

BRENNILIS - SITE DES MONTS D'ARRÉE

PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE DE MAÎTRISE DES RISQUES DU DOSSIER DE MISE À L'ARRÊT DÉFINITIF ET DE DÉMANTÈLEMENT DE L'INSTALLATION NUCLÉAIRE DE BASE N° 162



© LA MÉDIATHÈQUE EDF

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE



Sommaire

PRÉAMBULE	3
PRÉSENTATION DU SITE	4
Localisation et historique du Site des Monts d'Arrée (SMA)	4
Présentation du fonctionnement de la centrale de Brennilis	5
Aperçu des bâtiments présents à l'état initial	7
DESCRIPTION DES OPÉRATIONS PRÉVUES DANS LE CADRE DU PROJET	8
Démantèlement des échangeurs	8
Démantèlement du Bloc Réacteur (BR)	10
Assainissement et démolition de la STE.....	11
Exploitation de l'IDT	12
Démantèlement des matériels restants	13
Assainissement des bétons de l'enceinte réacteur	13
Gestion des sols.....	13
Démolition des bâtiments et réaménagement du site.....	13
ANALYSE DES RISQUES ET DISPOSITIONS POUR LEUR MAÎTRISE	14
La démarche d'analyse des risques	14
Maîtrise des risques d'origine nucléaire	16
Maîtrise des risques conventionnels.....	19
Maîtrise des risques transverses et liés au facteur humain.....	25
Maîtrise des risques vis-à-vis de l'environnement.....	27
Maîtrise des risques d'origine externe	28
ANALYSE DES CONSÉQUENCES DES ACCIDENTS ÉVENTUELS	31
Situations accidentelles de référence	31
SYSTÈMES DE SURVEILLANCE ET MOYENS DE SECOURS	33
Contrôle des rejets radioactifs gazeux.....	33
Surveillances radiologiques	33
Détection incendie.....	34
Surveillance de l'environnement et de la nappe phréatique.....	35
Autres surveillances	35
Moyens de secours et organisation en cas de crise.....	36
CONCLUSION	37



Préambule

Ce document constitue le « Résumé Non Technique » de l'étude de maîtrise des risques dans le cadre de la demande de Mise à l'Arrêt Définitif (MAD) et de démantèlement de l'Installation Nucléaire de Base (INB) 162, communément appelée Centrale de Brennilis ou Site des Monts d'Arrée (SMA).

La réalisation de ce projet revêt une double priorité :

- la **sécurité des personnes**, notamment par la définition de scénarios visant la sécurité des intervenants, tant sur le plan de la radioprotection que de la sécurité au travail classique ;
- le **respect de l'environnement**, en premier lieu par la limitation des rejets, mais aussi au travers de la gestion des sols, de la gestion des déchets et plus globalement des diverses interfaces avec l'environnement.

Le présent résumé est centré sur la sécurité des personnes et la sûreté pendant le déroulement des opérations.

Les interfaces du projet avec son environnement sont présentées dans l'étude d'impact et son résumé non technique.

■ Risque et vie quotidienne

Toute activité, y compris dans la vie quotidienne, présente des risques : risque de chute lorsqu'on se déplace, risque d'allergie à un produit ou un aliment, risque de blessure avec un objet, etc.

Lorsque le danger potentiel est faible, on considère généralement le risque comme acceptable (par exemple on ne porte pas de chaussures de sécurité pour cuisiner, car les objets susceptibles de tomber sont peu lourds).

Lorsque la probabilité d'apparition d'un danger est très faible, on considère également le risque comme acceptable (par exemple on ne met pas en place de protection anti-météorite au-dessus de son jardin).

En revanche, pour les dangers potentiellement importants et susceptibles de se produire, il est nécessaire de mettre en place des dispositions de manière à se protéger. Par exemple : installer des rambardes dans les escaliers pour empêcher les chutes, porter la ceinture de sécurité en voiture pour limiter les blessures en cas de choc, éviter de consommer de l'alcool avant de conduire pour conserver sa vigilance, placer un paratonnerre pour protéger sa maison de la foudre, etc.

■ Qu'est-ce qu'une étude de maîtrise des risques ?

L'objectif de l'étude de maîtrise des risques associés à un projet est de présenter les différents risques identifiés et les dispositions mises en place pour ramener ces risques au niveau le plus bas possible. Cette étude est présentée aux [Chapitres 3 à 5](#) après la présentation du site ([Chapitre 1](#)) et des opérations de démantèlement ([Chapitre 2](#)).

Nota : afin de permettre à chacun de retrouver facilement dans le dossier les sujets abordés dans ce résumé, des renvois indiquent les Pièces, Chapitres ou Paragraphes du corps du dossier auxquels il convient de se reporter pour plus de détails sur le sujet. Ces renvois sont repérés par l'icône ci-contre et la mention **POUR EN SAVOIR PLUS**.



1 Présentation du site

Localisation et historique du Site des Monts d'Arrée (SMA)



■ Localisation

Le Site des Monts d'Arrée (SMA), également appelé centrale de Brennilis, est localisé dans la partie est du Finistère, à 25 km au sud de Morlaix, à 10 km à l'Ouest de Huelgoat et à 50 km à l'Est de Brest.

Le SMA est situé à une altitude de 220 m, en bordure du réservoir artificiel de Saint-Michel et de la rivière Ellez (affluent de l'Aulne), sur le territoire des communes de Brennilis et de Loqueffret.

■ Historique

Le réacteur a été raccordé au réseau en juillet 1967 et arrêté définitivement en juillet 1985.

Les opérations de Mise à l'Arrêt Définitif se sont déroulées de 1985 à 1992. Elles ont consisté à éliminer les principales sources radioactives (déchargement du combustible, vidange des circuits et des piscines, etc.).

Des travaux de démantèlement partiels ont ensuite été engagés à partir de 1997. Ils ont conduit à démanteler, à assainir, déclasser puis démolir la plupart des bâtiments. Les bâtiments restants (visible sur la photo ci-dessous) sont présentés [Page 7](#).



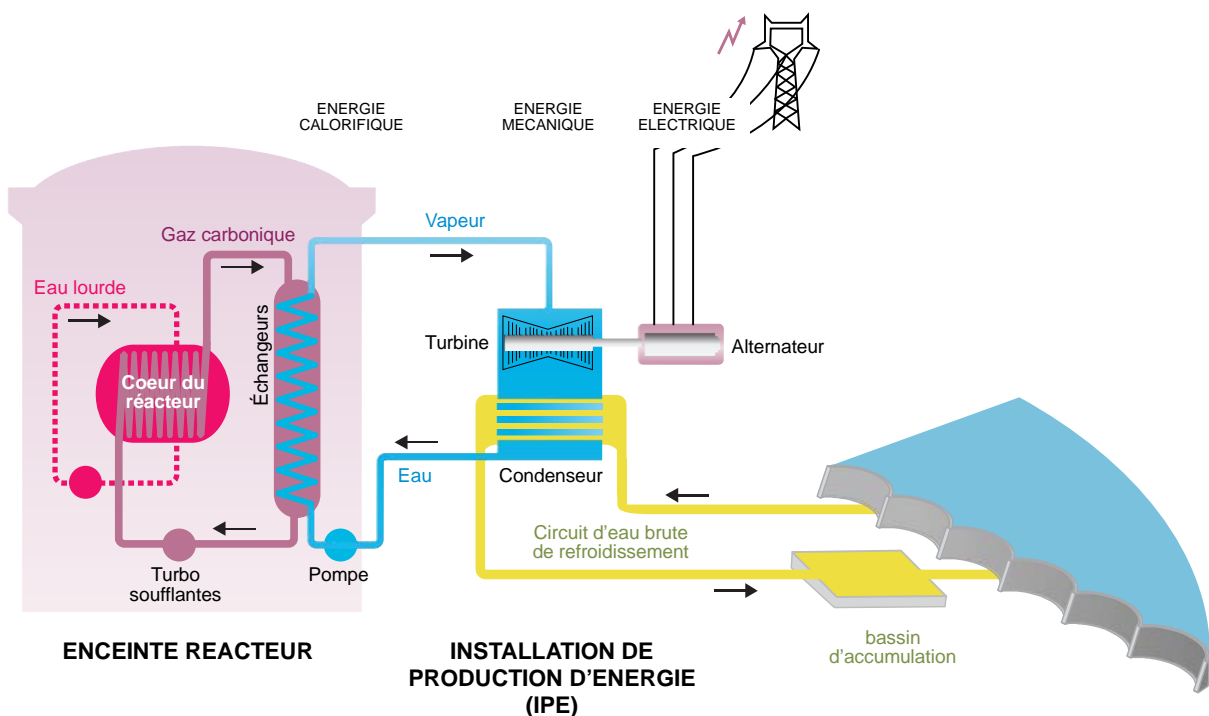
Présentation du fonctionnement de la centrale de Brennilis

La centrale de Brennilis était une centrale nucléaire modérée à l'eau lourde et refroidie au gaz carbonique. Sa puissance thermique était de 250 MW pour une puissance électrique de 70 MW.

■ Principe de fonctionnement

Le fonctionnement de cette centrale s'articulait autour des principaux éléments suivants :

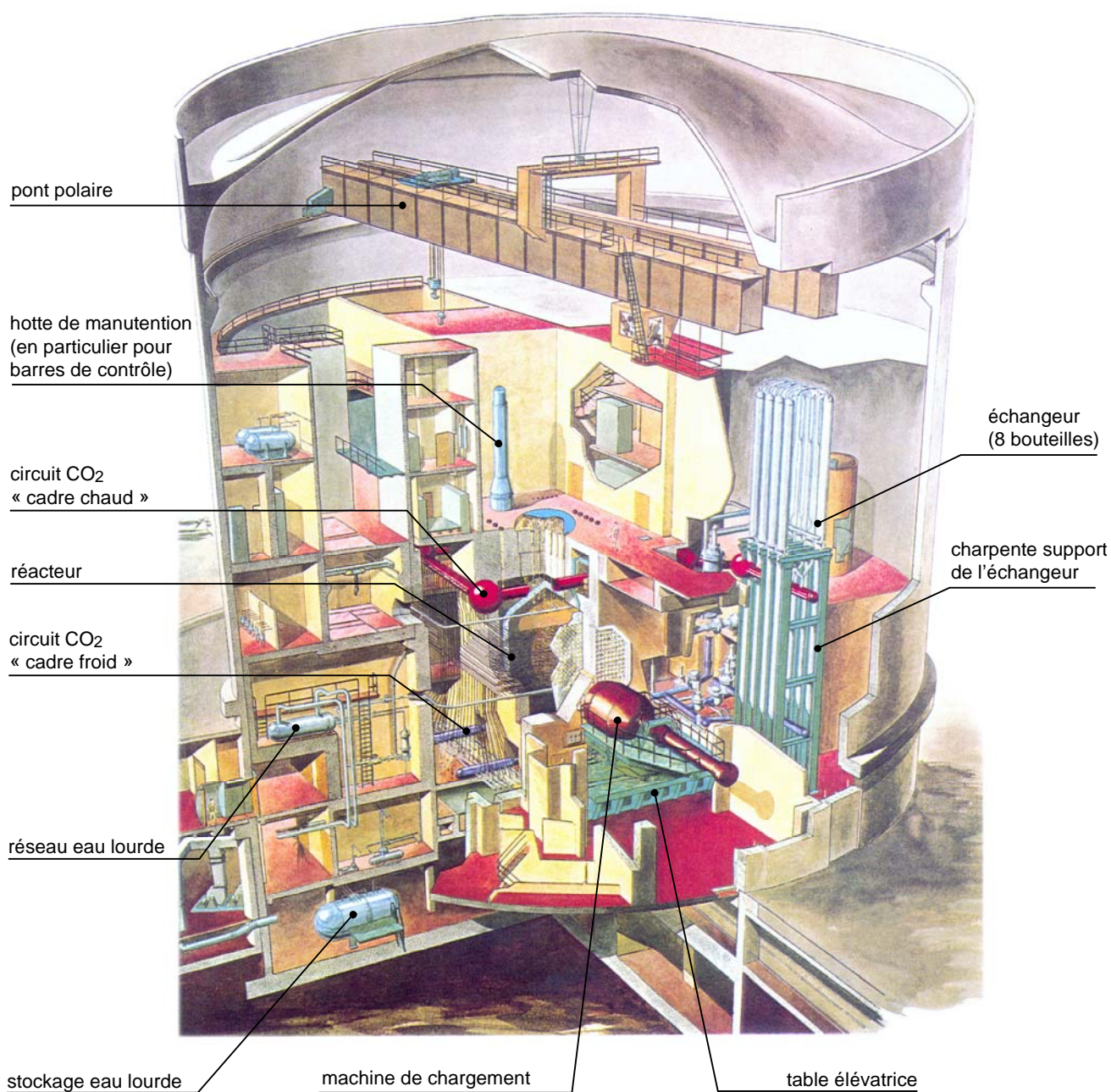
- **le cœur du réacteur** : il était constitué d'une cuve cylindrique horizontale traversée par 216 canaux horizontaux appelés « tubes de force » dans lesquels se trouvait le combustible nucléaire (uranium faiblement enrichi), confiné dans des gaines étanches. L'eau lourde constituait le modérateur du réacteur (le modérateur ralentit les neutrons et permet d'entretenir la réaction en chaîne). La cuve du réacteur était remplie d'eau lourde mise en circulation permanente par des pompes ;
- **le circuit primaire (gaz carbonique)** : le fluide caloporteur utilisé était le gaz carbonique. Il circulait dans les tubes de force du réacteur, propulsé par les turbosoufflantes, et assurait l'évacuation de l'énergie calorifique dégagée et son transfert au circuit secondaire eau-vapeur. Le transfert de chaleur se faisait dans des échangeurs, sans contact direct pour garantir la séparation entre circuit primaire et circuit secondaire ;
- **le circuit secondaire (eau-vapeur)** : le circuit secondaire eau-vapeur était un circuit fermé, sans contact direct avec le circuit primaire. Il assurait l'alimentation en vapeur du groupe turboalternateur situé dans l'Installation de Production d'Énergie (IPE). L'eau du circuit, vaporisée dans les échangeurs, alimentait la turbine couplée à l'alternateur pour produire l'énergie électrique. En sortant de la turbine, la vapeur était refroidie et ramenée à l'état liquide dans le condenseur, puis renvoyée vers le générateur de vapeur ;
- **le circuit d'eau brute** : le circuit d'eau brute était utilisé pour l'évacuation de la chaleur non récupérée, principalement pour le refroidissement du circuit secondaire au niveau du condenseur. Dans le cas de la centrale de Brennilis, le circuit d'eau brute fonctionnait en circuit ouvert sur le lac Saint-Michel (source froide), après passage dans le bassin d'accumulation.



■ Zoom sur l'Enceinte Réacteur (ER)

L'Enceinte Réacteur se présente sous la forme d'une enceinte en béton, fermée en partie supérieure par une coupole en voûte sphérique. La structure générale est réalisée en béton armé précontraint.

Pendant l'exploitation, elle comportait les éléments schématisés ci-dessous. Cette centrale avait la particularité de pouvoir procéder au chargement des combustibles (horizontaux) sans mise à l'arrêt du réacteur. C'était la fonction des machines de chargement manœuvrées par les tables élévatriques.



Aperçu des bâtiments présents à l'état initial



POUR EN SAVOIR PLUS :

Pièce 9 – Chapitre 1.3 : Présentation du site

Pièce 2 – Chapitre 5 : Description de l'installation

Depuis l'arrêt de la centrale, plusieurs opérations ont été menées :

- tout d'abord, les principales sources radioactives ont été évacuées dans les années suivant l'arrêt, dans le cadre des opérations de Mise à l'Arrêt Définitif (MAD), couvrant notamment le déchargement du combustible et la vidange des circuits et des piscines ;
- puis les opérations de démantèlement partiel, qui ont consisté principalement à :
 - confiner (c'est-à-dire boucher de manière étanche) les circuits du Bloc Réacteur (BR) contenant la majeure partie des substances radioactives subsistantes ;
 - démanteler les circuits d'eau lourde et de gaz carbonique (hormis les sections à l'intérieur du BR) ;
 - démanteler les composants électromécaniques des bâtiments (saufs, les échangeurs et le BR) ;
 - assainir la plupart des autres bâtiments nucléaires ;
 - évacuer les déchets radioactifs vers les centres de stockage agréés ;
 - démolir les bâtiments non nucléaires et les bâtiments nucléaires assainis et déclassés.

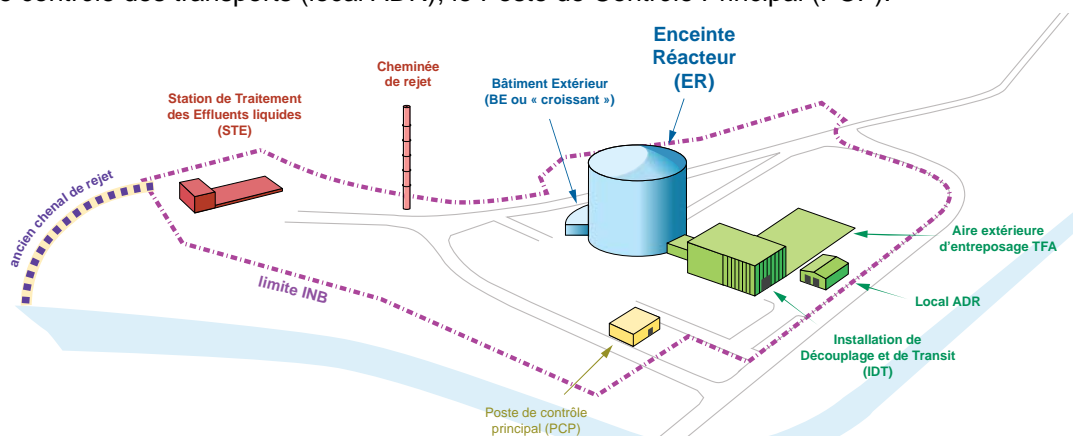
L'assainissement des structures :

Cette opération consiste à éliminer la partie radioactive des bétons des structures, voir page 13 ; la partie qui reste, après assainissement, et déclassée par l'Autorité de Sûreté Nucléaire, constitue des déchets dits conventionnels, c'est-à-dire non radioactifs.

Suite à ces travaux, l'INB 162 est constituée à ce jour de trois bâtiments principaux :

- **l'Enceinte Réacteur (ER)** abritant le **Bloc Réacteur (BR)** et les **échangeurs**, ainsi que certains équipements qui seront utiles lors du démantèlement (système de ventilation, équipements de lutte contre l'incendie, moyens de manutention comme le pont polaire...) ;
- **la Station de Traitement des Effluents (STE)**, qui a été partiellement démolie pendant la phase de démantèlement partiel. Les principaux éléments encore en place sont le sous-sol du bâtiment et une faible partie des superstructures du bâtiment principal protégées des intempéries par une couverture en bardage ;
- **l'Installation de Découplage et de Transit des déchets radioactifs (IDT)**, qui a été construite à l'emplacement de l'ex-Installation de Production d'Énergie (IPE). Sa fonction est l'entreposage temporaire de déchets radioactifs en attente d'évacuation vers les centres de stockage de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA).

D'autres bâtiments et équipements sont également présents dans le périmètre de l'INB et seront pris en compte dans le projet de démantèlement, notamment : la cheminée de rejet, les galeries et conduites, le local de contrôle des transports (local ADR), le Poste de Contrôle Principal (PCP).



2 Description des opérations prévues dans le cadre du projet



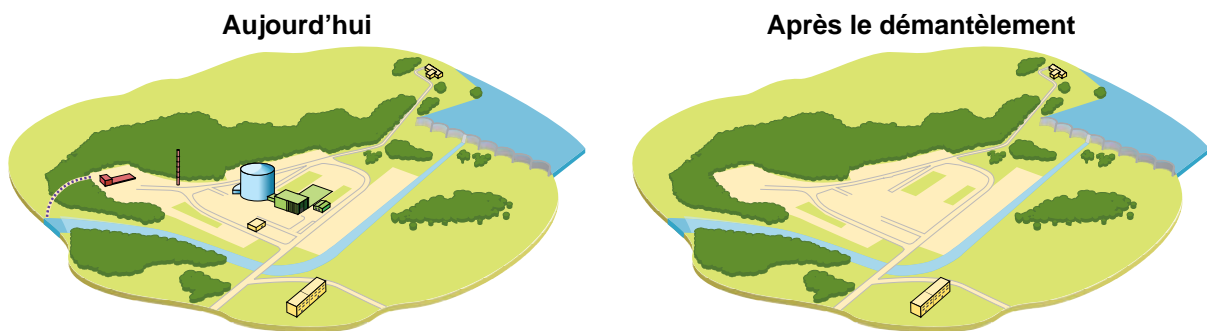
POUR EN SAVOIR PLUS :

Pièce 3 – Chapitre 5.2 : Description des travaux et des équipements nécessaires

Pièce 9 – Chapitres 6.1 (échangeurs et BR), 7.1 (IDT), 8.1 (STE)

Le démantèlement de la centrale de Brennilis vise à atteindre un état final où tous les ouvrages, après avoir été assainis et déclassés par l'Autorité de Sûreté Nucléaire, sont démolis jusqu'au niveau moins 1 m par rapport au niveau naturel du sol.

Les cavités restantes, qui sont de nature conventionnelle, c'est-à-dire non radioactive, sont remplies avec un remblai approprié, réutilisant les gravats de béton, déchets conventionnels issus de la démolition des bâtiments assainis et déclassés.



Ce projet comporte plusieurs opérations de différentes natures dans les bâtiments restants. Le déroulement des opérations prévues est rappelé ci-dessous.

Démantèlement des échangeurs

■ Description des échangeurs

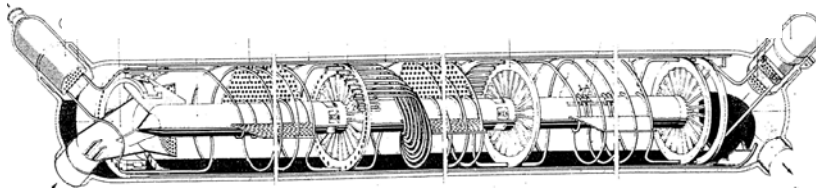
Les deux échangeurs (Est et Ouest) sont situés à l'intérieur de l'ER. Ils avaient pour fonction de transmettre au circuit secondaire l'énergie calorifique contenue dans le gaz carbonique (CO₂) provenant du réacteur. Le gaz chaud circulait à l'extérieur des tubes et transformait l'eau en vapeur, ce qui permettait ensuite d'entraîner la turbine et fournir de l'électricité.

Chaque échangeur (schémas page suivante) est composé des principaux éléments suivants :

- huit bouteilles verticales de 19,50 mètres de haut et un mètre de diamètre, pesant environ 37 tonnes chacune ;
- une charpente métallique de support ;
- l'ancien réseau de gaz carbonique (différents collecteurs et tuyauteries).



La masse totale d'un échangeur est estimée à 390 tonnes. Les matériaux constitutifs sont principalement de l'acier au carbone pour les tuyauteries, vannes et structures métalliques supports. Depuis 1992, ils sont vidés de tout fluide et isolés.

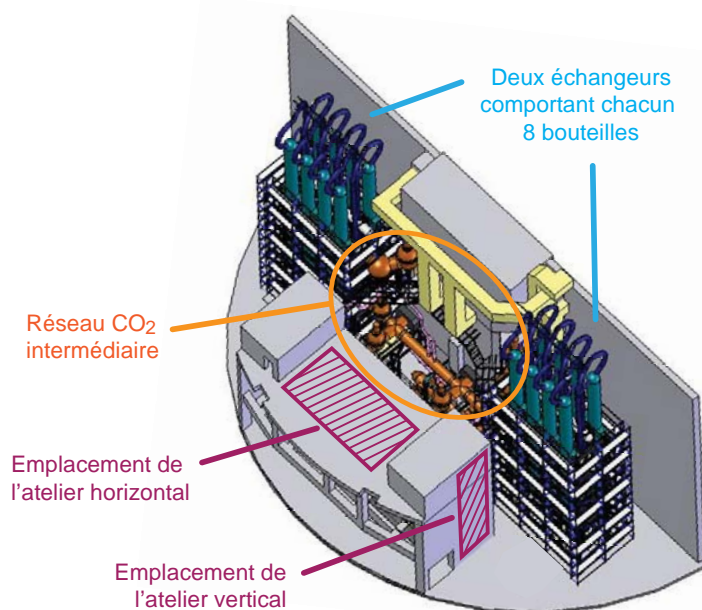


■ Description des travaux de démantèlement des échangeurs

Les travaux, qui se dérouleront à l'intérieur de l'Enceinte Réacteur, consistent à démanteler les deux échangeurs de chaleur et les réseaux CO₂ intermédiaires situés entre les deux groupes de 8 bouteilles.

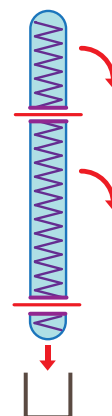
Ils comportent les principales phases suivantes :

- mise en place d'équipements permettant la découpe des bouteilles (équipements appelés « atelier vertical » et « atelier horizontal ») ;
- démantèlement des réseaux CO₂ ;
- découpe des bouteilles : chaque bouteille sera découpée en 5 morceaux qui seront conditionnés en « monoblocs ». La découpe sera réalisée en plusieurs étapes comme suit :
 1. transfert vers l'atelier vertical, dépose du dôme inférieur et découpe en deux portions ;
 2. transfert des deux portions vers l'atelier horizontal et basculement ;
 3. dépose du dôme supérieur et découpe de la portion inférieure en deux parties.



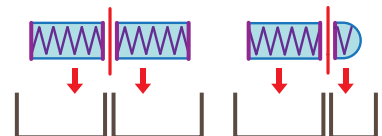
Découpe de chaque bouteille

1. découpes dans l'atelier vertical



2. transfert vers l'atelier horizontal et basculement

3. découpes dans l'atelier horizontal



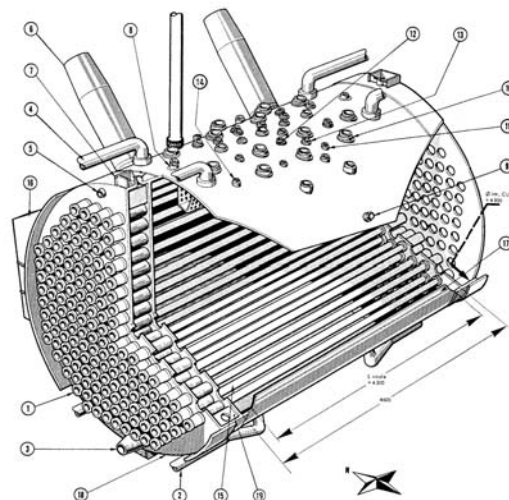
Démantèlement du Bloc Réacteur (BR)

■ Description du bloc réacteur

Le bloc réacteur est principalement constitué d'une cuve en acier inoxydable traversée par 216 tubes de force horizontaux dans lesquels se trouvaient les combustibles et circulait le gaz carbonique de refroidissement (CO_2).

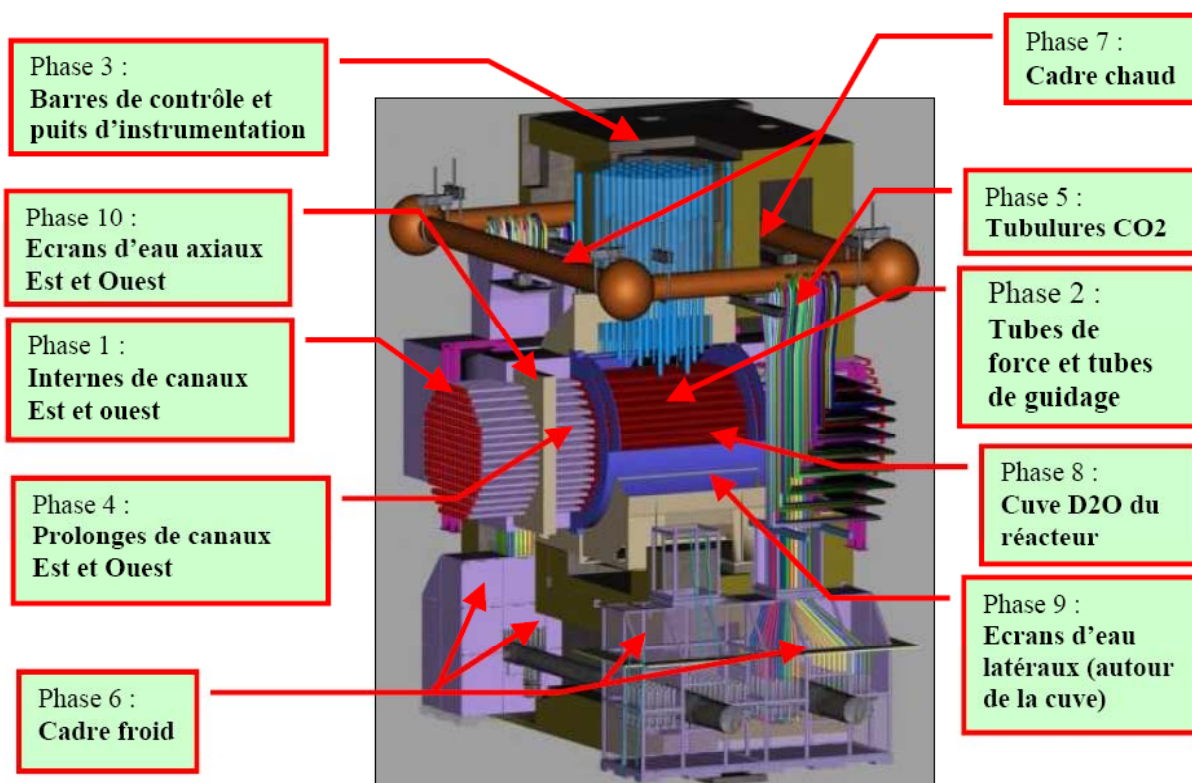
Le gaz carbonique était amené dans les tubes de force par un ensemble de tubulures qui rejoignait deux collecteurs appelés cadre froid (en bas) et cadre chaud (en haut). Des barres de contrôles verticales permettaient de réguler ou d'arrêter la réaction.

L'ensemble de ces structures est contenu dans une construction massive en béton armé de forte épaisseur ; c'est l'ensemble qui est appelé Bloc Réacteur (BR).



■ Description des travaux de démantèlement du BR

Cette opération consiste à démanteler les équipements contenus dans le bloc réacteur. Les travaux se déroulent à l'intérieur de l'Enceinte Réacteur et sont prévus en 10 phases successives présentées sur le schéma ci-dessous.



Assainissement et démolition de la STE

■ Présentation de la Station de Traitement des Effluents (STE)

En exploitation, la Station de Traitement des Effluents (STE) était composée d'un bâtiment à trois niveaux dont un en sous-sol ainsi que d'une annexe semi-enterrée accolée à l'Est, appelée annexe « bitumage ». L'ensemble occupait une surface au sol de 1 000 m².



L'assainissement de la STE a été engagé pendant la phase de démantèlement partiel et a permis d'éliminer la majeure partie du terme source.

Les superstructures ont été assainies puis démolies. Les infrastructures ont été partiellement assainies à partir de 2004. Cependant, les épaisseurs d'assainissement nécessaires ont conduit à arrêter les opérations pour éviter un risque d'affaiblissement des structures. Les éléments restants sont (photos ci-dessous) :

- une faible partie des superstructures du bâtiment principal, protégées des intempéries par une couverture en bardage ;
- le sous-sol du bâtiment principal, en béton armé renforcé par endroit avec des profilés métalliques ;
- l'annexe « bitumage », en béton armé avec une toiture en bardage simple.



■ Description des travaux d'assainissement de la STE

Le principe retenu pour l'assainissement des infrastructures de la STE consiste à :

- réaliser une campagne de caractérisation de l'activité du sol en béton armé (appelé radier) en suivant un maillage fin, afin de déterminer les points les plus actifs ;
- éliminer les points identifiés ;
- couler une nouvelle dalle de béton sur le radier afin de renforcer la structure avant d'assainir les murs et plafonds ;
- après déclassement par l'Autorité de Sûreté Nucléaire des murs et plafonds (qui deviennent zone à déchet conventionnel), démolir ces éléments de structures ;
- en fonction des études menées en parallèle, éliminer les parties du radier ne pouvant être déclassées en déchets conventionnels ; les parties éliminées sont des déchets radioactifs qui sont évacués vers les centres de stockage agréés.

Exploitation de l'IDT

L'installation de Découplage et de Transit des déchets nucléaires (IDT) est destinée à l'entreposage temporaire avant envoi des déchets radioactifs produits au cours des travaux de démantèlement.

Cette installation permet de donner de la souplesse entre la production et l'évacuation des colis de déchets radioactifs vers les centres de stockage agréés de l'ANDRA (l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs).

■ Description du bâtiment

L'IDT est un bâtiment semi enterré composé de deux niveaux :

- le rez-de-chaussée est utilisé pour l'entreposage des déchets Très Faiblement Actifs (TFA) ;
- le sous-sol est destiné à l'entreposage des déchets Faiblement et Moyennement Actifs (FMA).

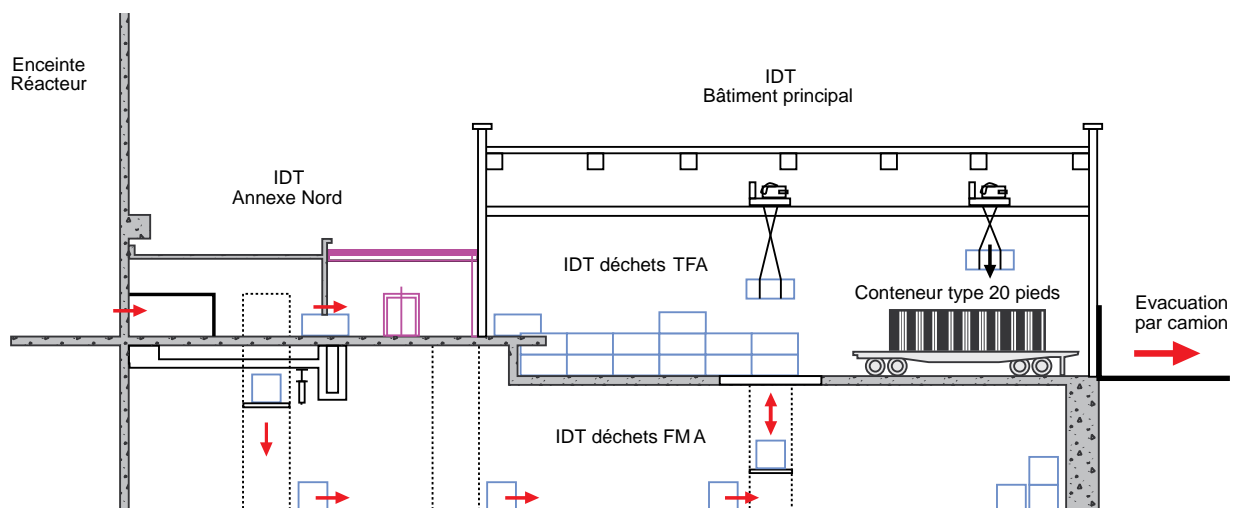
Une aire extérieure d'environ 1 600 m² est également aménagée dans le prolongement de l'IDT (à l'Ouest) pour l'entreposage des déchets TFA.



■ Principe de fonctionnement

Les différents colis arrivent dans l'IDT depuis l'enceinte réacteur par le bâtiment appelé « annexe Nord ». Dans l'IDT, les colis et les conteneurs sont manutentionnés par un pont roulant et un chariot.

Les colis FMA sont transférés vers le sous-sol à l'aide d'un pont-roulant via une trémie prévue à cet effet. Au sous-sol, ils sont déplacés à l'aide d'un chariot automatique fonctionnant sur batteries.



Démantèlement des matériels restants

A l'issue du démantèlement du BR, les matériels restant dans l'ER et les autres bâtiments seront à démanteler.

Ces opérations concernent notamment : le pont polaire (photo ci-contre), les moyens de manutention (monte-charge, chariots...), le réseau électrique, l'éclairage et la ventilation.



Assainissement des bétons de l'enceinte réacteur

L'assainissement consiste à éliminer des structures de génie-civil (béton, éléments métalliques) l'épaisseur de matériau contaminé. L'assainissement concerne l'ensemble des locaux et bâtiments classés « zone à déchets nucléaires ». Différents procédés sont utilisés : brossage, ponçage, arasage, écroûtage, etc.

Ce sont ces procédés classiques et éprouvés qui seront utilisés pour l'assainissement de l'enceinte réacteur.



À l'issue de l'assainissement, l'enceinte réacteur sera déclassée par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) de « zone à déchets nucléaire » en « zone à déchets conventionnels » et pourra être démolie.

Gestion des sols

Au fur et à mesure de l'avancement des opérations de démantèlement et d'assainissement des bâtiments, les actions de gestion des sols sont menées zone par zone ; elles consistent à identifier les sols pollués sur le plan chimique ou radiologique, les caractériser, éliminer les parties polluées et les évacuer vers les filières agréées, contrôler et justifier l'état final.

Démolition des bâtiments et réaménagement du site

Cette partie du projet regroupe les opérations de démolition, de comblement des excavations et de réhabilitation de la plate-forme du site en vue d'atteindre l'état final (site non nucléaire où tous les bâtiments ont été démolis jusqu'au niveau moins un mètre par rapport au niveau naturel du sol). Dans la mesure du possible, les produits de démolition sont utilisés comme remblai après avoir été concassés.

Ces opérations concernent l'ensemble des anciens bâtiments nucléaires assainis et déclassés, des bâtiments conventionnels, et des divers réseaux, voiries et clôtures.



3 Analyse des risques et dispositions pour leur maîtrise

La démarche d'analyse des risques



POUR EN SAVOIR PLUS :

Pièce 9 – Chapitre 4 : Présentation des méthodes retenues pour l'analyse des risques

■ *L'analyse des risques*

La démarche d'analyse des risques consiste tout d'abord à **identifier** les risques. Pour cela, on examine les dangers potentiels, et on recherche les situations dans lesquelles ils pourraient se présenter. L'étape suivante consiste à **analyser** chaque risque, de manière à identifier les causes possibles et les conséquences éventuelles.

La démarche d'analyse des risques permet de définir les risques pour lesquels des dispositions doivent être mises en place.

Rappel

Un **danger** est une propriété intrinsèque d'une substance, situation ou activité, de pouvoir provoquer des dommages pour l'homme, les biens ou l'environnement.

Un **risque** est l'exposition à un danger potentiel.

■ *La maîtrise des risques*

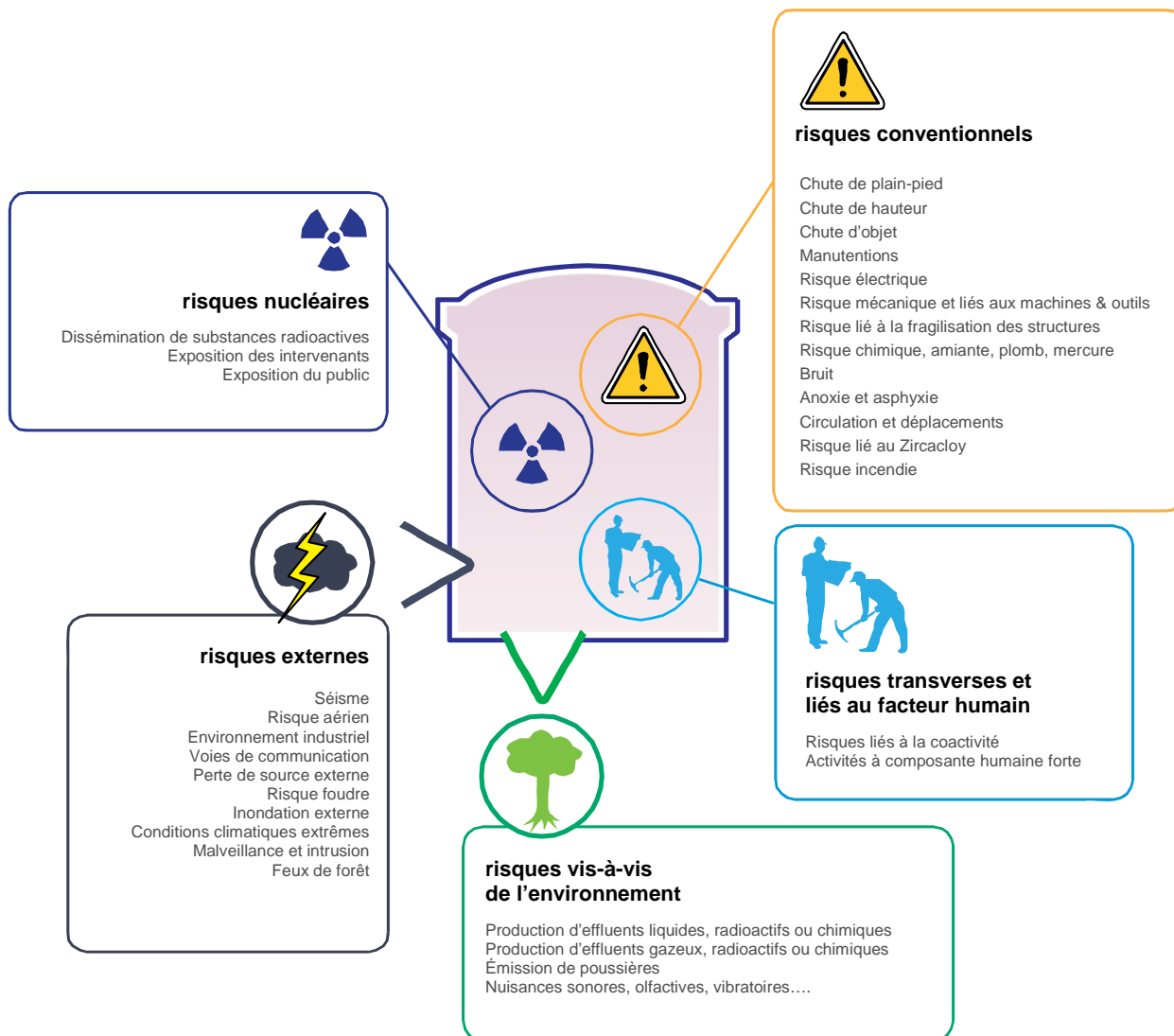
La maîtrise des risques consiste à mettre en place des dispositions face aux risques. Ces dispositions s'organisent en trois niveaux qui constituent des lignes de défense successives appelée défense en profondeur :

- la prévention : il s'agit d'éviter l'apparition des causes possibles de dysfonctionnement ;
- la surveillance : il s'agit de détecter rapidement les dysfonctionnements éventuels ;
- la limitation des conséquences en cas de situation perturbée, qui consiste à s'opposer à l'évolution des incidents pour en limiter les effets.

Cette démarche a été menée pour chacune des opérations du projet, en fonction des risques identifiés. Les dispositions mises en place prennent en compte à la fois les moyens matériels et les équipes qui les utilisent. Elles sont donc à la fois techniques et organisationnelles.

■ **Les différentes familles de risques ayant fait l'objet d'une analyse**

Les risques associés au fonctionnement ou au démantèlement d'une INB sont regroupés en cinq familles (ci-dessous) en fonction de leur nature et de leur origine. Les dispositions mises en place pour ces différents risques sont présentées dans les pages suivantes.



■ **La vérification de la maîtrise des risques**

En complément de cette démarche de défense en profondeur qui détermine les dispositions de prévention, les moyens de surveillance et les dispositions pour limiter les conséquences d'une situation perturbée éventuelle, l'étude de maîtrise des risques analyse les cas de situations perturbées, en évalue les conséquences éventuelles pour l'homme et l'environnement et vérifie que ces effets sont acceptables, voir [Page 31](#).

Maîtrise des risques d'origine nucléaire



POUR EN SAVOIR PLUS :

Pièce 9 – Chapitres 6.2.2.1 (échangeurs), 6.3 (BR), 7.3.1 (IDT), 8.3.1 (STE)

Les risques d'origine nucléaire regroupent des événements liés aux phénomènes caractéristiques des substances radioactives. Ces risques doivent être pris en compte tant que des substances radioactives sont présentes, c'est-à-dire jusqu'à l'assainissement des structures.

■ **Risque de dissémination de substances radioactives**

*Pour éviter qu'elles ne se dispersent, les substances radioactives doivent rester enfermées dans un espace déterminé (équipement, circuit, conteneur...). On parle de **confinement**.*

Le risque de dissémination correspond à la perte du confinement des substances radioactives.

Confinement : maintien de substances radioactives à l'intérieur d'un espace déterminé grâce à un ensemble de dispositions visant à empêcher leur dispersion.

Ce risque est à prendre en compte en particulier lors des opérations amenant à ouvrir les enveloppes de confinement des substances radioactives. Dans le cadre du projet, il s'agit principalement des opérations suivantes :

- le démantèlement des échangeurs, lors de la découpe des bouteilles et des tuyauteries CO₂, de l'ouverture des circuits, du conditionnement des déchets et de la manutention liée à ces travaux ;
- le démantèlement du BR, lors du démontage des circuits et de la cuve, lors des opérations de découpe des composants et en cas de chute d'un élément en fond de cuve ;
- les travaux sur la STE, lors des opérations d'assainissement des structures.

Compte tenu du conditionnement des colis de déchets (conteneurs métalliques, épaisseur, résistance au choc, etc.) le risque de dispersion de substances radioactives n'est pas présent lors de l'exploitation de l'IDT ; il est examiné pour les situations éventuelles d'accident de manutention.

Principales dispositions mises en place :

- De façon générale, le confinement est assuré par l'étanchéité des enveloppes (souvent soudées ou scellées) ainsi qu'une cascade de dépressions successives entre les zones contenant des substances radioactives et l'extérieur, de manière à créer une circulation d'air vers l'intérieur plutôt que vers l'extérieur. Ainsi, le BR est en dépression par rapport à l'enceinte réacteur, elle-même en dépression par rapport à l'extérieur.
- Au niveau des entrées-sorties entre zones, des dispositions sont mises en place pour limiter le risque de dissémination (sauts de zone), avec par exemple des sas ventilés. En outre, les systèmes de ventilation sont munis de système de filtration (préfiltration des poussières, filtration Très Haute Efficacité) et de contrôle de la qualité de l'air.
- Pendant les travaux, des procédés et modes opératoires seront définis afin de maintenir le confinement des substances radioactives au cours des différentes opérations. En particulier, les ateliers créés pour la découpe des bouteilles seront équipés de sas ventilés avec une ventilation autonome, en dépression par rapport à l'ER. De plus, les différents réseaux (CO₂, bouteilles) seront eux-mêmes en dépression par rapport au sas.
- Le risque de perte de confinement peut également être induit par un choc lors d'opérations de manutention. Les dispositions de prévention et de contrôle pour éviter ces situations sont étudiées dans l'analyse des risques correspondants, voir Page 20.

■ Risque d'exposition des intervenants

Ce risque est pris en compte lors de tous les travaux en zone contrôlée. En particulier :

- le risque d'exposition externe est étudié en cas d'intervention à proximité de points irradiants ;
- le risque d'exposition interne est étudié en cas d'intervention dans des locaux contaminés, c'est-à-dire dans lesquels des substances radioactives se sont déposées et peuvent être remises en suspension.

Dispositions générales mises en place :

- Un zonage radioprotection et des règles d'accès et de circulation sont définis pour l'ensemble des locaux de l'installation.
- Les locaux sont équipés de chaînes de mesures permettant le contrôle de l'ambiance radiologique, ainsi que de moyens de contrôle du personnel et du matériel en sortie de zone.
- Chaque personne possède une habilitation en radioprotection définie en fonction de son niveau de responsabilité, et fait l'objet d'une surveillance radiologique personnalisée.
- Pendant les interventions, la dose reçue par chaque intervenant est contrôlée en temps réel par un dosimètre opérationnel (en plus du film dosimètre), qui permet d'avertir immédiatement chaque intervenant en cas de dépassement du seuil fixé par l'évaluation dosimétrique prévisionnelle.

Dispositions prises lors de l'organisation des travaux de démantèlement :

- Le zonage radioprotection évoluera au cours des opérations de déconstruction, en fonction des changements de l'inventaire radiologique des zones.
- La prévention des risques d'exposition du personnel intervenant sur les zones de chantier repose sur l'organisation des travaux. Elle est basée sur l'application de la méthode d'optimisation (principe ALARA, voir ci-contre) et de la gestion dosimétrique individuelle et collective.
- En fonction de l'analyse des risques propres à chaque intervention, les intervenants auront à disposition des matériels permettant le contrôle de la radioprotection : balises de surveillance des aérosols, radiamètres portables, appareils de contrôle de contamination surfacique dotés de sondes manuelles, appareils mobiles de suivi tritium.

Exposition externe :

il y a exposition externe lorsqu'une personne se trouve sur le trajet des rayonnements ionisants émis par des substances radioactives.

Exposition interne :

il y a exposition interne en cas d'absorption de substances radioactives (par ingestion, inhalation...).

Zonage radioprotection

Le zonage consiste à découper l'espace en fonction de la dose susceptible d'y être reçue. On distingue cinq types de zones.

Le principe ALARA

ALARA (en anglais : « As Low As Reasonably Achievable ») signifie « aussi bas que raisonnablement possible ».

ALARA est un principe d'optimisation de la protection, qui a pour finalité de réduire l'exposition reçue par chaque personne jusqu'au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu des contraintes techniques et économiques.

Durant les opérations de démantèlement, la mise en œuvre du principe ALARA conduit notamment, après avoir optimisé l'exposition collective à limiter les écarts dans la répartition des doses individuelles.

Dispositions spécifiques pendant les travaux de démantèlement :

- Les points irradiants feront l'objet d'une cartographie et seront repérés par un balisage approprié. Les points les plus irradiants seront retirés en priorité. Des écrans de protection biologique (dalles ou murets en béton, écrans en plomb) seront placés sur les points irradiants ne pouvant pas être éliminés dès le début des interventions.
- En cas de présence de rayonnement trop important, les interventions seront réalisées au moyen d'engins de téléopération commandés grâce à un système de caméras, d'écran et de télécommandes, de manière à maintenir le personnel à distance.
- Des dispositions sont prévues pour interdire l'intervention humaine dans ces zones, notamment en cas de panne (les robots ont des parcours en ligne droite, il est prévu des robots pour dépanner les robots en panne, des essais seront réalisés au préalable sur maquette).
- Les opérations de nettoyage des engins téléopérés seront réalisées dans des ateliers spécifiques, à l'abri des rayonnements.
- Les intervenants seront équipés d'un appareil de protection respiratoire (filtrant ou isolant) en cas d'intervention dans un local contaminé. Certaines interventions seront réalisées en tenue isolante. Les moyens de découpe à froid seront privilégiés (car ils minimisent la remise en suspension et donc le risque d'exposition interne).

■ Risque d'exposition du public

Pour le public comme pour le personnel, le risque considéré inclut l'exposition externe (exposition aux rayonnements) et l'exposition interne (absorption de substances radioactives).

Le risque considéré est relatif aux situations suivantes :

- perte de confinement ;
- rejets gazeux au-delà des valeurs autorisées ;
- proximité d'une source radioactive (sans écran).

Principales dispositions mises en place :

- Les parois en béton et les systèmes de confinement des bâtiments constituent une protection contre l'exposition du public pendant les opérations de démantèlement.
- La surveillance des rejets est assurée par un dispositif de contrôle des mesures des rejets, installé en pied de cheminée. Les chaînes de mesure sont équipées d'une alimentation électrique secourue et d'alarmes signalant tout dysfonctionnement.
- L'organisation de l'entreposage des conteneurs de déchets TFA sur l'aire extérieure TFA respecte les critères de radioprotection en limite de l'installation d'entreposage.
- Une surveillance est assurée en périphérie de site, grâce à un réseau de dosimètres implantés sur la clôture, notamment à proximité de l'aire extérieure TFA.

Maîtrise des risques conventionnels



POUR EN SAVOIR PLUS :

Pièce 9 – Chapitres 6.2.2.2 (échangeurs), 6.3 (BR), 7.3.2 (IDT), 8.3.2 (STE)

Les risques conventionnels regroupent des événements liés aux opérations réalisées dans les installations et dont l'origine n'est pas liée à la présence de substances radioactives. Ces risques sont présents dans la plupart des installations industrielles et concernent notamment la sécurité des intervenants.

Les dispositions prises pour maîtriser ces risques s'articulent souvent autour de trois types d'actions : fiabilité du matériel utilisé, formation du personnel et organisation des opérations.

■ **Chute de plain-pied**

La présence de surfaces non planes, d'obstacles ou de surfaces glissantes peuvent conduire à des chutes de plain-pied.

Principales dispositions mises en place :

- Les zones de circulation de personnes seront balisées et aucun entreposage ne sera effectué sur ces voies.
- Les sols seront maintenus propres et en bon état afin de limiter les risques de glissade. Les parties saillantes (rails par exemple) seront signalées.

■ **Chute de hauteur et chute d'objets**

Plusieurs phases de travaux seront effectuées en hauteur (travaux sur échafaudages, sur des plates-formes élévatoires mobiles...), notamment dans l'enceinte réacteur, ce qui induit des risques de chute d'objet et de chute de personne. Ce risque sera présent, notamment lors du démantèlement des échangeurs et du bloc réacteur ainsi que lors de la démolition des bâtiments.

Principales dispositions mises en place :

- Pour le travail en hauteur, les protections collectives (garde-corps, plate-forme de travail sécurisée...) seront préférées aux protections individuelles, et les accès ayant une ouverture sur le vide seront condamnés. Des équipements de protection individuels seront utilisés en complément si nécessaire.
- Les intervenants seront formés au travail en hauteur.
- Des filets de protection autour des échafaudages seront mis en place et une zone d'exclusion au sol sera prévue.
- La présence d'outils et d'objets, lors des travaux en hauteur, sera réduite au strict minimum et les outils utilisés seront attachés à la ceinture de l'opérateur. Les déchets seront évacués au fur et à mesure de leur production, de façon à ne pas encombrer les zones de travail en hauteur.



■ Risques liés aux manutentions

Les risques liés à l'utilisation d'engins de manutention sont la chute de la charge manutentionnée ou sa collision avec un obstacle, pouvant entraîner la dégradation de l'objet manutentionné ou de l'obstacle heurté, des dommages dans la zone de chute ou encore des blessures pour les intervenants présents.



Les opérations les plus directement concernées par ce risque sont :

- la manipulation des bouteilles des échangeurs ;
- les travaux de démantèlement du bloc réacteur ;
- la manutention des colis de déchets.

Principales dispositions mises en place :

- Les engins de manutention et systèmes de fixation seront adaptés à la charge manutentionnée et disposeront des dispositifs de sécurité en vigueur selon la réglementation. Ils feront l'objet d'une maintenance régulière et de contrôles réglementaires.
- Le personnel sera formé et habilité à l'utilisation des divers engins de manutention (véhicules, ponts roulants...).
- Les différentes opérations seront préparées à l'avance. Les zones survolées et les zones de circulation des engins seront balisées. L'absence d'obstacle et de personnel sur le trajet sera vérifiée au préalable. Les phases de manutention les plus délicates (notamment manutention des bouteilles) seront testées avec la réalisation de maquettes.
- Des consignes de sécurité seront définies pour limiter la vitesse et la hauteur de déplacement, vérifier les équipements et le positionnement des charges, interdire la circulation sous les charges, etc.

■ Risque électrique

L'installation et l'utilisation de coffrets électriques pour les chantiers, l'intervention sur des armoires électriques ainsi que l'utilisation d'appareils électriques peuvent être à l'origine d'une électrisation.

Principales dispositions mises en place :

- Le personnel intervenant possédera une habilitation électrique adaptée à la nature des travaux réalisés. Une procédure de consignation sera appliquée, imposant l'absence de tension avant l'intervention sur une installation électrique.
- Les armoires et coffrets électriques seront contrôlés par un organisme agréé. Des disjoncteurs équiperont les coffrets électriques et ces derniers seront reliés à la terre. L'utilisation de matériels électroportatifs à double isolation sera préconisée.
- Hors période d'utilisation, l'alimentation électrique des appareils sera coupée.

■ **Risque mécanique et lié aux machines et outils**

Divers outils seront utilisés pour les opérations de découpe, soudage, meulage et assainissement. Les risques liés à l'utilisation de ces outils sont : coupure, blessure, brûlure, projection...

Principales dispositions mises en place :

- Le personnel sera formé à l'utilisation de ces outils dans le respect des consignes de sécurité et des prescriptions du constructeur et muni des équipements de protection individuels adaptés pour chaque outil (gants, lunettes...).
- Les machines et outils utilisés sur les chantiers respecteront les dispositions légales de conformité machine et seront consignés en dehors des périodes d'utilisation.
- Les postes de travail seront balisés de façon à limiter les risques pour le personnel à proximité de chantiers utilisant des machines et outils.



■ **Risque de fragilisation de structures**

Ce risque apparaît lors des phases d'assainissement des structures de génie-civil, notamment lorsque des moyens lourds sont nécessaires pour éliminer la partie contaminée des bétons. Ce risque apparaît également dans les phases d'assainissement des infrastructures de bâtiments, du fait de la pression hydrostatique des nappes phréatiques sur ces éléments de structures.

Principales dispositions mises en place :

- Les méthodes d'assainissement prévoient de réaliser, au cas par cas, des études de tenue structurelle ; en fonction des résultats, des renforts sont mis en place comme des profilés métalliques ou des contreforts en béton.
- Pour les travaux d'assainissement d'infrastructures profondes par rapport au niveau des nappes phréatiques, la parade classique consiste à rabattre les nappes, c'est-à-dire à abaisser le niveau de ces nappes pour éviter la poussée des eaux sur les infrastructures de ces bâtiments.



■ Risque chimique

Des produits chimiques (acides, bases, peintures, agents nettoyants, produits de décontamination) seront utilisés dans le cadre des travaux. Une mauvaise manipulation de ces produits peut entraîner des brûlures des intervenants, mais aussi un risque de réaction chimique.

Principales dispositions mises en place :

- Les produits chimiques seront clairement identifiés. Ils seront gérés dans le respect des prescriptions d'utilisation et d'entreposage.
- Les quantités de produits seront limitées au strict minimum et les produits les moins dangereux seront privilégiés autant que possible.
- Lors de la manipulation des produits chimiques, les intervenants seront équipés d'équipements de protection individuels adaptés.

■ Risques amiante / plomb / mercure

Ce risque est lié à la présence dans les bâtiments de matériaux tels que l'amiante, le plomb et le mercure, présents du fait de la période de construction de la centrale (dans les années 1960). Le risque examiné est l'exposition à ces matériaux lors du démantèlement et de la démolition des bâtiments concernés.

Des diagnostics réalisés sur le site ont permis d'identifier les équipements et zones à prendre en compte :

- amiante : dans les dalles de sol, éléments en amiante ciment, joints, tresses, cordons, soufflets, calorifugeages, plaques de bardage et système de freinage ;
- plomb : dans les peintures au niveau d'éléments métalliques, supports, charpentes, tuyauteries ;
- mercure : sous forme de gouttelettes, à l'emplacement des anciens systèmes de mesure de pression.

Principales dispositions mises en place :

- Le personnel sera formé au risque considéré (amiante, plomb, mercure) ainsi qu'à la gestion des déchets résultants.
- Les interventions seront préparées à l'avance (identification des matériaux amiantés, des matériaux avec peinture au plomb, des éléments contenant du mercure). La zone de travail sera balisée et le risque sera affiché (ainsi que les consignes de sécurité associées).
- Le personnel intervenant portera des équipements de protection individuels adaptés au risque considéré. En particulier pour le plomb, il sera prévu une zone pour que les intervenants retirent leurs vêtements souillés afin de ne pas exporter de plomb à l'extérieur.
- Les émissions de poussières seront limitées, en privilégiant les outils manuels ou à vitesse lente et par la mise en place d'aspirations locales. L'absence de poussière amiantée ou plombée sera contrôlée après intervention.
- En présence de plomb, les découpes à froid seront privilégiées et les découpes thermiques seront réalisées en sas ventilé (filtration).

■ **Bruit**

L'utilisation de certains outils et machines s'accompagnera d'un niveau de bruit élevé.

Principales dispositions mises en place :

- L'utilisation de matériel respectant les critères d'homologation sera privilégiée (notamment critères relatifs à la puissance acoustique maximale).
- Le personnel sera équipé de protections auditives, dont le port sera obligatoire au-delà de 85 décibels.



■ **Risque anoxie et asphyxie**

Le risque d'anoxie peut survenir lors de certaines interventions nécessitant le port de protections respiratoires.

Principales dispositions mises en place :

- Le personnel sera formé à l'utilisation des différents équipements avec apport d'air.
- Les équipements d'apport d'air respecteront les exigences de sécurité (flexibles avec repérage, branchements) et feront l'objet de vérification avant usage.
- Les interventions nécessitant le port de protections respiratoires ne pourront se dérouler qu'en présence d'un surveillant situé en dehors de la zone de travail.

L'anoxie

L'anoxie est une diminution de l'apport d'oxygène aux organes et aux tissus de l'organisme.



Dans la majorité des cas, elle est en rapport avec une charge insuffisante du sang en oxygène (asphyxie).

■ **Circulation et déplacements**

Pendant les travaux de démantèlement, de nombreux engins circuleront sur le site, ainsi que dans l'enceinte réacteur. Le risque pris en compte est relatif à la collision entre deux engins ou entre un engin et un piéton.

Principales dispositions mises en place :

- Les voies de circulation réservées au personnel et aux véhicules seront définies et identifiées.
- Les voies de circulation disposeront d'un bon éclairage. Aucun obstacle ne sera présent sur les voies de circulations.

■ Risque lié au zircaloy

Les tubes de force et de guidage sont composés de zircaloy (alliage essentiellement constitué de zirconium). Ce métal est facilement inflammable lorsqu'il se trouve sous forme de particules. En présence de chaleur, les particules les plus fines peuvent s'auto-inflammer et générer une déflagration (d'intensité moyenne). Ce risque existe donc lors des opérations de découpe susceptibles de produire des particules.

Principales dispositions mises en place :

- La découpe des composants en zircaloy (photo ci-contre) sera réalisée à l'aide d'outils de découpe à froid (moletage) afin d'éviter l'apport de chaleur et de minimiser la quantité de particules générées.
- Les outils de découpe seront équipés de détecteurs de température.
- Les particules produites seront aspirées en continu pour éviter leur accumulation dans la cuve.
- Un système de contrôle-commande arrête la découpe de façon automatique en cas de dépassement de seuil de température.
- Des dispositifs d'injection de gaz inerte et de poudre polyvalente sont mis en place pour garantir l'arrêt d'une hypothétique inflammation des particules.
- Les opérations de découpe des composants en zircaloy seront réalisées, en binôme, par des intervenants formés et ayant réalisé des essais préalables.



■ Risque incendie

Le risque incendie est lié à la présence de matières combustibles (matières plastiques, huiles, cartons...) et de sources d'allumage potentielles (matériels électriques, convecteurs...).

Le risque incendie fait l'objet d'une analyse approfondie dans les différents bâtiments, couvrant notamment :

- l'analyse de la quantité et de la nature des matières combustibles ainsi que les sources d'allumage, qui sont évaluées local par local de manière à connaître la sensibilité au départ de feu ;
- l'analyse de la configuration de bâtiments, qui permet d'examiner la propagation potentielle d'un éventuel incendie.



Cette analyse permet de définir les dispositions à mettre en place pour limiter les risques d'incendie et ses conséquences potentielles.

Principales dispositions mises en place :

- Les quantités de matières combustibles introduites dans les locaux seront réduites autant que possible, par exemple, en privilégiant l'utilisation de matériaux classés « non-propagateurs d'incendie ».
- Les sources d'ignition seront limitées autant que possible. En particulier ; les outils de découpe à froid seront utilisés préférentiellement aux outils générant des points chauds (flammes, étincelles).
- Les locaux seront équipés de moyens de surveillance (détection automatique incendie, moyens d'alarme, moyens d'alerte...), qui seront adaptés au fur et à mesure de l'évolution des chantiers. Pour cela, les technologies évitant les systèmes câblés seront privilégiées.
- De même, les moyens fixes et mobiles de lutte contre l'incendie, les procédures d'évacuation du personnel et la sectorisation des bâtiments (notamment portes et clapets coupe-feu) seront adaptés au fur et à mesure de l'évolution des chantiers.

De plus, une évaluation des conséquences radiologiques et toxiques en cas d'incendie a été réalisée pour chacun des bâtiments. Cette évaluation a montré que les rejets susceptibles d'être émis ne dépasseraient pas les valeurs repères définies pour les travailleurs, le public et l'environnement, tant en ce qui concerne la toxicité que l'exposition aux substances radioactives.

Maîtrise des risques transverses et liés au facteur humain



POUR EN SAVOIR PLUS :

Pièce 9 – Chapitre 11 : Risques liés aux facteurs organisationnels et humains

■ **Coactivité**

Le risque de coactivité (interférence entre chantiers) est pris en compte dans le cas de superposition des zones d'intervention de plusieurs chantiers.

Principales dispositions mises en place :

■ **Le principe de maîtrise du risque consiste à limiter les situations de coactivité, au travers de**

- l'organisation des travaux et de la communication entre les intervenants.
- En amont, les scénarios de démantèlement ont été élaborés en prenant en compte l'emplacement géographique et l'enchaînement des différents chantiers. En particulier, le démantèlement des échangeurs a été planifié avant le démantèlement du BR afin d'éviter toute interaction entre ces deux phases importantes de travaux.
- Pendant le déroulement du projet, des réunions d'avancement des travaux permettront d'ajuster la coordination des opérations et de vérifier l'absence d'interactions entre les chantiers.
- De plus, des réunions quotidiennes (« pré-job briefing ») seront organisées sur le terrain pour récapituler, avec les différents intervenants, l'ensemble des opérations prévues dans la journée.

Le « pré-job briefing » :

C'est une réunion préparatoire à une intervention qui décompose les tâches à effectuer, anticipe les problèmes susceptibles de se poser, et surtout vise à vérifier que chaque intervenant a bien identifié et compris les risques et paradés liés à son activité. La préparation est ainsi individuelle et collective.

■ Activités à forte composante humaine

Certaines phases de travaux présentent une composante humaine forte, car elles mettent en jeu des procédés et outillages spécifiques, nécessitant l'intervention de personnel disposant d'habilitations adaptées à la nature des travaux et d'une expérience significative.

Les principales opérations concernées sont :

- les travaux réalisés en téléopération ;
- la manutention des pièces encombrantes ;
- les opérations de découpe des composants en zircaloy ;
- les interventions en zone à débit de dose élevé ;
- les travaux à l'origine de gestes répétitifs et postures pénibles.

Principes retenus lors de la définition des opérations :

- La conception des scénarios de démantèlement a visé à minimiser autant que possible ce type d'opérations. Par exemple, le démantèlement des échangeurs en monoblocs permet d'éviter des coupes nombreuses dans des postures difficiles et des actions de manipulation délicates pour le tri des déchets.
- Des ergonomes sont associés à la conception des opérations pour identifier les meilleures options à retenir au point de vue du Facteur Humain ; ils analysent également le retour d'expérience pour améliorer certaines dispositions. A titre d'exemple, des palettes inclinables ont été conçues pour faciliter le remplissage des caissons par les intervenants (photo ci-contre).



Principales dispositions mises en place pendant les opérations :

- Tous les agents posséderont une habilitation pour accéder à un site nucléaire et intervenir en zone nucléaire. Pour les postes nécessitant des formations spécifiques (amiante, plomb, soudure, scie orbitale, autres outils, travail en hauteur, pontier, élingueur, cariste, chef de manœuvre...), il sera vérifié que le personnel possède l'habilitation avant le début des travaux.
- Les intervenants en zone à débit de dose élevé (zone rouge) bénéficieront d'une expérience significative sur ce type d'intervention. Les chantiers seront préparés de façon à garantir la non-intervention humaine pour la gestion des aléas en zone rouge (panne d'un engin). Des sécurités matérielles seront prévues (dispositifs d'inter-verrouillage, asservissement entre un verrouillage et un dispositif de mesure...).
- Pour les phases de travaux les plus délicates (manutention de grosses pièces par pont roulant, téléopération...) des entraînements sur maquette seront préalablement réalisés. Lors des changements d'équipes sur les postes de travail, des recouvrements seront prévus pour permettre aux agents de relayer les informations nécessaires au bon déroulement du chantier.
- Pendant les opérations impliquant des postures pénibles pour les intervenants, ces derniers respecteront les consignes « gestes et postures de travail ». Des pauses seront aménagées régulièrement et le temps de travail sera adapté.

Maîtrise des risques vis-à-vis de l'environnement

■ **Risque de production d'effluents liquides**

À l'exception de quelques opérations particulières (par exemple : sciage des bétons générant des boues), le démantèlement créera très peu d'effluents liquides. Il n'est prévu aucun rejet de ces effluents dans l'environnement.

Principales dispositions mises en place :

- Les effluents liquides radioactifs sont récupérés puis dépotés dans des bâches (réservoirs), puis gérés en tant que déchets et traités dans un centre agréé.
- Les effluents liquides non radioactifs sont collectés, contrôlés et traités le cas échéant.

■ **Risque de production d'effluents gazeux**

Les opérations de démantèlement vont générer quelques effluents gazeux radioactifs, notamment lors des découpes. Ces rejets ont été évalués par phase de démantèlement et font l'objet d'une demande d'autorisation.

Principales dispositions mises en place :

- Les découpes seront limitées autant que possible.
- Les rejets gazeux seront repris au niveau des chantiers par l'extraction de la ventilation et les aérosols seront filtrés sur des filtres à Très Haute Efficacité. Après contrôle, ils seront rejetés dans l'atmosphère via la cheminée de rejet du site.
- Les rejets générés par ces travaux respecteront les niveaux présentés dans l'étude d'impact, niveaux dont l'impact radiologique est négligeable.

■ **Risque d'émission de poussières**

Les différents chantiers d'assainissement, de démolition et de réaménagement du site seront à l'origine d'émissions de poussières.

Principales dispositions mises en place :

- A l'intérieur des bâtiments, les émissions de poussières (radioactives ou non) seront reprises par la ventilation puis filtrées (filtres à Très Haute Efficacité (THE)). Aucune poussière ne sortira des bâtiments grâce au système de ventilation mis en place.
- Lors de la démolition des bâtiments (les bâtiments sont alors conventionnels), en cas d'émission importante de poussières (ces poussières ne sont pas radioactives), un arrosage des zones de travaux permettra de limiter ce risque. Si besoin les intervenants seront équipés d'un masque adapté.

■ **Nuisances sonores, olfactives, visuelles, vibrations...**

Les travaux de démolition et de réaménagement du site peuvent être à l'origine de nuisances sonores ou de vibrations.

Principales dispositions mises en place :

- La réalisation des travaux se déroulera en journée dans la mesure du possible.
- Le niveau de bruit ne dépassera pas les valeurs autorisées.
- Les engins et équipements utilisés seront conformes à la réglementation en vigueur.

Maîtrise des risques d'origine externe



POUR EN SAVOIR PLUS :

Pièce 9 – Chapitre 10 : Risques externes

■ **Séisme**

La sismicité régionale est faible. Les séismes de référence sont le séisme de Bouin du 25/01/1799 et le séisme du 30/09/2002 (proximité de Lorient), de niveau VII MSK (qui en compte XII) et à une distance de plus de 40 km du site.

Les bâtiments comportant les inventaires radiologiques les plus importants (enceinte réacteur et sous-sol de l'IDT) sont dimensionnés pour résister aux séismes de référence. Dans les autres bâtiments, le terme source (c'est-à-dire la radioactivité totale) est faible, de sorte qu'un séisme n'entraînerait pas de conséquences inacceptables pour le public et l'environnement.

Les opérations de démantèlement des systèmes internes (échangeurs et bloc réacteur notamment) n'affecteront pas de manière significative les structures de génie-civil. Les opérations d'assainissement seront menées de manière à ne pas affaiblir les structures de génie-civil. Dès la fin des opérations d'assainissement (c'est-à-dire dès que le système de confinement n'est plus requis), le terme source qui subsistera sera faible, de sorte qu'un effondrement n'entraînerait pas de conséquences inacceptables pour le public et l'environnement.

■ **Risque aérien**

Il n'y a pas d'aérodrome civil dans un rayon de 20 km autour de la centrale. Le réservoir Saint-Michel constitue néanmoins une hydrosurface pour les canadiens en cas d'incendie dans la région. L'aéroport militaire de Landivisau est à 23 km du site.

L'évaluation du risque aérien a été effectuée pour les trois types d'aviation : générale, commerciale et militaire. La probabilité globale de chute d'avion sur l'enceinte réacteur est de moins d'un sur dix millions par an. Ce risque reste dans le domaine du risque résiduel, même en considérant les mouvements qui pourraient être dus à une utilisation du lac Saint-Michel pour écopage par des canadiens en cas de feu de forêt dans la région.

■ **Environnement industriel**

L'environnement du site industriel de Brennilis est très peu dense. Toutefois, la centrale thermique, située à moins de 500 mètres au Nord-Est du site, doit être prise en compte.

L'exploitation de cette centrale thermique repose sur un parc à fuel comprenant deux réservoirs de stockage de fuel domestique (à droite sur la photo). Les situations accidentelles pouvant concerner ces stockages ont été analysées. Les calculs effectués montrent que les effets induits n'auraient pas de conséquences significatives sur la sûreté de la centrale de Brennilis.



■ Voies de communication

Voies routières : la distance minimale du site à la route principale (D764) est de 3,5 km. Sur les autres routes, et notamment la route d'accès à la centrale, l'environnement industriel du site n'est pas de nature à générer un trafic notable de matières dangereuses, à l'exception de la centrale thermique, qui induit un trafic saisonnier de fioul. L'incendie d'un camion de fioul n'aurait pas d'impact sur la sûreté de la centrale. Les conséquences de ce scénario restent très localisées ; il n'y a donc pas de risque à considérer pour la centrale de Brennilis.

Voies ferroviaires : les seuls axes importants passant à proximité du site sont à 15 et 20 km du site. Cette distance est suffisamment importante pour ne pas avoir à considérer de risque de ce type pour l'installation.

■ Perte de source externe

Ce risque correspond à la perte de l'alimentation électrique principale de site, qui pourrait entraîner l'arrêt de la ventilation (et par suite une perte de confinement).

Principales dispositions mises en place :

- L'alimentation électrique externe est secourue par un groupe électrogène, lui-même secouru par un ensemble onduleur et batterie.
- En cas de perte d'alimentation électrique : les engins de manutention disposent d'un système de maintien en position de la charge et de repli en position de sécurité. Les différents sas sont manœuvrables manuellement (ouverture et fermeture).
- En cas de perte de la ventilation : les travaux de démantèlement sont interrompus après mise en état sûr des chantiers. La traversée du circuit de ventilation extraction est laissée ouverte (avec la filtration toujours opérationnelle) pour bénéficier du tirage naturel de la cheminée jusqu'au rétablissement de la ventilation.

■ Risque foudre

Trois modes d'agression différents sont distingués pour la foudre :

- *effet direct : impact directement sur la structure du bâtiment ;*
- *effet indirect par sol avoisinant : impact localisé au voisinage de la structure et pouvant entraîner l'apparition de surtensions via les réseaux de masse et de terre ;*
- *effet indirect par service entrant : impact localisé dans le voisinage ou sur une liaison entrante dans le bâtiment, générant des surtensions transitoires susceptibles de pénétrer dans le bâtiment.*



Principales dispositions mises en place :

- Les composants naturels des bâtiments (ferraillages passifs du béton pour les uns, structure métallique pour les autres), réalisent une cage de Faraday raccordée à la terre, protégeant des effets direct et indirect par sol avoisinant.
- Les montées en potentiel (et donc l'apparition de surtensions sur les câbles) sont limitées par la présence d'un réseau de terre offrant une impédance réduite. De plus, des règles d'installations appliquées à la conception contribuent à la réduction des effets indirects de la foudre (par exemple cheminement des câbles sur des supports conducteurs).

- En ce qui concerne l'aire TFA extérieure, des dispositions sont prises pour éviter les effets directs de la foudre (épaisseur d'acier des conteneurs, conteneurs rattachés à la terre, opérations proscrites sur la zone de stockage en cas d'orage). L'aire TFA extérieure n'est pas concernée par les effets indirects de la foudre, du fait de l'absence de tout réseau électrique.
- D'autres dispositions sont prises pour limiter les risques liés à la foudre sur le site (consignes d'exploitation, mise à la terre des cuves de produits inflammables et explosibles, dispositions face aux risques incendie, éléments de protection contre les surtensions).

■ Inondation externe

Le risque d'inondation externe provient de la présence du barrage de Nestavel sur le réservoir Saint-Michel à proximité du site. Le barrage de Nestavel, construit en 1936, est constitué de 13 arches et 12 piliers ; la hauteur d'eau est de 5 m et le volume d'eau est de 13 000 m³ environ.

Le barrage de Nestavel fait l'objet d'un suivi spécifique : contrôle visuel tous les mois, contrôle du génie-civil tous les 2 et 4 ans, contrôle des berges tous les 5 ans, contrôle topographique tous les 8 ans ; ces dispositions préventives permettent de considérer que le risque de rupture du barrage n'est pas à prendre en compte.



■ Conditions climatiques extrêmes

Les conditions climatiques extrêmes (températures extrêmes, précipitations) n'ont aucun effet notable sur la fonction de confinement des substances radioactives. La conception des installations a été effectuée en prenant en compte les conditions climatiques de la région des Monts d'Arrée. Ainsi :

- Les eaux de pluie sont recueillies par un réseau de drainage adapté et ne peuvent pas entraîner d'inondation externe.
- Les bâtiments sont conçus selon les règles « neige et vent » en vigueur.
- En ce qui concerne le sens des dépressions en cascade dans l'ER, l'écart de dépression entre l'intérieur et l'extérieur (pression atmosphérique) est mesuré en permanence. La diminution de cet écart en dessous d'une valeur repère entraîne l'arrêt des travaux.

■ Malveillance et intrusion

L'intrusion et la malveillance d'une personne mal intentionnée pouvant commettre un acte volontaire tel quel le déclenchement d'un incendie sur le site peuvent avoir des conséquences importantes vis-à-vis de la protection de l'environnement et du personnel.

Afin de maîtriser une tentative de pénétration sur le site par une personne étrangère, plusieurs mesures de prévention sont mises en place :

- Le site est entouré d'une clôture anti-intrusion.
- Une surveillance avec caméras vidéo est mise en place et complétée par des rondes de surveillance jour et nuit.

■ Feux de forêt

Compte tenu de la localisation de l'installation, il n'apparaît pas nécessaire de prendre des dispositions spécifiques de protection contre les feux de forêts.

4

Analyse des conséquences des accidents éventuels



POUR EN SAVOIR PLUS :

Pièce 9 – Chapitre 12 : Analyse des situations accidentelles

Situations accidentelles de référence

Lors de la conception d'une installation nucléaire comme lors de son démantèlement, l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) demande à l'exploitant de prendre en compte l'hypothèse de situations accidentelles graves. Ces accidents dits « de référence » conduisent à un impact potentiel maximum sur l'environnement.

Suite à l'évaluation des risques liés au démantèlement, quatre accidents de référence ont été retenus : un pour chaque grande phase de travaux et un pour l'exploitation de l'IDT.

■ ***Pendant le démantèlement du bloc réacteur : incendie dans la cuve***

L'accident de référence lié au démantèlement du bloc réacteur est la survenue d'un incendie dans la cuve, généré par les opérations de découpe du fait de la présence de zircaloy.

On considère que ceci conduit à la perte du premier filtre Très Haute Efficacité (THE) à cause des gaz chauds ; ainsi, les gaz sont aspirés par le circuit de ventilation sans le premier niveau de filtration. En revanche, l'étude démontre que l'intégrité du dernier niveau de filtration avant rejet à la cheminée n'est pas remise en cause ; la contamination est donc piégée sur les filtres THE, à l'exception du tritium et du carbone 14.

Les conséquences radiologiques de ce scénario ont été évaluées et conduisent à une exposition du public (dose efficace totale) de 43 μSv à court terme, à 500 m du point de rejet, et 0,4 mSv à moyen terme (1 an) pour le groupe de référence, à 2 km du point de rejet.

Valeurs repères :

Le premier niveau d'intervention fixé par l'arrêté du 13 octobre 2003 correspond, pour le court terme, à une dose efficace de 10 mSv.

■ ***Pendant le démantèlement des échangeurs : chute d'une bouteille échangeur***

L'accident de référence au niveau des échangeurs est la chute d'une bouteille lors des opérations de manutention. Ceci peut conduire à la perte de confinement de la bouteille et une remise en suspension de l'activité dans l'Enceinte Réacteur.

Les conséquences radiologiques de ce scénario ont été évaluées et conduisent à une exposition du public (dose efficace totale) de moins de 0,01 μSv , à la fois à court terme, à 500 m du point de rejet et à moyen terme pour le groupe de référence, à 2 km du point de rejet.

■ ***Pendant l'exploitation de l'IDT : chute d'un colis***

L'accident de référence retenu pour l'IDT est la chute d'un colis monobloc contenant un tiers de bouteille échangeur.

Les conséquences radiologiques de ce scénario ont été évaluées et conduisent à une exposition du public (dose efficace totale) de moins de 0,01 μSv , à la fois à court terme, à 500 m du point de rejet, et à moyen terme pour le groupe de référence, à 2 km du point de rejet.

■ **Pendant l'assainissement de la STE : incendie**

L'accident de référence retenu pour la STE est un incendie pendant les opérations d'assainissement, dû à un dysfonctionnement de l'outillage. On considère que l'incendie dure une heure et que les rejets ne sont pas filtrés. La contamination volumique est donc rejetée directement dans l'environnement.

Les conséquences radiologiques de ce scénario ont été évaluées et conduisent à une exposition du public (dose efficace totale) de moins de 0,01 µSv, à la fois à court terme, à 500 m du point de rejet, et à moyen terme, pour le groupe de référence, à 2 km du point de rejet.

■ **Scénario enveloppe**

On appelle scénario enveloppe, celui qui aurait les conséquences les plus élevées ; parmi les quatre précédents, il s'agit de celui associé au démantèlement du Bloc Réacteur.

L'évaluation des conséquences sanitaires en cas d'incendie de zircaloy conduit à une dose de 43 µSv à court terme et 0,4 mSv pour une durée d'exposition à moyen terme de un an. La dose ajoutée dans les années qui suivent étant bien inférieure à celle ajoutée la première année, ce résultat permet de démontrer l'absence de conséquences radiologiques sur l'homme à long terme.

Les objectifs radiologiques retenus pour le démantèlement sont ainsi respectés.

Dose reçue et radioactivité naturelle : repères

Les sieverts (symbole : Sv) expriment la dose reçue par un homme et due aux corps radioactifs qui l'entourent ou qu'il a absorbé. La dose rend compte de l'effet biologique produit par les rayonnements ionisants issus des corps radioactifs sur la matière vivante.

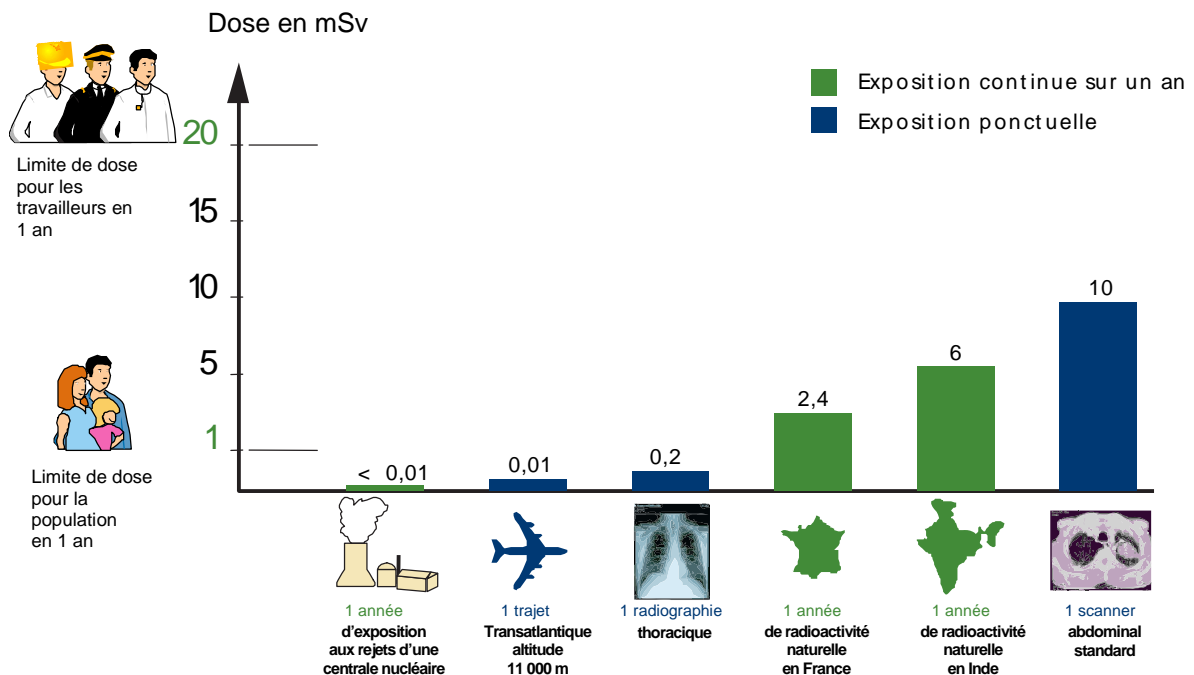
Le sievert est une unité assez importante aussi on emploie habituellement ses sous-multiples :

1 mSv (millisievert) = 10^{-3} Sv = 0,001 Sv

1 µSv (microsievert) = 10^{-6} Sv = 0,000 001 Sv

En France, la dose moyenne annuelle induite par les rayonnements naturels et reçue par l'homme est de l'ordre de 2,4 mSv (2 400 µSv), voir diagramme ci-dessous

L'étude de maîtrise des risques montre ainsi que pour le cas hypothétique du scénario de référence enveloppe, les conséquences sont extrêmement faibles et ne nécessitent pas de contre-mesures sanitaires. L'étude démontre aussi que l'impact environnemental des rejets radioactifs du scénario enveloppe ne serait pas perceptible aussi bien dans le milieu aquatique que terrestre.



5 Systèmes de surveillance et moyens de secours



POUR EN SAVOIR PLUS :

Pièce 9 – Chapitre 13 : Systèmes de surveillance, dispositifs et moyens de secours

Contrôle des rejets radioactifs gazeux

Les rejets radioactifs gazeux sont contrôlés par des prélèvements en continu à la cheminée par des systèmes instrumentés.

Les contrôles effectués sont les suivants :

- mesure de débit de ventilation à la cheminée ;
- mesure de l'activité du tritium ;
- mesure des émetteurs bêta et gamma ;
- mesure de l'activité du carbone 14 ;
- vérification de l'absence d'activité alpha globale sur les filtres.

Ces contrôles sont consignés et transmis périodiquement à l'Autorité de Sûreté Nucléaire.

Surveillances radiologiques

■ *Surveillance du personnel*

Avant toute intervention de personnel, il est vérifié qu'il possède les habilitations nécessaires et adaptées aux travaux réalisés et un suivi médical (DATR catégorie A ou B, habilitation PR option RN...).

Le personnel devant travailler en zone contrôlée fait l'objet d'un suivi dosimétrique (dosimétrie passive et opérationnelle).

En sortie de chantier à risque de contamination, des matériels de contrôle de contamination surfacique permettent le contrôle des tenues des intervenants. De plus, des contrôles corporels obligatoires sont effectués en sortie de zone contrôlée et en sortie de site, un contrôle corporel obligatoire est également effectué.

Enfin, une surveillance individuelle de l'exposition interne des travailleurs (anthropogammamétrie et/ou analyses pour le tritium) est réalisée par la médecine du travail.

Dosimétrie passive :

les intervenants portent un dosimètre nominatif pendant un mois et le résultat de la dose est connu a posteriori, après lecture du dosimètre par un laboratoire agréé.

Dosimétrie opérationnelle (ou active) :

les intervenants sont équipés d'un dosimètre électronique, qui mesure l'équivalent de dose en temps réel.

■ Surveillance des locaux

L'instrumentation fixe de radioprotection participe à la prévention de l'exposition du personnel et du public. Elle assure les fonctions suivantes :

- surveillance des lieux de travail : mesure de la contamination de l'air et du niveau de rayonnement dans les locaux ;
- surveillance de la contamination : elle est assurée par la surveillance de l'air de ventilation ;
- surveillance de la quantité de tritium dans l'air (dans les locaux où ce risque a été identifié).

■ Surveillance du matériel

À la sortie des chantiers à risque de contamination, les matériels sortants sont contrôlés pour limiter le transfert de contaminant. En sortie de zone contrôlée, tous les matériels (y compris ceux réputés non radioactifs) font l'objet d'une mesure de contamination surfacique non fixée et de l'exposition gamma. Les matériels ne peuvent sortir de zone que si les critères de contrôles sont satisfaisants.

En sortie de site, les véhicules font l'objet d'un contrôle radiologique systématique, réalisé par des balises permettant de détecter les émetteurs de rayonnement gamma.

Détection incendie

L'Enceinte Réacteur (ER) et le Bâtiment Extérieur (BE) sont munis d'une Détection Automatique d'Incendie (DAI), avec retransmission en local et à distance, implantée à des emplacements stratégiques. Le système de détection est modifiable pour être adapté au fur et à mesure de l'évolution des chantiers.

La détection incendie surveillant une partie des locaux de l'ER est composée de trois types d'équipements :

- des détecteurs radio de fumée ;
- des détecteurs optiques de fumée ;
- des détecteurs linéaires de fumée implantés au-dessus du pont polaire.

Deux centrales incendie situées près de la porte des vestiaires, centralisent les informations relatives à la localisation de l'alarme, et renvoient les alarmes de l'ER ainsi que celles du BE vers le Poste de Contrôle Principale (PCP).

De plus, une détection de température est présente en sortie de l'extraction du BR, signalant toute température supérieure à 70°C. Cette détection asservit l'arrêt de la ventilation du BR (soufflage). Un report d'alarme est présent au PCP.

Dans les autres bâtiments, la surveillance contre l'incendie est assurée par la présence de personnel pendant les périodes d'activité, notamment pour l'IDT, dans les phases de chargement, transfert et mise en entreposage des déchets pour les déchets TFA.

Surveillance de l'environnement et de la nappe phréatique

■ *Surveillance de l'environnement*

La surveillance de l'environnement mise en place par le site de Brennilis est à la fois radiologique et hydroécologique.

La surveillance radiologique de l'environnement concerne les rejets gazeux présentés à la page 33 et la surveillance aquatique qui consiste à réaliser des prélèvements d'eau de surface (dans le lac Saint-Michel, l'Ellez et le lac Saint-Herbot) et des prélèvements d'eaux souterraines en différents points du site. Les résultats d'analyses de ces différents prélèvements sont adressés mensuellement à l'ASN Division de Caen qui les retransmet à la Préfecture de Quimper.

La surveillance hydro-écologique est composée d'un suivi :

- physico-chimique ;
- du phytoplancton et du zooplancton ;
- des macro-invertébrés benthiques et diatomés ;
- des poissons.

■ *Surveillance de la nappe phréatique*

Les dispositifs de surveillance de la nappe phréatique assurent à la fois le contrôle des opérations de rabattement de la nappe et la surveillance de la qualité des eaux.

Les contrôles du rabattement s'appuient sur un réseau de piézomètres ; ils concernent :

- les débits prélevés ;
- les niveaux de rabattement ;
- le contrôle radiologique et physico-chimique des eaux restituées au milieu récepteur.

La surveillance de la qualité des eaux souterraines fait l'objet d'un programme de contrôle radiologique et physico-chimique.

Autres surveillances

■ *Contrôle des rejets liquides non radioactifs*

Cette surveillance concerne les eaux de vannes, les eaux usées, le contrôle des hydrocarbures et d'éventuelles substances chimiques.

■ *Surveillance du site*

La surveillance du site est assurée par une société de gardiennage qui contrôle les autorisations d'entrée et de sortie. Des rondes régulières sont effectuées par le personnel de surveillance. De plus, un système anti-intrusion est en place sur le site, ainsi qu'un réseau de surveillance vidéo.

■ *Contrôles réglementaires*

Des contrôles périodiques réglementaires sont réalisés sur les équipements concernés (outils de manutention notamment). Les différents équipements font l'objet d'une maintenance préventive.

Moyens de secours et organisation en cas de crise



POUR EN SAVOIR PLUS :

Pièce 9 – Chapitre 13.8 : Dispositifs et moyens de secours

Pièce 9 – Chapitre 13.9 : Organisation en cas de crise

■ **Moyens de secours**

Les moyens de secours constituent une parade au risque incendie. Ils sont constitués de moyens fixes et mobiles, de chariots à eau pulvérisée et d'extincteurs, à déclenchement automatique ou manuel.

Pendant les travaux de démantèlement du Bloc Réacteur, des poudres spéciales pour feu de métaux seront utilisées.

■ **Organisation en cas de crise**

La plupart des événements incidentels sont gérés et traités par l'**organisation normale** du Site, qui dispose d'une Equipe Locale d'Intervention (ELI) composés d'agents formés et habilités à intervenir sur des situations d'urgence.

Une **organisation de crise** est nécessaire en cas de situation accidentelle et/ou lorsqu'une structure particulière d'information doit gérer les relations avec l'extérieur (autorités, médias...). Dans ce cas, le Plan d'Urgence Interne (PUI) est mis en œuvre et se substitue à l'organisation habituelle de la sécurité.

Lorsque la situation le nécessite, un Plan Particulier d'Intervention (PPI) peut être décidé par le Préfet. Cependant, il faut noter qu'aucune des situations accidentelles de référence ne justifie la mise en œuvre d'un PPI, puisque le scénario enveloppe conduit à une dose extrêmement faible de 43 μ Sv, soit 0,043 mSv, à court terme.

A titre indicatif, le premier niveau d'intervention fixé par l'arrêté du 13 octobre 2003 relatif aux niveaux d'intervention en situation d'urgence radiologique correspond, pour le court terme, à une dose efficace de 10 mSv.

6 Conclusion

L'étude de maîtrise des risques de la centrale de Brennilis sur le Site des Monts d'Arrée a établi un inventaire des risques de toute origine, tant interne qu'externe, que présente l'installation pendant le projet de déconstruction.

A partir de l'analyse des risques, cette étude a défini les parades et moyens mis en œuvre pour prévenir et limiter les conséquences de ces risques, de façon exhaustive, à chacune des étapes du démantèlement de la centrale.

L'analyse des conséquences des accidents éventuels pour l'homme et l'environnement montrent que toutes les situations sont maîtrisées.

La démonstration s'est appuyée sur l'analyse de l'accident de référence, incendie d'origine conventionnelle initié par l'inflammation de particules de zircaloy qui est « enveloppe » de toutes les situations accidentelles envisagées, (c'est-à-dire que les conséquences de ces situations sont inférieures à celle du scénario enveloppe).

L'étude de maîtrise des risques démontre, par les dispositions de prévention et de surveillance mises en place, que cet événement est très peu probable. L'étude démontre également que les dispositions de protection prévues pour en limiter les effets conduisent à des conséquences éventuelles extrêmement faibles qui ne nécessitent pas de contre-mesures sanitaires.

Ainsi, les dispositions de prévention, de surveillance et de protection mises en place en fonction des différents risques identifiés lors des travaux de démantèlement de l'INB 162 conduisent à un niveau de risque acceptable.