

GUIDE D'EXAMEN POUR L'ETUDE DE L'IMPACT  
RADIOLOGIQUE D'UNE INSTALLATION  
NUCLEAIRE DE BASE (INB) FOURNIE À L'APPUI  
DES DEMANDES D'AUTORISATION DE REJETS

M. Chartier, A. Després, S. Supervil, D. Conte, P. Hubert, A. Oudiz, D. Champion

Rapport IRSN/02-24

Octobre 2002

**INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE****DÉPARTEMENT DE PROTECTION DE LA SANTÉ  
DE L'HOMME ET DE DOSIMÉTRIE****DÉPARTEMENT D'ÉVALUATION DE SURETÉ**

<b>Demandeur</b>	<b>DSIN et DGS</b>
<b>Référence de la demande</b>	<b>Note DSIN-FAR/SD4/n° 40405/99 du 16 avril 1999</b>
<p><b>GUIDE D'EXAMEN POUR L'ÉTUDE DE L'IMPACT RADIOLOGIQUE D'UNE INSTALLATION NUCLÉAIRE DE BASE (INB) FOURNIE À L'APPUI DES DEMANDES D'AUTORISATION DE REJETS</b></p> <p><b>M. Chartier, A. Després, S. Supervil, D. Conte, P. Hubert, A. Oudiz, D. Champion</b></p> <p><b>Rapport IRSN/02-24</b></p> <p><b>Octobre 2002</b></p>	

**GUIDE D'EXAMEN POUR L'ETUDE DE L'IMPACT RADIOLOGIQUE  
D'UNE INSTALLATION NUCLEAIRE DE BASE (INB)  
FOURNIE À L'APPUI DES DEMANDES D'AUTORISATION DE REJETS**

**SOMMAIRE**

<b>SYNTHESE DU DOCUMENT .....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>10</b>
<b>2. LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. Le décret n° 95-540 du 4 mai 1995 modifié et ses textes d'application .....</b>	<b>11</b>
2.1.1. Incidence du décret du 4 mai 1995 modifié .....	11
2.1.2. Incidence de la circulaire du 20 mai 1998.....	13
2.1.3. Incidence de l'arrêté du 26 novembre 1999 et de sa circulaire d'application du 17 janvier 2002..	13
<b>2.2. Livre II du titre 1<sup>er</sup> du Code de l'environnement (loi sur l'eau) et ses textes d'application.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3. La directive Euratom 96/29 dite « normes de base » et ses textes de transposition .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4. Recommandations du rapport « Étude de l'impact radiologique sur le public des installations nucléaires en fonctionnement normal » .....</b>	<b>16</b>
<b>3. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS À L'ORIGINE DES EFFLUENTS ET DES MODALITÉS DE TRAITEMENT, DE CONTRÔLE ET DE REJET DES EFFLUENTS – JUSTIFICATION DES PROCÉDÉS ET DES RÈGLES DE GESTION DES EFFLUENTS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Objectifs de cette partie du dossier.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2. Description des installations à l'origine des effluents radioactifs .....</b>	<b>18</b>
3.2.1. Installations à l'origine des effluents radioactifs.....	19
3.2.2. Réception d'effluents radioactifs provenant d'autres installations .....	20
3.2.3. Installations entraînant une exposition du public par rayonnement direct .....	20
3.2.4. Récapitulatif des effluents produits.....	20
<b>3.3. Description des modalités de collecte, de traitement et de rejet des effluents .....</b>	<b>21</b>
3.3.1. Collecte des effluents .....	21
3.3.2. Traitement des effluents .....	21
3.3.3. Caractéristiques des effluents après traitement .....	22
3.3.4. Modalités de rejet des effluents.....	22
3.3.5. Analyses et contrôles des effluents rejetés .....	22
<b>3.4. Demande de l'exploitant et récapitulatif des rejets effectués dans l'environnement .....</b>	<b>23</b>
3.4.1. La demande d'autorisation de rejet d'effluents radioactifs .....	23
3.4.2. Réalisme et marges.....	24
3.4.3. Cas des études portant sur plusieurs INB.....	24
3.4.4. Récapitulatif des rejets effectués dans l'environnement .....	25

<b>3.5. Justification du choix des procédés et des méthodes de gestion des effluents en vue de la réduction des rejets .....</b>	<b>25</b>
<b>4. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1. Étendue spatiale de la description .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2. Description de l'environnement naturel .....</b>	<b>29</b>
4.2.1. Climatologie.....	29
4.2.2. Géographie - Topographie .....	29
4.2.3. Géologie.....	30
4.2.4. Pédologie.....	30
4.2.5. Hydrogéologie.....	30
4.2.6. Hydrologie continentale (cas des rejets dans un cours d'eau) .....	30
4.2.7. Hydrographie, courantologie (cas de rejets en mer) .....	31
4.2.8. Biotope (flore et faune naturelles) et écosystème .....	31
4.2.9. Parcs, réserves naturelles, ZNIEFF.....	31
<b>4.3. Description de l'environnement économique et agricole.....</b>	<b>31</b>
4.3.1. Activités économiques .....	32
4.3.2. Agriculture - Élevage - Productions agroalimentaires .....	32
4.3.3. Pêche - aquaculture - conchyliculture .....	33
4.3.4. Utilisation des eaux .....	33
4.3.5. Autres utilisations des eaux.....	34
<b>4.4. Description de l'environnement démographique.....</b>	<b>34</b>
4.4.1. Démographie.....	34
4.4.2. Habitat, activités et habitudes.....	34
4.4.3. Régimes alimentaires et débits respiratoires .....	35
<b>5. ESTIMATION DE L'IMPACT RADIOLOGIQUE DES REJETS .....</b>	<b>36</b>
<b>5.1. Etat radiologique de référence.....</b>	<b>36</b>
5.1.1. Principes généraux .....	36
5.1.2. Cas d'une installation projetée en un lieu dépourvu d'activité nucléaire : notion de « point zéro »38	38
5.1.3. Cas d'une installation projetée dans un site nucléaire existant .....	38
5.1.4. Cas d'une installation ou d'un site nucléaire existant .....	39
<b>5.2. Échelles de temps appropriées .....</b>	<b>39</b>
<b>5.3. Choix et description des méthodes de calcul d'impact .....</b>	<b>39</b>
5.3.1. Recensement des voies de transfert dans l'environnement et des voies d'atteinte des populations 40	40
5.3.2. Recensement des groupes de référence.....	40
5.3.3. Dispersion atmosphérique des rejets gazeux.....	41
5.3.4. Dispersion des rejets liquides dans les cours d'eau.....	42
5.3.5. Dispersion en mer des rejets liquides.....	42
5.3.6. Transferts dans les compartiments de l'environnement terrestre .....	42
5.3.7. Transferts dans les compartiments de l'environnement aquatique (fluvial ou marin) .....	43
5.3.8. Évaluation des activités incorporées et des doses engagées correspondantes.....	43
5.3.9. Évaluation des doses par irradiation externe reçues par les individus des groupes de référence....	44
5.3.10. Sommation des doses .....	44
<b>5.4. Présentation des résultats.....</b>	<b>44</b>
5.4.1. Résultats en termes de contamination des compartiments de l'environnement .....	44
5.4.2. Comparaison des doses aux limites réglementaires .....	45
<b>5.5. Sensibilité et incertitude – calcul de l'impact des rejets réels attendus.....</b>	<b>45</b>
5.5.1. Sensibilité et incertitude .....	45

5.5.2.	Doses dues aux rejets réels attendus .....	45
<b>6.</b>	<b>DEFINITION DU SYSTEME DE SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>46</b>
<b>6.1.</b>	<b>Choix des analyses à réaliser .....</b>	<b>46</b>
<b>6.2.</b>	<b>Choix des échantillons .....</b>	<b>47</b>
6.2.1.	Milieu terrestre .....	47
6.2.2.	Milieu aquatique .....	47
<b>6.3.</b>	<b>Localisation des points de mesure .....</b>	<b>48</b>
<b>6.4.</b>	<b>Fréquences des prélèvements et des mesures .....</b>	<b>51</b>

## **SYNTHESE DU DOCUMENT**

Lors d'une demande d'autorisation de rejet d'effluents et de prélèvements d'eau d'une installation nucléaire de base (INB), l'exploitant de l'installation doit notamment fournir une étude de l'impact radiologique de ses rejets d'effluents radioactifs sur l'environnement et la santé des populations. Par principe, il s'agit d'une évaluation prévisionnelle (on parle d'étude d'impact *a priori*) correspondant à l'activité future de l'installation, même si dans bien des cas, de telles demandes d'autorisation concernent des installations existantes compte tenu des exigences réglementaires.

Dans ce contexte, l'étude de l'impact des rejets radioactifs présente des spécificités techniques et méthodologiques qui ont conduit la Direction de la Sécurité des Installations Nucléaires (DSIN) et la Direction Générale de la Santé (DGS) à demander à l'IPSN, en avril 1999, d'élaborer un guide facilitant l'examen d'une telle étude, que ce soit par les services impliqués dans l'instruction des demandes d'autorisation ou, plus généralement, par toutes les parties prenantes dans ce domaine.

Une première version de ce guide a été diffusée (sous forme de projet) en août 2001 par la DSIN. La présente version tient compte des commentaires recueillis.

Afin de guider le lecteur et attirer son attention sur les points saillants de la démarche, une synthèse en est fournie ci-dessous.

\* \* \*

Compte tenu de l'objectif du guide, celui-ci doit prendre en compte le contexte réglementaire qui sous-tend l'élaboration des études d'impact. Ce contexte est principalement constitué de deux familles de textes :

- le décret n° 95-540 du 4 mai 1995 (modifié par le décret n° 2002-460 du 4 avril 2002) relatif aux rejets d'effluents liquides et gazeux et aux prélèvements d'eau des INB et ses textes d'application, qui traitent des documents et des procédures ainsi que des prescriptions techniques qui encadrent, notamment, les rejets d'effluents radioactifs ;
- la directive Euratom 96/29 du 13 mai 1996, dite directive « normes de base », accompagnée de ses textes de transposition en droit français, concernant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants. Ces textes précisent les concepts et grandeurs nécessaires à l'évaluation des doses reçues par les personnes exposées, ainsi que les principes de radioprotection à respecter, notamment l'optimisation des expositions et le respect de limites de doses.

Le guide met également à profit les recommandations produites en janvier 1997 par un groupe de travail créé par la Direction Générale de la Santé, traitant de l'étude de l'impact radiologique sur le public des installations nucléaires en fonctionnement normal.

Dans ce contexte précis, le guide propose d'examiner l'étude de l'impact radiologique d'une INB sous trois angles successifs :

- la description et la quantification des effluents produits, en tenant compte des procédés qui en sont à l'origine, des moyens de traitement et de la démarche d'optimisation ;

- l'estimation de l'impact dosimétrique des rejets prévus sur la population, compte tenu des caractéristiques de l'environnement de l'installation ;
- la définition des modalités de surveillance des rejets et de l'environnement.

Ce guide fournit un canevas méthodologique général qu'il convient d'adapter aux situations particulières rencontrées. Ainsi, pour une installation donnée, le développement des différents points abordés dans ce guide doit être en rapport avec l'importance que représentent ces points dans l'appréciation de l'impact de l'installation.

### 1) La description et la quantification des effluents produits

Dans le but d'évaluer de manière réaliste l'impact des rejets d'effluents radioactifs d'une installation, il convient d'identifier l'origine, de caractériser la composition et de décrire les modalités de rejet de ces effluents. Ces informations servent également de support à la démarche d'optimisation appliquée à la gestion des effluents.

- **L'origine des effluents** : il s'agit d'établir un inventaire des différents lieux de production des effluents (en amont de tout traitement avant rejet), précisant la nature, le régime de production (permanent ou occasionnel), la composition (radionucléides produits et activités correspondantes), les caractéristiques physico-chimiques, etc. de chaque effluent. La description porte également sur les dispositions prises pour canaliser ces effluents vers les installations de traitement, en mentionnant, le cas échéant, les possibilités d'émissions diffuses de radionucléides. L'inventaire doit également indiquer d'éventuels apports d'effluents venant d'installations extérieures, ainsi que les installations pouvant conduire à une exposition du public par rayonnement direct. Un récapitulatif permet d'identifier (sur les plans qualitatif et quantitatif) les différentes catégories d'effluents radioactifs, déterminant ainsi leurs modes de gestion avant rejet.
- **La gestion des effluents** : il s'agit de décrire, pour chaque catégorie d'effluents identifiée, les modalités de collecte et de traitement, en précisant les choix retenus, notamment sur la base des meilleures technologies disponibles à un coût économiquement acceptable. Les caractéristiques des effluents avant rejet sont précisées. Enfin, les modalités de contrôle et d'analyse des effluents rejetés sont décrites.

L'aboutissement de cette description méthodique est une caractérisation aussi précise que possible des effluents rejetés, fournissant les bases nécessaires à l'évaluation de l'impact, ainsi que la formulation de la demande d'autorisation de rejet indiquant, par catégorie de radionucléides, les activités annuelles susceptibles d'être rejetées. En règle générale, l'exploitant intègre dans son estimation une marge, tenant compte des fluctuations normales du fonctionnement des installations (rappelons que les rejets en situation incidentelle ou accidentelle sont exclus du champ des autorisations de rejet), des incertitudes sur l'estimation des rejets attendus et des incertitudes sur les moyens de contrôle et de comptabilisation de la radioactivité des rejets. Il importe que la marge retenue soit explicitée, de manière à pouvoir justifier, notamment, le réalisme du niveau de rejet décrit dans l'étude d'impact.

Enfin, la description de l'origine et du mode de gestion des effluents radioactifs sert de support à l'application du principe d'optimisation de l'exposition des personnes du public, au sens de la directive « normes de base » ; l'exploitant peut à cet égard agir notamment sur le niveau d'activité dans les rejets, l'orientation préférentielle de certains radionucléides vers

les rejets liquides ou les rejets gazeux, le choix de techniques de traitement limitant le rejet des radionucléides qui contribuent le plus à la dose, etc.. La démarche d'optimisation conduit ainsi à des choix fondés sur des critères multiples tels que la faisabilité technique, la sûreté du procédé, le coût économique, les doses efficaces annuelles pour les groupes de référence, la dose collective aux populations, l'exposition des travailleurs qui résulte du traitement des effluents, les types et les volumes des déchets produits.

## 2) La description de l'environnement de l'installation

La description de l'environnement doit permettre d'identifier les voies de transfert possible des radionucléides présents dans les rejets ainsi que les groupes de personnes qui, au sein de la population, pourraient constituer des groupes de référence, c'est-à-dire des groupes pour lesquels les expositions en provenance de l'installation considérée sont relativement homogènes et qui sont représentatifs des personnes qui reçoivent les doses les plus élevées du fait du fonctionnement de l'installation.

Les composantes de l'environnement naturel qu'il convient de décrire sont :

- les conditions météorologiques à proximité de l'installation (déterminant la dispersion des rejets gazeux) ;
- la topographie des lieux (influence du relief dans la dispersion des rejets gazeux) ;
- la géologie, la pédologie et l'hydrogéologie au voisinage du site (caractéristiques des sols, notamment en rapport avec leur intérêt agricole ; caractéristiques des nappes phréatiques, notamment en termes de vulnérabilité) ;
- l'hydrologie continentale (description des exutoires des effluents dans le cas de rejets dans un cours d'eau) ou l'hydrographie marine et la courantologie (dans le cas de rejets en mer) ;
- les biotopes et écosystèmes sensibles, associés le cas échéant à des réserves naturelles.

La description de l'environnement économique a pour but principal d'identifier des activités humaines qui pourraient être impactées par les rejets radioactifs (par exemple les activités touristiques) ou qui entraînent également des rejets radioactifs susceptibles d'exposer les mêmes populations que celles concernées par les rejets de l'installation considérée.

La description des pratiques agricoles, d'élevage, de production agroalimentaire, de pisciculture, etc. sous l'influence des rejets radioactifs est particulièrement importante car elle permet d'identifier les différentes voies de transferts possibles vers l'homme via l'alimentation. Il en va de même des activités humaines utilisant les eaux susceptibles d'être marquées par les rejets liquides, que ce soient les eaux de surface ou les nappes phréatiques, par exemple pour l'irrigation ou la production d'eau potable.

Enfin la description de l'environnement humain porte sur :

- la démographie autour de l'installation ou dans les zones soumises à l'influence des rejets liquides (situation des zones de résidence, d'activité professionnelle, de loisir, des écoles, etc.) ;
- les caractéristiques de l'habitat, les habitudes de la population (caractérisation des temps de présence des personnes dans les zones soumises à l'influence des rejets) ;

- les données sur les régimes alimentaires (tenant compte autant que possible des habitudes locales) et des débits respiratoires en fonction de l'âge et de l'activité des individus.

### 3) L'estimation de l'impact dosimétrique sur la population

L'estimation de l'impact dosimétrique prévisionnel des rejets sur la population repose, d'une part sur les caractéristiques des effluents rejetés, d'autre part sur les caractéristiques de l'environnement naturel, agricole, économique et humain. Elle est menée en rapport avec l'état radiologique de référence, établi à partir de mesures dans l'environnement et représentatif du niveau de radioactivité de l'environnement au moment où l'étude d'impact prévisionnel est réalisée. Cet état de référence a pour but principal de mettre en perspective l'impact des rejets futurs de l'installation, dans le cadre de la surveillance *a posteriori*.

L'estimation de l'impact prévisionnel doit également tenir compte d'éventuels phénomènes d'accumulation de radionucléides dans certains compartiments de l'environnement, et ainsi être réalisée pour une période correspondant aux accumulations maximales.

Le calcul proprement dit nécessite l'emploi de codes de calcul identifiés et adaptés aux différentes voies de transfert inventoriées, à savoir, typiquement :

- la dispersion atmosphérique des rejets gazeux, en tenant compte des conditions météorologiques et des formes physico-chimiques des radionucléides. Le calcul permet d'estimer l'exposition par irradiation externe due au panache et par inhalation, ainsi que les dépôts de radionucléides sur les sols et les végétaux ;
- la dispersion des effluents liquides rejetés dans le milieu aquatique (cours d'eau ou mer), en tenant compte des interactions avec les matières en suspension et les sédiments ;
- les transferts (et le cas échéant l'accumulation) dans les compartiments terrestres (transferts dans le sol, transferts aux végétaux consommés par les animaux d'élevage, transferts vers les végétaux et animaux consommés par l'homme, etc.) à partir des radionucléides déposés en surface (via les retombées atmosphériques et éventuellement les embruns ou l'eau d'irrigation) ;
- les transferts dans les compartiments de l'environnement aquatique (transferts vers les sédiments de fond ou de berge, transferts aux poissons, mollusques et crustacés, transferts aux algues, etc.), qui déterminent les transferts possibles à l'homme (via par exemple l'eau de boisson, la consommation de produits de la pêche, le sel de mer).

Cette démarche conduit à estimer l'activité des radionucléides incorporés et les doses engagées correspondantes pour les individus des groupes de référence répertoriés, ainsi que l'exposition externe de ces personnes (par irradiation externe due au panache, aux dépôts au sol, aux sédiments, voire par irradiation directe par l'installation considérée).

*In fine*, la dose annuelle reçue par les individus de chaque groupe de référence est estimée par sommation de l'ensemble des doses reçues du fait des rejets liquides et gazeux. Il est également fourni une estimation de la contamination attendue dans certains compartiments impliqués dans le transfert des radionucléides rejetés, permettant ainsi d'orienter la surveillance *a posteriori*.

Dans la mesure du possible, les résultats de cette évaluation donnent lieu à des études de sensibilité et d'incertitude pour les paramètres qui influencent le plus le résultat final ou dont la détermination est la plus incertaine.

#### 4) La définition du système de surveillance de l'environnement

Dans le cadre des demandes d'autorisation de rejet, l'étude doit également préciser le système de surveillance de l'environnement autour de l'installation, prévu par l'exploitant pour répondre à la fois aux impératifs de la réglementation (arrêté ministériel du 26 novembre 1999) et aux caractéristiques des rejets de l'installation et de son environnement, telles qu'elles ressortent de l'étude d'impact.

L'objectif de cette surveillance est triple :

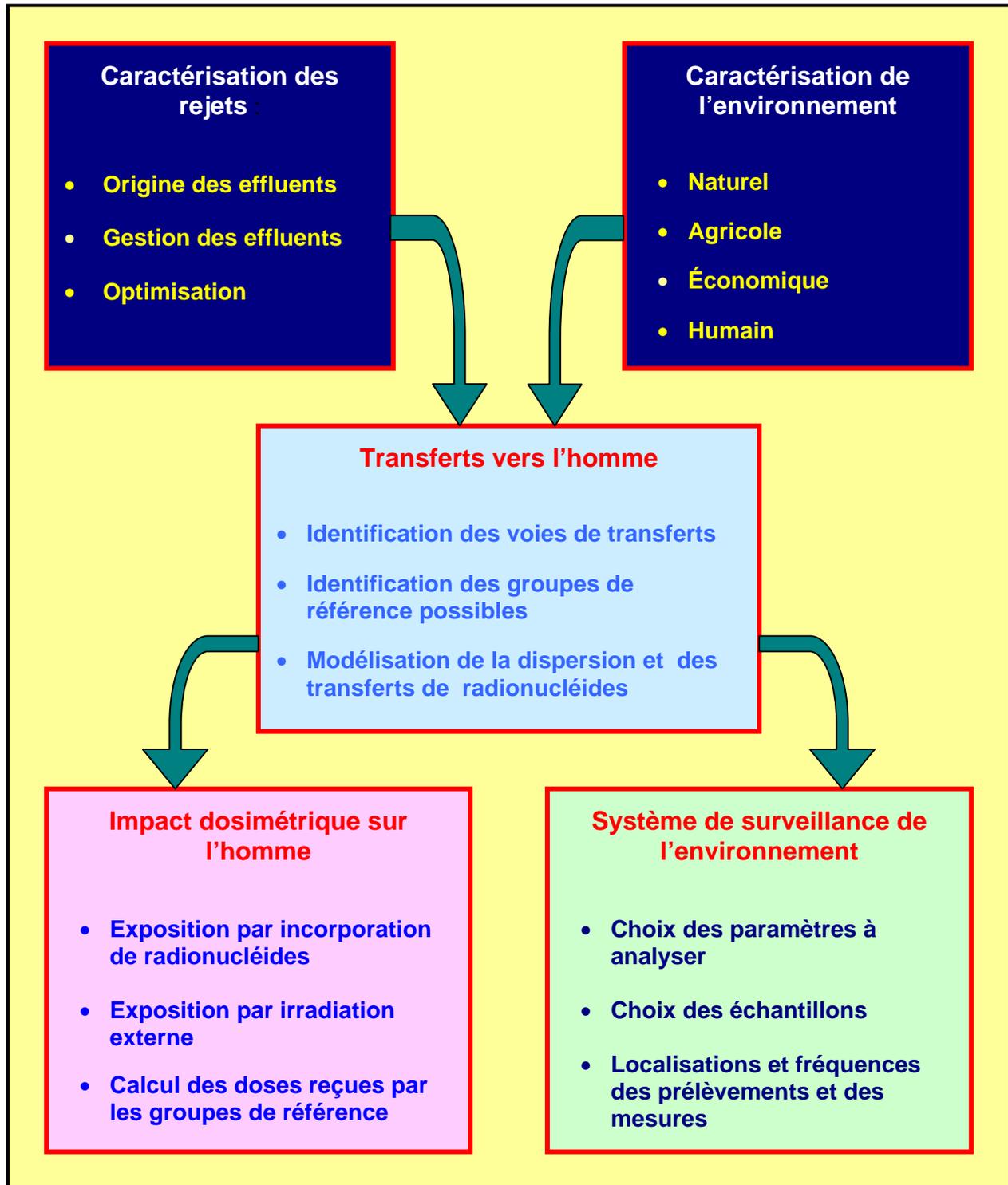
- détecter des dysfonctionnements dans les opérations de rejet (vigilance) ;
- s'assurer que les concentrations de radionucléides restent en dessous de valeurs estimées par la modélisation de l'impact radiologique des rejets menée *a priori* ;
- mettre en évidence l'évolution de la radioactivité des différents compartiments de l'environnement au cours du temps.

Elle comprend :

- une surveillance continue ou régulière qui a essentiellement un rôle d'alerte et de contrôle ;
- des campagnes périodiques qui permettent d'établir des bilans de la contamination de l'environnement afin de suivre les variations des concentrations en radionucléides à plus long terme ; des mesures plus fines permettent de surveiller des radionucléides indétectables dans le cadre de la surveillance régulière.

La mise en place d'un système de surveillance de l'environnement suppose :

- le choix des analyses à réaliser : mesures instantanées ou intégrées dans le temps, valeurs moyennées sur une période. Ces mesures ne doivent pas se limiter à des paramètres globaux, mais doivent également porter sur les radionucléides les plus représentatifs de ceux qui sont rejetés dans les effluents ;
- le choix des échantillons : les échantillons doivent provenir des différents compartiments terrestres (air, sol, eau de pluie, végétaux, produits agricoles et d'élevage, etc.) et aquatiques (eau, sédiment, poissons, mollusques, etc.) susceptibles d'intervenir dans les transferts de radionucléides vers l'homme ;
- le choix de la localisation des prélèvements et des mesures : les points de mesure ou de prélèvement sont situés au plus près des groupes de référence identifiés ou des lieux où ils exercent leurs activités (champs, jardins potagers, prairies,...). Il est également recommandé de prévoir des prélèvements aux points de concentration atmosphérique et de dépôts maximaux ;
- la fréquence des prélèvements et des mesures : cette fréquence doit être adaptée à la périodicité des rejets et à la dynamique propre à chaque compartiment surveillé (par exemple, en période de récolte des légumes).



Récapitulatif de la démarche générale d'évaluation de l'impact dosimétrique des rejets d'une installation nucléaire de base, à l'appui d'une demande d'autorisation de rejet

## 1. INTRODUCTION

Le présent guide a été élaboré par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) en réponse à la demande faite en avril 1999 par la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN) et la Direction Générale de la Santé (DGS), afin de faciliter l'évaluation des dossiers de demande d'autorisation de rejets et de prélèvements d'eau déposés par les exploitants d'installations nucléaires de base (INB), pour ce qui concerne les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux et l'étude de leur impact radiologique. L'impact des rejets (radioactifs ou non) du point de vue de leur toxicité chimique n'entre pas dans le champ de ce guide ; pour l'examen de cet aspect, on pourra se référer à d'autres documents méthodologiques, tels que ceux publiés par l'INERIS ou l'Institut national de Veille Sanitaire.

L'objet premier de ce guide est de permettre aux services impliqués dans l'instruction de ces demandes de vérifier que les dossiers présentés apportent les éléments explicites et démonstratifs nécessaires à l'estimation de l'impact prévisible dû aux rejets radioactifs d'effluents liquides et gazeux. Il constitue une base méthodologique, sans entrer dans le détail des règles de calcul, celles-ci faisant partie des règles de l'art définies au plan international (CIPR) et étant reprises dans les codes de calcul couramment utilisés. Au-delà, ce guide a vocation à informer et à mieux faire comprendre aux parties prenantes (exploitants, élus, populations riveraines des installations, associations, membres des Commissions Locales d'Information, etc.) la démarche générale appliquée pour évaluer *a priori* l'impact radiologique d'une installation nucléaire dans le contexte des demandes d'autorisation instruites par les pouvoirs publics.

Compte tenu des objectifs de ce guide, celui-ci prend en compte le contexte réglementaire, principalement marqué par le décret n° 95-540 du 4 mai 1995 relatif aux rejets d'effluents liquides et gazeux et aux prélèvements d'eau des installations nucléaires de base ainsi que par les règles de radioprotection définies par la directive Euratom 96/29 du 13 mai 1996, transposé en droit français notamment par le décret n°2002-460 du 4 avril 2002 relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants. Par ailleurs, ce guide tient compte des recommandations formulées dans le document « Etude de l'impact radiologique sur le public des installations nucléaires en fonctionnement normal », publié en 2000 par la Direction Générale de la Santé.

Une première version de ce guide, référencée IPSN/01-18, a été remise en août 2001 à la DSIN et à la DGS, en vue d'une consultation des services impliqués dans l'instruction des demandes d'autorisation, ainsi que des exploitants qui ont la responsabilité de produire les études concernant l'impact radiologique de leurs installations, à l'appui de leurs demandes d'autorisation. Cette phase de consultation s'est conclue par une réunion de présentation du guide organisée le 21 mai 2002 par la nouvelle Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection (DGSNR), désormais en charge de l'instruction des demandes d'autorisation de rejets et de prélèvements d'eau des INB à l'échelon national. Les principales observations issues de cette consultation ont été prises en compte dans la présente version du guide.

Enfin, il est important de souligner que ce guide fournit un canevas méthodologique général qu'il convient d'adapter aux situations particulières rencontrées. Ainsi, pour une installation donnée, le développement des différents points abordés dans ce guide doit être en rapport avec l'importance que présentent ces points dans la compréhension de l'impact de l'installation. Les éléments qui apparaissent d'une importance relativement secondaire pour l'installation considérée doivent être évoqués sans fournir de détails excessifs.

## 2. LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE

### 2.1. Le décret n° 95-540 du 4 mai 1995 modifié et ses textes d'application

Les autorisations de rejet d'effluents radioactifs des INB sont délivrées en application du décret n° 95-540 du 4 mai 1995 (modifié par le décret n° 2002-460 du 4 avril 2002), relatif aux rejets d'effluents liquides et gazeux et aux prélèvements d'eau des INB. Ces autorisations sont des arrêtés interministériels (ministres chargés de l'industrie, de l'environnement, de la santé) qui couvrent à la fois le domaine des prélèvements d'eau et celui des rejets d'effluents radioactifs et non radioactifs. Dans le cadre du présent guide, seuls les aspects relatifs aux rejets radioactifs sont examinés, sans préjudice des autres dispositions prévues par le décret du 4 mai 1995 concernant les prélèvements d'eau et les rejets de substances chimiques présentes dans les effluents liquides ou gazeux.

L'application du décret du 4 mai 1995 modifié est précisée par deux textes de portée différente :

- la circulaire interministérielle du 20 mai 1998 relative à l'instruction des demandes d'autorisation dans le cadre du décret n° 95-540 du 4 mai 1995 relatif aux rejets d'effluents liquides et gazeux et aux prélèvements d'eau des installations nucléaires de base ;
- l'arrêté interministériel du 26 novembre 1999 fixant les prescriptions techniques générales relatives aux limites et aux modalités des prélèvements et des rejets soumis à autorisation, effectués par les installations nucléaires de base ; cet arrêté fait l'objet de commentaires pour son application, énoncés dans une circulaire interministérielle datée du 17 janvier 2002.

Ces différents textes ont une incidence directe sur le contenu des études d'impact radiologique des INB, précisée ci-après.

#### 2.1.1. Incidence du décret du 4 mai 1995 modifié

A titre de rappel, les principaux articles du décret du 4 mai 1995 modifié susceptibles d'avoir une incidence sur l'étude d'impact radiologique sont les suivants :

*Art. 8 : [La] demande comprend :*

- Art. 8-3°) : *"La nature, la consistance, le volume et l'objet de l'ouvrage, de l'installation, des travaux ou de l'activité envisagés, ainsi que la ou les rubriques de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 susvisé dans lesquelles ils doivent être rangés. Dans le cas d'opérations de rejet, la demande indique, pour chaque installation, les différents types d'effluents à traiter et leur origine respective, leur quantité, leur composition, tant radioactive que chimique, leurs caractéristiques physiques, le procédé de traitement utilisé, les conditions dans lesquelles sont opérés les rejets dans le milieu récepteur ainsi que la composition des effluents à rejeter".*

L'application de cet article implique de préciser les quantités et compositions des effluents, en expliquant leurs origines, ainsi que leurs modalités de traitement et de rejet. Lorsque plusieurs installations sont concernées par l'étude d'impact, les caractéristiques sus-mentionnées doivent être fournies pour chaque installation (cf. § 3.2 et 3.4).

- Art. 8-4°) : un document indiquant, compte tenu des variations saisonnières et climatiques, les incidences de l'opération sur la ressource en eau, le milieu aquatique, l'écoulement, le niveau et la qualité des eaux, y compris de ruissellement, ainsi que sur chacun des éléments mentionnés à l'article 2 de la loi du 3 janvier 1992 susvisée, en fonction des procédés mis en oeuvre, des modalités d'exécution des travaux ou de l'activité, du fonctionnement des ouvrages ou des installations, de la nature, de l'origine et du volume des eaux utilisées ou concernées.

*S'il y a lieu, ce document indique également, compte tenu des variations saisonnières et climatiques, les incidences de l'opération sur la qualité de l'air, les odeurs, la santé ou la sécurité publique, la production agricole, la conservation des constructions et des monuments, ou sur le caractère des sites, et plus généralement sur toutes les composantes de l'environnement. Les incidences indirectes, telles que les retombées d'aérosols ou de poussières ou leurs dépôts doivent également être indiquées.*

*Les transferts de radionucléides par les différents vecteurs, notamment les chaînes alimentaires et les sédiments aquatiques, sont évalués (décret N° 2002-460). Sont évalués les transferts de radionucléides par les différents vecteurs, notamment les chaînes alimentaires et les sédiments aquatiques, et font d'objet d'une estimation des doses auxquelles la population est soumise au niveau du groupe de référence.*

*Le document précise, s'il y a lieu, les mesures compensatoires ou correctives envisagées et la compatibilité du projet avec le schéma directeur ou le schéma d'aménagement et de gestion des eaux et avec les objectifs de qualité des eaux prévus par le décret du 19 décembre 1991 susvisé.*

*Si ces informations sont données dans une étude d'impact, celle-ci remplace le document exigé dans le présent 4°.*

Les dispositions de cet article conduisent l'exploitant à présenter, dans son dossier de demande d'autorisation, un document d'incidence. Toutefois, les INB étant par ailleurs soumises aux dispositions de la loi n° 76-629 du 10 juillet modifiée relative à la protection de la nature et de son décret d'application n° 77-1141 du 12 octobre 1977 modifié, ce document est en pratique remplacé par une étude d'impact, selon la forme prévue par ce dernier décret. Dans la mesure où ces différentes bases réglementaires n'induisent pas de différence, sur le fond, dans l'analyse de l'impact radiologique, le présent guide est rédigé de manière à s'appliquer indifféremment au document d'incidence cité par le décret du 4 mai 1995 ou à l'étude d'impact telle que définie par le décret du 12 octobre 1977 mentionné ci-dessus.

- Art. 8-dernier alinéa : " ...Les études et documents prévus au présent article portent sur l'ensemble des installations ou équipements exploités ou projetés par le demandeur qui, par leur proximité ou leur connexité avec l'installation soumise à autorisation, sont de nature à participer aux incidences sur les eaux, le milieu aquatique ou l'atmosphère."

En complément de ce qui est indiqué ci-dessus à propos de l'article 8-3°, cet alinéa impose la prise en compte de l'impact sur le milieu aquatique ou sur l'atmosphère lié aux activités exercées à proximité de l'installation objet de la demande d'autorisation. En pratique, cette disposition conduit à aborder l'impact dû aux installations implantées sur le même site.

### **2.1.2. Incidence de la circulaire du 20 mai 1998**

La circulaire du 20 mai 1998, prise en application du décret du 4 mai 1995, porte spécifiquement sur l'instruction des demandes d'autorisation dans le cadre de ce décret et, à ce titre, ne traite pas directement de l'étude d'impact radiologique. Toutefois, cette circulaire contient certaines précisions pouvant avoir une incidence, notamment sur le périmètre de l'étude :

- au chapitre I, il est demandé d'utiliser prioritairement la possibilité, offerte par le décret du 4 mai 1995, de « *placer dans une seule demande l'ensemble des opérations soumises à autorisation ou à déclaration devant être réalisées par le même exploitant sur un même site* », afin de ne pas morceler le dossier et de permettre à l'administration, aux élus et au public d'avoir une vision globale des opérations projetées sur un même site, donc de leur impact sur l'environnement ;
- au chapitre III § 2, il est précisé que, dans le cas où la demande concerne une modification sur un site existant, le renouvellement d'une autorisation ou la régularisation d'une situation le nécessitant, « *les informations devant être fournies dans le dossier en application de l'article 8 du décret du 4 mai 1995 doivent également porter sur l'ensemble du site* », y compris sur des opérations déjà autorisées, du moins en ce qui concerne leur lien direct de proximité ou fonctionnel ; l'objectif est de pouvoir apprécier l'incidence des opérations objet de la demande en relation avec le reste du site, surtout si des effluents passent par diverses installations à l'intérieur ou à l'extérieur du périmètre de l'INB avant d'être rejetés ;
- au même chapitre, il est également indiqué que « *le niveau de détail* » à fournir dans le dossier de demande d'autorisation doit permettre au service instructeur ainsi qu'au différents départements ministériels et services consultés d'apprécier le projet, et doit « *être en proportion avec l'importance de l'impact des rejets d'effluents* ».

### **2.1.3. Incidence de l'arrêté du 26 novembre 1999 et de sa circulaire d'application du 17 janvier 2002**

Les articles 8 et 15 de l'arrêté du 26 novembre 1999 fixent des principes généraux analogues, respectivement sur les effluents gazeux et les effluents liquides. Ils sont partiellement rappelés et commentés ci-après :

- les rejets radioactifs non contrôlés sont interdits ;
- les installations sont conçues, exploitées et entretenues de manière à limiter les émissions d'effluents dans l'environnement. La circulaire du 17 janvier 2002 précise que « *ce principe doit conduire l'exploitant d'une INB à privilégier les technologies propres, consistant à limiter, le plus en amont possible, la production des émissions polluantes. L'application de ce principe doit être telle que les actions conduisant à réduire la quantité ou la nocivité des effluents produits n'engendrent pas des déchets d'une nature ou d'une quantité telle que leur élimination poserait davantage d'inconvénient* » ;
- ces effluents doivent, dans toute la mesure du possible, être collectés à la source, canalisés et, si besoin<sup>1</sup>, traités afin que les rejets correspondants soient maintenus aussi faibles que raisonnablement possible. La circulaire du 17 janvier 2002 précise que « *ce principe impose à l'exploitant de réduire ces rejets en agissant*

<sup>1</sup> L'article 11-III de l'arrêté précise que tous les effluents radioactifs gazeux sont filtrés ou traités avant rejet.

*sur l'ensemble du procédé de gestion des effluents. Outre l'emploi de technologies appropriées, ce principe suppose une maîtrise permanente du système de gestion des effluents. Tel qu'il est énoncé, ce principe permet à l'exploitant de prendre en considération tous les facteurs (économiques, sécurité des procédés et des personnes (dont notamment les doses susceptibles d'être reçues), transferts de pollution, ...) pour déterminer la manière de gérer les effluents dans des limites raisonnables » ;*

- l'arrêté d'autorisation fixe des limites de rejets sur la base de l'emploi des meilleures technologies disponibles à un coût économiquement acceptable et des caractéristiques particulières de l'environnement du site. La circulaire du 17 janvier 2002 précise que *« d'une façon générale, ce principe conduit à fixer des limites de rejets fondées sur les bonnes pratiques en vigueur pour la gestion des effluents ; cela suppose une bonne connaissance, de la part de l'exploitant, du mode de production et de traitement des effluents en fonction des différents régimes de fonctionnement des installations... La référence au coût économiquement acceptable introduit une dimension relative qui prend son sens en comparant plusieurs solutions sur la base d'une étude technico-économique. Dans le cas d'une installation existante, cette démarche peut être appliquée en vue de réduire l'importance ou la nocivité de certains rejets, en évaluant la faisabilité technique et l'impact économique de diverses voies possibles ; pour les installations nouvelles, il sera pris en compte l'état de l'art le plus récent dans le domaine considéré » ;*

Ces principes généraux ont une conséquence directe sur la façon de décrire les installations à l'origine des effluents ainsi que les modalités de gestion des effluents produits, en amont de l'évaluation de l'impact des effluents rejetés. Il en est donc tenu compte plus loin, au chapitre 3.

Par ailleurs, les articles 9 et 16 de l'arrêté du 26 novembre 1999 précisent les différentes catégories de radionucléides pour lesquelles une limite est fixée, en tant que de besoin, dans l'arrêté d'autorisation. Le dossier de demande d'autorisation doit donc fournir des informations pertinentes pour ces différentes catégories de radionucléides, comme cela est rappelé au paragraphe 4.1 de la circulaire du 17 janvier 2002.

L'arrêté du 26 novembre 1999 fixe également diverses règles concernant les modalités de rejet des effluents, non détaillées ici, qui sont susceptibles d'influencer le calcul de l'impact radiologique.

Enfin, les articles 14-I et 22-II traitent de la surveillance de la radioactivité dans l'environnement que doit assurer l'exploitant, notamment pour suivre l'impact radiologique réel des installations. Le dossier de demande d'autorisation doit donc préciser les modalités de surveillance prévues dans ce cadre. La circulaire du 17 janvier 2002 (§ 9) énonce trois objectifs pour cette surveillance : assurer un suivi au plus près des rejets des effluents et de leur dispersion dans le milieu récepteur ; surveiller le marquage éventuel de l'environnement ; contribuer à l'estimation de l'impact dosimétrique des rejets sur l'homme, en complément des contrôles effectués par les pouvoirs publics.

Parmi les commentaires apportés par la circulaire du 17 janvier 2002, il convient également de mentionner le suivant (§ 1.4) : *« lorsque les effluents ne sont pas rejetés par l'INB productrice, mais transportés vers une autre installation hors du site pour y être rejetés, une autorisation de rejets n'est pas nécessaire pour l'installation productrice. En revanche, l'effluent transporté est un déchet liquide qui doit faire l'objet d'un traitement dans une installation spécialisée (INB ou ICPE), dûment autorisée à cet effet »*. Cette précision conduit

à ne prendre en compte, dans l'estimation de l'impact radiologique des rejets d'une INB, que les effluents effectivement rejetés dans l'environnement de l'installation, à l'exclusion de ceux transportés et traités dans une installation d'un autre site.

## **2.2. Livre II du titre 1<sup>er</sup> du Code de l'environnement (loi sur l'eau) et ses textes d'application**

Outre le décret n° 95-540 du 4 mai 1995 modifié qui concourt à son application, d'autres textes découlant de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 modifiée sur l'eau sont susceptibles d'avoir une influence sur le contenu de l'étude d'impact radiologique. En particulier, les articles 3 et 5 de cette loi prévoient l'établissement respectivement de schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) et de schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) ; les premiers définissent, de manière générale et harmonisée, les objectifs de quantité et de qualité des eaux pour les bassins hydrographiques auxquels ils s'appliquent ; les seconds fixent notamment, le cas échéant de manière compatible avec le SDAGE qui les concerne, les objectifs généraux de protection quantitative et qualitative des ressources en eau superficielle et souterraine. Les décisions prises dans le domaine de l'eau par les autorités administratives doivent être compatibles ou rendues compatibles avec les dispositions du SDAGE et du SAGE. Ceci s'applique en particulier aux rejets d'effluents liquides d'une INB vers un milieu récepteur couvert par un SAGE ou un SDAGE, comme rappelé par l'article 8 du décret n° 95-540 du 4 mai 1995 modifié.

En pratique, s'agissant des rejets radioactifs liquides, le dossier de demande d'autorisation doit fournir la démonstration de la compatibilité avec le SDAGE et le SAGE, lorsque l'un de ces schémas prévoit des dispositions spécifiques sur la radioactivité présente dans le milieu aquatique de surface ou souterrain.

## **2.3. La directive Euratom 96/29 dite « normes de base » et ses textes de transposition**

La directive Euratom 96/29 du 13 mai 1996, dite directive « normes de base », fixe les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements. Elle abroge les directives antérieures traitant du même sujet et impose une mise en vigueur dans les États membres avant le 13 mai 2000. En France, la transposition de cette directive est en voie d'achèvement ; dans le champ du présent guide, il convient de mentionner l'ordonnance n° 2001-270 du 28 mars 2001 qui a introduit dans les textes français, notamment le code de la santé, les dispositions législatives découlant de la directive, et le décret n°2002-460 du 4 avril 2002 relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants, qui remplace désormais le décret n° 66-450 du 20 juin 1966 qui traitait du même sujet.

Les règles de radioprotection énoncées par la directive et repris dans les textes législatifs et réglementaires français, sont les suivantes :

- les expositions sont maintenues au niveau le plus faible raisonnablement possible, compte tenu des facteurs économiques et sociaux (principe d'optimisation) ;
- la somme des doses efficaces reçues par une personne du public du fait des différentes pratiques ne dépasse pas la limite de 1 mSv par an (principe de limitation des doses individuelles) ;

- pour l'estimation de la dose efficace, il est fait usage des valeurs et corrélations définies par la directive . Ces valeurs sont sur le point d'être adoptées en France au travers d'un arrêté ministériel en préparation au titre de l'article R. 43-5 du code de la santé ;
- les doses sont estimées de façon aussi réaliste que possible pour l'ensemble de la population et pour les groupes de référence<sup>2</sup> de celle-ci, en incluant notamment : 1) les doses dues à l'irradiation externe avec indication, le cas échéant, de la qualité des rayonnements en cause ; 2) l'incorporation de radionucléides avec indication de leur nature et, au besoin, de leur état physique et chimique et détermination des activités et des concentrations de ces radionucléides.

La directive, tout comme le décret du 4 avril 2002, définit le public comme étant constitué des personnes qui ne sont pas exposées à des rayonnements ionisants :

- au titre d'un diagnostic ou d'un traitement médical (patients ou personnes qui de leur plein gré participent à titre privé à leur soutien ou à leur réconfort) ;
- au titre des programmes de recherche médicale et biomédicale ;
- au titre de leur intervention en cas de situation d'urgence, auxquelles s'appliquent des dispositions particulières ;
- au titre professionnel au sein d'une pratique mettant en œuvre des rayonnements ionisants.

#### **2.4. Recommandations du rapport « Étude de l'impact radiologique sur le public des installations nucléaires en fonctionnement normal »**

Des recommandations concernant l'estimation de l'impact dosimétrique des rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux des INB ont été émises en janvier 1997 par un groupe de travail créé par la Direction Générale de la Santé. Le rapport rendu par ce groupe a été présenté et discuté au sein de la section « radioprotection » du Conseil supérieur d'hygiène publique de France et a été publié<sup>3</sup> en 2000. Ces recommandations soulignent notamment les points suivants :

- la dose, en pratique la dose efficace, est l'indicateur de l'impact sanitaire le mieux adapté ;
- il existe deux types principaux d'étude d'impact dosimétrique : les études d'impact prévisionnelles (*a priori*) réalisées à partir de l'estimation des rejets futurs et les études d'impact *a posteriori* réalisées à partir de la mesure de la radioactivité réellement rejetée, complétée le cas échéant par des mesures de radioactivité faites dans l'environnement ;
- l'évaluation de l'impact d'une installation nucléaire doit tenir compte non seulement des rejets par les émissaires identifiés (cheminées, conduite de rejet vers le milieu fluvial ou marin) mais aussi des émissions diffuses (liquides ou gazeuses) et de l'existence de sources d'irradiation présentes dans l'installation ;

<sup>2</sup> Groupe comprenant des individus dont l'exposition à une source est assez uniforme et représentative de celle des individus qui, parmi la population, sont particulièrement exposés à ladite source (voir aussi § 5.3.2).

<sup>3</sup> Document édité sous le titre « *Etude de l'impact radiologique sur le public des installations nucléaires en fonctionnement normal* », 2000, éditions Tech&Doc, 142p.

- la source d'exposition doit être déterminée de la façon la plus complète possible selon ses caractéristiques qualitatives et quantitatives. Elle doit notamment comporter les principaux radionucléides réellement rejetés et non pas seulement une liste conventionnelle. Le groupe de travail recommande également d'évaluer l'impact du rayonnement direct de l'installation ;
- il convient de choisir, parmi les groupes réels de personnes, les groupes qui peuvent constituer des groupes de référence (fermes, villages, villes...) en tenant compte de tous les modes d'impact et de toutes les voies d'atteinte. La composition, la localisation, la taille et les modes de vie des groupes de référence doivent être choisis de façon réaliste ; cependant, les efforts consacrés à l'acquisition des données doivent être en proportion de l'importance de l'impact dosimétrique attendu ;
- il convient d'assurer la traçabilité des calculs et des hypothèses et d'utiliser une approche réaliste et non majorante ;
- pour situer l'impact d'une installation donnée par rapport à la limite annuelle de dose, il convient de prendre en compte l'impact des autres activités humaines voisines susceptibles d'exposer le public aux rayonnements ionisants et toutes les voies d'atteinte ;
- une attention particulière doit être apportée au processus d'accumulation éventuelle au cours du temps de certains radionucléides dans les sols et les sédiments ;
- le dossier produit par l'exploitant doit montrer que l'exploitant a prévu les moyens pour réduire l'impact dosimétrique de son installation à des valeurs aussi basses que raisonnablement possible, compte tenu des facteurs économiques et sociaux. L'exploitant doit à cet égard justifier chaque choix en considérant les doses efficaces individuelles moyennes dans les groupes de référence, la dose collective (calculée sur une zone circonscrite et sur une période de temps appropriée), les doses reçues par les travailleurs, le volume et l'activité des déchets solides produits, les coûts d'investissement et d'exploitation.

Le groupe de travail recommande enfin une évolution des études d'impact pour tenir compte de besoins nouveaux :

- la traçabilité des évaluations (vérification de la représentativité des mesures dans l'environnement, de la validité des groupes de référence et de leurs modes de vie, ainsi que de la pertinence des modèles) ;
- l'imputabilité des doses (contributions des différentes sources radioactives et des différentes voies d'atteinte).

### **3. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS À L'ORIGINE DES EFFLUENTS ET DES MODALITÉS DE TRAITEMENT, DE CONTRÔLE ET DE REJET DES EFFLUENTS – JUSTIFICATION DES PROCÉDÉS ET DES RÈGLES DE GESTION DES EFFLUENTS**

#### **3.1. Objectifs de cette partie du dossier**

Le dossier accompagnant la demande d'autorisation fournit la description des installations à l'origine des effluents et des modalités de collecte, de traitement, de contrôle et de rejet des effluents, de manière à satisfaire aux exigences définies au 3° de l'article 8 du décret n°95-540 du 4 mai 1995. Cette description porte particulièrement sur :

- l'identification, la description et la localisation des installations, ouvrages et travaux entrant dans le cadre de l'autorisation sollicitée, à l'origine d'effluents ;
- la caractérisation des effluents radioactifs dont le rejet est projeté et leur mode de gestion ;
- la description des points de rejet et, dans le cas des rejets d'effluents liquides, l'identification des milieux récepteurs.

Le dossier fournit la justification des caractéristiques des effluents dont le rejet est projeté, compte tenu des procédés mis en œuvre, des meilleures technologies disponibles à un coût économiquement acceptable et de la sensibilité ou des contraintes liées à l'environnement des installations.

Bien entendu, les descriptifs fournis dans cette partie doivent être conformes au référentiel de sûreté des installations considérées (rapport de sûreté, règles générales d'exploitation, présentation générale de la sûreté de l'établissement). Lorsque le dossier porte sur une installation déjà en activité, les différentes descriptions et justifications tiennent compte explicitement de l'expérience d'exploitation.

De façon générale, toutes les hypothèses doivent être clairement exposées ; les options retenues ainsi que le caractère négligeable de certains aspects doivent être expliqués et démontrés.

**Remarque :** dans le dossier de demande d'autorisation, on doit trouver également une description des installations produisant des effluents non radioactifs, des ouvrages de prélèvement d'eau et plus généralement des installations, ouvrages, travaux ou activités justifiant une autorisation au titre du décret du 4 mai 1995 et des textes associés. Ces aspects ne sont pas considérés dans le présent guide qui se limite à l'impact radiologique.

#### **3.2. Description des installations à l'origine des effluents radioactifs**

Le dossier fournit une description, selon le cas de figure :

- des installations à l'origine des effluents ;
- des effluents venant d'autres installations du même site (non concernées par la demande d'autorisation objet du dossier) et transitant par les installations concernées par la demande (par exemple, dans le cas d'une station de traitement des effluents liquides) ;

- des installations qui, bien que ne produisant pas d'effluents radioactifs, entraînent une exposition du public par le rayonnement qu'elles émettent (par exemple, entreposage de sources radioactives).

**N.B. :** Conformément aux indications de la circulaire du 17 janvier 2002, le terme d'effluent employé dans ce guide désigne les produits liquides ou gazeux destinés à être rejetés, normalement après traitement, dans l'environnement immédiat du site où ces effluents sont produits, par l'installation objet du dossier ou par une autre installation du site.

### **3.2.1. Installations à l'origine des effluents radioactifs**

Tous les ateliers, installations, activités à l'origine d'effluents radioactifs, même de manière occasionnelle, compris dans le périmètre de l'INB considérée, sont décrits avec un niveau de détail approprié. Le but de cette description est de disposer d'un inventaire détaillé des flux élémentaires, permanents ou occasionnels, produisant les effluents bruts destinés à être traités. Chaque flux est caractérisé par sa nature, son régime de production, son débit (ou sa quantité), l'inventaire des radionucléides contenus avec les activités correspondantes, les caractéristiques physico-chimiques importantes (par exemple pH, température) et les formes physico-chimiques des radionucléides, si nécessaire pour les calculs d'impact (par exemple, pour le C14, les formes minérales ou organiques). Cette description porte sur :

- les installations ou ateliers, leurs fonctions et les opérations qui y sont réalisées, leur mode de fonctionnement (en continu, par campagnes...);
- les caractéristiques, du point de vue de la radioactivité, des matières présentes ou mises en œuvre dans chaque installation ou atelier, afin d'identifier de manière exhaustive les sources possibles de radioactivité dans le périmètre de l'INB, y compris les déchets (solides ou liquides) venant d'installations autres que celles faisant l'objet de la demande d'autorisation, en vue d'y être traités. Cet inventaire inclut les radionucléides générés au sein des installations par le procédé (produits de fission ou d'activation) ou par filiation. Des précisions sont fournies sur les radionucléides présents dans l'installation, leurs activités, leurs conditionnements et, si cela est nécessaire pour expliquer la production d'effluents radioactifs, la nature physico-chimique des matières entrant dans les procédés ou stockées dans les installations (par exemple, le type de combustible utilisé dans un réacteur nucléaire). Les caractéristiques fournies dans le dossier sont représentatives à la fois du fonctionnement moyen au cours d'une année, des éventuelles variations d'une année à l'autre et des limites admises du point de vue du dimensionnement des installations ou des spécifications techniques d'exploitation. Lorsque ces caractéristiques sont très variables dans le temps ou présentent un caractère épisodique, il convient de fournir des indications en termes d'amplitude et de fréquence ;
- les transformations subies par les matières mises en œuvre dans chaque installation ou atelier, sous une forme schématique, de façon à suivre les flux de radioactivité tout au long des procédés. L'objectif est d'identifier, sous un angle qualitatif et quantitatif, la part de ces flux qui va se retrouver dans des effluents. L'analyse des flux s'appuie sur des hypothèses, le cas échéant recoupées par des points de contrôle, concernant le partage des radionucléides au cours des différentes étapes élémentaires du procédé (traitements de la matière, séparations, changements de phase, transformations chimiques, ...) et tient compte des éventuelles opérations de

recyclage, de regroupement des flux ainsi que des étapes de stockage prolongé (prise en compte de la décroissance radioactive). Les événements occasionnels (opérations de démarrage, de maintenance, de nettoyage...) sont également pris en compte dans cette analyse. L'organisation des flux, leurs transferts et l'identification des « sorties » sous forme d'effluents bruts sont représentés, en tout ou partie, sous forme de schémas, diagrammes ou tableaux.

- Remarques :** 1) L'exploitant estime, au cours de l'analyse qui précède, les possibilités d'émissions diffuses de radionucléides. Par exemple il décrit les phénomènes tels que mises en suspension de poussières, dégagements de composés volatils, etc., en spécifiant les points concernés, par exemple, les colis stockés, les ciels de bâches, les joints entre bâtiments, la mise à l'air de circuits, etc., et les quantifie (par une évaluation théorique si nécessaire), de manière à justifier les dispositions prises pour assurer leur maîtrise en application de l'arrêté interministériel du 26 novembre 1999.
- 2) Si le dossier porte sur plusieurs INB d'un même site exploitées par le même exploitant, la description qui précède est menée pour chaque INB individuellement, même si leurs effluents sont ensuite traités et rejetés en commun. Le cas échéant, les relations entre installations, en termes de flux échangés, sont précisées.

### **3.2.2. Réception d'effluents radioactifs provenant d'autres installations**

Si les installations objet de la demande (par exemple, une station de traitement des effluents liquides) doivent recevoir des effluents provenant d'autres installations, le dossier fournit une description détaillée de la composition et des quantités (ou débit) des effluents transférés, ainsi que des modalités de ce transfert.

### **3.2.3. Installations entraînant une exposition du public par rayonnement direct**

Indépendamment de toute production d'effluents radioactifs, le dossier décrit les installations et activités (généralement des stockages ou entreposages de matières radioactives) susceptibles d'entraîner une exposition du public par irradiation directe. En effet, même si la procédure d'autorisation de rejet ne porte pas sur ce type d'exposition, il convient d'en évaluer l'impact sur le public pour appréhender l'impact radiologique des installations dans son ensemble et apprécier le caractère acceptable de l'impact dû aux rejets radioactifs.

Le dossier décrit et situe les installations ou activités concernées, les activités maximales susceptibles d'être présentes dans chaque installation et les conséquences associées exprimées sous forme de débits de dose en fonction de la distance à partir des limites du site. Ces indications seront utilisées plus loin pour estimer l'impact sur le public.

### **3.2.4. Récapitulatif des effluents produits**

A l'issue de cette description, il est recommandé de fournir un récapitulatif des différentes catégories d'effluents bruts (avant tout traitement), en distinguant les effluents liquides et les effluents gazeux. En général, outre la composante radioactive, ce récapitulatif tient compte également des caractéristiques physiques et chimiques des effluents.

Pour établir ce récapitulatif, il est utile de distinguer différentes catégories d'effluents en les spécifiant (aspects qualitatifs et quantitatifs), par exemple :

- les effluents liés au procédé, classés suivant leurs niveaux d'activité ("HA", "FA/MA" et "douteux") ;
- les effluents gazeux rejetés en permanence liés à la ventilation des locaux de bâtiments ;
- les effluents gazeux issus du procédé, en général dirigés vers des réservoirs de décroissance avant rejet ;
- les effluents liquides issus de cuves "actives", généralement dirigés vers une station de traitement des effluents liquides radioactifs ;
- les effluents liquides issus de cuves "suspectes", dirigés, après traitement éventuel, vers le réseau général de collecte des effluents dits "industriels", puis rejetés dans l'environnement ;
- les effluents liquides dénommés "sanitaires" froids, dirigés vers une station de traitement biologique ;
- les eaux pluviales à contrôler...

### **3.3. Description des modalités de collecte, de traitement et de rejet des effluents**

Les descriptions portant sur les points qui suivent sont présentées de façon séparée pour les effluents liquides et pour les effluents gazeux.

#### **3.3.1. Collecte des effluents**

Pour les différentes catégories d'effluents bruts identifiées précédemment, le dossier décrit les dispositifs et les modalités de collecte, de tri et d'acheminement des effluents vers les lieux de stockage et de traitement avant rejet dans l'environnement. Les modalités de tri des effluents sont justifiées, par exemple en fonction des volumes, des caractéristiques physico-chimiques ou de l'activité des effluents. Les éléments permettant le maintien des performances des dispositifs de collecte des effluents (choix des matériaux, contrôles, vérifications périodiques...) sont également décrits.

#### **3.3.2. Traitement des effluents**

Le dossier décrit les différents moyens de traitement des effluents avant rejet, en précisant leurs caractéristiques (nature, capacité, efficacité, limites ...). Lorsque le traitement consiste à entreposer les effluents pour diminuer l'activité par décroissance radioactive, les capacités d'entreposage et le temps d'entreposage sont indiqués pour les différentes catégories d'effluents concernés.

Le dossier explique les critères retenus pour le choix du traitement des différents effluents en fonction de leurs caractéristiques et des performances des moyens de traitement. Le cas échéant, l'absence de traitement avant rejet est dûment justifiée. Ces critères peuvent être retenus sur la base des meilleures technologies disponibles à un coût économiquement acceptable (MTDEA). L'efficacité des procédés sur les différents effluents traités est expliquée, à la fois en termes de réduction d'activité et en matière de composition

recherchée pour les effluents après traitement. Le devenir des sous-produits issus des procédés de traitement est précisé. Le cas échéant, l'exposition des travailleurs induite par les procédés est mentionnée.

Enfin, les dispositions retenues pour vérifier les performances du traitement, notamment fondées sur le contrôle de la radioactivité dans les effluents, sont décrites.

Si les effluents sont traités dans des installations du site dépendant d'un autre exploitant, le dossier fait mention de la convention (ou du projet de convention) prévue à l'article 9 du décret n°95-540 du 4 mai 1995 modifié, en précisant les principaux termes de cette convention notamment en matière de conditions de transfert et d'autosurveillance des effluents transférés. L'efficacité des procédés de traitement des différents effluents transférés est précisée.

### **3.3.3. Caractéristiques des effluents après traitement**

Un récapitulatif des différentes catégories d'effluents ainsi traités, par l'installation concernée par la demande ou par une autre installation du site, et destinés à être rejetés, est fourni en faisant notamment apparaître, pour chaque catégorie, la nature, les caractéristiques physico-chimiques, la quantité, le volume ou le débit, la liste des radionucléides avec leur activité...

### **3.3.4. Modalités de rejet des effluents**

Le dossier décrit les conditions de rejet de chaque catégorie d'effluent, en précisant :

- les caractéristiques de l'émissaire : cheminée (position, hauteur, vitesse d'éjection, débit...); évent; exutoire dans un cours d'eau, en mer, etc. (désignation du milieu récepteur, position de l'exutoire, éventuellement dispositif facilitant la dispersion ...);
- le cas échéant, le recours à la prédilution (ce procédé ne doit pas être considéré comme un traitement mais comme une mesure, appliquée en aval de tous les traitements nécessaires, destinée à favoriser la dilution dans l'environnement), en indiquant le résultat obtenu;
- les modalités de rejet des effluents (en continu ou par bâchées, débits, vitesses...), en indiquant les paramètres pris en compte au moment du rejet (données météorologiques telles que les conditions de diffusion, de vitesse ou de direction de vent, les conditions de débit du cours d'eau, la qualité (niveau de radioactivité) du milieu récepteur, les marées...). Les hypothèses retenues pour le choix des modalités et des paramètres associés sont explicitées.

### **3.3.5. Analyses et contrôles des effluents rejetés**

Le dossier décrit la nature des contrôles et des analyses pratiqués sur les effluents rejetés, en précisant notamment les types de mesures, leur fréquence, leur sensibilité ainsi que leur seuil de décision (ou le cas échéant, la limite de détection) et les alarmes associées. La cohérence entre ces contrôles et analyses et les caractéristiques des rejets concernés est démontrée, en particulier en regard des niveaux de rejets demandés.

Cette description est faite pour chaque catégorie d'effluents rejetés (effluents de procédé gazeux ou liquides, eaux usées, eaux pluviales ...) en précisant et justifiant, selon le cas :

- le type de contrôles ou de mesures (en continu, en différé, sur aliquote...);
- la fréquence ou l'échéance des prélèvements et mesures;

- le point de prélèvement ou de mesure ;
- le type des mesures ou analyses effectuées ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , mesure globale ou spectrométrique ...) ou les radionucléides mesurés, ainsi que les seuils de décision (ou à défaut, les limites de détection) et, éventuellement, les alarmes associées.

Le dossier précise également les modalités retenues (point de contrôle, seuil de décision, fréquence de contrôle) pour vérifier que certains radionucléides dont le rejet n'est pas prévu dans l'effluent considéré, ne sont effectivement pas décelés. Il mentionne également la gestion opérée en cas de dépassement d'un paramètre ou d'une valeur limite retenus.

D'une manière générale, le dossier justifie le choix des modalités d'analyse et de contrôle des rejets, de manière à vérifier la conformité des rejets effectués aux valeurs indiquées dans le dossier, en tenant compte des meilleures technologies disponibles à un coût économiquement acceptable.

Par ailleurs, le dossier explique les principes et les modalités de comptabilisation, en particulier pour les très faibles activités, des résultats de contrôle, ainsi que l'exploitation faite de ces résultats.

### **3.4. Demande de l'exploitant et récapitulatif des rejets effectués dans l'environnement**

#### **3.4.1. La demande d'autorisation de rejet d'effluents radioactifs**

Le dossier fait clairement apparaître la demande concernant les rejets d'effluents radioactifs. Cette demande mentionne les types d'effluents concernés (liquides, gazeux), les radionucléides en cause, les activités annuelles susceptibles d'être rejetées, voire d'autres caractéristiques des effluents rejetés si nécessaire. La formulation de la demande est réalisée en tenant compte des catégories de radionucléides définies dans l'arrêté du 26 novembre 1999 précité (tritium, iodes radioactifs, gaz rares radioactifs, carbone 14, autres émetteurs bêta et gamma, émetteurs alpha...), en les adaptant éventuellement aux spécificités de l'installation. Les différentes catégories retenues dans la demande sont justifiées.

Le regroupement des radionucléides ou catégories de radionucléides est explicité en regard de la liste des radionucléides retenus dans les démonstrations précédentes, en vue du calcul d'impact dosimétrique pour les groupes de référence considérés. En tout état de cause, l'éventuel caractère négligeable de certains rejets devra être démontré, par un calcul d'impact dosimétrique sommaire le cas échéant.

Le cas de demandes évolutives dans le temps peut être considéré (par exemple, une demande correspondant à l'installation avant une modification prévue, et une demande correspondant à l'installation modifiée...). Dans ce cas, l'étude doit traiter des deux phases (avant et après modification). Dans le même esprit, la demande peut être modulée dans le temps en fonction de modes de fonctionnement spécifiques qui amènent à distinguer différentes phases de rejets, en nature et en quantité ; par exemple, un essai dans une installation peut produire des rejets d'une composition particulière dans un temps relativement court et être suivi par des opérations de maintenance longues (décontamination, démantèlement) à l'origine de rejets d'effluents de nature et de niveaux différents. Dans ce dernier cas, toutes les phases d'exploitation doivent être identifiées.

Le dossier fait également apparaître la demande concernant les transferts d'effluents radioactifs vers d'autres installations du site. Cette demande mentionne les types d'effluents concernés (liquides, gazeux), les radionucléides en cause, les activités annuelles susceptibles d'être transférées, voire d'autres caractéristiques des effluents transférés si nécessaire.

### **3.4.2. Réalisme et marges**

D'une façon générale, les données relatives aux activités rejetées, présentées dans les dossiers, sont aussi réalistes que possible. La demande d'autorisation se fonde sur les niveaux de rejet attendus répondant aux réels besoins de l'installation, assortis éventuellement de marges raisonnables. Ces marges sont explicitées, quantifiées et justifiées. Elles ne sont en aucun cas fondées sur des situations d'incident ou d'accident, les limites autorisées relevant exclusivement du fonctionnement normal. Ces marges tiennent compte des variations normales du fonctionnement de l'installation, en y incluant d'éventuelles opérations ponctuelles de maintenance, des différentes incertitudes relatives à l'estimation des rejets attendus, des incertitudes sur les moyens de contrôle et de comptabilisation de la radioactivité des effluents (le cas échéant, en s'appuyant sur l'expérience d'exploitation), des modifications prévisibles de l'activité de l'installation (changement d'équipements, utilisation d'autres combustibles, etc.), de l'incertitude sur l'activité de l'installation (incertitude sur les expériences menées dans l'avenir dans les laboratoires de recherche, par exemple). Ces différents facteurs ne sont a priori pas cumulatifs car ils n'interviennent pas simultanément. De même, si la quantification des marges repose sur l'explicitation de différents scénarios d'exploitation, ces scénarios sont raisonnablement réalistes et cohérents entre eux.

Les variations et les incertitudes relatives à la composition des effluents rejetés sont présentées en détail. Les simplifications retenues sont justifiées.

### **3.4.3. Cas des études portant sur plusieurs INB**

Dans le cas d'un dossier d'étude d'impact radiologique portant sur plusieurs INB exploitées par un même exploitant sur le même site, les rejets d'effluents de chaque INB sont considérés séparément dans la mesure du possible (en règle générale, les rejets sont autorisés et réglementés individuellement par INB, éventuellement dans un même arrêté). Toutefois, des prescriptions communes peuvent être fixées par l'autorisation pour l'ensemble de ces INB, ainsi que les ICPE comprises dans leurs périmètres. Ainsi, les niveaux de rejet pour l'ensemble de ces installations devraient, sauf impossibilité dûment justifiée, être inférieurs à la somme des niveaux retenus pour chaque installation, compte tenu du caractère généralement non cumulatif des marges mentionnées précédemment. A cet égard, il convient que les dossiers portant sur plusieurs installations fassent apparaître les marges retenues et l'optimisation liées à la gestion des rejets de l'ensemble des installations et ne cumulent pas systématiquement les marges retenues pour chacune des installations.

**Remarque :** compte tenu des dispositions (article 5) du décret n°95-540 du 4 mai 1995 modifié, une demande d'autorisation de prélèvements d'eau et de rejets ne traite que d'installations nucléaires de base exploitées par un même exploitant en un lieu donné. Lorsqu'il existe, à proximité des installations considérées, des INB ou ICPE dont l'exploitant diffère ou des ICPE situées en dehors du périmètre des INB, celles-ci donnent lieu à des demandes d'autorisation qui leur sont propres. Toutefois, il importe de tenir compte, autant que possible, de la présence de ces installations voisines pour le choix de gestion des

effluents rejetés par les INB objet de la demande d'autorisation (activité rejetée, conditions de rejet dans le temps, etc.).

#### **3.4.4. Récapitulatif des rejets effectués dans l'environnement**

Afin de disposer d'une vision synthétique des rejets radioactifs dans l'environnement, nécessaire au calcul d'impact dosimétrique et à la fixation des limites de rejets dans l'arrêté d'autorisation, il convient de faire un récapitulatif, par exemple sous forme de tableaux. Celui-ci devrait indiquer notamment la nature des différents effluents rejetés, les activités annuelles rejetées pour les différents radionucléides caractéristiques de chaque effluent, les activités volumiques maximales, les paramètres associés aux rejets (débit, vitesse, paramètres physico-chimiques ...) et les modalités de rejet (points de rejet ; débits d'activité retenus). Il devrait également indiquer la nature des différents effluents transférés à une autre installation à proximité et les activités annuelles rejetées correspondantes pour les différents radionucléides caractéristiques de chaque effluent transféré.

Si la demande porte sur une installation existante, le dossier tient compte de l'expérience d'exploitation, en termes de production et de gestion des effluents. Il met en évidence les tendances et fluctuations (évolutions) liées à l'exploitation et les incidents ayant conduit à des rejets non couverts par le fonctionnement normal de l'installation. Les valeurs de rejet demandées tiennent compte des limites de détection des méthodes analytiques, des incertitudes liées aux résultats de mesures, de leur représentativité, voire de leurs disparités éventuelles.

### **3.5. Justification du choix des procédés et des méthodes de gestion des effluents en vue de la réduction des rejets**

Les prescriptions techniques générales de l'arrêté du 26 novembre 1999 précité, applicable aux autorisations de rejet d'effluents radioactifs des INB, ont été en particulier élaborées afin d'adapter à celles-ci les principes habituellement appliqués pour réglementer les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). A cet égard, l'arrêté impose de fixer des limites de rejets sur la base de l'emploi des meilleures technologies disponibles à un coût économiquement acceptable, en tenant compte des caractéristiques particulières de l'environnement du site. L'application de ce principe vise à fixer les limites de rejets à un niveau cohérent avec les besoins réels des installations. L'arrêté spécifie en outre que les rejets sont maintenus aussi faibles que raisonnablement possible. Ces prescriptions imposent (art.8 et 15) à l'exploitant de minimiser ses rejets en agissant sur l'ensemble du procédé de gestion des effluents en prenant plusieurs facteurs en considération (performances techniques, coût des procédés, sécurité des procédés et des personnes, limitation des transferts de pollution ou de risque<sup>4</sup>...). Dans ce cadre, l'impact dosimétrique sur la population constitue un des facteurs à retenir.

En effet, l'optimisation de l'exposition de la population est une disposition de la Directive européenne sur les normes de base 96/29. Elle stipule dans son article 6 que "*chaque Etat membre veille ... à ce que dans le contexte de l'optimisation, toutes les expositions soient maintenues au niveau le plus faible raisonnablement possible, compte tenu des facteurs économiques et sociaux*". Il s'agit de la démarche que l'on désignera par la suite par son acronyme anglais "ALARA". Dans le cas des installations des INB et des ICPE présentes

<sup>4</sup> Il s'agit d'éviter qu'un procédé destiné à réduire un rejet d'effluent conduise à la production d'autres formes de pollution ou de risque posant un problème plus important.

dans leur périmètre, l'exposition de la population peut être maintenue au niveau ALARA en agissant notamment sur :

- le niveau d'activité dans les rejets liquides et gazeux ;
- l'orientation préférentielle des rejets vers l'atmosphère ou vers le milieu aquatique ou marin ;
- l'emploi de techniques de gestion et de traitement des effluents permettant de réduire ou d'éviter le rejet de radionucléides défavorables du point de vue de leur impact dosimétrique ;
- les modalités de rejet : par exemple, moment choisi pour effectuer les rejets, pour tirer le meilleur parti des capacités de dispersion et de dilution des radionucléides dans l'atmosphère et dans les eaux ;
- l'exposition externe directe, le cas échéant.

Sur cette base, le dossier de l'exploitant justifie les options techniques retenues dans le cadre d'une politique globale de réduction des rejets. Le dossier présente une comparaison des avantages et des inconvénients relatifs aux principales solutions envisageables pour :

- gérer les flux d'effluents (tri à la source, séparation des flux...) ;
- réduire les rejets diffus (non canalisés) ;
- réduire la radioactivité des rejets canalisés : cuves de décroissance, efficacité des dispositifs de traitement des effluents liquides et gazeux...

Dans la gestion et la réduction des rejets, il convient que l'exploitant accorde une attention particulière à certaines catégories de radionucléides<sup>5</sup> ou à certains radionucléides spécifiques qui contribuent majoritairement à l'impact dosimétrique des rejets liquides ou gazeux. L'exploitant justifie donc la liste des radionucléides retenus dans l'étude d'optimisation, en s'appuyant sur le calcul de l'impact dosimétrique. L'expérience d'exploitation peut être utilisée pour mener à bien cette démonstration.

Une recherche systématique des variantes à la gestion des flux, aux procédés ou aux équipements adoptés est donc effectuée, avec des développements en rapport avec les enjeux. Les solutions envisageables sont présentées. La comparaison réalisée entre les différentes technologies disponibles motive avec précision les orientations choisies, sur la base des critères retenus (par exemple : faisabilité technique, sûreté du procédé, coût économique, doses efficaces annuelles pour les groupes de référence, dose collective aux populations, exposition des travailleurs qui résulte du traitement des effluents, types et volumes des déchets produits...). Les choix sont justifiés à partir d'une étude démontrant que les solutions retenues constituent le choix le plus adapté parmi les diverses solutions envisagées. La démonstration peut s'appuyer sur l'exemple d'autres installations analogues en France ou à l'étranger. Il convient que le dossier explicite les choix opérés concernant la valorisation, le recyclage ou l'élimination des effluents et déchets. Cette étude doit également montrer que les procédés retenus permettent le respect des objectifs de qualité dans l'environnement fixés au plan national ou local (textes réglementaires, chartes pour la protection de l'environnement, SDAGE, SAGE, plans régionaux de la qualité de l'air). Le devenir des sous-produits issus des différents traitements (boues, mâchefers, cendres...) est abordé dans le dossier.

---

<sup>5</sup> que la similitude de comportement physico-chimique rend indissociables les uns des autres.

Dans le cas particulier où les installations émettent directement un rayonnement entraînant une exposition externe du public hors du site (cf. § 3.2.3), l'exploitant en explique les motifs et justifie les doses reçues par les groupes de référence, en regard des moyens dont il dispose pour réduire ou supprimer ce type d'exposition (écrans, distance de sécurité, etc.).

## **4. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT**

### **4.1. Étendue spatiale de la description**

L'étendue spatiale de la description de l'environnement peut être très variable selon l'aspect étudié (environnement terrestre, milieu aquatique ou marin, activités économiques et agricoles, démographie, etc.). En tout état de cause, les zones d'étude ne répondent pas toutes nécessairement à une logique de proximité. Ainsi, l'étendue de la description doit permettre d'identifier les groupes de référence possibles, en apportant les éléments qualitatifs et quantitatifs permettant d'évaluer leur exposition. Dans cette optique, pour un aspect donné de l'environnement, le niveau de détail des descriptions peut varier suivant un zonage progressif à partir de l'installation.

Pour les rejets d'effluents gazeux, les groupes de référence sont en général situés dans un rayon de quelques kilomètres. Cette zone fait généralement l'objet d'une surveillance radiologique assez importante et doit être décrite en détail. L'impact des rejets d'effluents gazeux peut cependant se faire sentir à des distances plus grandes, correspondant à des zones géographiques pour lesquelles la description peut être moins détaillée. En général, on peut considérer qu'à des distances de l'ordre de 10 à 30 kilomètres, l'impact des rejets d'effluents gazeux en situation normale est négligeable.

Pour les rejets d'effluents liquides en eau douce, les situations peuvent être variées et c'est l'analyse conjointe des grandes caractéristiques hydrauliques (barrages, confluences, interactions avec les nappes, zones inondables,...) et des utilisations de l'eau qui fixera la zone géographique d'intérêt. Cependant, la description s'attache également à décrire l'amont et non seulement l'aval des milieux, afin de disposer de bases de comparaison amont-aval pour déceler d'éventuels changements dans le milieu naturel liés aux rejets.

En règle générale, il convient de décrire, avec un niveau de détail qui peut être décroissant au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'installation, une zone assez large (éventuellement jusqu'à la mer) du milieu aquatique d'eau douce. En effet, les processus de dispersion sont rapides à l'aval immédiat du point de rejet, mais ensuite, compte tenu du caractère semi-fermé de ces milieux, les activités volumiques varient relativement peu jusqu'à la mer, ce qui justifie en général que l'on s'intéresse au milieu aquatique continental contaminé par les rejets liquides sur des distances plus importantes que celles considérées pour les rejets gazeux.

Pour les rejets d'effluents liquides en mer, les situations sont très variées et c'est l'analyse conjointe des grandes caractéristiques hydrographiques (topographie du fond et de la ligne de côte, présence d'îles habitées ou non), écologiques (présence et abondance du biotope, développement d'écosystèmes particuliers), courantologiques (marées, courants de vent, ondes de surface), sédimentaires et des utilisations du milieu par l'homme (zones de pêche, zones de loisir nautique, pisciculture et conchyliculture) qui fixe la zone géographique d'intérêt.

Pour les différents aspects de la description de l'environnement de l'installation, des indications sur l'étendue de la zone d'étude sont fournies ci-après.

## **4.2. Description de l'environnement naturel**

L'objectif de la description de l'environnement naturel dans ce contexte est essentiellement le support des évaluations d'impact. Toutes les composantes de l'environnement naturel susceptibles d'influencer le résultat du calcul d'impact (choix méthodologiques, valeurs des paramètres) sont abordées.

### **4.2.1. Climatologie**

La dispersion des rejets d'effluents gazeux est fortement liée aux conditions météorologiques. Il convient donc de connaître avec une bonne précision les processus météorologiques qui interviennent dans cette dispersion.

Pour quantifier (par modélisation) la dispersion des rejets gazeux, la diffusion turbulente doit être prise en compte. En pratique, des classes de diffusion sont définies selon le modèle utilisé, par exemple diffusion normale et diffusion faible, ou atmosphère stable, instable et neutre.

Le dépôt des aérosols sur le sol et la végétation s'effectue selon deux processus différents selon que le temps est sec ou qu'il pleut. Il convient de déterminer avec précision la pluviométrie (durée des épisodes pluvieux, moment de l'année, quantité moyenne des précipitations). Eventuellement, les précipitations sous forme de neige sont étudiées.

Le dossier doit également fournir des roses des vents détaillées. En pratique, il s'agit de fournir la fréquence des vents répartis par secteur de 20° et par classes de vitesses du vent (le nombre de classes de vitesses du vent est à déterminer en fonction de la climatologie locale, mais ce nombre ne devrait pas en général être inférieur à 3). Les hypothèses pour la présentation des vents calmes sont précisées.

En pratique, les fréquences combinées des conditions de vent (par secteur et classe de vitesses du vent), des conditions de dispersion et des conditions avec précipitation ou sans précipitation, sont présentées dans le dossier.

Ces données sont représentatives d'une année « moyenne » et proviennent de la compilation de plusieurs années.

Ces données doivent être représentatives des conditions proches des points d'émission des rejets gazeux. Horizontalement, les données proviennent du site ou d'un point peu éloigné et représentatif des conditions sur le site. Verticalement, les données sont collectées à la hauteur (ou en un point proche de la hauteur) de la cheminée, éventuellement de la hauteur de la cheminée augmentée de la surélévation du panache (effet de jet, effet thermique).

Pour l'estimation de la dispersion à moyenne et longue distance, il convient de connaître les statistiques d'apparition et de hauteur de l'inversion de température.

Sont également présentées les statistiques pertinentes des paramètres principaux de la climatologie : températures de l'air (notamment les extrêmes), humidité de l'air (et notamment les brouillards), les événements exceptionnels (tempêtes, orages,...).

### **4.2.2. Géographie - Topographie**

Une description générale de la géographie de la région et une description plus détaillée de la géographie locale sont présentées. La topographie est précisée, particulièrement les variations de relief à proximité des installations, en vue de préciser les modalités de la

modélisation de la dispersion des effluents gazeux. Cette description est accompagnée de cartes aux échelles pertinentes.

#### **4.2.3. Géologie**

Une description générale de la géologie de la région et une description plus détaillée de la géologie locale sont présentées. Cette description est accompagnée de cartes aux échelles pertinentes.

Les données pertinentes concernant le sous-sol de la zone étudiée (nature et importance des formations rocheuses) sont précisées, en relation avec la description géologique (cf. § 4.2.5.).

#### **4.2.4. Pédologie**

Une carte de classification des sols locaux est présentée.

Les différentes classes de sol sont présentées, et notamment leur intérêt agricole et les types de végétation sauvage éventuelle qui leur sont liés. S'agissant des sols sur lesquels sont exercées des activités agricoles (culture, élevage) prises en compte dans le calcul de l'impact radiologique sur le public, des informations sont fournies sur leur granulométrie, leur teneur en matière organique, leur pH, leur capacité d'échange cationique, leurs teneurs en phosphore et potassium assimilables.

#### **4.2.5. Hydrogéologie**

Une description des nappes et de leurs grandes caractéristiques (localisation, écoulement, communications entre les nappes et les eaux de surface, etc.) est présentée. Cette description est accompagnée de cartes aux échelles pertinentes.

Les données quantifiées sont fournies (niveau moyen et variabilité du niveau du toit des nappes, vitesse d'écoulement, transmissivité) ainsi que les données sur leurs propriétés physiques (par exemple résistivité, degré hydrotimétrique, titre alcalimétrique, température) et leurs propriétés chimiques (par exemple bicarbonates, chlorures, nitrates, sulfates, sodium, potassium, calcium, magnésium).

La vulnérabilité de la ressource est étudiée, en relation avec les usages existants ou à venir. Le cas échéant, le dossier mentionne les informations relatives aux périmètres de protection des captages d'eau potable situés en des lieux susceptibles d'être influencés par les rejets d'effluents radioactifs liquides ou gazeux (voir aussi le paragraphe 4.3.4).

#### **4.2.6. Hydrologie continentale (cas des rejets dans un cours d'eau)**

Une description du (ou des) exutoire(s) des rejets liquides est présentée, de sa source jusqu'à la mer. Cette description est accompagnée de cartes aux échelles pertinentes.

Le profil et le régime (particulièrement les crues et étiages) des cours d'eau, la surface drainée, les aménagements (endiguement, canalisations, barrages), les affluents sont précisés. Les échanges éventuels avec des nappes phréatiques sont indiqués.

La distance de bon mélange et la description de la zone de mélange sont précisées, le cas échéant en fonction du régime des cours d'eau.

La nature des sédiments de fond des cours d'eau (caractéristiques minéralogiques, granulométriques...) et la dynamique de leur dépôt sont précisées.

Le détail de cette description porte surtout sur l'environnement proche de l'installation, mais peut également concerner des situations plus lointaines, par exemple d'autres activités humaines rejetant des radionucléides en amont ou en aval de l'installation, ou des activités notables d'exploitation du milieu aquatique (irrigation, prélèvement pour eau potable, baignade, etc.).

#### **4.2.7. Hydrographie, courantologie (cas de rejets en mer)**

Une description générale de la région océanique est présentée : topographie du fond et des côtes, régime hydrodynamique général, circulation générale, description générale des champs de température et de salinité, traits principaux de la sédimentologie, éventuellement grandes influences anthropogènes (aménagements, pollutions, rejets, eutrophisation).

Une description locale plus détaillée est présentée : topographie détaillée, description des plages, régime hydrodynamique local (marée instantanée et résiduelle, houles, courants de vent et variabilité), variations spatio-temporelles de la température et de la salinité, sédimentologie détaillée et quantitative, présence de pollutions locales.

Ces descriptions sont accompagnées de cartes aux échelles pertinentes.

Les études de la dispersion locale (modèles mathématiques, modèles réduits, études *in situ* avec traceurs passifs ou bouées) sont détaillées.

#### **4.2.8. Biotope (flore et faune naturelles) et écosystème**

La faune et la flore sont décrites sur le plan régional et, de manière plus détaillée, sur le plan local.

La flore terrestre (flore arborescente, flore arbustive, flore herbacée, champignons, mousses, fougères...) et la flore aquatique (algues brunes, rouges et vertes, mousses, champignons, fougères, plantes à graines...) sont présentées.

La faune terrestre des vertébrés (batraciens, reptiles, oiseaux dont oiseaux migrateurs, mammifères...) et des invertébrés (mollusques, insectes, lépidoptères, etc.) et la faune aquatique zooplanctonique, nectonique (poissons, mammifères, batraciens...) et benthique (mollusques, crustacés, annélides...) sont présentées.

Les espèces sensibles ou en voie de disparition sont citées.

Une description succincte des écosystèmes est présentée, notamment si les rejets sont susceptibles d'atteindre des écosystèmes jugés sensibles.

#### **4.2.9. Parcs, réserves naturelles, ZNIEFF**

L'existence de parcs naturels, réserves naturelles, zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF), etc. dans la zone d'influence des rejets d'effluents liquides ou gazeux est indiquée. Les caractéristiques principales et le périmètre de ces zones sont précisés.

### **4.3. Description de l'environnement économique et agricole**

L'objectif de la description de l'environnement économique et agricole dans ce contexte est essentiellement le support des évaluations d'impact. Seules les composantes de l'environnement économique et agricole susceptibles d'influer le résultat du calcul d'impact sont abordées. Les composantes sans influence sont simplement évoquées.

#### **4.3.1. Activités économiques**

Une présentation générale de l'économie régionale et locale est faite. Les activités industrielles sont notamment décrites (nature des activités, importance de la sous-traitance, nombres de travailleurs, évolutions prévisibles, ...).

Des situations très variées peuvent être rencontrées. Il convient d'analyser l'environnement économique sous plusieurs angles dans une zone géographique appropriée. Ainsi, sont plus spécialement décrites en détail :

- d'une part, les activités (industrie, hôpitaux, etc.) dont les rejets radioactifs contribuent à l'exposition des populations et peuvent induire des contraintes sur les rejets de l'installation considérée ;
- d'autre part, les activités économiques potentiellement touchées par les rejets de l'installation (notamment celles qui utilisent les mêmes milieux récepteurs des effluents). Dans ce cadre, les activités touristiques sont décrites, notamment en indiquant les éventuelles affluences saisonnières de personnes dans le voisinage des installations (campings, plages par exemple) susceptibles de constituer une population exposée aux rejets des installations.

Le cas échéant, lorsque sont connues les grandes tendances de l'économie locale et leur influence possible sur d'éventuels mouvements de population qui peuvent leur être liés, des indications sont fournies à leur sujet.

#### **4.3.2. Agriculture - Élevage - Productions agroalimentaires**

Les activités agricoles, les activités d'élevage et les activités économiques en relation avec les filières de production agroalimentaire sont décrites sur le plan régional et de manière détaillée dans une zone géographique proche de l'installation, en vue de fournir des données pertinentes pour les calculs d'impact dosimétrique aux groupes de référence.

Pour les rejets d'effluents gazeux, cette zone correspond généralement à un rayon de quelques kilomètres autour de l'installation. Une zone plus large sous l'influence des rejets d'effluents gazeux, est également décrite de telle sorte que d'éventuels calculs de doses collectives puissent être effectués et que soient fournies les données utiles pour évaluer les conséquences d'éventuels dysfonctionnements concernant les rejets gazeux.

Les zones cultivées irriguées et inondables par des eaux douces recevant les rejets d'effluents liquides sont également décrites, avec un détail plus important pour celles qui sont au plus près de l'installation.

Pour les rejets d'effluents liquides en mer, sont identifiées les zones de ramassage d'algues ou de produits pour l'amendement des sols agricoles.

Il convient enfin de prendre en compte l'existence de circuits locaux de collecte, transformation et distribution de produits alimentaires pour délimiter des zones susceptibles d'être touchées par les rejets d'effluents radioactifs via les productions agricoles.

La nature et l'importance des productions, les cheptels, l'occupation des sols, les transformations et la distribution des productions sont précisés. Les pratiques utilisées sont mentionnées (par exemple il convient de préciser si la production agricole est de plein champ ou de serres, les méthodes d'irrigation en aspersion ou à la raie...). La constance ou au contraire la variabilité des productions d'une année à l'autre est décrite.

La présence, la localisation et l'importance des potagers et vergers privés sont précisées, ainsi que les principales espèces qui y sont cultivées.

#### **4.3.3. Pêche - aquaculture - conchyliculture**

Les activités de pêche, les activités d'aquaculture et de conchyliculture et les activités économiques en relation avec les filières de production agroalimentaire sont décrites sur le plan régional et de manière détaillée sur le plan local.

La nature et l'importance des productions aquacoles et conchylicoles et des captures de pêches (espèces et quantités capturées), les lieux de production et de pêche, les ports de débarquement des pêches, les transformations et la distribution des productions sont précisés. Les pratiques aquacoles, conchylicoles et de pêche (notamment les aspects saisonniers) utilisées sont mentionnées.

#### **4.3.4. Utilisation des eaux**

Seules les utilisations des eaux susceptibles d'être marquées par les rejets liquides (éventuellement par les rejets gazeux après lessivage des sols) sont concernées. Pour les installations rejetant en rivière, l'utilisation de l'eau est décrite en général en aval de l'installation. Pour les installations rejetant en mer, seule la zone sous l'influence des rejets liquides est concernée (dans les mers à marée, cette zone s'étend généralement de part et d'autre de l'installation).

La zone concernée peut s'étendre loin du point de rejet, notamment dans le cas des rejets en rivière. En effet, après la dilution totale dans le débit de la rivière, les concentrations des radionucléides peuvent être faiblement variables, influencées seulement par les apports d'eau aux points de confluence, par les échanges d'eau avec les nappes phréatiques et par les rétentions de radionucléides par les sédiments. Les utilisations de l'eau loin en aval des installations peuvent donc être concernées au même titre que celles plus proches, la distance au point de rejet n'ayant rapidement qu'une influence faible sur les concentrations dans l'eau. Toutefois, une description plus détaillée doit être fournie pour les utilisations de l'eau situées au plus près de l'installation, car les personnes concernées par ces utilisations peuvent aussi être touchées par les rejets de l'installation via d'autres voies de transfert et d'atteinte.

L'utilisation de l'eau pour les usages domestiques est décrite : prises d'eau (superficielle ou phréatique), réseaux de distribution, traitements de l'eau, quantités d'eau associées, qualités d'eau brute requises. Cette description est en général assez détaillée car l'utilisation domestique de l'eau est une voie d'atteinte directe des populations.

L'utilisation de l'eau pour des usages industriels est décrite : prises d'eau (superficielle ou phréatique), traitements de l'eau éventuels, quantités d'eau associées, qualités d'eau brute requises. En règle générale, cette description peut être assez sommaire.

L'utilisation de l'eau pour des usages agricoles est décrite : prises d'eau (superficielle ou phréatique), quantités d'eau associées, mode d'utilisation (aspersion, irrigation à la raie), aspects saisonniers, localisation des utilisations, productions agricoles affectées. En règle générale, cette description est assez détaillée car les transferts aux productions agricoles peuvent résulter en des reconcentrations de radionucléides.

#### **4.3.5. Autres utilisations des eaux**

Les utilisations éventuelles pour la pisciculture, les loisirs ou le tourisme sont décrites : baignade, sports nautiques, chasse et pêche de loisir, cueillette... Cette utilisation s'entend ici au sens large : ainsi, le séjour sur les berges des rivières ou sur les plages est compris dans cette description qui est détaillée.

#### **4.4. Description de l'environnement démographique**

L'objectif de la description de l'environnement démographique dans ce contexte est essentiellement le support des évaluations d'impact, notamment l'identification et la caractérisation des groupes de référence. Le niveau de détail requis varie considérablement selon que les populations sont susceptibles d'être des groupes de référence ou non. Pour les zones les moins soumises aux rejets, seules les populations importantes sont décrites, comme premier élément d'appréciation de l'exposition collective due aux rejets.

##### **4.4.1. Démographie**

Les données démographiques sont fournies, pour les rejets d'effluents gazeux, dans une zone circulaire autour de l'installation et, pour les rejets d'effluents liquides, pour les zones soumises à l'influence des rejets liquides, en relation avec les utilisations de l'eau.

Les données concernent d'abord la zone proche de l'installation (pour les rejets d'effluents gazeux, zone de quelques kilomètres autour de l'installation ; pour les rejets d'effluents liquides, zone concernée par les premières utilisations de l'eau). Les données démographiques dans cette zone sont très détaillées car elles fournissent en règle générale les bases de la détermination des groupes de référence. Elles sont données à l'échelle de la commune, mais si possible à une échelle plus fine (hameaux, fermes isolées, etc.). Ces données concernent non seulement l'habitat mais également les populations de travailleurs (zones industrielles, usines, ateliers, bâtiments administratifs), éventuellement d'autres populations (écoles, touristes, etc.). Ces données décrivent la structure de la population en fonction des âges, en détaillant particulièrement les populations jeunes (nourrissons, jeunes enfants, adolescents).

Des données plus générales sont présentées pour une zone plus large mais subissant encore l'influence des rejets (par exemple une zone de 10 km de rayon autour des installations pour les rejets gazeux). L'échelle typique de description de la démographie dans cette zone est la commune.

D'autres données de démographie sont présentées sur une échelle plus large (typiquement un rayon de 50 km pour les rejets gazeux). Seules les données concernant les groupes importants de population sont indiquées (par exemple, villes de plus de 10 000 habitants).

##### **4.4.2. Habitat, activités et habitudes**

En association aux données démographiques sont fournies des données relatives aux populations identifiées.

Pour les rejets gazeux, ces données concernent l'habitat (regroupé ou dispersé) et éventuellement les lieux de travail.

Ces données concernent également les paramètres relatifs aux activités de ces populations qui influencent leur exposition aux rejets radioactifs (par exemple travail aux champs, pêche professionnelle en mer, activités de loisirs nautiques, etc.).

Ces données concernent enfin toutes les habitudes susceptibles de modifier l'exposition des populations (par exemple, ramassage de champignons, etc.).

Des données relatives au budget-temps sont associées à celles concernant l'habitat, les activités et les habitudes. Il s'agit de préciser la fraction du temps annuel passée par les personnes concernées dans des zones soumises à des dépôts d'aérosols ou de sédiments marqués. Ces données sont détaillées en fonction des classes d'âge des sous-catégories de population identifiées. Ces données peuvent utilement comporter plusieurs éléments statistiques (moyenne, écart-type, temps passé correspondant aux percentiles 95 ou 97,5 par exemple).

Ces données sont détaillées pour les populations identifiées (populations résidentes ou populations dont les activités s'exercent dans la zone) dans la zone la plus proche des rejets, et indiquées de façon plus sommaire dans les autres zones. Ces données sont également détaillées en fonction de la sous-catégorie des populations concernées (par exemple, pour chaque classe d'âge identifiée).

#### **4.4.3. Régimes alimentaires et débits respiratoires**

Les données concernant le régime alimentaire des populations identifiées sont fournies, essentiellement pour la zone la plus proche des rejets. Ces données sont aussi détaillées que nécessaire pour chaque catégorie d'aliments susceptibles d'être contaminés. Ces données reflètent autant que possible les habitudes alimentaires locales. Ces données sont détaillées en fonction des classes d'âge des sous-catégories de population identifiées.

Ces données peuvent utilement comporter plusieurs éléments statistiques (moyenne, écart-type, plus gros consommateurs correspondant aux percentiles 95 ou 97,5 par exemple).

L'origine des produits alimentaires consommés est précisée aussi finement que possible quand il s'agit d'une origine locale. De même, l'origine des eaux de boisson est précisée.

Si des transformations issues de l'industrie agroalimentaire ont été effectuées sur ces produits avant consommation, celles-ci sont précisées.

Les références des publications d'où sont issus les débits respiratoires des individus sont mentionnées. Leur application à l'estimation des débits respiratoires pertinents des individus des groupes de référence est justifiée par rapport aux caractéristiques de ces groupes (classes d'âge, répartition hommes/femmes, activités, composition travailleurs/sédentaires, etc.).

## 5. ESTIMATION DE L'IMPACT RADIOLOGIQUE DES REJETS

### 5.1. Etat radiologique de référence

L'objectif est de disposer d'un état de référence pour les niveaux de radioactivité dans l'environnement. Cet état de référence permet ultérieurement la mise en perspective des résultats de contrôles *a posteriori* dans l'environnement et facilite le suivi, à partir des mesures de radioactivité dans l'environnement, de la contamination induite par les installations concernées.

Plusieurs cas sont à considérer selon la situation particulière de l'installation objet de la demande d'autorisation :

- installation isolée ;
- installation dans le champ des rejets d'autres installations. ;
- installation projetée ;
- installation existante ;
- installation présentant des modifications sensibles des rejets (par exemple avec des modifications des radionucléides rejetés).

#### 5.1.1. Principes généraux

Il s'agit de déterminer l'état radioactif des différents compartiments pertinents de l'environnement qui est susceptible d'être modifié par les rejets projetés.

Le choix des compartiments à étudier est un résultat de l'étude de l'impact des rejets projetés (notamment les voies de transfert dans l'environnement) et de la description de l'environnement naturel, agricole et démographique et éventuellement économique du site (voir ci-dessus).

On distingue trois types de compartiments d'intérêt :

- les compartiments représentatifs de la dispersion des effluents (principalement eau, air) ;
- les bio-indicateurs représentatifs des processus de reconcentration biologique des radionucléides ;
- les compartiments constitutifs des chaînes alimentaires.

L'état de référence comporte les éléments nécessaires sur chacun de ces types de compartiments.

Il y a lieu de choisir préférentiellement des échantillons (par exemple pour les échantillons biologiques) aux composantes les plus représentatives d'une catégorie ou les plus abondantes (il convient que les composantes choisies puissent être contrôlées année après année) ou les plus utilisées (par exemple les aliments les plus consommés localement). Le choix des échantillons est justifié.

Les prélèvements sont effectués dans des zones définies selon une double logique :

- zones soumises aux rejets (aval d'un fleuve, zone sous le vent) afin de déterminer les variations de la radioactivité des compartiments dues aux rejets. Il convient de s'assurer que ces zones sont ou seront effectivement marquées par les rejets (zone

de bon mélange dans l'environnement aquatique, zone en contact avec le panache pour les rejets à l'atmosphère) ;

- zones pas ou peu soumises aux rejets (amont d'un fleuve, zone éloignée dans un secteur hors des vents dominants) afin de définir un point de référence qui est susceptible d'être contrôlé ultérieurement pour affiner l'attribution de l'origine des activités dans les compartiments.

Les zones de prélèvements sont justifiées selon cette double logique. Dans ce contexte, une attention particulière est portée aux zones de forte fréquentation par l'homme.

Le nombre des prélèvements et des mesures réalisés pour obtenir une représentation statistiquement fiable de l'état radioécologique est précisé.

La période de prélèvement doit également être adaptée à la nature du milieu contrôlé : par exemple les végétaux cultivés sont prélevés au moment de la récolte.

Les prélèvements sont typiquement :

- en eau douce : eau du fleuve (eau brute, eau filtrée, MES), sédiments, végétaux aquatiques, poissons, mollusques et bio-indicateurs (mousses, mollusques bivalves) ;
- en mer : eau de mer (eau brute, eau filtrée, MES), sédiments, végétaux aquatiques, poissons, mollusques, crustacés et bio-indicateurs (algues, mollusques bivalves) ;
- dans le domaine terrestre : aérosols, eau de pluie, eau de nappe, herbe de prairie permanente, fourrage, sols cultivés et non cultivés, produits consommés par l'homme (céréales, légumes-feuilles, légumes-fruits, légumes-racines, viande bovine et/ou ovine et/ou porcine, oeufs,... et éventuellement des produits transformés comme le vin) et bio-indicateurs (mousses, lichens, champignons, thym, lait et produits dérivés, notamment fromages). Il s'y ajoute la mesure du débit de dose ambiant.

Les analyses réalisées sur ces prélèvements permettent une caractérisation fine de leur état physico-chimique et radioactif. Les analyses effectuées sont typiquement :

- des analyses physiques (pH, granulométrie des sols et sédiments) ;
- des analyses chimiques des constituants caractéristiques de l'eau et des sédiments, le dosage du potassium et du calcium pour les végétaux terrestres et les poissons ;
- des analyses biométriques pour les poissons ;
- des spectrométries  $\alpha$  ;
- des spectrométries  $\gamma$  ;
- des mesures de  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  et  $^{90}\text{Sr}$  et éventuellement d'autres émetteurs bêta purs en fonction des rejets projetés.

La qualité des mesures de radioactivité doit être adaptée aux objectifs de surveillance recherchés, en utilisant les meilleures technologies de mesure disponibles à un coût économiquement acceptable.

Les mesures  $\alpha$  et  $\beta$  globales peuvent être réalisées afin de disposer de références pour la surveillance opérationnelle des installations, bien qu'elles soient peu utilisables dans le cadre des calculs d'impact dosimétrique.

La description de l'état radioécologique de référence est complétée par une description de l'état dosimétrique de référence du site. Il s'agit de cartographier les débits de dose mesurés dans l'air. Ces débits de dose proviennent des rayonnements cosmiques et telluriques, et

éventuellement des rejets passés ou des retombées d'accidents nucléaires. L'irradiation due aux rayonnements cosmiques est fonction essentiellement de l'altitude du lieu. L'irradiation due aux rayonnements telluriques dépend de la nature du sol et peut donc présenter de véritables discontinuités locales qu'il convient de mettre en évidence dans l'environnement du site par un nombre de mesures approprié.

### **5.1.2. Cas d'une installation projetée en un lieu dépourvu d'activité nucléaire : notion de « point zéro »**

Il s'agit de définir l'état radioécologique de l'environnement en l'absence d'influence d'installation nucléaire située à proximité ; à ce titre, il s'agit véritablement d'un « point zéro » autour de l'installation projetée.

Les activités des radionucléides artificiels qui ont été dispersés dans l'atmosphère par les essais d'armes nucléaires et les accidents nucléaires ( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,...) sont déterminées.

Dans le milieu liquide sont recherchées les activités des radionucléides qui ont pu être lessivés sur les sols contaminés du fait des retombées atmosphériques de radionucléides des essais d'armes nucléaires et des accidents nucléaires, mais également des rejets radioactifs liquides d'installations (au sens large, c'est-à-dire des INB, des ICPE, des installations hospitalières...) qui peuvent affecter, par continuité hydraulique, l'environnement de l'installation projetée. L'activité des radionucléides est mesurée dans les différents compartiments du milieu liquide, notamment les sédiments.

### **5.1.3. Cas d'une installation projetée dans un site nucléaire existant**

L'état de référence radioécologique peut être en partie décrit par l'analyse des résultats de la surveillance des installations existantes situées à proximité de l'installation projetée.

Cependant les mesures de routine ne sont pas toujours suffisantes pour décrire avec précision l'état de référence. Les seuils de détection des mesures peuvent notamment être inadaptés. Les compartiments de l'environnement surveillés autour d'un site ne couvrent souvent qu'un ensemble réduit des compartiments nécessaires à une bonne description de l'état de référence. Certaines mesures de surveillance ( $\alpha$  et  $\beta$  globales) ne sont pas directement exploitables pour le calcul de l'impact dosimétrique. Autour de certains sites de grande surface, les groupes de référence déterminés pour les rejets de l'ensemble des installations existantes peuvent être différents des groupes de référence déterminés pour les rejets de l'installation projetée et les prélèvements effectués autour du site mal localisés pour dresser l'état radioécologique pertinent pour l'installation projetée. Il convient donc dans la plupart des cas de compléter les résultats de la surveillance du site par des analyses spécifiques.

Il convient également de déterminer si les rejets de l'installation projetée sont susceptibles de contenir un ou plusieurs radionucléides spécifiques antérieurement non rejetés par les installations existantes (ou avec des activités beaucoup plus faibles que celles des rejets de l'installation projetée). Dans l'affirmative, la présence éventuelle de ces radionucléides est recherchée dans le bruit de fond de l'environnement.

#### **5.1.4. Cas d'une installation ou d'un site nucléaire existant**

Il s'agit d'effectuer un bilan radioécologique de l'environnement autour d'une installation ou d'un site soumis à l'influence de rejets antérieurs, afin d'évaluer le « marquage » de l'environnement par les rejets antérieurs. Il convient de rapporter ce marquage le plus précisément possible aux rejets effectués antérieurement afin de valider les modèles de transfert dans l'environnement.

Il convient de s'attacher particulièrement à caractériser les éventuelles accumulations de radionucléides, notamment dans les sols et les sédiments aquatiques. Si une telle accumulation est mise en évidence, les études d'impact dosimétrique des rejets envisagés doivent en tenir compte.

Il convient également de déterminer l'impact des événements étrangers à l'installation qui ont pu contribuer à modifier l'état radioécologique de l'environnement depuis la détermination initiale du point zéro, par exemple l'impact de l'accident de Tchernobyl.

Enfin, comme exposé ci-dessus, les résultats des mesures de surveillance en routine sont le plus souvent insuffisants pour caractériser l'état radioécologique de référence et des prélèvements supplémentaires et des mesures plus fines sont souvent nécessaires.

### **5.2. Échelles de temps appropriées**

Cette question est particulièrement importante pour le traitement correct des phénomènes d'accumulation à long terme.

Les demandes d'autorisation de rejets concernent exclusivement les effluents rejetés après la date de délivrance de l'autorisation. Celle-ci est accordée sans limitation de durée fixée *a priori*. La période de temps à considérer pour estimer l'impact des rejets correspond donc à une période au cours de laquelle il n'est prévu aucune évolution notable (à la hausse ou à la baisse) des rejets. En règle générale, la durée à retenir est la durée résiduelle de fonctionnement de l'installation retenue par l'exploitant.

Certains cas particuliers appellent éventuellement un choix spécifique de la période. Si des modifications significatives des rejets sont envisagées, des périodes plus courtes que la durée de vie de l'installation peuvent être considérées, la raison étant qu'une nouvelle demande pourra être nécessaire quand les rejets seront modifiés. Concernant les installations (ou ensemble d'installations) pour lesquelles sont envisagées des opérations de démantèlement, généralement génératrices de rejets différents de ceux produits en fonctionnement normal, il est précisé si ces opérations entrent dans le champ (et donc la période) de l'autorisation sollicitée.

### **5.3. Choix et description des méthodes de calcul d'impact**

Les méthodes de calcul comprennent l'inventaire des voies de transfert dans l'environnement et des voies d'atteinte des populations, l'identification des groupes de référence et la modélisation des expositions à partir de codes de calcul appropriés.

En tout état de cause, les valeurs des paramètres utilisés dans les modèles sont justifiées, notamment sur la base de la description de l'environnement (valeurs spécifiques au site) ou de la littérature scientifique pertinente (valeurs non spécifiques au site).

### **5.3.1. Recensement des voies de transfert dans l'environnement et des voies d'atteinte des populations**

Toutes les voies de transfert des radionucléides, des émissaires jusqu'aux populations, sont explorées. Il s'agit aussi bien des voies permanentes que des voies intermittentes, irrégulières ou rares. Toutes les populations concernées sont étudiées, notamment toutes les classes d'âge. Tous les radionucléides rejetés sont étudiés. Les deux grandes formes de rejets (gazeux et liquides) sont considérées.

Toutes les voies d'atteinte (exposition externe, exposition interne par ingestion et par inhalation) sont explorées.

La synthèse de toutes ces combinaisons (toutes les populations, toutes les voies de transfert, toutes les voies d'atteinte) conduit à une liste de voies qui est généralement importante, mais dans laquelle de nombreux regroupements sont généralement possibles (par rejets liquides et gazeux, par catégories de radionucléides, par catégories de populations, par grands types de voies d'atteinte).

Les voies de transfert, les radionucléides et les voies d'atteinte très mineures ne sont négligées qu'après justification, éventuellement au moyen d'estimations sommaires.

### **5.3.2. Recensement des groupes de référence**

Un groupe de référence est un groupe de personnes de la population pour lequel les expositions en provenance d'une source donnée sont relativement homogènes et qui est représentatif des personnes qui reçoivent les doses les plus élevées en provenance de cette source. Théoriquement, il est possible de définir, pour une source de rejet donnée, un ou plusieurs groupes de référence pour chaque voie de transfert, chaque nucléide, chaque population et chaque voie d'atteinte. En pratique, du fait des regroupements mentionnés ci-dessus, le nombre de groupes de référence possibles est généralement restreint à quelques groupes. Aucun groupe de personnes pouvant constituer un groupe de référence ne doit être écarté à ce stade, c'est-à-dire avant un calcul de dose (éventuellement sommaire).

Différents critères sont considérés pour identifier les groupes de référence. On peut citer par exemple le critère de proximité géographique (habitants d'un village à proximité de l'installation), les critères socioprofessionnels (familles de pêcheurs en mer), les critères d'habitudes de vie ou de comportement (les estivants sur une plage marquée par les radionucléides rejetés), les critères d'âge (les nourrissons) ou encore une combinaison de ces critères. L'analyse approfondie de l'environnement est généralement une source d'information précieuse pour l'identification et le recensement des groupes de référence.

**Remarque :** il faut noter que les individus, généralement des travailleurs, qui séjournent à l'intérieur des sites nucléaires, même s'ils ne sont pas des « travailleurs exposés » au sens de la réglementation en radioprotection, ne sont habituellement pas pris en compte dans la définition des groupes de référence, dans le cadre des demandes d'autorisation de rejet d'effluents des INB.

Il convient de rappeler que c'est la dose qui détermine le ou les groupes de référence pertinents car ceux-ci doivent être représentatifs des individus les plus exposés. A ce stade de l'étude (avant les calculs de dose complets et détaillés), il s'agit donc de mener un recensement large fondé sur les indications fournies par l'étude de l'environnement naturel, économique, agricole et démographique décrite ci-dessus.

Sauf cas particulier, ce recensement ne peut pas s'arrêter à un seul groupe déclaré, sans démonstration préalable, groupe de référence « évident » (par exemple village sous les vents dominants pour les rejets gazeux), pour au moins deux raisons :

1. l'identification des groupes de référence les plus exposés peut s'avérer insuffisante ; la connaissance d'autres groupes de référence moins exposés mais éventuellement plus nombreux, plus jeunes, plus pérennes, etc. peut être utile, notamment pour identifier le territoire ou les populations sous l'influence des rejets, pour mener une approche multi-critères des décisions, pour définir un cadre pertinent pour la surveillance de l'environnement ou simplement pour informer le public ;
2. la prise en compte d'un seul paramètre de l'estimation de l'impact (par exemple la fréquence des directions du vent pour l'exemple des vents dominants) est incorrecte car d'autres paramètres peuvent jouer un rôle prédominant (fréquence des vitesses du vent, des conditions de stabilité de l'atmosphère, des précipitations, etc.) et conduire à des impacts plus élevés pour des groupes de référence écartés à tort sur une logique faussement simplifiée.

Seul le calcul d'impact permet d'identifier les groupes de référence les plus exposés. Un calcul sommaire peut cependant suffire pour écarter des groupes qui s'avèrent nettement moins exposés que les autres.

La taille des groupes de référence est un sujet qui a été maintes fois débattu sans qu'une règle générale ait été établie. Le chiffre d'une vingtaine d'individus comme taille minimale a été cité. En fait un groupe peut être constitué de seulement quelques individus ou au contraire d'une population plus importante. C'est le niveau d'exposition (qui doit être suffisamment homogène au sein du groupe) qui détermine la taille du groupe. Il convient également de noter que, plus les doses sont élevées, plus il est recommandé d'étudier des groupes de population de taille réduite pour identifier les individus, même en petit nombre, les plus exposés. En cas d'habitat dispersé notamment, il est recommandé d'identifier les populations, éventuellement constituées de quelques individus seulement, qui vivent à proximité des points de concentration atmosphérique et de dépôt maximum des effluents gazeux.

Par ailleurs, s'il existe à proximité de l'installation (par exemple dans un rayon de 30 km) des agglomérations importantes, il peut être utile de présenter un calcul d'impact dosimétrique pour les individus de cette agglomération.

### **5.3.3. Dispersion atmosphérique des rejets gazeux**

Un modèle de dispersion des effluents gazeux est choisi et décrit. Les justifications de ce choix sont fournies.

Les hypothèses simplificatrices de ce modèle, les limitations connues (par exemple pour les zones proches de l'exutoire), les expériences de validation du modèle sont présentées en détail (éventuellement un renvoi à des publications dûment référencées et accessibles à tous peut être fait ; dans ce cas, une synthèse de ces informations figure au dossier). La prise en compte de la forme physico-chimique des radionucléides est discutée.

Les éventuelles adaptations du modèle au cas particulier du site sont décrites en détail. L'influence de la topographie du terrain ou de la présence de bâtiments élevés est discutée.

L'appauvrissement du panache est éventuellement négligé.

#### **5.3.4. Dispersion des rejets liquides dans les cours d'eau**

Un modèle de dispersion des effluents liquides dans les cours d'eau est choisi et décrit. Les justifications de ce choix sont fournies, notamment en relation avec l'utilisation de l'eau du milieu récepteur.

Les hypothèses simplificatrices de ce modèle, les limitations connues (par exemple pour des débits particuliers du fleuve), les expériences de validation du modèle sont présentées en détail (éventuellement un renvoi à des publications dûment référencées et accessibles à tous peut être fait ; dans ce cas, une synthèse de ces informations figure au dossier). La prise en compte de la forme physico-chimique des radionucléides est discutée.

Les interactions des radionucléides avec les matières en suspension et avec les sédiments de fond sont éventuellement modélisées. Les modèles et les raisons de leur choix sont explicités. Les éventuels aspects de la cinétique de ces interactions sont discutés.

#### **5.3.5. Dispersion en mer des rejets liquides**

Un modèle de dispersion en mer des effluents liquides est choisi et décrit. Les justifications de ce choix sont fournies, notamment en relation avec l'environnement (pêche, conchyliculture, loisirs nautiques,...).

Les hypothèses simplificatrices de ce modèle, les limitations connues (par exemple pour certains coefficients de marée ou des situations météorologiques particulières), les expériences de validation du modèle sont présentées en détail (éventuellement un renvoi à des publications dûment référencées et accessibles à tous peut être fait ; dans ce cas, une synthèse de ces informations figure au dossier). La prise en compte de la forme physico-chimique des radionucléides est discutée.

Les interactions des radionucléides avec les matières en suspension et avec les sédiments de fond sont éventuellement modélisées. Les modèles et les raisons de leur choix sont explicités. Les éventuels aspects de la cinétique de ces interactions sont discutés.

#### **5.3.6. Transferts dans les compartiments de l'environnement terrestre**

Des modèles de transfert dans les différents compartiments de l'environnement terrestre (dépôts sur le sol, accumulation et transferts dans les sols, transferts aux végétaux consommés par les animaux d'élevage, transferts aux végétaux et aux aliments d'origine animale consommés par l'homme) sont choisis et décrits. Les justifications de ces choix sont fournies, en relation avec les radionucléides rejetés, les types de sols, les productions agricoles locales, etc.

Les hypothèses simplificatrices de ces modèles, les limitations connues (par exemple : le regroupement des différents légumes en grandes catégories comme les légumes-racines, les légumes-fruits et les légumes-feuilles ; l'absence de différenciation entre les viandes de bœuf, de porc, de cheval, de mouton ; l'hypothèse d'un enfouissement nul des radionucléides ; etc.) et les expériences de validation des modèles sont présentées en détail (éventuellement un renvoi à des publications accessibles peut être fait ; dans ce cas, une synthèse de ces informations figure au dossier). La prise en compte de la forme physico-chimique des radionucléides est discutée.

Les modèles relatifs aux cas particuliers de certains radionucléides sont présentés en détail, notamment les modèles de transfert dans l'environnement des isotopes radioactifs de l'hydrogène et du carbone qui sont des constituants de la matière vivante.

Le niveau de contamination due aux activités antérieures de l'installation (rejets historiques, incidents passés) est, le cas échéant, pris en compte dans l'estimation des niveaux d'activité des compartiments de l'environnement terrestre.

### **5.3.7. Transferts dans les compartiments de l'environnement aquatique (fluvial ou marin)**

Des modèles de transfert dans les différents compartiments de l'environnement aquatique (transferts aux matières en suspension -MES-, aux sables des plages et aux sédiments benthiques et côtiers, transferts aux poissons, crustacés, mollusques et éventuellement aux algues ; éventuellement transferts à l'eau de boisson, au sel marin ou à l'eau de mer dessalée) sont choisis et décrits. Les justifications de ces choix sont fournies, en relation avec la granulométrie du sable des plages et des sédiments, les espèces de poissons, mollusques, crustacés et algues concernées, etc.

Les hypothèses simplificatrices de ces modèles, les limitations connues (par exemple : le regroupement des différentes espèces en grandes catégories comme les poissons et les fruits de mer ; l'absence de différenciation entre sédiments fins et grossiers ; l'hypothèse d'une fixation nulle des radionucléides sur les MES; etc.) et les expériences de validation des modèles sont présentées en détail (éventuellement un renvoi à des publications dûment référencées et accessibles à tous peut être fait ; dans ce cas, une synthèse de ces informations figure au dossier). La prise en compte de la forme physico-chimique des radionucléides est discutée.

Les modèles relatifs aux cas particuliers de certains radionucléides sont présentés en détail, notamment les modèles de transfert dans l'environnement des isotopes radioactifs de l'hydrogène et du carbone qui sont des constituants de la matière vivante.

Le niveau de contamination due aux activités antérieures de l'installation (rejets historiques, incidents passés) est, le cas échéant, pris en compte dans l'estimation des niveaux d'activité des compartiments de l'environnement aquatique.

### **5.3.8. Évaluation des activités incorporées et des doses engagées correspondantes**

L'estimation des activités incorporées par les individus des groupes de référence est effectuée en règle générale sur une année, en vue de l'application de la réglementation dont les principales limitations sont annuelles. Le choix de l'année considérée est justifié, notamment en regard des éventuels phénomènes d'accumulation qui pourraient conduire à des résultats différents selon l'année choisie.

L'estimation des activités massiques et volumiques des aliments dans l'assiette du consommateur est effectuée en prenant éventuellement en compte les modifications dues aux transformations agroalimentaires et aux modes de préparation culinaire des plats.

Les activités incorporées par ingestion des différents radionucléides sont calculées pour les individus des groupes de référence compte tenu de leurs régimes alimentaires.

Les activités incorporées par inhalation des différents radionucléides sont calculées pour les individus des groupes de référence à l'aide des débits respiratoires et des temps de présence dans l'atmosphère contaminée.

Les doses reçues par inhalation et par ingestion sont calculées à partir des activités incorporées et des coefficients de dose. Le choix des coefficients de dose est explicité,

notamment en fonction des formes physico-chimiques des radionucléides et des classes d'âge des populations. Les méthodes et facteurs de pondération ainsi que les valeurs des doses efficaces engagées par unité d'incorporation de chaque radionucléide, ingéré ou inhalé, fixés par la réglementation en application de l'article R.43-5 du Code de la santé publique, doivent être utilisés. Si le calcul des doses nécessite des coefficients qui ne sont pas fixés par la réglementation, ceux-ci sont choisis de façon appropriée et justifiée.

### **5.3.9. Évaluation des doses par irradiation externe reçues par les individus des groupes de référence**

Les doses reçues par irradiation externe provenant des panaches (dans l'air ou dans l'eau), des dépôts sur le sol ou dans les sédiments marins ou fluviaux sont estimées pour chaque radionucléide et chaque groupe de référence à partir des activités massiques ou volumiques ajoutées dans les compartiments pertinents, des temps de présence des individus et des coefficients de dose. Les coefficients de dose sont explicités. Le plus souvent, ils proviennent de publications scientifiques, qui sont mentionnées dans le dossier.

Comme pour l'estimation des activités incorporées et pour les mêmes raisons, l'estimation des doses externes est effectuée en règle générale pour une année. Le choix de l'année considérée est également justifié.

Le cas échéant, une évaluation de l'irradiation externe provenant du rayonnement direct émis par l'installation est réalisée spécifiquement pour les individus des groupes de référence concernés.

### **5.3.10. Sommation des doses**

La sommation, pour les individus de chaque groupe de référence, de l'ensemble des doses reçues du fait des rejets gazeux et liquides, pour tous les radionucléides et toutes les voies d'atteinte, est effectuée, et éventuellement additionnée à la dose reçue par irradiation directe par l'installation.

Dans le cas d'une étude portant sur plusieurs installations (respectivement dans le cas d'une installation au sein d'un ensemble de plusieurs installations), cette sommation est effectuée pour chacune des installations (respectivement pour l'installation considérée), puis sur l'ensemble des installations.

## **5.4. Présentation des résultats**

### **5.4.1. Résultats en termes de contamination des compartiments de l'environnement**

Tous les résultats intermédiaires relatifs à la contamination ajoutée dans les compartiments de l'environnement terrestre et aquatique sont fournis, pour tous les radionucléides. Cette présentation exhaustive a deux objectifs :

- permettre la vérification indépendante des calculs ;
- donner l'ordre de grandeur des contaminations maximales attendues, afin de vérifier le respect d'autres réglementations applicables à certains produits de consommation (notamment l'appétitude à la vente au public) et de préparer la surveillance de l'environnement.

#### **5.4.2. Comparaison des doses aux limites réglementaires**

Le décret n°2002-460 du 4 avril 2002 relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants définit les limites de doses à respecter pour les personnes du public. Ce décret impose que la somme des doses efficaces engagées reçues en un an par un individu du public pour toutes les activités humaines entraînant une exposition aux rayonnements ionisants reste inférieure à 1 mSv. Le dossier compare, pour tous les groupes de référence, la dose annuelle due aux rejets et, le cas échéant, à l'irradiation directe de l'installation, à la limite de 1 mSv, en tenant compte des doses éventuellement reçues par les personnes de ces groupes de référence du fait d'autres activités (en particulier, les autres installations nucléaires présentes à proximité).

### **5.5. Sensibilité et incertitude – calcul de l'impact des rejets réels attendus**

#### **5.5.1. Sensibilité et incertitude**

En règle générale, un certain nombre d'hypothèses simplificatrices sont adoptées dans la composition des effluents rejetés, dans la modélisation des transferts dans l'environnement et dans le comportement et le régime alimentaire des populations. Certains paramètres qui interviennent dans les calculs ne sont connus qu'imparfaitement. De plus, il est fréquent d'adopter une démarche majorante dans le choix des hypothèses simplificatrices. Le calcul des doses est donc nécessairement entaché d'incertitude.

Bien qu'une analyse d'incertitude complète sorte du champ du dossier, il est souhaitable qu'une étude de sensibilité aux paramètres qui influencent le plus la dose et aux paramètres les plus incertains soit fournie, notamment pour estimer la dose maximale susceptible d'être reçue par les populations compte tenu des incertitudes. Une telle analyse est à mener en fonction des enjeux dosimétriques associés aux rejets et des aspects du calcul d'impact sur lesquels des incertitudes importantes peuvent exister, comme par exemple les coefficients de transfert radioécologiques.

#### **5.5.2. Doses dues aux rejets réels attendus**

Les limites de rejet sont généralement fixées avec des marges. Les rejets réels attendus sans prise en compte des marges sont le plus souvent significativement inférieurs aux limites. Pour une bonne information du public, le dossier précise l'estimation des impacts dosimétriques pour le niveau des rejets attendus sans prise en compte des marges. En pratique, pour les installations existantes dont les rejets ne subissent pas de modifications importantes, et sous réserve de l'application d'une démarche ALARA (cf. § 3.5), il est acceptable de calculer les doses dues aux rejets d'une année récente. Cette estimation peut être plus sommaire que l'estimation effectuée pour les rejets correspondants aux limites demandées par l'exploitant : par exemple, il est possible de limiter le nombre de groupes de référence pour lesquels le calcul est effectué. Il n'est pas non plus nécessaire de fournir tous les résultats intermédiaires.

## 6. DEFINITION DU SYSTEME DE SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

Le décret n°95-540 du 4 mai 1995 modifié prévoit que la demande d'autorisation indique les moyens de surveillance prévus. Par ailleurs, l'arrêté du 26 novembre 1999 pris en application de ce décret impose la mise en place, par l'exploitant, d'un programme de surveillance de la radioactivité dans l'environnement comprenant des prélèvements et des mesures dont les natures, fréquences et localisations sont définies dans l'arrêté d'autorisation. Le dossier accompagnant la demande d'autorisation doit donc proposer un système de surveillance qui sera pris en compte dans la définition des prescriptions accompagnant l'autorisation.

D'une manière générale, les mesures dans l'environnement permettent de :

- détecter des dysfonctionnements dans les opérations de rejet (vigilance) ;
- s'assurer que les concentrations de radionucléides restent en dessous de valeurs estimées dans la modélisation de l'impact radiologique des rejets menée *a priori* ;
- mettre en évidence l'évolution de la radioactivité des différents compartiments de l'environnement au cours du temps.

La surveillance de routine de l'environnement comprend :

- une surveillance continue ou régulière qui a essentiellement un rôle d'alerte et de contrôle ; à ce titre, elle est réalisée de façon permanente ;
- des campagnes périodiques qui permettent d'établir des bilans de la contamination de l'environnement afin de suivre les variations des indicateurs de la contamination à plus long terme ; des mesures plus fines permettent de surveiller des radionucléides indétectables dans le cadre de la surveillance régulière.

**Remarque :** il existe d'autres types de mesures de la radioactivité dans l'environnement, ne faisant pas partie de la surveillance de routine, donc non décrits dans le présent guide. Il s'agit des mesures liées à un rejet accidentel ou incidentel et des mesures ayant pour objectif d'améliorer les connaissances des phénomènes de transfert dans l'environnement et l'évaluation dosimétrique.

Le système de surveillance de routine dans l'environnement proposé dans la demande d'autorisation de rejets porte sur :

- les grandeurs à mesurer ;
- le choix des échantillons ;
- la localisation des points de mesure ;
- les fréquences des mesures ;
- la présentation des résultats.

### 6.1. Choix des analyses à réaliser

Les analyses à réaliser comprennent des mesures instantanées (débit de dose, activité massique dans un produit végétal,...), des mesures intégrées dans le temps (dose mesurée sur un film dosimétrique, mesures journalières de l'eau de pluie,...) ou des mesures moyennes pendant une période donnée (activité volumique de l'air,...).

Il est important de noter que la surveillance de la radioactivité dans l'environnement ne doit pas comporter que des mesures globales ( $\alpha$  globale,  $\beta$  globale) mais doit comporter la mesure de l'activité des radionucléides qui sont rejetés par l'installation concernée. Les radionucléides à mesurer sont à définir en fonction de la composition des rejets ; il peut par exemple s'agir des radionucléides émetteurs gamma, du  $^{14}\text{C}$ , du  $^{90}\text{Sr}$ , de l' $^{129}\text{I}$ , de l' $^{131}\text{I}$ , du  $^3\text{H}$  lié et libre, du  $^{238}\text{Pu}$ , du  $^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$ , de l' $^{241}\text{Am}$ , du  $^{244}\text{Cm}$ , et d'autres radionucléides spécifiques pour certaines installations comme le  $^{65}\text{Zn}$ , le  $^{85}\text{Kr}$ , le  $^{133}\text{Xe}$  (ces deux derniers uniquement pour la surveillance des rejets d'effluents gazeux).

Un certain nombre de caractéristiques physico-chimiques influent sur la capacité des différents milieux à fixer la radioactivité. Pour pouvoir comparer (dans le temps ou dans l'espace) l'activité d'échantillons identiques, il est donc nécessaire que ces caractéristiques soient précisées à l'aide d'analyses complémentaires adaptées aux compartiments étudiés :

- pour les eaux, le pH, la conductivité, la teneur en oxygène dissous, les cations et les anions majeurs ;
- pour les végétaux, la teneur en eau ;
- pour les sols et les sédiments, la granulométrie des particules, la capacité d'échange cationique.

## 6.2. Choix des échantillons

Le choix des échantillons est guidé par la nature des voies de transfert pertinentes identifiées par ailleurs, elles-mêmes fonction des caractéristiques du site (utilisation des sols).

### 6.2.1. Milieu terrestre

Les compartiments du milieu terrestre concernés par la surveillance de routine peuvent être :

- dans tous les cas, l'air (gaz et aérosols), l'herbe, le sol, les précipitations ;
- en fonction des productions agricoles locales, des légumes-feuilles (salades, épinards,...), des légumes fruits (tomates, haricots verts,...), des légumes-racines (pommes de terre,...), des céréales (blé, maïs, riz) et des fruits. Le choix est guidé non seulement par les productions destinées à être commercialisées, mais aussi par la production des jardins potagers ;
- en fonction des productions animales locales, le lait (de vache et de chèvre), la viande (muscles et abats) de bœuf et de mouton, les volailles (lorsqu'elles ne sont pas élevées en batteries), les œufs, le miel ;
- le cas échéant, des produits transformés (farine, vin, cidre,...).

### 6.2.2. Milieu aquatique

Dans le cas de rejets liquides en eau douce, les contrôles de routine portent sur l'eau du fleuve, les poissons, les mollusques bivalves et les sédiments. Dans le cas des rejets en mer, les types de prélèvements sont les mêmes que pour les eaux continentales ; il s'y ajoute des mollusques gastéropodes et des crustacés.

Les espèces à prélever sont représentatives de l'environnement et des voies de transfert à l'homme. L'abondance et la mobilité des espèces sont évidemment des critères de choix, mais la valeur économique des produits est à considérer (homards,...).

Les algues sont largement utilisées dans l'industrie cosmétique et dans l'industrie agroalimentaire. Elles ont également la particularité d'accumuler les radionucléides au cours du temps. A ces titres, leur activité est mesurée selon une périodicité qui est justifiée.

Les mesures de l'eau portent à la fois sur les formes dissoutes et sur les formes particulaires.

### **6.3. Localisation des points de mesure**

Dans le cadre de la surveillance de routine, les points de mesure ou de prélèvement sont situés au plus près des groupes de référence identifiés ou des lieux où ils exercent leurs activités (champs, jardins potagers, prairies,...). Il est également recommandé de prévoir des prélèvements aux points de concentration atmosphérique et de dépôts maximaux.

#### **➤ *Le rayonnement gamma ambiant***

L'enregistrement continu du rayonnement gamma ambiant se fait normalement en quatre stations de mesure implantées à proximité du site, dont une est placée sous les vents dominants par rapport à l'installation afin de surveiller la zone susceptible d'être la plus marquée par les rejets d'effluents gazeux de l'installation. Ce type de mesure ne précise pas les radionucléides rejetés et doit être considéré comme fournissant une information d'alerte. Le niveau de sensibilité du système est adapté aux conditions locales, en particulier aux fluctuations éventuelles des niveaux d'activité de radionucléides naturels comme le radon. Outre la mise en place d'une station sous les vents dominants, il convient également de prévoir des stations plus proches des dépôts les plus importants envisageables (les dépôts les plus importants peuvent ne pas être situés sous les vents dominants mais sous des vents apportant régulièrement de la pluie, donc générant des dépôts importants par lessivage du panache).

En complément, l'enregistrement continu du rayonnement gamma ambiant à distance du site devrait être réalisé en des points à préciser en fonction des conditions locales d'urbanisation, du tissu industriel et des exploitations agricoles. Dans le cas d'un habitat dispersé, les points sont choisis sur la base des conditions météorologiques (direction des vents).

#### **➤ *Les aérosols atmosphériques***

Afin d'identifier les radionucléides présents dans l'environnement et, le cas échéant, d'aider à l'interprétation des mesures du rayonnement gamma, il est installé, aux mêmes stations que ci-dessus, des équipements de prélèvement d'aérosols atmosphériques qui permettent de collecter en permanence les radionucléides présents dans l'air afin de les analyser plus finement en laboratoire. Pour l'iode gazeux, des médias filtrants spécifiques (cartouches de charbon actif) sont ajoutés en aval de la veine d'air du système de filtration de l'équipement de prélèvement des aérosols. Afin de limiter l'effet des remises en suspension et de disposer d'informations sur l'activité de l'air inhalé par l'homme, les systèmes de prélèvement ont leurs prises d'air installées à un mètre ou 1,5 mètres du sol, à distance suffisante d'obstacles, de façon à ne pas perturber l'écoulement de l'air.

➤ **Les eaux de précipitation**

La collecte des eaux de précipitation est réalisée aux mêmes stations que les collectes d'aérosols atmosphériques. La mesure des volumes des précipitations permet d'exprimer les résultats en activité volumique et la connaissance de la surface de collecte du pluviomètre permet de déterminer les dépôts surfaciques. La détermination des radionucléides émetteurs  $\gamma$  est réalisée, après filtration de l'eau, par une mesure directe ou par une mesure après concentration par évaporation (si les niveaux recherchés le nécessitent). Une aliquote du prélèvement est utilisée pour déterminer la teneur en tritium par mesure directe par scintillation liquide.

➤ **Les dépôts de radionucléides au sol**

Les lieux de prélèvement sont choisis en tenant compte des roses des vents par temps sec et par temps de pluie (en retenant les directions de vent les plus fréquentes dans ces conditions) ; la distance à l'émissaire doit correspondre à un dépôt maximal.

Deux types de sols sont prélevés : un sol de prairie qui est en général peu ou pas remanié et un sol de culture régulièrement labouré. Le caractère non remanié des sols de prairie est toutefois vérifié régulièrement. Les sols cultivés sont les sols portant une culture végétale tels que les sols maraîchers, de vignes, de vergers ou de céréales.

Les sols ainsi prélevés devraient si possible être ceux où poussent les végétaux et productions agricoles prélevés dans le cadre de la surveillance de routine (voir ci-dessous). De plus, les deux types de prélèvements devraient, autant que possible, être effectués simultanément.

➤ **Les végétaux et le lait**

Pour suivre le marquage des chaînes alimentaires par les rejets d'une installation nucléaire, les prélèvements de végétaux (herbe, fourrage, etc.) sont effectués, dans la mesure du possible, dans les parcelles servant à nourrir les animaux dont le lait fait l'objet de prélèvements, dans les stations dites "influencées" placées sous les vents dominants de l'installation. Ces prairies devraient également être celles où sont effectués les prélèvements de sol de prairie.

Le lait est directement collecté auprès de producteurs dont les animaux vivent en élevage extensif et broutent les mêmes prairies que celles sur lesquelles sont prélevés les échantillons de sol et d'herbe, ou sont nourris depuis au moins deux mois au fourrage ou à l'ensilage local.

➤ **Les productions agricoles (hors lait)**

Le choix des prélèvements est guidé par les productions locales les plus significatives en termes de quantités produites et de capacité à accumuler des radionucléides. Dans le cadre du suivi des rejets atmosphériques, les prélèvements de légumes-feuilles ou de fruits sont les plus appropriés. Ils sont effectués sur des cultures de plein champ et non en serre, sur des légumes ou des fruits à maturité.

➤ **Les activités volumiques dans la zone de mélange des effluents liquides**

Les mesures d'activité volumique sont réalisées en un lieu fixe représentatif de la zone de bon mélange des effluents, à partir de prélèvements à mi-rejet ou en continu dans le milieu récepteur. Les résultats sont donc des valeurs ponctuelles (prélèvements à mi-rejet) représentatives de l'activité volumique atteinte dans le milieu récepteur ou des valeurs intégrées sur la durée du rejet (prélèvements continus).

L'utilisation de matériel d'échantillonnage automatique est à recommander. Le volume d'eau prélevé est fixé en fonction des analyses à réaliser (type et nombre).

En rivière, une station de prélèvement est implantée dans la zone de bon mélange des effluents rejetés, dont la définition doit être soigneusement étudiée (en toute rigueur, la distance de bon mélange varie avec le débit du fleuve). Dans un premier temps, cette distance est évaluée pour des valeurs caractéristiques du débit (régime de crue, régime d'étiage et débit moyen). Pour déterminer l'impact propre à l'installation considérée, il est utile de disposer d'une autre station en amont proche du point de rejet.

Dans le domaine aquatique marin, les stations de prélèvement sont définies à partir d'études de la dispersion des effluents. Typiquement, les points de prélèvement d'eau de mer permettant de déterminer les niveaux d'activité volumique liés aux rejets sont généralement situés à 500 mètres de l'émissaire de rejet. Les localisations précises des points de prélèvement sont en tout état de cause déterminées à partir d'études radioécologiques et de modélisations. Un point fixe systématiquement marqué par l'effluent et facilement accessible (le plus souvent à la côte) est défini ; un autre point considéré comme le point d'activité volumique maximale à la distance retenue (point situé dans l'axe du panache) fait également l'objet de prélèvements ; l'heure des prélèvements par rapport à la marée est précisée.

➤ **Les sédiments, la faune et la flore aquatiques dans le milieu récepteur**

L'arrêté interministériel du 26 novembre 1999 prévoit la surveillance, par campagne, de la radioactivité dans les sédiments, la faune et la flore aquatique dans le milieu récepteur.

Les sédiments jouent un rôle d'intégrateur des radionucléides présents initialement dans les eaux, notamment ceux sous forme particulaire. La surveillance des sédiments permet de suivre l'accumulation des radionucléides. Ainsi, il convient de surveiller les zones d'accumulation de sédiments fins qui sont les plus susceptibles de concentrer les radionucléides. Le choix des sites de prélèvement repose donc sur la connaissance des dépôts sédimentaires qui sont répertoriés.

Lorsqu'un site de prélèvement comporte des sédiments de différentes granulométries (cas fréquent pour les plages), des échantillons composites sont réalisés ; ils résultent d'un mélange homogène, en proportions identiques, d'échantillons ou de fractions d'échantillons représentatifs afin de se rapprocher de la valeur moyenne des activités volumiques pour un radionucléide ou globalement pour le site de prélèvement. Les échantillons élémentaires qui composent les échantillons composites sont de même nature et les fractions granulométriques concernées sont du même ordre de grandeur.

La surveillance de la radioactivité de la faune et la flore doit porter préférentiellement sur des espèces biologiques qui accumulent les radionucléides (bio-indicateurs) ou des espèces qui sont consommées. Pour la surveillance du bon fonctionnement des installations, ce sont des espèces bio-indicatrices de type sentinelle (qui accumulent rapidement les radionucléides rejetés) qui sont recherchées. Pour la flore, ce sont des hydrophytes (végétaux de pleine eau) fixés ou flottants, essentiellement des mousses aquatiques et des algues. Pour la

faune, des mollusques filtreurs, comme différentes espèces de moules, peuvent être prélevés. Dans le cas d'un site où la zone soumise à l'influence directe des rejets est dépourvue de telles espèces, des implantations peuvent être réalisées.

Afin de s'affranchir de l'effet des variations de l'accumulation des radionucléides (variations selon l'espèce, selon les individus) dues à la composition des échantillons et pour constituer des séries chronologiques faciles à interpréter, un échantillon est constitué de plusieurs individus de la même espèce et de la même taille, donc approximativement du même âge.

Dans le cas d'une surveillance des espèces consommées, généralement des poissons, les mêmes précautions que pour les échantillons mentionnés ci-dessus sont prises.

Pour les rejets en mer, une espèce d'algue et une espèce de mollusque présentes de manière fixe sur les estrans sont prélevées de part et d'autre du point de rejet en au moins deux stations de prélèvement, ainsi que des sédiments de plages proches des estrans précités.

#### ➤ **Les eaux souterraines et les eaux de surface autres que celles du milieu récepteur**

La surveillance des eaux souterraines et des eaux de surface autres que celles du milieu récepteur a un rôle de vigilance pour ces eaux qui, compte tenu de leur situation, ne devraient pas contenir de radionucléides provenant de l'installation. En cas de présence de radionucléides dans une ressource en eau destinée à la consommation humaine, cette surveillance a aussi une vocation dosimétrique.

Les prélèvements d'eau dans les nappes sont effectués directement dans des forages ou dans des piézomètres à l'aide de pompes. Dans tous les cas, il convient de privilégier les forages exploités afin que les prélèvements ne débutent qu'après vidange du système d'exploitation ; de cette manière, les caractéristiques de l'eau recueillie (pH, température, conductivité) sont bien celles de la nappe.

Les eaux d'irrigation proviennent de nappes exploitées par des forages ou sont issues directement d'un canal ou d'un cours d'eau. Les prélèvements sont réalisés directement dans le système de distribution à l'emplacement de la prise d'eau destinée à l'irrigation. Là aussi, une vidange du système de distribution est réalisée au préalable, pour que les caractéristiques de l'eau recueillie soient stables.

Cette surveillance peut être complétée par des mesures régulières (par exemple mensuelles) de l'activité de l'eau potable distribuée, en des points où cette eau provient de cours d'eau ou de nappes sous l'influence des rejets d'effluents liquides, voire, dans certains cas, des retombées au sol de radionucléides contenus dans les effluents gazeux (cas du tritium).

### **6.4. Fréquences des prélèvements et des mesures**

Les mesures de routine, lorsqu'elles ne sont pas réalisées en continu, sont faites à des fréquences adaptées à la périodicité des rejets.

Ainsi, les équipements de prélèvement d'aérosols atmosphériques présents à proximité de l'installation sont en fonctionnement continu pour permettre une analyse, au minimum journalière, des filtres en laboratoire en vue de déterminer les activités volumiques de radionucléides émetteurs gamma, comme les isotopes du césium et du cobalt, éventuellement de l'iode s'ils sont sous la forme d'aérosols. De plus, ces filtres journaliers, collectés sur une semaine ou un mois, peuvent être regroupés pour confectionner des

échantillons hebdomadaires ou mensuels dont l'analyse permet d'abaisser les limites de détection pour les émetteurs gamma ou de réaliser des analyses par spectrométrie alpha pour déterminer les activités volumiques des émetteurs alpha (plutonium et américium en particulier). Par ailleurs, la périodicité des prélèvements d'aérosols à plus grande distance de l'installation devrait être de l'ordre de la semaine.

La surveillance des dépôts de radionucléides au sol est au minimum annuelle. La date de prélèvement de la couche superficielle du sol est déterminée en fonction du cycle météorologique local : les prélèvements sont réalisés à la fin de la saison la plus humide.

Les prélèvements d'herbe et de lait sont au minimum mensuels.

La fréquence des prélèvements pour la surveillance des productions agricoles est normalement annuelle ; les prélèvements sont effectués pendant la saison de production : légumes et fruits de printemps (salades, fraises, cerises), d'été (tomates, courgettes, pêches) et d'automne (raisins, pommes, choux).