

# PIÈCE 9

## ÉTUDE DE MAÎTRISE DES RISQUES

### - Chapitre 4 -

## Présentation des méthodes retenues pour l'analyse des risques

### PLACE DU CHAPITRE DANS L'ÉTUDE DE MAÎTRISE DES RISQUES

Résumé non technique

Sommaire général

Glossaire

Chapitre 1 – Introduction

Chapitre 2 – Inventaire des risques

Chapitre 3 – Analyse du Retour d'Expérience d'installations analogues

**Chapitre 4 – Présentation des méthodes retenues pour l'analyse des risques**

Chapitre 5 – Dispositions de maîtrise des risques pour les opérations d'exploitation courante

Chapitre 6 – Dispositions de maîtrise des risques par opération de démantèlement

Chapitre 7 – Analyse des conséquences en situation accidentelle

Chapitre 8 – Présentation synthétique des systèmes de surveillance, dispositifs et moyens de secours

Chapitre 9 – Conclusion

## SOMMAIRE

PRESENTATION DU CHAPITRE 4.....	3
4.1. EVALUATION ET MAITRISE DES RISQUES.....	4
4.2. METHODOLOGIE GENERALE D'ANALYSE DES RISQUES .....	5
4.3. FONCTIONS DE SURETE ET EQUIPEMENTS IMPORTANTS POUR LA PROTECTION DES INTERETS.....	7
4.3.1. FONCTIONS DE SURETE IDENTIFIEES.....	7
4.3.1.1. Confinement des substances radioactives .....	7
4.3.1.2. Confinement des substances dangereuses non radioactives .....	8
4.3.1.3. Protection des personnes du public et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.....	8
4.3.1.4. Protection des personnes du public et de l'environnement contre les effets non radiologiques.....	8
4.3.2. IDENTIFICATION DES MATERIELS IMPORTANTS POUR LA PROTECTION ET EXIGENCES ASSOCIEES.....	9
4.3.2.1. Eléments Importants pour la Protection .....	9
4.3.2.2. Exigences associées .....	9
4.4. FONCTIONS ET OBJECTIFS ASSOCIES A LA RADIOPROTECTION .....	10
4.4.1. FONCTIONS DE RADIOPROTECTION .....	10
4.4.2. PRINCIPES GENERAUX DE RADIOPROTECTION .....	10
4.4.3. OBJECTIFS DOSIMETRIQUES .....	10
4.4.4. MISE EN ŒUVRE DU PRINCIPE D'OPTIMISATION .....	11
4.4.4.1. Evaluation des risques et des parades.....	11
4.4.4.2. Evaluation dosimétrique prévisionnelle .....	11
4.4.4.3. Optimisation des expositions .....	11
4.4.5. DEMARCHE ALARA LORS DE LA PHASE DE CONCEPTION D'UNE OPERATION .....	12
4.4.5.1. Général .....	12
4.4.5.2. Niveaux de la démarche ALARA .....	13
4.4.6. DEMARCHE ALARA LORS DE LA PHASE DE REALISATION.....	13
4.4.6.1. Suivi de l'opération.....	13
4.4.6.2. Analyse du Retour d'Expérience (REX) .....	13

# P RESENTATION DU CHAPITRE 4

Ce Chapitre correspond à la présentation des méthodes retenues pour l'analyse de risques.

Les risques auxquels peut être soumise la Base Chaude Opérationnelle du Tricastin (BCOT) constituant l'Installation Nucléaire de Base (INB) n° 157 dans le cadre de son démantèlement complet sont identifiés dans le [Chapitre 2](#). L'analyse détaillée de ces risques et les dispositions prévues pour les limiter sont présentées dans le [Chapitre 5](#) et [Chapitre 6](#).

Le Chapitre est organisé comme suit :

- [§ 4.1](#) : Evaluation et maîtrise des risques ;
- [§ 4.2](#) : Méthodologie générale d'analyse des risques ;
- [§ 4.3](#) : Fonctions de sûreté et équipements importants pour la protection des intérêts ;
- [§ 4.4](#) : Fonctions et objectifs associés à la radioprotection.

# 4.1.

## EVALUATION ET MAITRISE DES RISQUES

Chaque risque identifié dans le [Chapitre 2](#) fait l'objet d'une évaluation qui conduit à mettre en place des parades dans le but de maîtriser l'impact du démantèlement sur le public et l'environnement.

L'analyse de risques est structurée en deux parties :

- Le [Chapitre 5](#) constitue l'analyse spécifique des risques concernant **les opérations courantes d'exploitation en phase de démantèlement**, notamment les agressions d'origine interne (incendie, manutention, etc.) et externe (séisme, conditions climatiques extrêmes, environnement humain, etc.). Les opérations courantes concernées sont :
  - L'exploitation du bâtiment 853-854 hors travaux de démantèlement, dont l'entreposage de colis de déchets dans le hall 853 Nord,
  - L'entreposage de colis de déchets sur l'Installation de Découplage et de Transit (IDT) extérieure,
- Le [Chapitre 6](#) constitue l'analyse spécifique des risques concernant les **opérations de démantèlement** :
  - Les travaux d'aménagement de chantier,
  - Le démantèlement des équipements électromécaniques,
  - L'assainissement et le démantèlement des structures de génie civil au sein du bâtiment 853-854,
  - Le démantèlement des équipements restants, dont la majorité des installations conventionnelles.

# 4.2.

## METHODOLOGIE GENERALE D'ANALYSE DES RISQUES

L'analyse des risques est réalisée selon une démarche déterministe prudente, qui valorise les lignes de défense successives. Pour chaque opération analysée, les grandes étapes de l'analyse sont les suivantes :

- Identification des systèmes et matériels garantissant la maîtrise des fonctions de sûreté en fonctionnement normal ;
- Identification des risques associés à l'opération concernée ;
- Identification des systèmes et matériels participant à la maîtrise des risques ;
- Identification déterministe des accidents susceptibles de porter atteinte aux intérêts à protéger. Ces accidents peuvent résulter :
  - De défaillances internes à l'installation,
  - De défaillances inhérentes à l'opération concernée,
  - D'agressions internes ou externes.

### **Cas des agressions internes et externes**

Les agressions internes et externes prises en compte sont celles mentionnées aux Articles 3.5 et 3.6 de l'Arrêté modifié du 7 février 2012 et sont rappelées dans le [Chapitre 2](#). Elles font chacune l'objet d'une méthode d'analyse dédiée.

La démarche générale d'analyse d'une agression repose sur les étapes suivantes :

- Identification des facteurs de risques ;
- Caractérisation de l'agression ;
- Evaluation des conséquences de l'agression ;
- Identification des cumuls plausibles d'agressions ;
- Justification du caractère acceptable des conséquences vis-à-vis des intérêts à protéger.

Ces étapes génériques sont éventuellement complétées par des éléments plus spécifiques, en fonction de l'agression considérée. En particulier, les risques liés à l'incendie sont analysés suivant la Décision ASN dite « Décision Incendie »<sup>1</sup>, homologuée par l'Arrêté du 20 mars 2014.

---

<sup>1</sup> Décision n°2014-DC-0417 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 28 janvier 2014 relative aux règles applicables aux Installations Nucléaires de Base (INB) pour la maîtrise des Risques liés à l'incendie (dite « Décision incendie »)

### **Facteurs Organisationnels et Humains**

Les Facteurs Organisationnels et Humains (FOH) sont également pris en compte dans l'analyse des risques :

- L'erreur humaine est considérée comme initiateur potentiel d'une défaillance dans l'analyse des défaillances ;
- Les activités sensibles sur le plan de la sûreté à réaliser par le personnel sont identifiées, et des moyens sont mis en œuvre pour se prémunir de défaillances sur la réalisation de ces activités sensibles :
  - La démarche Socio-Organisationnelle et Humaine (SOH) : les FOH sont intégrés à la conception et mis en œuvre lors de la réalisation de travaux et de l'exploitation,
  - La démarche Pratiques de Performance Humaine (PPH), dont la mise en place des pratiques de fiabilisation : prises en compte lors des études de conception et utilisées sur le terrain, lors de la réalisation des travaux et lors de l'exploitation,
  - La démarche facteur humain, dont l'analyse approfondie des événements significatifs en phases travaux et exploitation.

Ces démarches consistent à anticiper les pratiques induites par une situation de travail nouvelle ou modifiée, afin d'agir conjointement sur l'ensemble des déterminants susceptibles d'avoir une incidence sur les personnes et sur les performances attendues (moyens techniques, aménagement des zones de travail, organisation du travail, environnement physique de travail, compétences, documentation, etc.).

### **Règles d'étude complémentaires**

Sur la base de l'analyse des situations accidentelles enveloppes présentées au [Chapitre 7](#), il est démontré la suffisance des marges permettant d'éviter les effets falaises. Cette justification est traitée dans ce même chapitre.

Dans le cas où un scénario accidentel est susceptible de conduire à des conséquences particulièrement défavorables vis-à-vis des intérêts à protéger, la défaillance interne la plus défavorable d'un équipement actif valorisé lors des séquences incidentelles ou accidentelles est considérée.

#### **↳ EFFET FALAISE**

Un effet falaise correspond à une altération brutale du comportement d'une installation, que suffit à provoquer une légère modification du scénario envisagé pour un accident dont les conséquences sont alors fortement aggravées.

# 4.3. FONCTIONS DE SURETE ET EQUIPEMENTS IMPORTANTS POUR LA PROTECTION DES INTERETS

En situation incidentelle ou accidentelle, la présence de l'installation ne doit pas conduire à des conséquences radiologiques ou non radiologiques inacceptables pour les intérêts visés à l'Article L593-1 du code de l'Environnement, à savoir :

- La sécurité, la santé et la salubrité publiques ;
- La protection de la nature et de l'environnement.

En situation incidentelle ou accidentelle, les conséquences doivent être aussi faibles que possible, compte tenu de l'état des connaissances, des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement des installations. D'une manière générale, les limites d'acceptabilité des conséquences doivent être d'autant plus faibles que la fréquence d'occurrence de l'événement considérée est élevée.

## 4.3.1. FONCTIONS DE SURETE IDENTIFIEES

Les fonctions de sûreté à considérer en phase de démantèlement sont :

- Le confinement des substances radioactives ;
- Le confinement des substances dangereuses non radioactives ;
- La protection des personnes du public et de l'environnement contre les rayonnements ionisants ;
- La protection des personnes du public et de l'environnement contre les effets non radiologiques (thermiques, toxiques, de surpression et liés à l'impact de projectiles).

### 4.3.1.1. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES

Le confinement des substances radioactives est adapté à la nature et à l'importance du risque radiologique et se base sur la mise en œuvre d'un système de confinement. Celui-ci est constitué d'un ensemble de moyens ou dispositifs assurant, pour des périodes de durée appropriée, le confinement de la radioactivité, c'est-à-dire limitant ou interdisant le transfert de substances radioactives vers l'extérieur.

En fonctionnement normal, le confinement des substances radioactives est principalement réalisé au plus près du terme source.

Pour les opérations à risque de dissémination, le confinement est assuré par le système de confinement (statique et dynamique) des casemates du bâtiment 853-854.

Lorsque des ateliers ou entreposages sont installés pour les besoins du démantèlement, le confinement des substances radioactives est également assuré par les parois et ventilations de ces ateliers ou entreposages.

Pour les colis de déchets présents dans l'Installations de Découplage et de Transit (IDT) extérieure, le confinement des substances radioactives est assuré par l'enveloppe fermée des colis.

#### 4.3.1.2. CONFINEMENT DES SUBSTANCES DANGEREUSES NON RADIOACTIVES

Le risque associé aux substances dangereuses est la perte de l'enveloppe de ces substances, se caractérisant par la libération d'un potentiel danger présent dans l'installation (huile, solvants, produits chimiques, etc.) par voie liquide et/ou gazeuse et pouvant entraîner :

- L'incapacité du personnel à réaliser des opérations nécessaires à la mise ou au maintien à l'état sûr de l'installation ;
- Des effets toxicologiques sur le public. En particulier, les effets toxiques liés à un incendie interne sont étudiés dans l'analyse du risque d'incendie interne.

L'enveloppe des substances dangereuses est constituée d'un ensemble de moyens ou dispositifs limitant ou interdisant le transfert de ces substances vers l'extérieur. Elle est assurée par les capacités (bidons, réservoirs, cuves) et, en cas de défaillance de ces capacités, par leurs rétentions.

#### 4.3.1.3. PROTECTION DES PERSONNES DU PUBLIC ET DE L'ENVIRONNEMENT CONTRE LES RAYONNEMENTS IONISANTS

Le risque d'exposition du public et de l'environnement aux rayonnements ionisants est lié au terme source présent dans le bâtiment 853-854 et dans les colis de déchets. La limitation de l'exposition externe se concrétise par la limitation du débit d'équivalent de dose pour le public.

La limitation de l'exposition aux rayonnements ionisants est assurée par :

- Le ceinturage béton du bâtiment 853-854, le radier et les sas (matériels et personnels) du bâtiment 853-854 ;
- L'enveloppe des colis de déchets et le radier de l'Installation de Découplage et de Transit (IDT) extérieure.

#### 4.3.1.4. PROTECTION DES PERSONNES DU PUBLIC ET DE L'ENVIRONNEMENT CONTRE LES EFFETS NON RADIOLOGIQUES

La protection envers les personnes du public s'apprécie en prenant en compte les différentes sources pouvant générer des effets de surpression ou des effets liés à l'impact de projectiles ; les effets toxiques et thermiques étant analysés au titre du confinement des substances dangereuses.



Ces effets sont étudiés :

- Dans l'analyse du risque d'explosion interne, de défaillance des équipements sous pression et d'émission de substances dangereuses ;
- Dans l'analyse du risque incendie.

## 4.3.2. IDENTIFICATION DES MATÉRIELS IMPORTANTS POUR LA PROTECTION ET EXIGENCES ASSOCIÉES

### 4.3.2.1. ÉLÉMENTS IMPORTANTS POUR LA PROTECTION

Les Éléments Importants pour la Protection (EIP) des intérêts mentionnés à l'article L593-1 du Code de l'environnement (sécurité, santé et salubrité publiques, protection de la nature et de l'environnement), sont définis par l'Article 1.3 de l'Arrêté modifié du 7 février 2012. Ces éléments assurent une fonction nécessaire à la démonstration mentionnée au deuxième alinéa de l'article L593-7 du Code de l'environnement, ou contrôlent qu'une telle fonction est assurée.

Les EIP sont définis comme étant les Systèmes, Structures et Composants (SSC) nécessaires à l'établissement et à l'efficacité d'une des fonctions de sûreté présentées au paragraphe [§ 4.3.1](#).

### 4.3.2.2. EXIGENCES ASSOCIÉES

Les exigences associées aux Éléments Importants pour la Protection (EIP) sont :

- L'application d'un programme d'assurance de la qualité ;
- La surveillance de leur état et de leur disponibilité à travers des contrôles et des maintenances périodiques.

Pour ce qui est de la limitation des conséquences en situation accidentelle, ces exigences peuvent être complétées au cas par cas, en fonction des scénarios retenus.

# 4.4. FONCTIONS ET OBJECTIFS ASSOCIES A LA RADIOPROTECTION

## 4.4.1. FONCTIONS DE RADIOPROTECTION

Les fonctions de radioprotection à assurer sont les suivantes :

- Le confinement des matières radioactives vis-à-vis du personnel et la protection contre le risque d'exposition interne des personnels ;
- La limitation de l'exposition externe directe des personnels exposés.

## 4.4.2. PRINCIPES GENERAUX DE RADIOPROTECTION

L'objectif principal de radioprotection est de réduire l'exposition globale du personnel intervenant tout au long du démantèlement de l'installation.

Cet objectif se décline selon les deux axes suivants :

- Limiter l'exposition externe à un niveau aussi faible que raisonnablement possible et, en tout état de cause, à des niveaux inférieurs aux limites fixées par la réglementation, limites qui ne sauraient constituer un objectif en tant que telles ;
- Eviter toute contamination interne des travailleurs.

Cet objectif est mis en œuvre selon la démarche As Low As Reasonably Achievable (ALARA) à la conception des opérations en définissant l'organisation du travail et les moyens adaptés pour limiter la dose pouvant être reçue par les intervenants, et en phase de réalisation pour la réduire encore, autant que possible (cf. [§ 4.4.5](#)).

## 4.4.3. OBJECTIFS DOSIMETRIQUES

Dans le cadre du démantèlement et des opérations spécifiques que cela engendre, des objectifs de dose individuelle et collective sont fixés au cas par cas. Ces objectifs découlent des estimations prévisionnelles de dose réalisées pour ces opérations dans le cadre d'une démarche ALARA. En tout état de cause, l'objectif est "aussi bas que raisonnablement possible".

Les limites réglementaires d'exposition à ne pas dépasser sont les suivantes :

- 20 mSv.an<sup>-1</sup> pour les travailleurs exposés ;
- 1 mSv.an<sup>-1</sup> pour le public et le personnel non exposé.

Les dispositions générales visent à maintenir de faibles Débits De Dose ambiants ainsi qu'un niveau de contamination atmosphérique négligeable.

## 4.4.4. MISE EN ŒUVRE DU PRINCIPE D'OPTIMISATION

Pour l'atteinte des objectifs précédents, la démarche suivante est engagée pour chaque opération :

- Identification des risques ;
- Analyse des risques ;
- Mise en œuvre de moyens de prévention et/ou de protection.

Chaque opération est décomposée en activités.

### 4.4.4.1. EVALUATION DES RISQUES ET DES PARADES

A chaque étape des études, une analyse des risques radiologiques aux postes de travail sur la base des données disponibles (contexte radiologique, nature de l'opération, conditions d'interventions, procédés utilisés...) est réalisée.

A ce titre, le questionnement minimum dans le cadre de cette analyse est le suivant :

- Risque d'exposition externe ;
- Risque d'exposition interne ;
- Risque de dépassement d'une limite individuelle ;
- Nécessité d'accès en zone orange ou en zone rouge ;
- Risque d'interférence entre chantiers ;
- Impact sur le zonage des locaux.

En fonction du résultat de l'analyse des risques, des parades sont identifiées.

### 4.4.4.2. EVALUATION DOSIMETRIQUE PREVISIONNELLE

Toutes les opérations de démantèlement en Zone Contrôlée ou Zone Surveillée font l'objet d'une analyse de risque radioprotection et d'une Evaluation Dosimétrique Prévisionnelle (EDP) formalisée en terme de :

- Dose collective en Homme.milliSievert (H.mSv) ;
- Dose individuelle (mSv).

Cette analyse de risques détermine le niveau d'optimisation à mettre en œuvre. Le niveau de l'analyse d'optimisation est formalisé et se différencie par son degré d'approfondissement.

A l'issue de la démarche d'optimisation, des doses prévisionnelles sont déterminées pour l'activité en terme de dose collective et de dose individuelle moyenne par spécialité (ou par poste de travail).

### 4.4.4.3. OPTIMISATION DES EXPOSITIONS

En partant des opérations ou activités ayant une forte contribution à la dosimétrie prévisionnelle du dossier, une optimisation des expositions sera réalisée lors des études de réalisation pour chaque activité, sur la base de laquelle les Evaluations Dosimétriques Prévisionnelles optimisées seront calculées.

Les principales dispositions techniques et organisationnelles envisagées pour réduire l'exposition externe des intervenants sont notamment :

- **Actions sur les niveaux d'exposition aux postes de travail, en particulier celui lié au conditionnement des déchets** : installation d'écrans renforcés des protections biologiques permettant de réduire les Débits De Dose aux postes de travail de conditionnement de déchets, et aux postes de travail de traitement/conditionnement des conteneurs et paniers Tubes Guides de Grappe (TGG) ;
- **Actions sur les activités liées à la maintenance des appareils** :
  - Réduction du terme source : décontamination préalable des équipements lors des opérations de maintenance ou lors des travaux en phase Préparatoire au Démantèlement PDEM (notamment pour les conteneurs d'entreposage des TGG, pour la machine de découpe des TGG et les boîtes à gants (BAG) de décontamination en casemate 12),
  - Actions sur l'organisation du travail : préparation des opérations, optimisation et limitation des temps d'intervention,
- **Actions sur les procédés** : choix techniques (méthodes, matériels, etc.) pouvant permettre de limiter les maintenances curatives et l'intervention humaine.

## 4.4.5. DEMARCHE ALARA LORS DE LA PHASE DE CONCEPTION D'UNE OPERATION

### 4.4.5.1. GENERAL

Les dossiers de conception comportent un volet démontrant que le dimensionnement des protections biologiques, le choix des procédés et des procédures sont optimisés en regard de l'exposition du personnel. Cette démonstration s'appuie sur la mise en œuvre d'une démarche ALARA.

De même, les moyens de surveillance et de contrôle radiologiques sont intégrés dans cette analyse.

La démarche ALARA peut comporter les étapes suivantes :

- Identification des enjeux radiologiques des opérations prévues : c'est une étape importante dans la démarche ALARA puisqu'elle permet d'évaluer l'enjeu dosimétrique d'une opération et donc la nécessité de réaliser une démarche ALARA formalisée. Elle permet également d'identifier les étapes dosantes d'une intervention, et d'axer les études d'optimisation sur ces phases en priorité ;
- Identification des différentes options techniques, organisationnelles ou de radioprotection susceptibles de réduire les expositions au plus bas niveau possible, et en tout état de cause au-dessous des limites réglementaires ;
- Evaluation qualitative ou quantitative des performances de ces options : prise de décision conduisant au choix de la "meilleure option", après hiérarchisation de ces dernières en fonction de leurs performances qualitatives ou quantitatives. Cette prise de décision implique une organisation décisionnelle spécifique, et repose sur une méthode et des critères de choix entre les options de radioprotection. A l'issue de cette étape, les objectifs de dose, issus des prévisions de dose après optimisation, sont figés.

La démarche ALARA intervient, de manière plus ou moins détaillée, à toutes les étapes de conception, que ce soit lors des études de faisabilité, lors de l'avant-projet sommaire ou lors de l'avant-projet détaillé. La méthodologie associée comprend :

- La définition des scénarios ;
- Le choix du scénario de référence selon une approche multicritère (coûts, délai, dosimétrie, risque de rupture de confinement, faisabilité technique, volume de déchets/effluents, etc.) ;
- L'optimisation des différentes phases du scénario de référence.

#### 4.4.5.2. NIVEAUX DE LA DEMARCHE ALARA

Les niveaux de démarche ALARA pour les opérations ou chantiers de démantèlement dépendent de l'enjeu radiologique.

Pour les enjeux faibles, la radioprotection des activités est optimisée par le respect des dispositions normales de conception des installations ou des chantiers et de leurs règles d'exploitation, ainsi que par le respect des règles d'accès et de séjour en zone contrôlée ou surveillée.

Pour les enjeux forts, une analyse d'optimisation approfondie est élaborée. Elle permet d'identifier les éléments contribuant à la dose et les moyens de la réduire ; les actions de radioprotection sont identifiées et leurs performances quantifiées.

Le niveau de validation est adapté en fonction de l'enjeu radiologique.

#### 4.4.6. DEMARCHE ALARA LORS DE LA PHASE DE REALISATION

La démarche d'optimisation de la radioprotection doit ensuite se poursuivre en phase de réalisation de l'opération où un suivi approprié doit être réalisé afin de capitaliser un retour d'expérience pertinent qui permettra une amélioration continue de l'opération.

##### 4.4.6.1. SUIVI DE L'OPERATION

En début d'opération, une vérification des conditions radiologiques de l'environnement d'intervention est réalisée par la mesure, et ces conditions sont comparées à celles prises en compte dans l'analyse de risque.

Pendant la réalisation de l'opération, les doses reçues individuellement sont mesurées et enregistrées, celle reçue collectivement est calculée. Elles sont comparées respectivement aux doses prévisionnelles optimisées individuelles et collectives, afin d'identifier, d'analyser puis de corriger les éventuels écarts.

Les écarts constatés donnent lieu à une actualisation du prévisionnel dosimétrique optimisé.

##### 4.4.6.2. ANALYSE DU RETOUR D'EXPERIENCE (REX)

Une comparaison entre les doses prévisionnelles optimisées collectives et individuelles et les doses reçues est effectuée.

En cas d'écart significatif, l'analyse identifie les éléments à l'origine de l'écart et les bonnes pratiques à mémoriser.

Le Retour d'EXpérience de l'activité est utilisé pour la préparation des activités suivantes ou similaires.