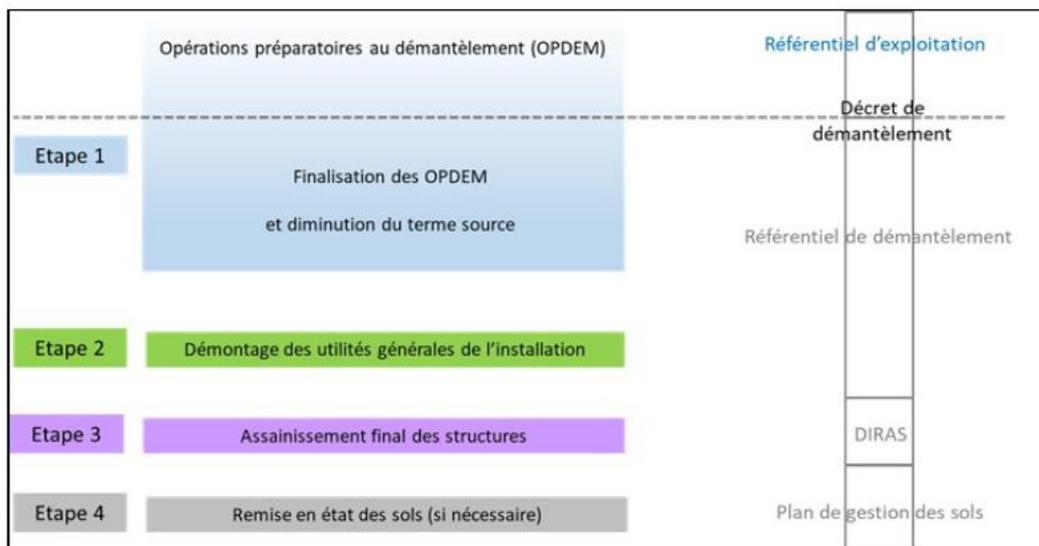


Figure 6 – Déroulement des étapes du démantèlement de l'installation Masurca (Source : dossier)

La première étape est constituée de l'achèvement des Opdem qui resteraient à effectuer à l'entrée en vigueur du décret de démantèlement : évacuation de la totalité des matières radioactives et des éléments faiblement activés lors de leur passage dans le cœur, dépose des équipements et procédés. Au cours de cette étape, le maintien des fonctions nécessaires à la préservation du niveau de sûreté de l'INB (ventilation, filtration des rejets, téléalarme, surveillance des fonctions restant requises, surveillance radiologique de l'installation et des rejets en cheminée, distribution des fluides et alimentation électrique) est prévu pour l'ensemble des bâtiments. Même si au titre de la réglementation des INB, le « démantèlement » démarre au moment de l'entrée en vigueur du décret de démantèlement, au titre de l'évaluation environnementale, les opérations préparatoires conduisant à l'état final envisagé devraient être considérées comme des composantes du projet conformément à la directive « projets »¹⁰ et au code de l'environnement¹¹.

¹⁰ 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.

¹¹ Article L. 122-1 II 5 : « 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.

L'étape 2 se traduira par la dépose et l'évacuation des « utilités » générales de l'installation, au fur et à mesure de l'avancement des travaux de démantèlement. Des équipements d'origine pourront y être réutilisés mais de nouveaux équipements pourront être nécessaires.

L'étape 3 consiste en l'assainissement final des structures, en vue d'une réutilisation de l'ensemble des bâtiments sans contrainte radiologique (zonage de radioprotection et zonage « déchets »), sous réserve d'aléas des opérations d'assainissement qui pourraient conduire à envisager d'autres états finaux compatibles avec l'objectif de réutilisation du bâtiment dans le cadre d'un fonctionnement tertiaire banal.

En général, le déclassement d'une installation peut s'accompagner de la réhabilitation des sols (étape 4). En l'espèce, l'historique d'exploitation n'a recensé aucun événement ayant conduit à la contamination du terrain alentour ou des sols sous les bâtiments.

L'ensemble du chantier de démantèlement se décompose en 43 opérations techniques dont le déroulement n'est pas ordonné identiquement dans tous les chantiers. La durée pour Masurca est estimée à neuf ans (douze ans en incluant la durée de réalisation des Opdem non achevées au moment de l'entrée en vigueur du décret de démantèlement). Le choix qui a été fait de réaliser certaines opérations avant d'autres n'est pas expliqué dans le dossier.

Compte tenu du fait que le chantier est considéré comme simple et qu'un report de certaines opérations à une date ultérieure ne permettrait aucune économie, il n'est pas anticipé de retard. Le dossier ne présente que le coût total (40,5 millions d'euros en valeur 2021) sans précision par poste, ni calendrier prévisionnel des dépenses. Cette estimation figure au reste uniquement en page 16 de la pièce « Capacités financières de l'exploitant ». Tout comme le calendrier prévisionnel, elle devrait être réintégrée dans l'étude d'impact et la présentation du projet.

Pour la complète information du public, l'Ae recommande d'expliquer le séquençage des opérations et d'intégrer dans l'étude d'impact le coût et le calendrier prévisionnel des dépenses.

1.3 Procédures relatives au projet

La mise à l'arrêt définitif et le démantèlement d'une installation nucléaire de base supposent, en vertu de l'article L. 593-25 du code de l'environnement, un décret d'autorisation préalable de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement pris après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) puis une autorisation de déclassement de l'INB prise par l'ASN et homologuée par les ministres concernés.

Le projet de démantèlement fera l'objet d'une enquête publique prévue en 2024 après avis d'autorité environnementale. La décision de démantèlement étant du ressort du ministre chargé de

la sûreté nucléaire, à savoir aujourd'hui la ministre chargée de l'énergie, l'Ae est compétente¹² pour formuler l'avis.

Le projet est soumis à évaluation des incidences sur les sites Natura 2000 ; l'étude d'impact comprend un chapitre dédié¹³. Ses conclusions sur l'absence d'incidences du projet quant à l'état de conservation des habitats et des espèces ayant justifié la désignation, au titre de Natura 2000, des sites situés à proximité du projet n'appellent pas d'observation de l'Ae.

1.4 Principaux risques et enjeux pour l'environnement et la santé humaine

Pour l'Ae les principaux risques liés au projet sont l'exposition des habitants et des milieux naturels aux rejets radioactifs et le principal enjeu environnemental du projet est la production, la gestion et le traitement des déchets conjointement avec le démantèlement d'autres installations du centre de Cadarache et le traitement du sodium.

S'y ajoute un enjeu particulier de complète information du public notamment s'agissant du devenir de la source neutronique de démarrage.

2. Analyse de l'étude d'impact

Le dossier est bien présenté et didactique. Il comprend un fascicule glossaire des sigles et notions qui est bienvenu pour faciliter la compréhension du lecteur ; il serait utile de le compléter par la définition des matériaux fertiles par exemple. L'étude d'impact, bien structurée, comprend des synthèses des points majeurs. Des encadrés à la fin de chaque thématique seraient utiles.

Le dossier cite six autres opérations de démantèlement en cours dans le centre de Cadarache (INB 25, 42, 52, 53, 92 et 95), au titre des effets cumulés, sans valoriser l'expérience acquise par le CEA au cours du démantèlement et du déclassé d'une vingtaine d'INB sauf au sein de la révision du rapport de sûreté. Ce point est à compléter dans l'étude d'impact à l'instar de ce qui figurait dans le dossier de démantèlement de l'INB 92 Phébus.

Limitée au périmètre retenu pour le projet, elle ne traite pas des incidences des opérations déjà effectuées ni de celles qui pourraient être liées à la gestion de la source neutronique de démarrage. Il est dès lors difficile d'apprécier son caractère complet.

¹² La décision du 15 septembre 2022 portant délégation du ministre de la transition écologique et de la cohésion des territoires de l'examen au cas par cas et de la mission d'autorité environnementale pour une famille de projets précise que l'autorité environnementale compétente sur les projets donnant lieu à une décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution du ministre chargé de l'énergie ou à un décret pris sur son rapport est l'Ae.

¹³ 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).

2.1 État initial

La présentation de l'état initial est détaillée. Compte tenu de la configuration et de l'étendue du site de Cadarache, certains éléments habituels n'y sont cependant pas précisés comme la distance de Masurca aux premières habitations et certaines descriptions du site excluent l'iter.

L'état radiologique de l'environnement est précis. En retenant la valeur moyenne annuelle la plus élevée de cinq stations de mesure (77 nSv/h), le débit de dose total (naturel et artificiel cumulé)¹⁴ calculé serait de 0,7 mSv/an pour une présence permanente 24h/24 et 365 jours par an, un niveau inférieur à la limite réglementaire d'exposition aux rayonnements ionisants d'origine artificielle (hors applications médicales) pour le public, qui est de 1 mSv/an¹⁵ (art. R 1333-11 du Code de la santé publique). Le débit de dose ambiant annuel moyen calculé à la porte de la clôture du site de Cadarache la plus proche de Masurca n'excède pas 73 nSv/h en 2020.

L'analyse des sols autour de Masurca montre un niveau d'activité comparable à ce qui est mesuré hors du centre de Cadarache et pas de pollution chimique notable. Les prélèvements effectués dans des fruits, légumes, lait de chèvre et thym dans les environs du centre ne montrent pas d'anomalie. Les activités mesurées sont du même ordre de grandeur que celles de la région, et que celles mesurées par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) hors de l'influence des installations nucléaires.

La qualité chimique et radiologique de l'air est bonne aux alentours du centre de Cadarache. Masurca est concernée par le plan de protection de l'atmosphère des Bouches-du-Rhône. Saint-Paul-lès-Durance est en zone sensible pour la pollution par l'ozone (comme toutes les autres communes du département) et présente des risques de dépassement de valeurs limites pour les particules (poussières) et les oxydes d'azote (NO_x) dont les sources, principalement liées au trafic routier, sont peu imputables au centre de Cadarache.

Le suivi radiologique et physico-chimique des eaux du Ravin de la Bête ne présente pas de valeurs anormales. La qualité radiologique, physico-chimique et biologique des eaux et des milieux de la Durance est bonne et stable. Les débits sont très variables (avant le barrage de Serre-Ponçon, il allait de 35 m³/s en étiage à 6 000 m³/s en crue exceptionnelle). Le débit de réserve (9 m³/s) a été fixé à un vingtième du débit moyen interannuel (module), qui est de 175 m³/s.

Le centre de Cadarache est entouré par des sites riches en biodiversité : le parc naturel régional du Verdon (à 2,5 km) et celui du Luberon (4,6 km), un arrêté de protection de biotope (Grands rapaces du Luberon à 4,7 km) et plusieurs sites Natura 2000 (les ZSC Montagne Sainte Victoire - 1,7 km et La Durance - 3,8 km et les ZPS de même nom, respectivement à 7,8 km et 3,8 km). La présentation qui en est faite par le dossier est particulièrement rigoureuse. Pour chaque type d'espèces, les

¹⁴ 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), en microsievert (µSv ou 0,001 mSv) ou en nano Sievert (nSv ou 0,001 µSv).

¹⁵ La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) estime que l'exposition d'une personne du public ne doit jamais atteindre plus de 1 millisievert/an du fait de la radioactivité artificielle.

campagnes de prospection et les écologues sont précisés. Toutefois les enjeux de biodiversité sur le périmètre du projet apparaissent comme réduits, le site de Cadarache lui-même, enclos, étant constitué de boisements ou de pelouses sèches et garrigues avec une flore diversifiée (Gagées de Lacaita et des prés, Ophrys de la Drôme et de Provence, Inule variable, Nigelle de France...). Les enjeux significatifs se concentrent sur un petit nombre d'espèces : deux reptiles (le Lézard ocellé et secondairement le Psammodrome d'Edwards), deux papillons (la Proserpine et l'Hespérie de la Ballote) ainsi que deux insectes : l'Ascalaphon du midi et secondairement l'Arcyptère provençale.

Catégories	Nombre inventoriés	Enjeux					
		très faible	faible	moyen	Assez fort	fort	Très fort
Habitats naturels	7			1			
Flore	127			2			
Invertébrés (insectes)	66			4	2		1
Amphibiens	0						
Reptiles	3		2			1	
Oiseaux			10	3			
Mammifères (chiroptères)	8		4	4			

Figure 7 – Synthèse des enjeux écologiques autour de Masurca (Source : dossier)

En outre l'étude d'impact (page 262) considère comme importants les enjeux relatifs aux produits agricoles (appellations d'origine contrôlée ou protégée, indication géographique protégée), à l'activité socio-économique (emploi) et à la santé des populations autour du centre de Cadarache.

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

Le démantèlement de Masurca n'ayant pas été jugé par le CEA d'une complexité suffisante pour justifier de scénarios alternatifs, l'analyse des variantes a porté sur quatre opérations :

- la dépose de la taque de suspension (voir figure 5) et de la plaque de centrage du bâtiment réacteur ;
- la neutralisation des articles contenant du sodium ;
- la cinématique et l'entreposage des déchets ;
- le lieu d'implantation d'une zone d'entreposage extérieure.

L'analyse multicritères pour le choix des variantes est fondée sur un ensemble de dix critères pondérés d'un facteur 1 à 3 en fonction de leur importance¹⁶.

2.2.1 Dépose de la taque de suspension et de la plaque de centrage

Trois variantes sont envisagées pour la dépose de ces éléments qui permettraient la suspension du cœur et son positionnement précis ; l'analyse a conduit à retenir une découpe sur site avec des

¹⁶ Le critère faisabilité technique est coté à 1 compte tenu de l'absence de complexité des variantes proposées, la compétence des agents - capacité humaine est cotée à 3 en revanche.

outils de découpe à chaud, apparue plus sûre, dans le domaine de compétence des agents et entraînant moins de délais et de déchets.

2.2.2 Neutralisation des articles contenant du sodium

Trois variantes ont été examinées pour la neutralisation de ces plus de 100 000 articles actuellement stockés dans un des magasins dédiés et qui commencent par l'ouverture des gaines métalliques sur site : dans un cas le traitement est ensuite effectué à Marcoule¹⁷ par le procédé Noah (anagramme de la formule chimique de la soude : NaOH) utilisé pour Phénix et par hydrolyse en puits de lavage ; dans le 2^e cas, le traitement à Marcoule inclut la vidange ; dans le 3^e cas, celui qui a été retenu, le traitement est en totalité effectué à Masurca par carbonatation des objets. Cette solution évite les risques liés au délicat transport de sodium métallique jusqu'à Marcoule.

La carbonatation est un procédé visant à transformer le sodium en carbonates de sodium, produits solides inertes chimiquement. Son principe est fondé sur une réaction lente et contrôlée du sodium à l'état solide avec un mélange gazeux composé principalement d'azote avec de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone en très faibles proportions. « À la suite de la carbonatation, l'activité massique induite par l'activation du sodium se retrouve intégralement dans les carbonates, qui sont solubles (...) on supposera que 100 % de l'activité contenue dans les carbonates sont entraînés dans les effluents liquides. »

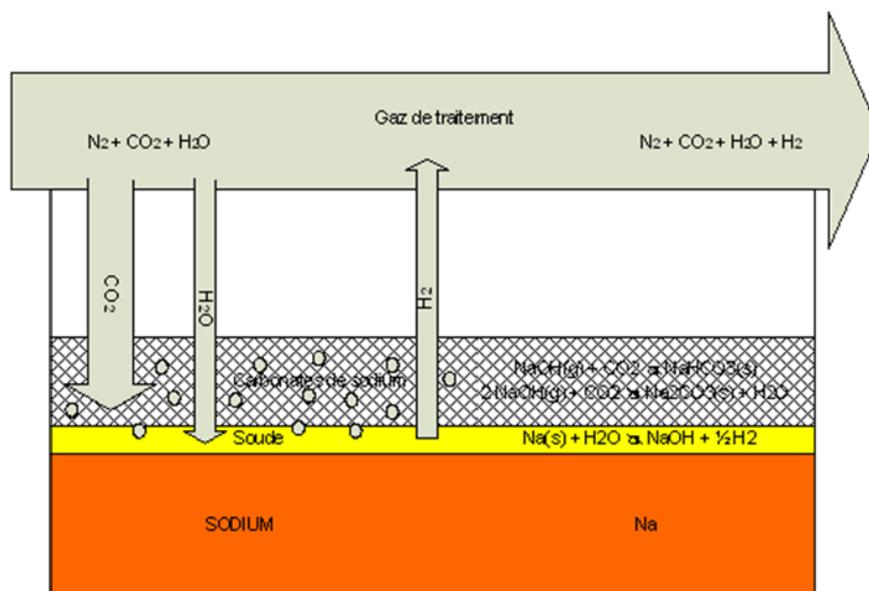


Figure 8 – Schéma de carbonatation du sodium – Source : étude de maîtrise des risques

2.2.3 Cinématique et entreposage des déchets

Les variantes ont porté sur la découpe et le conditionnement des déchets, leur entreposage et la localisation d'une zone d'entreposage extérieure aux bâtiments présents sur le site. Ces variantes sont correctement présentées et analysées. Ceci n'appelle pas de commentaire de l'Ae.

¹⁷ Site du CEA situé dans le Gard, à 30 km au nord d'Avignon

2.3 Analyse des incidences du projet

Le scénario de référence est abordé implicitement au travers d'une conclusion. Pour une installation à l'arrêt depuis de longues années, le scénario en l'absence de réalisation du projet de démantèlement est présenté par le dossier comme sans objet, l'évolution « naturelle » de l'environnement proche étant davantage liée à d'éventuels projets de grande envergure sur le site et aux effets du changement climatique (sécheresse estivale, augmentation des températures), qu'au démantèlement de l'installation. Le maître d'ouvrage devrait expliciter le scénario sans projet, ce qui permettrait d'apprécier les incidences positives et négatives du projet.

Le dossier présente les incidences potentielles du projet dans un tableau (figure 9) qui constitue le pendant des interactions identifiées en déchets et rejets.

Nature et origine de l'incidence	Incidences potentielles sur l'environnement ou la santé humaine
Rejets des effluents atmosphériques chimiques et radiologiques	<ul style="list-style-type: none">- Exposition des milieux naturels, de la flore et de la faune lors du passage du panache et due aux éventuels dépôts- Exposition des populations lors du passage du panache et due aux éventuels dépôts sur les produits de consommation
Rejets des effluents liquides chimiques et radiologiques	<ul style="list-style-type: none">- Exposition des milieux naturels, de la flore et de la faune aquatique de la Durance due aux rejets liquides- Exposition des populations due à la consommation de poissons, ou d'eau de boisson issus de la Durance, ou de produits agricoles irrigués avec l'eau de la Durance- Incidences sur les sites Natura 2000 de la Durance
Production de déchets conventionnels et radioactifs	<ul style="list-style-type: none">- Volumes de déchets générés- Besoins d'entreposage sur l'installation avant évacuation vers les filières de traitement et de stockage appropriées, générant une emprise sur les aires extérieures, des risques de pollution des sols et des eaux souterraines, etc.- Camions de transports de déchets générant une consommation de carburant, des émissions de gaz d'échappement (dont des gaz à effet de serre), un dérangement de la faune et de la flore (bruits, poussières, risques d'écrasement, etc.)

Figure 9 – Tableau des incidences potentielles (Source : dossier)

La minimisation de la radioactivité dans les rejets concerne les effluents atmosphériques et liquides ainsi que les déchets solides : traitement ou stockage comme dans la figure ci-dessous.

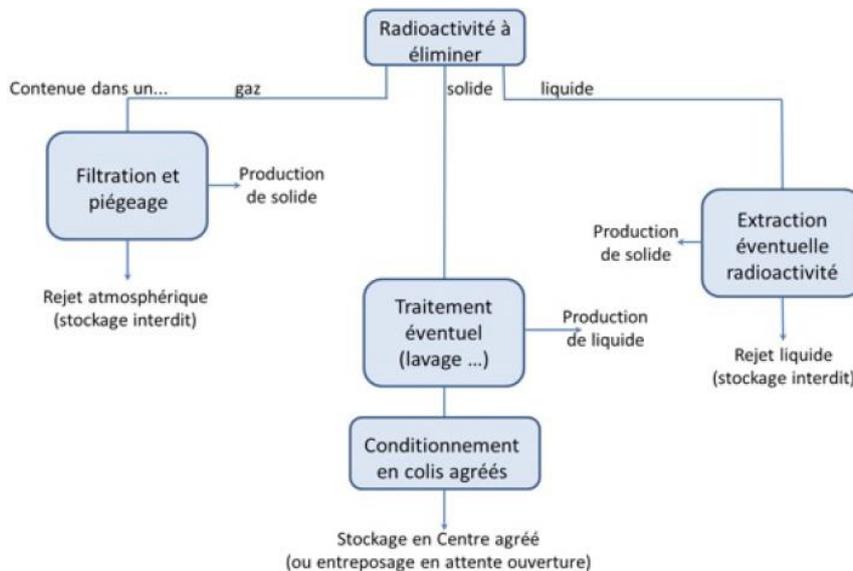


Figure 10 – Techniques utilisées pour minimiser les rejets dans l’environnement (Source : dossier)

L’Ae observe que ce schéma de principe est tout à fait général et que sa déclinaison au cas particulier de Masurca ne figure pas au dossier.

L’Ae recommande de préciser pour chacun des types de rejets ou déchets liés au démantèlement de Masurca la modalité de traitement ou de stockage retenue.

Les principales interactions de l’INB Masurca avec son environnement sont schématisées sur la figure ci-dessous.

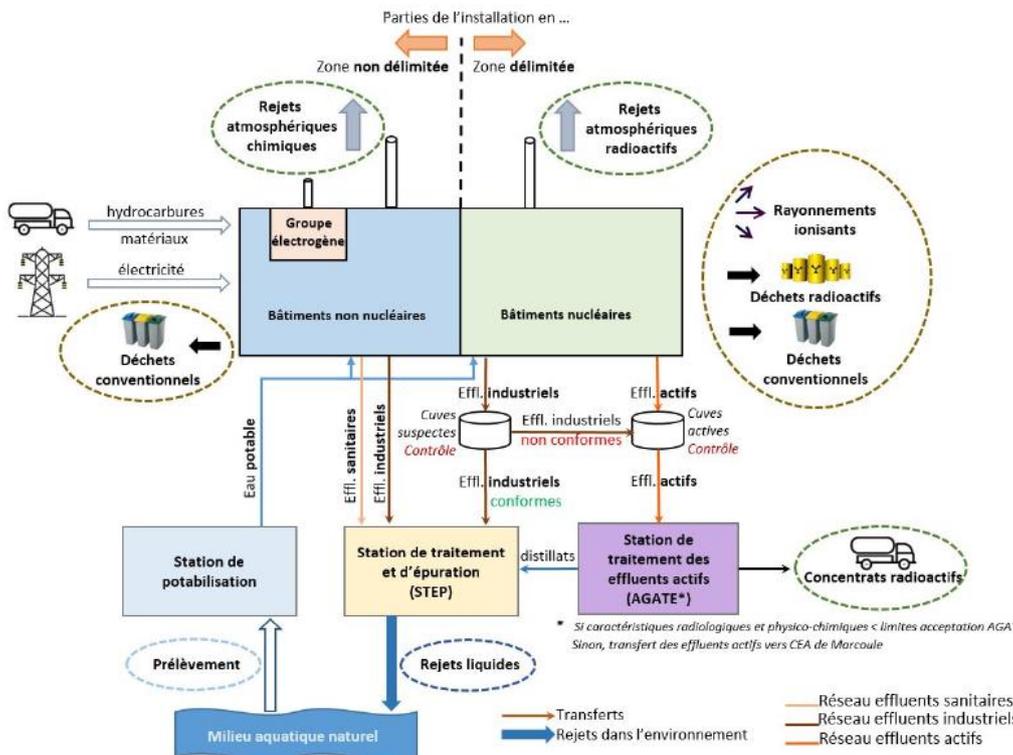


Figure 11 – Schéma de principe des principales interactions de Masurca avec l’environnement (Source : dossier)

2.3.1 Réduction du « terme source »¹⁸ radiologique

Il est prévu, dans un premier temps, la réduction du « terme source » radiologique, et particulièrement le « terme source » mobilisable, c'est-à-dire la part de radioactivité susceptible d'être impliquée dans un incident ou un accident : évacuation des combustibles pour le réacteur, évacuation des déchets historiques pour l'installation d'entreposage de déchets...

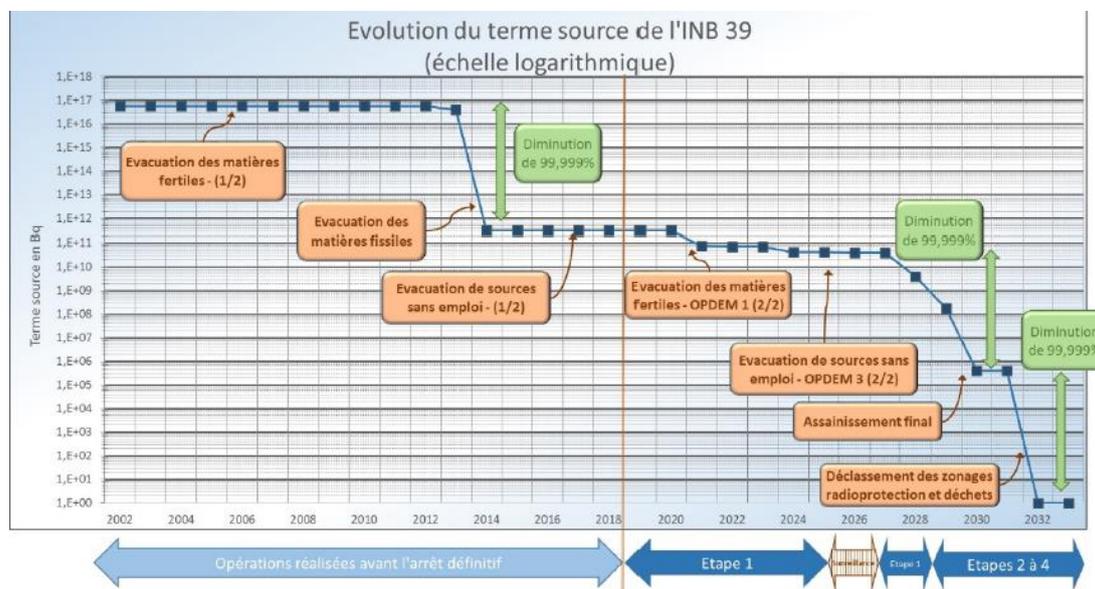


Figure 12 – Évolution du « terme source » mobilisable au cours du démantèlement (Source : dossier)

L'évacuation de l'essentiel des matières fertiles et des matières fissiles a déjà eu lieu. La quasi-totalité (>99 %) du terme source a donc été évacuée au cours des trois premières Opdem comme l'illustre la figure 8. Les éléments résiduels du terme source sont contenus dans les dispositifs de manipulation utilisés dans les expérimentations (par exemple les tubes réutilisés) et dans ceux de maintenance. Ils seront évacués au fur et à mesure de l'avancement du chantier.

Le dossier ne précise toutefois pas ce qui est prévu pour l'évacuation de la source neutronique de démarrage, peu utilisée au cours de la vie de l'installation. Il a été précisé aux rapporteurs lors de leur visite que des autorisations seront nécessaires à son transfert vers l'INB 156 dite Chicade (pour « chimie caractérisation déchets »)¹⁹ où elle sera reconditionnée en un colis de déchet à moyenne activité et vie longue, et entreposée ensuite en attendant de pouvoir être stockée dans une installation de stockage en grande profondeur (Cigéo). L'absence de cette information constitue une lacune du dossier.

L'Ae recommande de préciser le devenir de la source neutronique de démarrage et le calendrier prévisionnel de son évacuation et de son élimination ultérieure et d'en tenir compte dans l'évaluation des incidences du projet.

¹⁸ Le terme source désigne l'ensemble de ce qui peut être émis dans l'environnement par les installations.

¹⁹ « L'installation nucléaire de base (INB) 156, dénommée Chicade, est un laboratoire « chaud » qui réalise des travaux de recherche et développement sur les déchets radioactifs, concernant principalement : 1) les procédés de traitement de déchets liquides aqueux ; 2) les procédés de décontamination ; 3) les méthodes de conditionnement de déchets solides ; 4) l'expertise et le contrôle de colis de déchets conditionnés. ». Elle est située dans le centre de Cadarache. Source [ASN](#)

2.3.2 Le sodium solide

Du sodium solide métallique sous différentes formes (réglettes – 1,7 t, plaquettes – 587 kg, blocs – quelques kg²⁰ et plaquettes contenant anciennement des carbonates de sodium – 290 kg) a été utilisé dans les assemblages insérés dans le cœur. Il a donc été activé, faiblement compte tenu de la puissance du réacteur et de son type, et son degré de radioactivité a décliné depuis les dernières périodes de fonctionnement du réacteur. Une réutilisation serait coûteuse compte tenu de la multiplicité des éléments (plusieurs milliers), de leur gaine métallique et de la faible quantité unitaire. Pour autant, le total (environ 2,3 tonnes) nécessite l'ouverture des gaines pour leur traitement chimique sur site dans un atelier dédié. Le devenir du carbonate de sodium n'est pas précisé.

2.3.3 Déchets solides

La gestion des déchets solides est fondée sur la définition réglementaire du plan de zonage « déchets ». Ce zonage « déchets » divise les installations d'un site nucléaire (bâtiments ou locaux de l'installation elle-même, mais aussi aires extérieures et voiries) en deux types de zones :

- les zones à production possible de déchets nucléaires (ZppDN), à l'intérieur desquelles les déchets produits sont radioactifs, contaminés ou activés, ou susceptibles de l'être. Les déchets issus de ces zones sont dits déchets radioactifs ;
- les zones à déchets conventionnels (ZDC), à l'intérieur desquelles les déchets produits ne sont pas susceptibles d'être contaminés ou activés. Les déchets issus de ces zones sont dits déchets conventionnels.

Au cours des opérations de démantèlement, un déchet conventionnel et donc une ZDC peut être contaminée et changer de statut « *certaines zones ZNC [zones non contaminantes] seront susceptibles de passer en ZC [zones contaminantes] lors de certaines opérations de maintenance ou conditionnement de déchets. Ce sont principalement les locaux abritant les filtres THE [à très haute efficacité] et le hall de livraison du BSM²¹* ». Une zone peut être constituée d'un local, d'une partie de local ou d'installation pourvu de frontières ou barrières physiques considérées comme empêchant tout transfert de contamination entre l'extérieur et l'intérieur de la zone ainsi définie. Le zonage « radioprotection » est différent du zonage « déchets » mais la cohérence de ces deux zonages est assurée.

Le fonctionnement de la ventilation nécessite une alimentation en eau, et conduit à la production d'effluents dont une partie est rejetée dans l'environnement après filtration.

Dans le cadre des Opdem ou lors des opérations de démantèlement, un zonage opérationnel déchet (reclassement temporaire de locaux) pourra être mis en place pour la réalisation de certains chantiers.

²⁰ Le dossier utilise des images pour les décrire : gros crayons, carreaux de mosaïque, pavés.

²¹ La source neutronique de démarrage y est entreposée dans son conteneur. Elle n'est pas considérée comme un déchet.

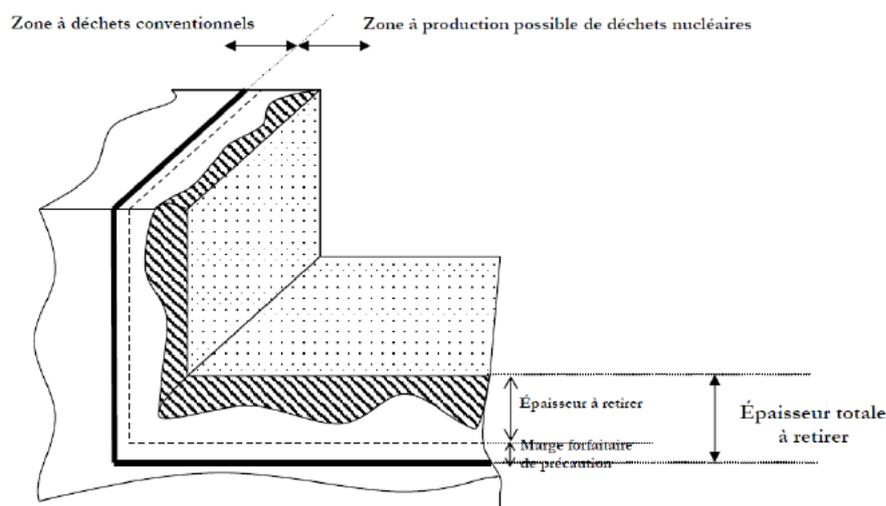


Figure 13 – Limite du zonage déchets dans l'épaisseur, extrait du guide ASN n° 14 (Source : dossier)

Le dossier présente un tableau (figure 14) présentant les quantités estimées de déchets solides qu'il conviendra de prendre en charge dans le cadre des opérations, en les distinguant par nature (conventionnel/radioactif) et par source (type d'opérations qui les produisent) : démantèlement, fonctionnement (dites Senex) et assainissement final du génie civil.

Quantités de déchets produits	TFA			Conventionnels		
	Tonnes	m ³	Colis	Tonnes	m ³	Colis
Pendant les opérations SENEX						
Opérations SENEX	12,7	67	82	167,6	418	191
Pendant les opérations de démantèlement						
Déchets solides de démantèlement	521,8	578	503	276,1	438	309
Déchets d'assainissement	15,4	15	55	0	0	0
Déchets induits et déchets technologiques	10,1	122	122	0	0	0
Total opérations de démantèlement	547,3	704	680	276,1	438	309
TOTAL	Tonnes	m³	Colis	Tonnes	m³	Colis
	560	782	762	443,7	856	500

Figure 14 – Inventaire des déchets solides produits au cours du démantèlement de Masurca (Source : dossier)

Les déchets radioactifs représentent environ 60 % du volume. Tous sont considérés comme de très faible activité (TFA). Les déchets de démantèlement sont principalement constitués d'équipements, câbles, gaines. Ceux d'assainissement final du génie civil (environ 15 m³) sont principalement constitués de blocs béton et poussières. Les déchets induits et déchets technologiques (environ 122 m³) sont composés d'éléments nécessaires pour la réalisation des opérations de démantèlement mais non valorisables, en particulier des consommables nécessaires aux opérateurs (tenues, surbottes...) et le vinyle utilisé pour la réalisation des sas. Certains déchets sont particuliers du fait de la présence d'amiante dans les brides de gaines de ventilation, les freins des engins de manutention, etc. Les déchets amiantés radioactifs (à très faible activité) représentent une quantité suffisamment faible (1,35 m³ des parois pleines) et feront l'objet d'une demande d'acceptation spécifique de colis amiantés TFA.

Outre ces « déchets », il est également produit des effluents gazeux et liquides.

2.3.4 Rejets gazeux

En exploitation (situation de fonctionnement), l'installation émet en continu des rejets gazeux, issus des réseaux de ventilation, évacués par deux émissaires en toiture du BSM et du BA. Les rejets sont stables depuis 2015, les expérimentations s'étant arrêtées longtemps auparavant.

Des rejets gazeux non radiologiques interviennent également, occasionnellement lors du fonctionnement du groupe électrogène fixe, qui assure le relais de l'alimentation électrique normale en cas de défaillance ; les tests annuels ont lieu 30 h/an.

Les transports routiers d'approvisionnement et d'évacuation des colis de déchets sont également à la source d'émissions, qui seront fonction du nombre de rotations nécessaires.

2.3.5 Rejets liquides

Les effluents liquides produits depuis 2017 sont non radioactifs : il s'agit d'effluents sanitaires et d'eaux pluviales. Les eaux pluviales collectées s'écoulent par des caniveaux avant transfert au réseau d'eau pluviale du site de Cadarache et rejet dans le Ravin de la Bête. Les eaux sanitaires proviennent des points d'eau (lavabos, douches, sanitaires) situés hors de la zone délimitée au regard de sa radioactivité potentielle. Non radioactives et caractérisées par des paramètres chimiques comme toutes les eaux usées, ces eaux sont acheminées directement par le réseau gravitaire, séparatif et dédié des effluents sanitaires (RES) du centre vers la station de traitement des effluents sanitaires (STEP/ES) du centre de Cadarache, qui traite les effluents sanitaires de toutes les installations du centre. Après traitement, ils sont acheminés vers la station de rejet en Durance, commune à toutes les installations du centre.

Masurca ne produit pas d'effluents liquides actifs, et ne produit plus d'effluents liquides suspects depuis 2017. Les cuves à effluents liquides suspects de l'installation ont déjà été vidangées et condamnées. Le réseau des effluents suspects est totalement déposé.

Certaines opérations particulières (qui ne devraient pas excéder trois ans) du chantier de démantèlement produiront en outre ponctuellement des effluents industriels (de l'ordre de 95 m³ au total). Il s'agit notamment du refroidissement des outils de découpe de parties de génie civil en zone délimitée (toit des cuves d'entreposage des effluents suspects, découpe du marbre du local « Genepi »²², douche des chantiers amiante) et d'opérations de post-traitement des carbonates de sodium issus du traitement des articles sodés.

En revanche, il n'est pas compréhensible pour le public que ces rejets liquides soient par ailleurs considérés comme des effluents industriels qui relèvent de la station de traitement (STEP EI) du site de Cadarache, comme s'il s'agissait d'effluents non radioactifs (cf. 1.2.2).

²² Un marbre présent dans ce local, en granit, contient de la radioactivité naturelle ; sa découpe sera à l'origine d'environ 200 litres d'effluents liquides.

L'Ae recommande de préciser le caractère radioactif des effluents industriels liquides résultant des opérations de démantèlement et de démontrer leur compatibilité avec les critères d'acceptation de la station de traitement du site de Cadarache.

2.3.6 Bilan des rejets radioactifs du démantèlement

La figure suivante compare la dose efficace annuelle maximale ajoutée par le démantèlement de Masurca à des doses de référence connues, ainsi qu'à la dose moyenne annuelle d'exposition aux rayonnements ionisants d'origine naturelle pour la France métropolitaine. Elle illustre le caractère non significatif de l'impact des rejets radioactifs lié au démantèlement de Masurca. L'analyse des effets cumulés du chantier de démantèlement de Masurca avec celui des autres installations du centre de Cadarache, susceptibles d'être conduits conjointement, n'est pas décrite.

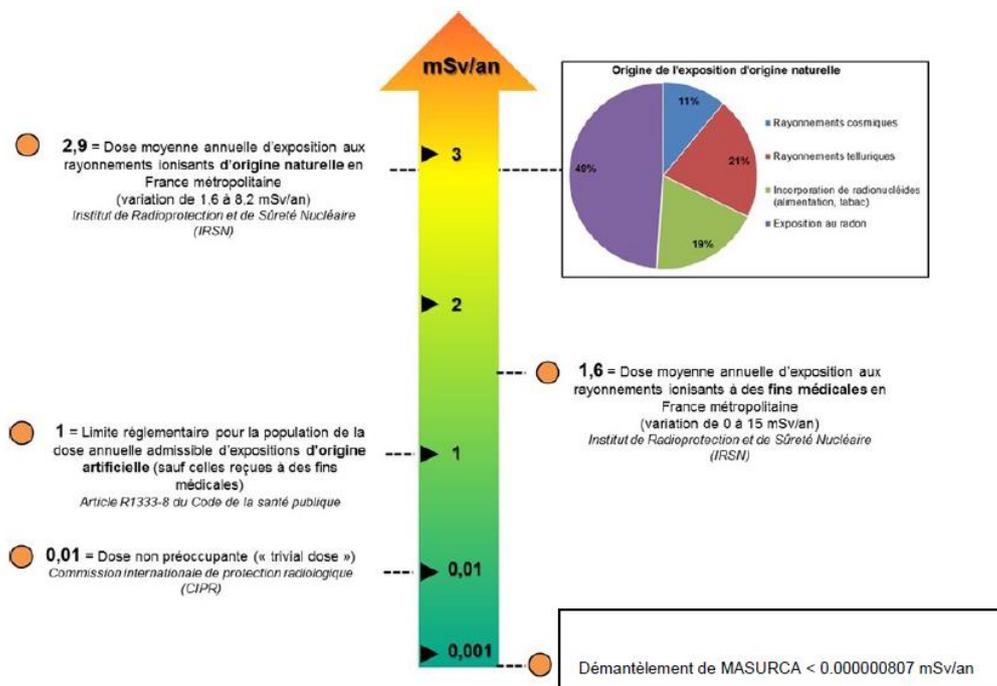


Figure 15 – Comparaison de la dose efficace annuelle maximale ajoutée par le démantèlement de Masurca, aux doses de référence (Source : dossier)

2.4 Mesures d'évitement et de réduction des incidences

2.4.1 Évitement et réduction des rejets d'effluents radioactifs

Effluents liquides

Masurca ne devrait plus rejeter d'effluents actifs liquides. Il n'est dès lors pas prévu de mesure à ce titre.

Effluents gazeux

Le dossier décrit les modalités de confinement statique et dynamique prévues pour la protection des travailleurs, du public et de l'environnement contre les conséquences d'un rejet au milieu de produits radioactifs.

Le confinement statique est constitué de barrières physiques. Le confinement dynamique, assuré par une ventilation créant une dépression, permet de remédier à d'éventuels défauts de continuité des barrières physiques et limiter le risque de dissémination de substances radioactives :

- à l'intérieur de l'installation, en maintenant un sens préférentiel d'écoulement de l'air et une hiérarchisation des pressions afin d'assurer un transfert d'air des zones présentant les risques les plus faibles vers les zones présentant les risques les plus élevés ;
- à l'extérieur de l'installation, en maintenant une dépression par rapport à la pression atmosphérique dans les zones présentant des risques de dissémination, afin d'éviter les rejets incontrôlés à l'environnement.

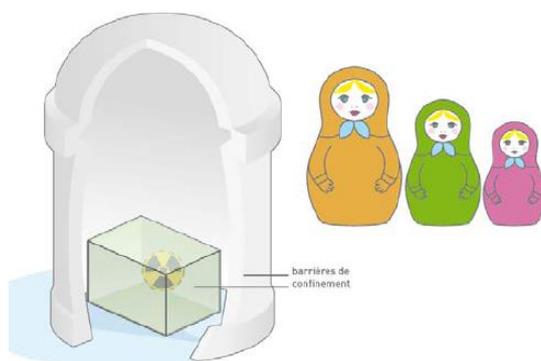


Figure 16 – Principe des barrières de confinement statique successives des substances radioactives, à l'image des « poupées russes » (Source : dossier)

La ventilation crée une dépression dans l'installation et canalise l'air aspiré jusqu'à la cheminée après passage au travers d'un ou plusieurs étages de filtration très haute efficacité (THE), développés spécifiquement pour l'industrie nucléaire. Cette dépression permet de garantir que les cheminées identifiées comme émissaires de rejet seront bien les uniques sources de rejet, et l'efficacité des filtres (99,9 % de particules retenues par filtre) permet de limiter l'impact des particules contenues dans ces rejets au minimum raisonnablement possible. Par ailleurs, des analyses de tritium à la sortie des barboteurs qui permettent de le retenir montrent systématiquement des valeurs inférieures au seuil autorisé de rejet de 0,5 Bq/m³. La surveillance de l'air rejeté par la ventilation, avant rejet, est permanente. Elle comprend des mesures en instantané et des mesures en différé. Les mesures en instantané servent à détecter très vite un rejet anormalement élevé. Les mesures en différé, plus précises, permettent la comptabilisation des rejets tout au long de l'année, et donc de vérifier le respect des limites annuelles de rejets.

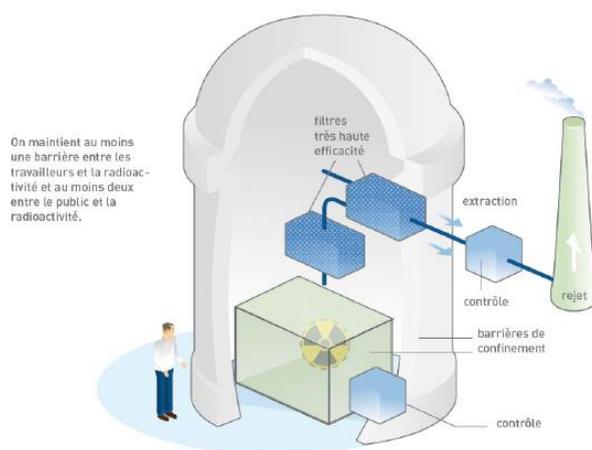


Figure 17 – Système de ventilation avec filtration assurant un confinement dynamique (Source : dossier)

La détection d'une défaillance de la ventilation conduit au déclenchement d'une alarme et à l'arrêt des opérations réalisées dans l'installation. Seule l'étude de maîtrise des risques évoque celui lié à la perte de la ventilation, soit du fait d'une défaillance générale, soit partielle par suite de la défaillance d'un des réseaux ou d'une agression. Les conséquences en seraient la perte de la maîtrise du risque de dissémination de substances radioactives avec la perte de la fonction de confinement dynamique, de celle d'assainissement des locaux et de celle d'épuration des rejets radioactifs atmosphériques.

Pour éviter ce risque, il est prévu, en plus d'une maintenance préventive, une redondance des ventilateurs d'extraction et de soufflage de la ventilation du BSM et une alimentation secourue pour ceux du BR et du BSM. En cas d'alarme, le confinement statique des substances radioactives, l'arrêt des opérations et l'évacuation du personnel sont de nature à limiter des conséquences.

2.4.2 Évitement et réduction des déchets

Les déchets solides produits sont pour partie conventionnels (ZDC), soit radioactifs ou susceptibles de l'être (ZppDN). Seuls le bâtiment réacteur et le bâtiment stockage et manutention abritent des zones contaminantes (ZC).

Les mesures retenues pour réduire le volume des déchets en effectuant un tri à la source, en limitant les matériels et emballages acheminés en zone potentiellement contaminante, en utilisant un outillage et des équipements de chantier dédiés à chaque type de déchet, etc. sont classiques mais bienvenues.

2.4.3 Autres mesures d'évitement et de réduction

L'étude d'impact évoque également des mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre (dont des mesures sur la réduction des déplacements des agents du site²³), l'alimentation en déchets

²³ Le faible nombre d'agents intervenant conjointement dans le démantèlement (moins d'une cinquantaine) ne justifie pas un traitement particulier de ce sujet, qui en est un à l'échelle du site de Cadarache, au regard de son étendue et de son isolement. Il est à noter que l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre liées notamment aux transports des déchets solides conventionnels ou TFA est détaillée (235 tonnes d'équivalent CO₂ pour l'ensemble du chantier).

d'une unité de cogénération mise en place en 2018 sur le site de Cadarache, l'optimisation de la charge des camions et des mesures de gestion des incidents. L'étude d'impact indique en outre qu'aucune modification de l'emprise n'est prévue et qu'en conséquence, aucune mesure d'évitement-réduction relative à la protection de l'environnement naturel n'est à mettre en place.

2.4.4 Conclusion sur les mesures d'évitement et réduction

En fait, la partie 3 de l'étude d'impact ne présente pas de mesures d'évitement et de réduction (à l'exception des quatre mesures E0 et R1 à R3 relatives aux espèces à enjeux, curieusement placées en partie 4). La rédaction de ces paragraphes, générale, présente des principes d'action lors du démantèlement. L'étude d'impact ne comprend d'ailleurs pas de tableau récapitulatif des mesures d'évitement et de réduction.

Toute cette démarche qui semble reposer sur des méthodes de prévention propres au domaine nucléaire : système de management de la qualité, de la santé, de la sécurité et de l'environnement du site qui sera mis en œuvre lors du démantèlement, double certification du CEA selon les référentiels ISO 9001 (2015) – ISO 14001 (2015) ou d'autres référentiels, ne fait pas de lien explicite entre les « pratiques » propres au nucléaire et la méthodologie « éviter, réduire, et, à défaut, compenser ».

L'Ae recommande de compléter de manière proportionnée aux enjeux le volet de l'étude d'impact relatif aux mesures d'évitement et de réduction en démontrant en quoi la méthodologie suivie pour le démantèlement intègre bien les exigences de la méthode « éviter, réduire, compenser ».

2.5 Incidences résiduelles

Compte tenu de la faiblesse des incidences résiduelles, il n'est pas prévu de mesures de compensation. En revanche, un suivi précis est mis en place dans les procédures habituelles de suivi du contexte nucléaire pour le vérifier. Le suivi de l'efficacité des mesures relatives au milieu naturel est toutefois décrit plus spécifiquement.

2.5.1 Rejets radiologiques atmosphériques

Le démantèlement de Masurca conduit à des émissions atmosphériques radioactives totales d'environ 88 Bq ; leur répartition, variable au cours des douze années, fait apparaître un pic en fin de période (63 Bq en 2029, au cours des opérations de remplacement des réseaux de soufflage et d'extraction ainsi que de celles d'assainissement du génie civil).

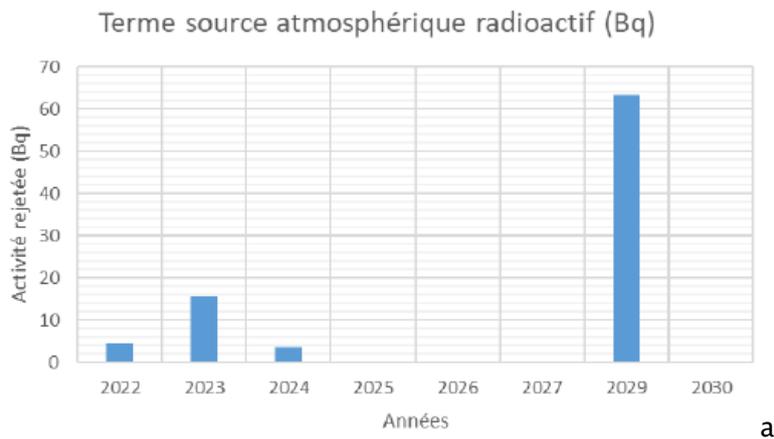


Figure 18 – Émissions radioactives atmosphériques par année (Source : dossier)

Ces émissions sont constituées de radionucléides émetteurs α et $\beta \gamma$; ces derniers représentant environ 90 %. Compte tenu du très faible niveau du total des émissions, le calcul effectué pour l'appréciation des incidences consiste à prendre en compte chaque année un total équivalent au cumul des autorisations annuelles de rejet, soit $1,714 \cdot 10^4$ Bq. Le total retenu est dès lors largement supérieur aux valeurs réelles d'activité rejetée dans le cadre du chantier de démantèlement : environ 20 fois supérieur pour les émetteurs alphas et environ 210 fois supérieur pour les émetteurs bêta-gamma. Malgré cette surévaluation, les doses maximales annuelles calculées sont inférieures à la limite de 1 mSv/an ainsi qu'à la dose de $10 \mu\text{Sv}/\text{an}^{24}$.

Les activités ajoutées par les rejets atmosphériques radioactifs dans l'air, le sol, et les productions agricoles sont très faibles, et inférieures aux seuils réglementaires. L'incidence résiduelle sur l'environnement et la qualité de l'air des rejets atmosphériques radioactifs liés au démantèlement est donc qualifiée de très faible.

2.5.2 Rejets radiologiques liquides

Le calcul des incidences résiduelles des effluents liquides attendus prend en compte un total équivalent au cumul des autorisations annuelles de rejet, majorant vis-à-vis du terme source estimé. Pour autant le calcul aboutit à des doses efficaces environ 1 million de fois inférieures à la limite de dose annuelle de 1 mSv/an. L'incidence résiduelle sur l'environnement et sur la qualité des eaux de la Durance des rejets liquides radioactifs induits par le chantier de démantèlement est dès lors qualifiée de négligeable.

2.5.3 Cumul des rejets radiologiques atmosphériques et liquides

Malgré les hypothèses majorantes retenues pour les calculs d'impact, le cumul des doses induites par les rejets chroniques radiologiques atmosphériques et liquides est de $8,07 \cdot 10^{-7}$ mSv/an pour un adulte situé à Saint-Paul-Lez-Durance, à la 50^e année après le rejet sans expliquer pourquoi cette échéance est retenue.

²⁴ La dose pouvant être reçue par une personne du public est de l'ordre de $10 \mu\text{Sv}/\text{an}$ ou moins pour les radionucléides artificiels, et de l'ordre de 1 mSv/an ou moins pour les radionucléides naturels.

2.5.4 Rejets chimiques atmosphériques et liquides

Après un examen fin des valeurs de référence des teneurs pour les milieux naturels (avec parfois des aberrations peu explicables comme un pic pour le taux de nickel en 2018 dans les eaux ou un pic d'antimoine dans les eaux souterraines sur un point de mesure une année), le dossier qualifie l'impact environnemental des rejets atmosphériques chimiques sur les différents groupes de population de référence de faible et celui des rejets liquides chimiques de non préoccupant. L'Ae n'a pas d'observation sur ces appréciations. Les rejets atmosphériques chimiques induits par le procédé de carbonatation du sodium, réputés non toxiques, sont évalués au regard de leur impact en termes d'émissions de gaz à effet de serre.

Substances	N ₂	CO ₂	H ₂ O vapeur	H ₂
Volume rejeté (m ³)	27940	3230	1130	1145
Masse volumique dans les CNPT (kg/m ³)	1,19	1,87	0,60	0,09
Masse rejetée pour l'ensemble des articles (kg)	33109	6040	102	684

Figure 19 – Rejets chimiques gazeux liés à l'opération de carbonatation du sodium – Source : dossier.

2.6 Résumé non technique

Le résumé non technique de l'étude d'impact reflète correctement son contenu et y renvoie pour des approfondissements sur les éléments principaux du dossier. Il présente les mêmes faiblesses que l'étude d'impact et n'est pas plus précis sur le devenir de la source neutronique de démarrage.

L'Ae recommande de prendre en compte dans le résumé non technique les conséquences des recommandations du présent avis.

3. Rapport de sûreté et étude de maîtrise des risques

Le dossier de démantèlement d'une INB comprend la révision du rapport de sûreté et une étude de maîtrise des risques liés au démantèlement en vertu de l'article R. 593-67 du code de l'environnement.

La pièce principale du rapport de sûreté est la « démonstration de sûreté ». Il présente la démarche, analyse les risques spécifiques liés aux Opdem, aux opérations Senex, de démantèlement, d'assainissement du génie civil, de réhabilitation de site, etc., présente les mesures de prévention des risques et dimensionne le plan d'urgence interne²⁵.

L'étude de maîtrise des risques porte sur les seuls risques liés aux opérations de démantèlement.

²⁵ L'exploitant est le premier responsable de la sûreté et de la radioprotection de son installation en général ; pour la gestion des incidents et accidents, il intervient dans le cadre du plan d'urgence interne imposé par la réglementation.

3.1 Inventaire des risques d'origines interne et externe

L'étude de maîtrise des risques fait l'inventaire des risques d'origines interne et externe liés aux opérations de démantèlement et décrit les principales dispositions prévues pour limiter la probabilité d'occurrence des accidents (prévention) et pour en limiter les effets en cas de survenue (limitation des conséquences) ainsi que les différents moyens et dispositifs de surveillance des risques, et les dispositions de secours.

Les risques internes d'origine nucléaire présents et pris en compte sont :

- le risque de criticité²⁶ lié à la présence de matières fissiles en faible quantité dans deux locaux particuliers de l'installation ;
- le risque de dissémination de substances radioactives hors de leurs barrières de confinement, dans l'installation voire dans l'environnement ;
- le risque d'exposition interne des personnes aux rayonnements ionisants, qui résultent de l'ingestion ou de l'inhalation de matières radioactives, à la suite de leur dissémination hors des barrières de confinement (conséquence du risque précédent) ;
- le risque d'exposition externe des personnes aux rayonnements ionisants émis par des matières radioactives extérieures aux personnes du fait notamment de structures légèrement activées lors du fonctionnement du réacteur et des sources radioactives.

Les risques internes d'origine non nucléaire sont au nombre de treize : l'émission de projectiles, la défaillance d'équipements sous pression, la collision et la chute de charges, l'explosion, l'incendie, l'inondation d'origine interne, la perte de l'alimentation électrique, la perte de la ventilation, la perte de la surveillance, la perte des alimentations en fluides, l'émission de substances dangereuses ; s'y ajoutent les risques liés à la coactivité ainsi qu'aux facteurs organisationnels et humains.

Les risques d'origine externe sont d'abord liés à l'environnement industriel à proximité (moins d'un km de Masurca) : les réacteurs Rapsodie (INB 25), Phébus (INB 92), Cabri (INB 24), les réacteurs expérimentaux Éole et Minerve (INB 42 et 95), le parc d'entreposage des déchets radioactifs solides (INB 56) et le chantier du réacteur de recherche Jules Horowitz (INB 172).

Les risques les plus importants font l'objet d'une analyse en quatre points : l'origine du risque, les mesures de prévention, les moyens de surveillance et les mesures de limitation des conséquences.

3.2 Analyse des situations accidentelles

Après un exposé du retour d'expérience du fonctionnement de Masurca, qui est rapide puisqu'aucun des 24 événements qui ont fait l'objet d'une déclaration auprès de l'ASN n'a été significatif²⁷, la

²⁶ Le risque de criticité est celui d'une éventuelle réaction de fission en chaîne liée au fait que, du fait de la quantité de matière fissile présente, chaque fission déclenche de nouvelles fissions qui amplifient le phénomène.

²⁷ Aucun des 24 événements signalés à l'ASN pour la période 2003-2013 n'a donné lieu à une contamination significative des locaux de l'installation ou à un rejet dans l'environnement.

démonstration de sûreté de la version préliminaire de la révision du rapport de sûreté repose sur l'analyse de différentes situations accidentelles. Le retour d'expérience du démantèlement d'installations similaires est nourri – démantèlement du réacteur Harmonie, carbonatation de dépôts de sodium...

Le dispositif mobile de traitement par carbonatation du sodium « Descartes » est aujourd'hui mis en œuvre en fonctionnement continu, sans présence permanente de personnel dans les halls de l'installation classée pour l'environnement (ICPE) Halls Recherches Techniques (HRT) du CEA à Cadarache. Aucune difficulté n'a été rencontrée durant ces opérations, utilisées pour le démantèlement du réacteur Harmonie, Phénix et Superphénix et aux États-Unis pour EBRII.

L'accident de référence retenu est un séisme provoquant la ruine partielle du BSM (celui-ci n'étant pas aux normes antisismiques), ce qui entraîne possiblement un incendie dans le magasin dédié à l'entreposage des articles contenant du sodium (en affectant 20 %) et dans le laboratoire chaud d'entreposage des dosimètres expérimentaux. Il est considéré que le séisme a lieu au début de la phase de démantèlement des bâtiments, afin que la situation soit la plus grave possible. Il est précisé que cette situation entraînerait la perte de la filtration mais les gravats conserveraient une partie de la matière mise en suspension. Si ce scénario est bien décrit, il n'est pas exposé en quoi il correspondrait à l'accident le plus critique. Il n'est pas exposé par exemple si un incendie affectant également l'intégrité du conteneur de la source neutronique de démarrage constituerait un facteur aggravant de ce scénario.

L'Ae recommande de démontrer que le scénario retenu (un séisme provoquant la ruine partielle du bâtiment de stockage et de manutention et entraînant un incendie dans le magasin d'entreposage des articles contenant du sodium et du laboratoire chaud d'entreposage des dosimètres expérimentaux) constitue l'accident le plus critique.

	Point de calcul	Hameau	Saint-Paul-Lez-Durance
Enfants 1-2 ans	2 jours	2,34E-05	1,12E-05
	1 an	2,67E-05	1,63E-05
	50 ans	1,78E-04	1,67E-04
	70 ans	2,35E-04	2,24E-04
Enfants 10 ans	2 jours	3,20E-05	1,53E-05
	1 an	3,58E-05	2,10E-05
	50 ans	2,09E-04	1,94E-04
	70 ans	2,73E-04	2,58E-04
Adultes	2 jours	3,71E-05	1,78E-05
	1 an	4,17E-05	2,57E-05
	50 ans	2,52E-04	2,36E-04

Figure 20 – Doses efficaces²⁸ totales par distance et durée d'intégration (Source : dossier)

²⁸ La convention d'écriture utilisée dans le tableau NE-5 est l'équivalent de N.10⁻⁵

Selon l'étude de maîtrise des risques, les conséquences radiologiques potentielles de l'accident de référence sont nettement inférieures à 10 mSv pour le groupe représentatif des populations les plus exposées résidant à Saint-Paul-Lez-Durance. La valeur de 10 mSv correspond au premier niveau d'intervention associé à la mise en œuvre des actions de protection de la population en situation d'urgence radiologique. L'étude considère que *l'activité ajoutée, évaluée dans les productions agricoles d'origine locale, est toujours inférieure aux niveaux maximaux de contamination présentés dans le Journal Officiel des Communautés Européennes* sans préciser si ces niveaux constituent des plafonds recommandés ou réglementaires. L'étude conclut qu'il n'est pas nécessaire de prévoir des mesures de protection des populations ou de restriction de consommation des produits agricoles d'origine locale.

3.3 Les moyens de secours et d'alerte de la population

Les moyens de secours et d'alerte de la population reposent sur un plan d'urgence interne et un plan particulier d'intervention dans le cas où les conséquences envisagées dépasseraient les limites du centre de Cadarache, ce qui permet, en cas de nécessité, de mobiliser l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et son appui technique, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, les moyens spécialisés du CEA et enfin ceux du Préfet.

3.4 Résumé non technique de l'étude de maîtrise des risques

Le résumé non technique de l'étude de maîtrise des risques est complet mais peu synthétique (la moitié de l'étude). Il ne comprend pas davantage de justification du scénario réputé le plus critique, ce qui devrait être corrigé. Une version plus synthétique serait utile à la bonne information du public.