



Ingénieur du Génie Sanitaire

Promotion : **2008 – 2009**

Date du Jury : **Septembre 2009**

**Réflexions sur l'harmonisation
des méthodologies utilisées
pour les études d'impact
des Installations Nucléaires de Base**

Sylvain D'AGATA

Ingénieur Eau et Environnement

Remerciements

Je remercie tout d'abord Caroline Callens, Stéphanie Garcia (DDASS 84) et Nathalie Bonvallot (EHESP) pour leur encadrement, la qualité de leur écoute et de leurs conseils ainsi que l'attention qu'elles m'ont accordés tout au long de ce stage.

Je tiens également à remercier Dominique Perrier et Nadia Brie pour m'avoir accueilli dans leur chaleureux bureau au « cœur » de la vie du service. Je remercie aussi tout le reste du personnel du service santé-environnement de la DDASS du Vaucluse, et Gisèle pour leur enthousiasme et la bonne ambiance qui règne dans le couloir Santé Environnement.

Je souhaite aussi remercier toutes les personnes qui m'ont accordé un peu de leur temps pour répondre à mes questions, et avec qui j'ai pu apprendre beaucoup, en particulier sur la protection radiologique et les VSEI, à savoir Catherine Mercat, Frédéric Brun, Jany Petit, Cécile Lecarme et Jean-Marie Chabran (AREVA Tricastin), Caroline Ringear, Dominique Laurier (IRSN), Olivier Catelinois (InVS), Denis Bard (EHESP), Frédéric Jourdain (DGS), Muriel Andrieu-Semmel (DRASS PACA), Karine Hadji (DDASS 13), Armelle Mercurol (DDASS 26) et Isabelle Lorandi (DDASS 30).

Enfin, je tiens à remercier Maëlle, pour son soutien et ses conseils tout au long de ces quatre mois.

Toutes ces personnes ont influencé plus ou moins l'écriture de ce mémoire et, sans elles, ce travail aurait sûrement été différent.

Sommaire

Introduction	1
1 Contexte et définitions réglementaires	3
1.1 Les Installations Nucléaires de Base	3
1.1.1 Définition d'une INB	3
1.1.2 Les INB sur le territoire français et le Vaucluse	3
1.2 Demande d'Autorisation de Rejets d'une INB.....	4
1.2.1 Contenu d'une l'Etude d'Impact	4
1.2.2 Les acteurs des volets sanitaires d'étude d'impact.....	5
1.3 Objectifs, enjeux du mémoire.....	6
2 Matériel et méthode	7
2.1 Mise en évidence des différences	7
2.2 Etudes des différences.....	8
2.3 Propositions d'harmonisation.....	9
3 Méthodologies des VSEI	10
3.1 Risque Chimique.....	10
3.1.1 Caractérisation du site	11
3.1.2 Identification des dangers	13
3.1.3 Evaluation des relations dose-réponse	14
3.1.4 Evaluation des expositions	14
3.1.5 Caractérisation du risque	17
3.2 Risque Radiologique	19
3.2.1 Description de l'installation et des rejets.....	19
3.2.2 Description de l'environnement.....	21
3.2.3 Estimation de l'impact radiologique	25
3.2.4 Synthèse de la méthodologie.....	27
4 Etudes des différences constatées	28
4.1 Identification des dangers	28
4.1.1 Différence constatée	28
4.1.2 Origines et explications.....	28
4.1.3 Difficultés induites	30

4.2	Présentation des résultats des VSEI	31
4.2.1	Différence constatée.....	31
4.2.2	Origines et explications	31
4.2.3	Difficultés induites.....	34
4.3	Définition de groupes de référence	35
4.3.1	Différence constatée.....	35
4.3.2	Origines et explications	35
4.3.3	Difficultés induites.....	36
4.4	Synthèse.....	36
5	Réflexions sur l'harmonisation des méthodologies	37
5.1	Identification des dangers	37
5.2	Concepts de protection radiologique.....	37
5.2.1	Utilisation de l'excès de risque	37
5.2.2	Présentation des concepts	39
5.3	Calculs d'exposition.....	40
5.3.1	Sélection des groupes de référence.....	40
5.3.2	Modèles de calcul.....	40
5.4	Méthodologie Proposée.....	41
5.4.1	Données descriptives utiles.....	41
5.4.2	Caractérisation des rejets.....	42
5.4.3	Identification des dangers.....	43
5.4.4	Evaluation des expositions	44
5.4.5	Caractérisation des risques	46
	Conclusion	49
	Bibliographie.....	51
	Liste des Figures	56
	Liste des Tableaux	56
	Liste des annexes.....	I

Liste des sigles utilisés

AIEA	: Agence Internationale de l'Energie Atomique
ARS	: Agence Régionale de Santé
ASN	: Autorité de Sûreté Nucléaire
ATSDR	: Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BET	: Budgets Espace Temps
CI	: Concentration moyenne Inhalée
CIPR	: Commission Internationale de Protection Radiologique
CIRC	: Centre international de Recherche sur le Cancer
CNPE	: Centre National de Production d'Electricité
CSHPF	: Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France
CT	: Concentration Tolérable
CTA	: Coefficients de Transfert Atmosphérique
DAC	: Demande d'Autorisation de Création
DARPE	: Demandes d'Autorisation de Rejets
DDASS	: Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DGS	: Direction Générale de la Santé
DJA	: Dose Journalière Admissible
DJE	: Dose Journalière d'Exposition
DRASS	: Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales
DSIN	: Direction de Sûreté des Installations Nucléaires
ERI	: Excès de Risque Individuel
ERS	: Evaluation de Risque Sanitaire
ERU _i	: Excès de Risque Unitaire par inhalation
ERU _o	: Excès de Risque Unitaire par voie orale
FEDDD	: Facteur de Dose et de Débit de Dose
GRNC	: Groupe Radioécologie Nord Cotentin
ICPE	: Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INB	: Installation Nucléaire de Base
INERIS	: Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
InVS	: Institut de Veille Sanitaire
IPSN	: Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire
IR	: Indice de Risque
IRSN	: Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
RGPP	: révision générale des politiques publiques

RGPP	: Réforme Générale des Politiques Publiques
RIVM	: National Institute of Public Health and Environment
TLE	: Transfert Linéique d'Energie
UNSCEAR	: comité scientifique des Nations-Unies sur les effets des rayonnements
US EPA	: Agence américaine de Protection de l'Environnement
VSCEI	: Volet Sanitaire Chimique des Etudes d'Impact
VSEI	: Volet Sanitaire des Etudes d'Impact
VSREI	: Volet Sanitaire Radiologique des Etudes d'Impact
VTR	: Valeurs Toxicologiques de Référence

Introduction

Depuis la fin des années soixante-dix, l'Etat se dote de lois afin de réglementer l'implantation des installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée qui peuvent avoir un impact sur la commodité du voisinage, la santé, la sécurité et la salubrité publique, la protection de la nature et de l'environnement. Ces textes imposent au pétitionnaire, selon l'importance de l'activité, l'élaboration d'un dossier d'autorisation d'exploiter comprenant, entre autre, une étude de l'impact de l'installation sur son environnement. Celle-ci consiste en une analyse des conséquences prévisibles attribuables au projet (liées au fonctionnement et notamment aux rejets de l'installation) sur l'environnement et la santé, et à proposer des mesures préventives pour les supprimer, les limiter ou à défaut les compenser. Elle a pour but de fournir aux autorités compétentes les éléments nécessaires à la prise de décision et d'informer le public sur l'impact prévisionnel du projet sur l'environnement.

Les Installations Nucléaires de Base (INB) sont considérées comme des installations ayant un impact potentiel sur l'environnement et, en ce sens, les pétitionnaires sont soumis à certaines de ces lois. Toutefois, les études d'impact d'INB, du fait de l'activité particulière liée au domaine nucléaire, doit analyser l'impact biologique, physique, chimique **et** radiologique de l'installation.

Les méthodologies utilisées pour l'évaluation des risques des rejets chimiques et des rejets radioactifs sont différentes. Ces différences ressortent d'autant plus lorsqu'elles sont utilisées pour produire un unique dossier, comme par exemple les Volets Sanitaires des Etudes d'Impact (VSEI) des Demandes d'Autorisation de Rejets et de Prélèvements d'Eau (DARPE) ou des Demandes d'Autorisation de Création (DAC) d'INB. Ces différences méthodologiques nuisent à la clarté et à la transparence du dossier.

Dans ce contexte, ce mémoire vise, dans un premier temps, à identifier et expliquer ces différences méthodologiques afin de proposer, dans un second temps, une réflexion sur les moyens qui permettraient d'harmoniser les méthodologies utilisées dans les VSEI.

Avant de répondre à ces objectifs, ce mémoire resitue le cadre réglementaire des INB ainsi que la situation du Vaucluse, département particulièrement concerné par ces installations en France.

1 Contexte et définitions réglementaires

1.1 Les Installations Nucléaires de Base

1.1.1 Définition d'une INB

Le décret n°2007-830 du 11 mai 2007 (modifiant le décret n° 63-1228 du 11 décembre 1963 relatif aux installations nucléaires) relatif à la nomenclature des installations nucléaires de base définit les INB comme :

1. Les réacteurs nucléaires, à l'exception de ceux qui font partie d'un moyen de transport ;
2. Les accélérateurs de particules dont les caractéristiques sont fixées par arrêté conjoint du ministre de l'éducation nationale, du ministre du développement industriel et scientifique et du ministre de la santé publique ;
3. Les usines de préparation, de fabrication ou de transformation de substances radioactives, c'est-à-dire de toutes substances naturelles ou artificielles émettant des rayonnements directement ou indirectement ionisants, notamment : les usines de préparation des combustibles nucléaires, de séparation des isotopes des combustibles nucléaires, de traitement des combustibles nucléaires irradiés ou de traitement de déchets radioactifs ;
4. Les installations destinées au stockage, au dépôt ou à l'utilisation de substances radioactives, y compris les déchets, notamment celles qui sont destinées à l'irradiation.

Les usines et installations définies aux deux derniers points sont des installations nucléaires de base lorsque la quantité ou l'activité totale des substances radioactives pouvant y être détenues est supérieure au minimum fixé, par arrêté conjoint du ministre du développement industriel et scientifique, du ministre de la santé publique et du ministre chargé de la protection de la nature et de l'environnement, selon le type d'installation et le radioélément considéré .

1.1.2 Les INB sur le territoire français et le Vaucluse

La liste des INB en France est mise à jour chaque année par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN). Le 31 décembre 2008, 123 installations avaient le statut d'INB en France.

Ce mémoire, s'est déroulé au sein de la DDASS du Vaucluse. Ce département est concerné par un cinquième des INB françaises même si aucune de ces installations n'est implantée sur son territoire : 5 INB sont soumises à autorisation sur le site de Marcoule

dans le Gard, 9 sur le site du Tricastin (l'un des plus importants sites nucléaire en France) dans la Drôme et 10 sur le site de Cadarache dans les Bouches du Rhône. Le service santé environnement de la DDASS du Vaucluse porte donc un intérêt particulier à ce travail. Les demandes d'autorisation étant renouvelables tous les dix ans (au maximum) et devant être réactualisées à chaque modification d'INB, ce service a émis sur les quatre dernières années, 12 avis sur des autorisations d'INB (5 pour des dossiers sur Cadarache, 3 sur Marcoule et 4 sur le site du Tricastin).

1.2 Demande d'Autorisation de Rejets d'une INB

La loi 2006-686 du 13 juin 2006, relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, et le décret 2007-1557 du 2 novembre 2007 relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives ont rénové en profondeur le régime d'autorisation des INB. Ils abrogent le décret du 11 décembre 1963 relatif aux installations nucléaires et celui du 4 mai 1995 relatif aux rejets d'effluents liquides et gazeux et aux prélèvements d'eau des INB.

Ces textes sont liés à la transposition en droit français de la directive 96/29/EURATOM du Conseil en date du 13 mai 1996 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants, et présentent la procédure pour les DAC et les DARPE des INB. Ces autorisations sont délivrées par décret interministériel.

L'article 8 du décret 2007-1557 présente les pièces à fournir dans les DARPE et DAC. Ces autorisations ne dispensent pas l'exploitant d'obtenir les titres requis par d'autres législations comme par exemple un permis de construire, des éventuelles autorisations délivrées par la préfecture maritime, la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement... Ce mémoire ne traitera pas de ces points, il se focalisera sur les études d'impact des DARPE et DAC décrites par l'article 9 du décret 2007-1557.

1.2.1 Contenu d'une l'Etude d'Impact

Ce document doit exposer les incidences prévisibles du projet sur l'environnement et la santé. Son niveau de détail sera lié à l'importance de l'installation projetée. Plusieurs pièces sont demandées dans ce dossier par l'article 9 du décret 2007-1557 :

- 1) une analyse de l'état initial du site et son environnement ;
- 2) une analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents de l'installation sur l'environnement et en particulier la santé, la salubrité et la sécurité publique ;
- 3) les raisons pour lesquelles le projet a été retenu ;

- 4) les mesures envisagées par l'exploitant pour prévenir, limiter et si possible, compenser les inconvénients de l'installation ;
- 5) une analyse des méthodes utilisées pour évaluer les effets sur l'environnement ;
- 6) Un résumé non technique de l'étude destiné à faciliter la prise de connaissance par le public des informations contenues dans celle-ci.

Ce mémoire porte sur la méthodologie d'analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents des activités chimiques et radiologiques de l'installation sur la santé. Il ne traitera donc pas de l'impact environnemental, ni de l'impact sanitaire biologique (amibes, légionnelles...) ou physique (ondes électromagnétiques, bruit).

1.2.2 Les acteurs des volets sanitaires d'étude d'impact

Le principal acteur est le pétitionnaire. Il est responsable de l'élaboration des études d'impact (et *a fortiori* des VSEI). Leur diffusion est effectuée dans le cadre des enquêtes publiques réalisées lors de l'instruction des DARPE ou DAC.

Au niveau de l'instruction du dossier, plusieurs entités interviennent pour émettre des avis sur cette demande :

- Sur le plan national, la Direction Générale de la Santé (DGS) émet un avis sur le volet sanitaire chimique de l'étude d'impact (VSCEI), elle juge si le risque est acceptable ou non. Le volet sanitaire radiologique de l'étude d'impact (VSREI) est instruit par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN)¹, avec l'appui de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN). Sur la base de ces deux avis, le ministre de la santé rend un avis, et le notifie aux ministres chargés de l'industrie et de l'environnement ;
- Au niveau local, dans le cadre de l'enquête publique, les Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) concernées, c'est-à-dire situées à 5 km du périmètre de l'INB sont sollicitées pour émettre un avis, pour le préfet, sur l'impact global de l'installation.

D'autres acteurs sont mis en jeu indirectement : l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), l'Institut de Veille Sanitaire (InVS), le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France² (CSHPF) et l'IRSN ont pris part dans la réalisation de guides régulièrement utilisés par les exploitants pour réaliser leurs études

¹ Ce n'est pas l'unique mission de l'ASN dans la procédure DARPE – DAC. Etant donné ses compétences, elle est l'entité principale (depuis la loi 2006-686) de l'instruction des dossiers pour le compte du ministère de la santé.

² Le CSHPF s'est divisé en deux agences : l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments et l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail.

d'impact. Même si les industriels adaptent les méthodologies présentées dans ces guides à leurs sites, ces textes servent généralement de base à la réalisation des VSEI.

Remarque : Dans la mesure où la définition des institutions (en particulier, des DDASS) faisant suite à la révision générale des politiques publiques (RGPP) n'est pas achevée au moment de la rédaction de ce mémoire, celui-ci est fondé sur l'organisation antérieure à cette réforme. Les compétences en santé environnement des DDASS devraient être transférées aux Agences Régionales de Santé (ARS). Parallèlement à la définition du rôle des ARS vis-à-vis de l'instruction des DARPE, une mise à jour de ce travail devra potentiellement être faite.

1.3 Objectifs, enjeux du mémoire

Les méthodologies, utilisées par les exploitants pour réaliser les volets sanitaires de leurs études d'impact (qui s'inspirent des guides du CSHPF, de l'InVS, de l'INERIS et de l'IRSN) présentent des différences entre elles. Ces différences empêchent d'une part les gestionnaires de risque d'avoir une vision globale de l'impact d'une INB, et d'autre part le grand public de comprendre les risques réellement subits aux alentours des sites nucléaires.

Ce mémoire, a pour objectif d'identifier chacune des différences entre les méthodologies d'évaluation du risque chimique et du risque radiologique, d'en trouver l'origine et la justification, pour ensuite proposer des pistes de réflexion sur l'harmonisation de ces études.

Le premier enjeu est sanitaire, car plus le VSEI sera clair, plus les mesures de gestion de l'impact à prendre en compte seront adaptées.

Le second enjeu est quant à lui social. En effet, si le risque attendu est clairement expliqué, de la manière la plus transparente possible, il sera peut être considéré comme plus acceptable par les riverains et cela pourrait ainsi éviter (ou limiter) la mise en œuvre de chantiers de concertation souvent longs et onéreux.

2 Matériel et méthode

Le travail se divise en trois temps successifs : la mise en évidence des différences, l'étude de celles-ci et une réflexion sur les possibilités d'harmoniser les méthodologies existantes.

2.1 Mise en évidence des différences

Pour mettre en évidence les différences méthodologiques, une première étude a été réalisée sur les guides publics :

- *Evaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des installations classées - Risques dus aux substances chimiques* publiée en 2003 par l'INERIS ;
- *Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact*, publié en 2000 par l'InVS.
- *Guide d'examen pour l'étude d'impact radiologique d'une INB fournie à l'appui des demandes d'autorisation de rejets*, publié en 2002 par l'IRSN.
- *Etude de l'impact radiologique sur le public des installations nucléaires en fonctionnement normal*, publiée en 2000 par le CSHPF.

Cette étude a été complétée par une analyse d'études d'impact disponibles à la DDASS du Vaucluse :

- Etude d'impact du Dossier de Demande d'Autorisation de modification de l'INB Georges Besse II (AREVA), transmise à la DDASS du Vaucluse dans le cadre de l'enquête publique en 2007 : Cette modification concerne l'atelier de support aux unités d'enrichissement dénommé REC II. Elle a pour objectif d'étendre les fonctions de l'atelier à la mise en œuvre d'hexafluorure d'uranium issu du traitement des combustibles usés. Ainsi, les fonctions de transfert et d'échantillonnage d'hexafluorure d'uranium naturel et d'uranium issu du traitement de combustibles usés actuellement partagées avec un autre atelier du site du Tricastin seront regroupées dans l'INB Georges Besse II. Cette modification s'accompagne de l'extension du périmètre de l'INB tout en restant dans les limites du site du Tricastin.
- Etude d'impact du Dossier de demande de renouvellement des autorisations de prélèvements d'eau et de rejets du Centre National de Production d'Electricité (CNPE) du Tricastin (EDF), transmise à la DDASS du Vaucluse dans le cadre de l'enquête publique en 2006 : Certaines autorisations (prélèvements d'eau, rejets

gazeux, liquides non radioactifs et radioactifs) sont délivrées pour une durée limitée. Le pétitionnaire est donc chargé de présenter une demande de renouvellement de ces autorisations. Ce dossier a de plus la particularité de présenter, afin de prendre en compte une évolution du mode de gestion du combustible, une demande spécifique pour augmenter la limite annuelle des rejets radioactifs liquides en tritium.

- Etude d'impact du Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter de l'INB COMURHEX II (AREVA), transmise à la DDASS du Vaucluse dans le cadre de l'enquête publique en 2009 : Découlant d'une volonté de moderniser ses outils de conversion, les évolutions de l'établissement COMURHEX ont un double objectif : Pérenniser les activités de production d' UF_6 issu d'uranium naturel et augmenter la capacité de production d' UF_6 afin d'anticiper l'accroissement de la demande mondiale future en combustible nucléaire. Concrètement, cette évolution se traduit par la construction de nouvelles unités destinées à remplacer les installations existantes pour la production de fluor par électrolyse, la fluoration de l' UF_4 et le traitement des effluents liquides.

D'autres dossiers étaient disponibles à la DDASS du Vaucluse, cependant, pour optimiser le temps de travail, une sélection était nécessaire. Ont été choisis pour l'étude les dossiers qui, d'une part, étaient les plus récents, et d'autre part, concernaient des projets de grande envergure. Les projets en cours sur Cadarache sont principalement des études préalables au projet ITER et les études d'impact des INB exploités par AREVA sur le site de Marcoule sont plus anciennes que celles réalisées par le même exploitant sur le site du Tricastin. Le dossier du CNPE d'EDF a été conservé pour avoir la vision des VSEI d'un autre exploitant.

2.2 Etudes des différences

Chaque différence constatée a été ensuite examinée :

- Les difficultés liées à chacune d'elles ont été recensées en contactant les DDASS des départements voisins du Vaucluse (Bouches du Rhône, Drôme et Gard) ;
- L'origine et la justification de leur présence ont ensuite été analysées
 - en étudiant tout d'abord les publications internationales de protection radiologique à l'origine de la réglementation européenne et française (en particulier les textes de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique

(AIEA) et du comité scientifique des Nations-Unies sur les effets des rayonnements (UNSCEAR)) ;

- en analysant les évaluations de risque et les études épidémiologiques effectuées autour des sites nucléaires (en particulier celles réalisées par le Groupe Radioécologie du Nord Cotentin (GRNC) qui prennent en compte, comme ce mémoire, le coté chimique et radiologique de l'activité des INB) ;
- en contactant des personnes compétentes dans l'évaluation du risque chimique (à la Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales (DRASS) PACA et à la DGS), et des personnes compétentes dans l'évaluation du risque radiologique (au sein de l'IRSN et de l'InVS). La liste des contacts est jointe en annexe 1.

2.3 Propositions d'harmonisation

Les pistes d'harmonisation devaient, en plus d'apporter une certaine homogénéité aux deux volets du VSEI, être réalisables. C'est pour cela qu'elles ont été réfléchies :

- En se basant sur les travaux réalisés par le GRNC ;
- Au cours de réunions avec des exploitants, à la suite d'une présentation des différences constatées. (annexe 1)

3 Méthodologies des VSEI

Cette partie a pour objectif de présenter une synthèse des guides publics et des VSEI produits par les exploitants (à partir des DARPE transmises à la DDASS du Vaucluse par AREVA et EDF sur le site du Tricastin). Elle ne traitera que de méthodologie générale mais fera parfois référence, à titre d'exemple, à des particularités observées dans les dossiers des exploitants.

3.1 Risque Chimique

Les deux organismes (InVS et INERIS) ont choisi la démarche d'Evaluation des Risques Sanitaire (ERS) pour évaluer l'impact des rejets chimiques des installations. Cette méthodologie, datant des années 80, reste la plus appropriée pour évaluer des risques induits par de faibles rejets et estimer des risques « à venir » (InVS, 2000). Ce choix est en accord avec la réglementation, en effet, les DDASS et la DGS devant donner un avis favorable ou défavorable sur les demandes d'autorisation en fonction de l'impact sanitaire attribuable à l'installation, le VSCEI se doit d'être un outil **d'aide à la décision en situation d'incertitude**. C'est généralement une étude pluridisciplinaire, qui repose sur plusieurs principes nécessaires au dialogue entre les différents domaines scientifiques (InVS, 2000 ; INERIS, 2003) :

- Le principe de prudence scientifique : adopter en cas d'absence de données reconnues, des hypothèses raisonnablement majorantes ;
- Le principe de proportionnalité : cohérence entre le degré d'approfondissement de l'étude et l'importance de l'impact prévisible de la pollution ;
- Le principe de spécificité : prendre en compte au mieux possible les caractéristiques propres du site, de la source de pollution et des populations potentiellement exposées ;
- Le principe de transparence : Les choix de l'évaluateur de risque doivent être cohérents et justifiés.

La démarche présentée par les deux guides repose sur cinq étapes principales :

- La caractérisation du site ;
- L'identification des dangers ;
- L'évaluation des relations dose-réponse ;
- L'évaluation des expositions ;
- La caractérisation du risque.

En pratique, les étapes « identification des dangers » et « évaluation des relations doses réponses » sont généralement regroupées en une seule étape (AREVA, 2007 ; AREVA, 2009 ; EDF, 2006). Il se peut de plus que l'étude n'aboutisse pas à un calcul de risque (s'il n'y a pas de population riveraine ou si aucune substance toxique n'est émise).

3.1.1 Caractérisation du site

Dans la démarche d'ERS, développée par l'académie de médecine américaine, cette étape n'est pas demandée. Cependant, elle est utilisée pour évaluer le risque d'une substance prise individuellement. Dans le cas des rejets d'installation, c'est un panel de substances qui est émis (plus de 18 substances sont présentes dans les rejets aqueux et 6 dans les rejets gazeux de l'INB COMURHEX II). De plus, l'environnement du site (climat, relief, hydrologie...) favorisant ou non la dispersion des rejets, et la situation des populations riveraines (localisation, comportement...) sont des paramètres qui influenceront les résultats des étapes suivantes. La caractérisation du site, a pour objectif de décrire au mieux les rejets et les différents compartiments de l'environnement susceptibles d'être impactés, et de présenter les données qui seront utilisées pour la réalisation des étapes de l'ERS (INERIS, 2003).

A) Données socio économiques

La description de l'environnement économique et social du site apporte des données précisant les conditions d'exposition de la population. Sont identifiés dans cette partie :

- Les installations et aménagements : autres industries, activités agricoles, zones de pêche, de baignade, présence de forages privés ;
- les différents types de populations : localisation géographique (par rapport au panache de dispersion des rejets gazeux) ; données démographiques ; description des activités et du comportement local ;
- Les populations les plus sensibles : en repérant les lieux à risque (hôpital, maison de retraite, crèche) mais aussi en fonction des sensibilités des personnes aux substances émises.

Plusieurs sources de données peuvent être utilisées pour répondre à cette étude selon le guide de l'INERIS : les recensements, plans d'occupation des sols, enquêtes sur les comportements de population...

B) Données rejets et environnementales

L'objectif de cette partie est d'apporter les éléments nécessaires à la sélection des voies de transfert des polluants dans l'environnement, et d'exposition des populations, c'est-à-dire, établir un schéma conceptuel de l'exposition (InVS, 2000).

Selon le guide de l'INERIS elle consiste à :

- Obtenir un inventaire qualitatif (propriétés physico-chimiques, persistance, accumulation dans certains compartiments de l'environnement, sous-produits de transformation...) et quantitatif complet des substances dangereuses émises quelque soit le rejet (gazeux, liquides et solides) ;
- Décrire l'environnement naturel du site influençant la dispersion des rejets (caractéristiques physiques, chimiques, météorologiques, géologiques...) ;
- Définir la contamination des différents compartiments environnementaux et identifier les voies d'exposition principales en croisant les deux points précédents.

C) Sélection des substances

L'identification des dangers et l'évaluation des relations dose réponse sont d'autant plus longues et fastidieuses à réaliser que le nombre de substances rejetées est grand. Une sélection de substances peut être accordée si elle est explicitée. Des critères de sélection sont énoncés dans les guides InVS et INERIS : importance des émissions, toxicité, comportement dans l'environnement, spécificité à la source, pression sociale...

Un calcul rapide du niveau d'exposition (par exemple : sans utiliser de facteurs de dilution/dispersion) et du niveau de risque peut être un moyen d'écarter une substance (INERIS, 2003).

Concrètement, les exploitants utilisent diverses méthodes pour sélectionner les substances :

Dans la DARPE du CNPE d'EDF, l'évaluateur de risque raisonne selon deux critères successifs : Une première sélection relève du critère « toxicité potentielle » : les substances non retenues ne présentent pas de toxicité avérée et la source d'exposition est principalement environnementale (cas des chlorures, du sodium, des sulfates...). Le second critère de sélection est celui de la « quantité rejetée » : Des substances présentant des toxicités faibles (Fer, certains autres métaux) et qui sont émises à des niveaux inférieurs aux quantités présentes dans le milieu ne sont pas retenues pour la suite. Les quatre étapes de l'ERS sont réalisées sur toutes les autres substances.

L'INERIS, qui réalise le VSCEI des INB d'AREVA, procède par une méthode de score proposée initialement par l'InVS et suivi par la circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n°2005-273 du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières : Pour les substances aux effets à seuil, le score est égal à la « "quantité émise" / Valeur Toxicologique de Référence (VTR) ». Pour les substances aux effets sans seuil, le score est égal à la « "quantité émise" x VTR ». Après le calcul des scores pour chaque polluant, les substances retenues sont :

- Le polluant présentant le score le plus élevé ;
- Tous les polluants dont le score est compris entre la valeur précédente et la valeur 100 fois inférieure :
- Les substances rémanentes dans l'environnement dont le score est compris entre le score maximal et la valeur 1000 fois inférieure.

Cette sélection est réalisée pour chaque type d'exposition (aiguë, chronique), chaque type de danger (cancérigène, non cancérigène) et chaque voie d'exposition (inhalation et ingestion).

3.1.2 Identification des dangers

Cette étape consiste à décrire les effets que les substances rejetées pourraient provoquer sur l'organisme. En pratique, cette étape et la suivante « évaluation des relations dose réponse » sont généralement regroupées en une seule (EDF, 2006 ; INERIS, 2007 ; INERIS ; 2009).

A) Présentation des dangers

Les dangers à prendre en compte pour établir le profil toxicologique selon le guide de l'INERIS sont : La **toxicité aiguë**, liée à une exposition de courte durée mais à des doses en général assez élevées, la **toxicité subchronique à chronique**, liée à une exposition de plus longue durée à des doses faibles, la **cancérogénicité**, la **génotoxicité**, et l'impact sur la **reproduction et le développement**.

Les types d'effets attendus (effets à seuil, sans seuil) et leurs cibles (l'organe touché, effet systémique ou local) sont précisés pour chacune des substances (les sous-produits de biodégradation des substances sont aussi pris en compte s'ils ont un potentiel toxique avéré, ou s'ils se bio-accumulent (exemple de la morpholine transformée, en présence de nitrite, en nitrosomorpholine (EDF, 2006)). Pour chacun de ces effets, les voies d'exposition sont précisées, ceci permettra d'orienter l'étape d'évaluation des expositions (INERIS, 2003). Enfin, les groupes de population les plus sensibles à certains effets sont éventuellement indiqués (exemple de la toxicité des nitrates envers les enfants de moins de trois mois (EDF, 2006)).

B) Données sources

Les principaux éléments disponibles sur les dangers de substances sont issus des travaux du CSHPF, de l'INERIS, du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), de l'Agence américaine de Protection de l'Environnement (US EPA), du National Institute of Public Health and

Environnement (RIVM)... Ils sont les résultats d'études soit épidémiologiques (chez l'Homme) soit expérimentales chez l'animal référencées et accessibles.

3.1.3 Evaluation des relations dose-réponse

Cette étape consiste à faire une recherche des VTR sur les bases de données toxicologiques, puis d'en faire une sélection.

A) Recherche de VTR

Des études expérimentales chez l'animal ou des études épidémiologiques humaines permettent de produire des relations entre la dose administrée ou absorbée et l'effet délétère induit (soit l'intensité de l'effet pour les effets à seuil, soit la probabilité d'apparition pour les effets sans seuil). Elles sont établies pour une durée d'exposition donnée (quelques jours à toute une vie), pour une voie d'exposition donnée (inhalation, ingestion sont les plus courantes) et pour un effet spécifique.

Les VTR sont disponibles sur différentes bases de données nationales et internationales en accès libre via internet : celle de l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), de l'OMS, de l'US EPA, de l'INERIS... Un moteur de recherche est désormais utilisable pour retrouver les VTR et les études correspondantes : www.furetox.fr.

B) Sélection des VTR

Du fait de la dépendance des VTR aux conditions d'exposition, il est courant d'obtenir plusieurs valeurs pour une substance (exemple : quatre études fournissent des données sur la toxicité chimique de l'uranium (INERIS, 2009)). Il faut donc souvent faire un choix parmi les études. Il se peut aussi que dans l'état actuel des connaissances aucune VTR ne soit encore validée pour une substance émise dans les rejets. La circulaire DGS/SD. 7B n° 2006-234 du 30/05/06, jointe en annexe 2, présente les différents cas de figure qui peuvent être rencontrés et propose des conduites à tenir.

3.1.4 Evaluation des expositions

Le niveau d'exposition dépend de la concentration en polluant dans les différents compartiments environnementaux et comment les personnes sont exposées à ces milieux. Il s'agit alors de se référer au schéma conceptuel d'exposition (InVS, 2000) : A partir des rejets, évaluer les concentrations de polluants dans les différents compartiments environnementaux, pour quantifier l'exposition des populations cibles en fonction de leur comportement.

A) Description de la population

Les données démographiques et géographiques localisent les riverains par rapport à l'installation (INERIS, 2003). Dans la pratique, selon les exploitants, les informations présentées varient : Pour EDF, le VSCEI est évalué sur une population générale (donc aucune donnée démographique n'est associée) avec des cas particuliers pour les populations sensibles. Dans le cas des INB d'AREVA, la démographie sur un rayon de 10km autour de l'INB est présentée et une sélection de groupes de population considérés comme plus exposés est faite faisant référence à une étude antérieure réalisée par l'industriel.

Pour ces populations (générales ou à la démographie présentée) sont étudiés les facteurs humains d'exposition (budgets espace temps (BET), rations alimentaires...). Ces facteurs se basent sur des études statistiques évaluant le comportement et les activités de la population.

B) Dispersion des polluants

Une fois les riverains localisés, il reste à savoir à quelles substances ils sont exposés. L'évaluateur de risque doit alors suivre la logique « source-vecteur-cible » en prenant en compte les conditions environnementales et les caractéristiques physiques et chimiques des milieux et des substances rejetées (INERIS, 2003).

Les données météorologiques (vent, pluviométrie) et topographiques du site permettent d'évaluer la dispersion atmosphérique des rejets gazeux. La courantologie, l'hydrologie, l'hydrogéologie et la géologie sont les domaines utilisés pour caractériser l'hydrodynamique et les propriétés physico-chimiques des milieux aquatiques récepteurs et ainsi, évaluer la dispersion des rejets liquides.

Evaluer la dispersion des effluents est nécessaire mais pas suffisant selon le guide de l'INERIS. Il faut aller jusqu'à déterminer les concentrations en substances toxiques dans tous les compartiments environnementaux en contact avec le public, comme l'évaluation de la concentration en substance dans l'eau de consommation mais aussi la chair des poissons, du bétail élevé et dans les produits végétaux cultivés au voisinage du site. Négliger une voie de transfert dans un compartiment peut se justifier en utilisant les données relatives aux substances (propriétés physico chimique empêchant l'accumulation ou le transfert d'une substance dans un milieu).

Deux outils sont utilisés pour évaluer les concentrations en polluant des différents compartiments et quantifier l'exposition : La métrologie et la modélisation (EDF, 2006 ; INERIS, 2009). Chacun présente des avantages et des inconvénients (représentativité sur le court terme, le long terme, intégration de la totalité des phénomènes physiques du site, coût financier...). Il est recommandé de mettre le plus souvent en accord les résultats de

ces deux outils complémentaires. Toutefois, lorsqu'un modèle est utilisé, les hypothèses prises en compte et les limites du domaine de calcul de celui-ci doivent être présentées (INERIS, 2003).

C) Quantification de l'exposition

La figure 1 présente les étapes de quantification de l'exposition.

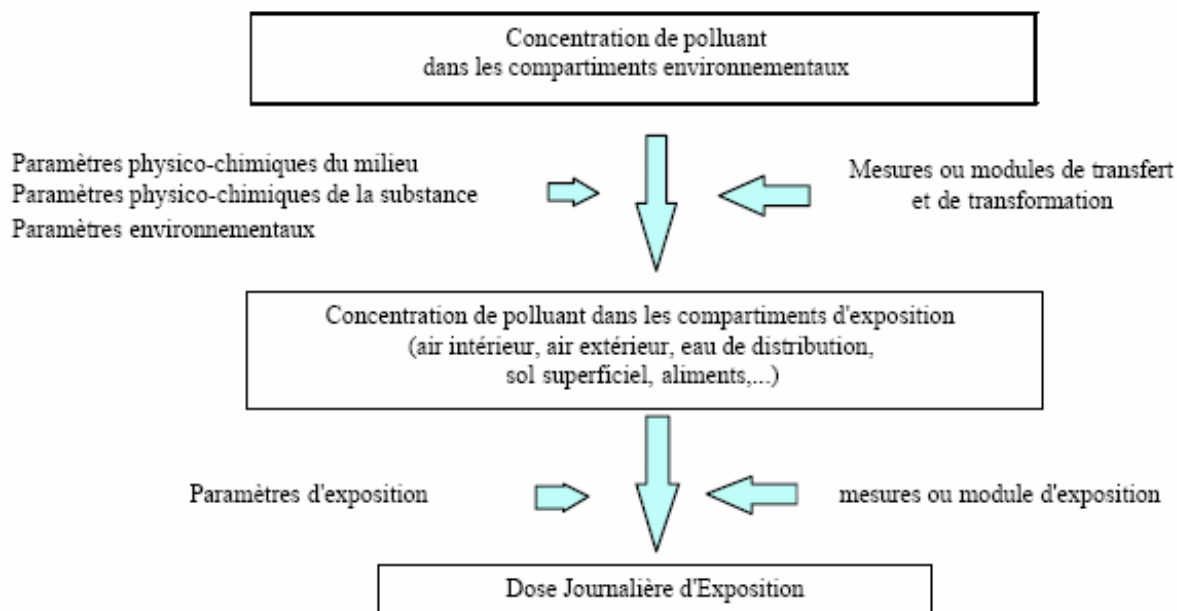


Figure 1 : Démarche de quantification de l'exposition
(Source : Guide INERIS)

Les résultats obtenus, pour chaque voie d'exposition³, devront ensuite être pondérés par la durée et la fréquence d'exposition fixées dans les scénarii d'exposition pour finaliser l'étape d'évaluation des expositions (INERIS, 2003).

Les formules utilisées pour quantifier l'exposition des populations sont présentées en annexe 3, mais d'une manière générale :

- Pour la voie ingestion et cutanée, le résultat de la quantification de l'exposition est appelée Dose Journalière d'Exposition (DJE) et calculée en mg/kg/j ou µg/kg/j (quantités de polluants ingérées ou absorbées rapportée à la masse corporelle);
- Pour la voie inhalation, le résultat de la quantification de l'exposition est appelée la Concentration moyenne Inhalée (CI) et calculée en mg/m³ ou µg/m³.

³ Trois voies principales d'exposition sont identifiées dans les deux guides : Ingestion (sol, poussières, aliments et eau contaminés), inhalation (gaz, poussières, vapeurs d'eau, aérosols) et absorption cutanée (contact avec gaz, sol, poussières, eau contaminée (bain, douche)).

L'évaluation des expositions est une étape très importante car, l'ERS peut s'arrêter à la fin de celle-ci, si elle aboutit à une absence d'exposition (absence de contact entre la population et les milieux impactés).

3.1.5 Caractérisation du risque

L'étape finale de l'ERS présente la synthèse des données nécessaires pour caractériser le risque : les VTR sélectionnées, les DJE évaluées (EDF, 2006 ; INERIS, 2007 ; INERIS, 2009).

Les conditions d'obtention de ces valeurs (conditions expérimentales pour les VTR et scénarii d'exposition pour les DJE) doivent être cohérentes, en particulier sur les durées et les voies d'exposition retenues. Si une extrapolation doit être faite, sa faisabilité est justifiée et argumentée (INERIS, 2003).

A) Effets à seuil

Pour les effets à seuil, le résultat de la caractérisation du risque est l'Indice de Risque (IR)

défini comme : $IR = \frac{DJE}{DJA}$ ou $IR = \frac{CI}{CT}$

Avec :

- DJA : Dose Journalière Admissible, VTR pour les effets à seuil selon la voie ingestion.
- CT : Concentration Tolérable, VTR pour les effets à seuil selon la voie inhalation.

Cet indice est sans unité. Lorsqu'il est inférieur à 1, du fait des facteurs de sécurité adoptés pour établir les VTR, la probabilité d'observer un effet toxique est très faible même chez les personnes les plus sensibles. Au-delà de cette valeur, l'apparition de l'effet ne peut être exclue selon le guide de l'INERIS.

Cette formule doit être appliquée à chaque substance prise individuellement pour l'effet présenté dans l'étape d'identification des dangers. Elle ne peut être appliquée pour quantifier le risque lié à une exposition à un mélange de substances du fait du manque général de connaissance sur les effets combinés.

Pour cette même raison, les IR correspondant à des voies d'administration différentes ou se rapportant à des durées d'exposition différentes seront traités séparément. Cependant, il est possible, d'additionner les indices de risques pour une même durée d'exposition pour un résultat de première approche globale (INERIS, 2003).

B) Effets sans seuil

Pour les effets sans seuil, le résultat de la caractérisation du risque est l'Excès de Risque Individuel (ERI) défini comme : $ERI = DJE \times ERU_o$ ou $ERI = CI \times ERU_i$

Avec :

- ERU_O : Excès de Risque Unitaire par voie orale, VTR pour les effets sans seuil
- ERU_I : Excès de Risque Unitaire par inhalation, VTR pour les effets sans seuil.

L'ERI est aussi sans unité, il représente la probabilité supplémentaire qu'a un individu de développer l'effet associé à la substance sa vie durant.

A titre d'exemple, l'arsenic est un élément provoquant des effets sans seuil par inhalation sur les voies respiratoires (INERIS, 2006). Si un calcul de risque pour cet effet aboutit à un $ERI = 10^{-5}$, le résultat peut s'exprimer sous la forme : « en l'état actuel des connaissances, 1 cas de cancer des voies respiratoires pour 100 000 personnes exposées peut être attendu sur la vie entière de la population exposée, toute chose égale par ailleurs ».

Par prudence, l'US EPA, l'InVS et l'INERIS proposent la possibilité de calculer un ERI global en additionnant les ERI liés aux différentes substances et aux différentes modalités d'exposition.

Enfin, l'ERI peut, sous certaines conditions, être multiplié par l'effectif de la population exposée pour obtenir un excès de risque collectif fournissant une estimation du nombre de cas supplémentaires, attribuables aux rejets, susceptibles d'être observé au cours de la vie de cette population (INERIS, 2003).

C) Discussion des résultats

L'évaluation des risque étant une discipline souvent entachée d'incertitude, chaque résultat doit être présenté avec ses incertitudes et leurs critiques : en particulier sur l'inventaire des substances retenues, les données toxicologiques et leurs extrapolations aux doses des scénarii d'exposition, les effets combinés des mélanges de polluants, les comportements environnementaux des substances, les scénarii et voies d'exposition choisis... (EDF, 2006 ; INERIS, 2007 ; INERIS, 2009 ; INERIS, 2003 ; InVS, 2000)

D) Prise en compte du bruit de fond

La prise en compte du bruit de fond est un sujet émergent dans les VSCEI, il n'est pas vraiment traité par le guide de l'INERIS, mais un mémoire EHESP réalisé en 2008, propose de prendre (ou pas) en compte le bruit de fond industriel et/ou environnemental en fonction des moyens de gestion à mettre en œuvre (PAYRE, 2008)

3.2 Risque Radiologique

L'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN), devenu l'IRSN en 2002, à la demande de la DGS et de la Direction de Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN), a rédigé un guide pour réaliser l'étude de l'impact radiologique d'une INB.

Ce guide tenant compte de la réglementation européenne relative aux INB (directive 96/29/EURATOM) actuellement transcrite en droit français (loi 2006-686 du 13 juin 2006, avec le décret 2007-1557 du 2 novembre 2007), sa méthodologie d'évaluation de l'impact radiologique reste légitime, malgré ses références au 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.

Ce texte présente une analyse de l'impact selon quatre points successifs : la description des effluents rejetés (ou caractérisation du « terme source » (CSHPPF, 2000)), la description de l'environnement, l'estimation de l'impact dosimétrique et les modalités de surveillance de ces rejets.

En pratique, les VSREI (EDF, 2006 ; AREVA, 2007 ; AREVA, 2009) et l'étude du GRNC (MERCAT-ROMMENS, 2005) présentent les données selon une autre chronologie légèrement différente :

Etape 1 : Caractérisation du terme source

Etape 2 : Etude de la dispersion des polluants, et des voies de transferts dans les compartiments environnementaux

Etape 3 : Etude des modes de vie des populations de référence

Etape 4 : Calcul de l'impact dosimétrique

Etape 5 : Modalités de surveillance de l'environnement

Ce mémoire étudiant les méthodologies d'évaluation des risques encourus par les riverains, le dernier point sur les modalités de surveillance des rejets dans l'environnement ne sera pas abordé.

3.2.1 Description de l'installation et des rejets

A) Installations et effluents bruts

Dans cette partie sont décrits avec un niveau de détail approprié :

- les installations à l'origine d'effluents ;
- les flux de radioactivité à travers les ateliers, sous forme schématique, de façon à suivre les transformations subies par les matières.

Ceci afin d'identifier, de manière qualitative et quantitative, la part des flux qui se retrouveront dans les effluents. Les éventuelles opérations de recyclage, de stockage et de regroupement de flux devront être prises en compte (IRSN, 2002).

Chacun des effluents bruts produits (de manière occasionnelle ou en continu) par l'INB, et destinés à être traités⁴, est caractérisé par : sa nature (gaz, liquide ou solide), son régime de production, son débit, ses caractéristiques physico-chimiques importantes (pH, température), sa composition en radionucléide avec les activités correspondantes et les formes physico-chimiques de ces éléments, si nécessaire pour les calculs d'impact (EDF, 2006 ; AREVA, 2009 ; IRSN, 2002).

Cette description doit représenter à la fois le fonctionnement moyen au cours de l'année, les éventuelles variations et les limites admises. Si ces caractéristiques sont très variables, l'amplitude et la fréquence de ces événements sont précisées (IRSN, 2002).

B) Collecte, traitement et rejet des effluents

Cette partie présente en séparant les effluents liquides et gazeux :

- les moyens choisis (en justifiant ses choix) pour collecter et traiter les effluents ;
- un récapitulatif intermédiaire indiquant pour chaque effluent rejeté : sa nature, son débit, ses caractéristiques physico-chimiques principales, la liste des radionucléides qui le composent et leur activité...
- les modalités de rejet :
 - si rejet par cheminée : hauteur, position, débit, vitesse d'éjection...
 - si évent ou exutoire dans un cours d'eau, en mer : position, processus de dispersion
 - les éventuels recours à la prédilution et les régimes de rejet (en continu, par bâchées...)

C) Synthèse et demande d'autorisation

Pour chaque phase d'exploitation (exploitation, maintenance, démantèlement...), la DARPE mentionne clairement les types d'effluents rejetés (gazeux, liquides), les radionucléides mis en jeu et les activités annuelles rejetées prévisibles. D'autres caractéristiques des effluents peuvent être indiquées si nécessaire (EDF, 2006 ; AREVA, 2007 ; AREVA, 2009).

Si le dossier demande une autorisation de transfert d'effluents vers d'autres installations, ces effluents sont décrits de la même façon que s'ils étaient rejetés (IRSN, 2002).

Les données de rejets doivent rester le plus réalistes possible et se fonder sur les réelles activités de l'installation. Ces valeurs peuvent être assorties de marges si elles sont

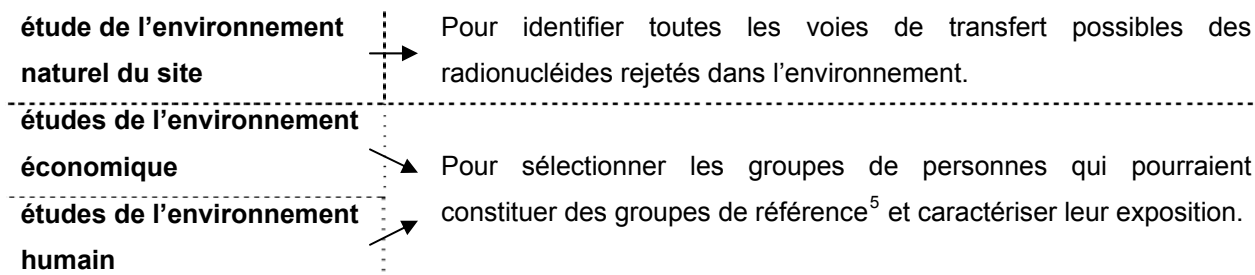
⁴ Les différents effluents bruts sont : les eaux usées, pluviales, les effluents gazeux liés à la ventilation, effluents liés aux procédés, les effluents liquides issus de cuves actives ou suspectes...

explicitées, quantifiées et justifiées (variations du fonctionnement normal, opérations de maintenance...).

Afin d'avoir une vision synthétique globale des rejets, des tableaux récapitulatifs des rejets et leurs caractéristiques (activité annuelle, composition en radionucléides, débit, vitesse et points de rejets...) sont ajoutés (EDF, 2006 ; AREVA, 2009).

3.2.2 Description de l'environnement

Cette étape repose sur trois types d'étude pour répondre à deux objectifs :



Le niveau de détail de ces études sera fonction de l'impact prévisionnel de l'INB.

A) L'environnement naturel

Seuls les thèmes apportant des informations nécessaires pour le calcul de l'impact radiologique sur la santé seront présentés dans cette partie.

a) Conditions météorologiques et topographie

Le climat est l'élément principal dans la dispersion des effluents gazeux. Les vents (représentés par la rose des vents), les précipitations (pluie, neige) la température et l'humidité de l'air en sont les paramètres premiers. L'évaluateur de risque présente alors des données représentatives des conditions au niveau des points d'émission des rejets (IRSN, 2002 ; EDF, 2006 ; AREVA, 2007 ; AREVA, 2009).

L'IRSN recommande de représenter les données météo d'une année « moyenne » en compilant les mesures sur plusieurs années. Des exploitants ajoutent parfois les valeurs des rejets d'une année récente pour comparaison (EDF, 2006 ; AREVA, 2009)

Dans la pratique, des classes de diffusion sont définies dans les modèles (diffusion stable, instable ou neutre) et les conditions de vent (par secteur et par vitesse) sont croisées avec les conditions de pluies (durée des événements pluvieux, quantité d'eau, saisonnalité) pour donner des fréquences combinées, présentées dans le dossier. (EDF, 2006 ; AREVA, 2007 ; AREVA, 2009)

⁵ Groupe de personnes du public raisonnablement homogène quant à son exposition pour une source de rayonnements donnée, et caractéristique des individus recevant la dose efficace ou la dose équivalente (suivant le cas) la plus élevée de cette source. (AIEA, 2007)

Une étude topographique, mettant en évidence les variations de relief à proximité des installations peut s'ajouter aux conditions météorologiques pour orienter les modalités d'évaluation de dispersion des rejets gazeux (IRSN, 2002)

b) Etude du sol

Trois domaines scientifiques caractérisant les sols peuvent apporter des données prises en compte dans les études d'impact (données aux échelles régionale et locale) :

- La géologie et la pédologie : nature et importance des formations rocheuses, granulométrie, teneur en matière organique, pH, capacités d'échange cationique des sols, teneurs en potassium et phosphore assimilables pour les terrains agricoles...
- L'hydrogéologie :
 - Localisation des nappes et des points de communication avec les eaux superficielles, description des écoulements (vitesse, direction), transmissivité, variabilité du niveau du toit de la nappe...
 - Température, alcalinité, potentiel redox, pH, minéralisation des nappes...
 - Situation de l'installation vis-à-vis des périmètres de protection de captage.

Croisées avec les usages de l'eau, ces données sont utiles pour évaluer l'exposition de la population par ingestion d'eau, de fruits et légumes cultivés et irrigués localement (IRSN, 2002).

c) Eaux de surfaces

Si les rejets sont dans un cours d'eau, la description de l'exutoire (ou des exutoires) est faite de la source à la mer. Une présentation des crues et des étiages, des aménagements et des affluents du cours d'eau récepteur est ajoutée. Il est recommandé d'indiquer les zones de bon et mauvais mélange en fonction du régime du cours d'eau et de détailler la nature et la dynamique de dépôt des sédiments au fond de ces cours d'eau. Le niveau de détail est généralement fonction de l'éloignement vis-à-vis de l'installation et des utilisations de l'eau (AREVA, 2007 ; AREVA, 2009).

Si les rejets sont en mer, dans cette partie sont décrits la topographie des côtes et des fonds, les champs de température et de salinité, la sédimentologie, les grands aménagements, les rejets déjà existants... Mais aussi les données de courantologie : marées instantanées, houles et les études de dispersion locales à partir de modèles (IRSN, 2002).

B) Environnement économique et agricole

a) *Activités économiques*

Deux types d'activités économiques sont particulièrement étudiés : les activités dont les rejets sont radioactifs et contribueraient à un bruit de fond industriel, et les activités économiques potentiellement touchées par les rejets (si elles utilisent le milieu récepteur des effluents de l'INB) (IRSN, 2002, AREVA, 2007 ; AREVA, 2009).

b) *Activités agricoles*

Lors de la présentation des activités agricoles, sont identifiées les surfaces agricoles sous le panache des effluents gazeux (un rayon de quelques km autour de l'INB) et les zones cultivées, irriguées ou inondables par des eaux douces recevant les rejets liquides. S'il y a des rejets en mer, les zones de ramassage d'algues ou de produits pour l'amendement des sols agricoles sont identifiées.

Pour les activités mentionnées, il faut préciser la nature et l'importance des productions, les pratiques utilisées, les transformations réalisées et la distribution (IRSN, 2002). Il en est de même pour les activités de pêche et de production aquacole et conchyliques.

A plus petite échelle, il est pertinent de préciser la localisation et l'importance des potagers et vergers privés ainsi que les principales espèces cultivées.

c) *Utilisation des eaux*

En général, si les rejets se font en rivière, la zone sous influence est située en aval de l'installation et peut s'étendre loin du point de rejet, du fait de la faible variation des concentrations en radionucléides après la zone de bon mélange (uniquement due aux points de confluence et à la rétention dans les sédiments). Si les rejets sont en mer, selon les marées, la zone impactée peut s'étendre de part et d'autre de l'installation.

Le niveau de détail de la description des usages restera, tout de même, plus élevé en fonction de la proximité des points de rejet (AREVA, 2007 ; AREVA, 2009, IRSN, 2002).

Trois types d'utilisation des eaux peuvent avoir un impact sur la santé selon le guide de l'IRSN : Les usages domestiques qui constituent une voie d'exposition directe des populations sont les plus détaillés (prises d'eau, réseaux, traitements d'eau, quantité associée et qualité requise). Les usages agricoles sont aussi bien décrits, car les productions agricoles peuvent être à l'origine d'accumulation de radionucléides. Enfin, Les utilisations des eaux pour la pisciculture, les loisirs (baignades) peuvent être décrites si elles permettent d'évaluer le séjour passé sur les berges des rivières ou sur les plages par les groupes de population.

C) L'environnement humain

Le niveau de détail dans la description des différents groupes de population peut varier considérablement selon leur proximité avec le site (IRSN, 2002).

Pour évaluer l'exposition aux rejets liquides, les données démographiques présentées sont en relation avec les données relatives aux utilisations de l'eau dans la zone sous influence des rejets.

Pour les rejets gazeux, la figure suivante représente le niveau de détail des données démographiques demandé en fonction de la proximité du site.

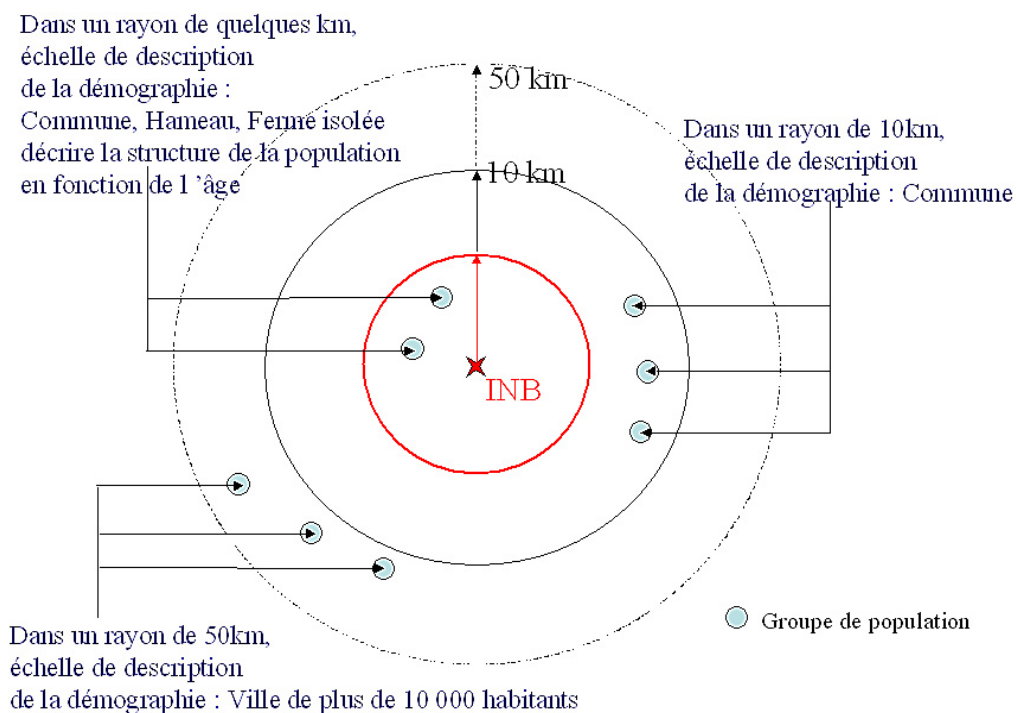


Figure 2 : Détail de la description de la démographie en fonction de la proximité de l'INB

Pour les rejets gazeux, les groupes de référence sont généralement situés dans un rayon de quelques kilomètres aux alentours de l'INB (EDF, 2006 ; AREVA, 2007 ; AREVA, 2009), et, à des distances de l'ordre de 10 à 30 km, l'impact des rejets d'effluents gazeux en situation normale est souvent considéré comme négligeable (IRSN, 2002).

Les facteurs humains d'exposition pour ces populations riveraines sont ensuite évalués :

- habitat dispersé ou regroupé, lieux de travail influençant l'exposition (travail aux champs, pêche professionnelle etc.), loisirs influençant l'exposition...
- BET en fonction des classes d'âges des groupes, précisant la fraction du temps annuel passé à l'extérieur ;
- régimes alimentaires et débits respiratoires ;
- origine des produits alimentaires et de l'eau de consommation

Ces données seront plus ou moins détaillées en fonction de l'éloignement de l'INB. Elles reflètent autant que possible les habitudes locales et sont détaillées en fonction des classes d'âge (EDF, 2006 ; AREVA, 2007 ; AREVA, 2009). Les références aux publications fournissant ces données seront citées.

3.2.3 Estimation de l'impact radiologique

L'estimation de l'impact dosimétrique dépend à la fois des rejets de l'installation et des conditions d'exposition des groupes de référence aux substances. Des facteurs supplémentaires d'accumulation de radionucléides dans certains compartiments de l'environnement pourront être pris en compte dans le calcul (IRSN, 2002). Cette estimation est menée en rapport avec l'état radiologique de référence (niveau zéro), représentatif du niveau de radioactivité de l'environnement au moment de l'étude (réalisé par des mesures environnementales en amont du site...).

A) Groupes de référence

Les groupes de référence, selon les définitions de l'AIEA, sont des groupes de population représentatifs des personnes qui reçoivent les doses les plus élevées en provenance d'une source. Il est donc préférable de recenser, au préalable, toutes les voies de transfert de radionucléides dans l'environnement, et les voies d'atteinte des personnes (exposition externe, inhalation, ingestion...) (IRSN, 2002).

Parmi la population au voisinage du site, sont identifiés des groupes de référence (potentiellement plus exposés) selon divers critères : proximité du site, milieu socioprofessionnel (pêcheurs, agriculteurs), habitudes de vie, âge... A ce niveau de l'étude (calculs de dose encore non réalisés), cette sélection doit être large et se baser sur les données descriptives de l'environnement humain (IRSN, 2002). Ce recensement des groupes est explicité, et, pour chaque groupe de population écarté, une estimation sommaire de la dose est réalisée (EDF, 2006).

B) Evaluation de la dispersion

Des codes de calcul sont utilisés pour évaluer la dispersion atmosphérique, la dispersion des rejets liquides (dans les cours d'eau ou en mer) et le transfert des radionucléides dans les milieux terrestres et aquatiques. Pour chaque modèle, les hypothèses simplificatrices, les limites connues, les campagnes de validation (par la CIPR, l'IRSN...) et les éventuelles adaptations au cas particulier du site sont décrites en détail (IRSN, 2002). En effet, pour certains paramètres comme le climat, ces codes utilisent des données spécifiques au site (EDF, 2006 ; AREVA, 2007 ; AREVA, 2009).

Ce sont ces premiers codes de calculs qui identifient toutes les voies de transferts des radionucléides, et d'atteinte de toutes les populations explorées.

Les résultats du code de calcul de dispersion atmosphérique des polluants sont en pratique des Coefficients de Transfert Atmosphérique (CTA) (EDF, 2006). Ces valeurs correspondent au rapport de la concentration intégrée dans le temps par la quantité totale rejetée en un point donné (Météo France ; AREVA, 1997). Les résultats sont donc directement liés au caractère dispersif de l'atmosphère. Ils permettent d'estimer qualitativement l'impact total d'un rejet en tout point du domaine d'étude et ainsi de déterminer les groupes de population les plus touchés (CTA les plus forts, ou « plus pénalisants » (CSHPF, 2000))

C) Evaluation des activités radiologiques et des doses

D'une manière générale, l'estimation de la radioactivité incorporée (unité : le Gray, Gy) par les individus des groupes de référence se calcule sur une année (car les limites réglementaires sont fixées sur cette échelle). Cependant, pour inclure les phénomènes éventuels d'accumulation des radionucléides dans divers compartiments de l'environnement, le choix de l'année doit être fait (et justifié) afin de prendre en compte les concentrations accumulées maximales (IRSN, 2002).

Des facteurs de dose sont ensuite utilisés pour passer des activités incorporées aux doses engagées (unité : le Sievert, Sv). Le choix de ces facteurs est justifié (fonction des formes physico-chimiques des radionucléides, classes d'âge...) (EDF, 2006).

Il en est de même pour estimer les doses reçues par irradiation externe (panaches, dépôts, sédiments).

Enfin, pour chaque groupe de référence, les doses calculées (provenant des rejets gazeux et liquides) pour tous les radionucléides et toutes les voies d'atteinte, sont sommées, et éventuellement additionnées à la dose reçue par irradiation directe par l'installation pour donner la « dose efficace ».

D) Présentation des résultats

Tous les résultats intermédiaires (contamination des compartiments de l'environnement) sont fournis, pour tous les radionucléides (EDF, 2006 ; AREVA, 2007). L'estimation de l'impact dosimétrique se conclut par la comparaison de la dose efficace calculée à la valeur guide de 1 mSv proposée par les instances internationales de protection radiologique (CIPR, OMS, UNSCEAR) pour maîtriser l'exposition du public aux rayonnements ionisants d'origine anthropique (IRSN, 2002 ; EDF, 2006 ; AREVA, 2007 ; AREVA, 2009).

Une étude de sensibilité sur les paramètres les plus influents ou les plus incertains peut être fournie, pour estimer la dose maximale susceptible d'être reçue par la population (IRSN, 2002).

Enfin, pour les installations existantes dont les rejets ne subissent pas de modifications importantes, le dossier peut présenter une estimation sommaire de l'impact dosimétrique pour les rejets réels attendus sans prise en compte de valeurs enveloppes assurant une marge de sécurité de fonctionnement (utilisation des valeurs de rejet d'une année récente comme dans le cas de la DARPE du CNPE d'EDF en 2006).

E) Prise en compte du bruit de fond industriel

Le guide de l'IRSN recommande, dans le cas de l'étude d'impact d'une INB au sein d'un ensemble d'INB, de tenir compte des doses éventuellement reçues du fait des autres INB présentes, en sommant les doses de l'ensemble des installations reçues par les groupes de référence.

3.2.4 Synthèse de la méthodologie

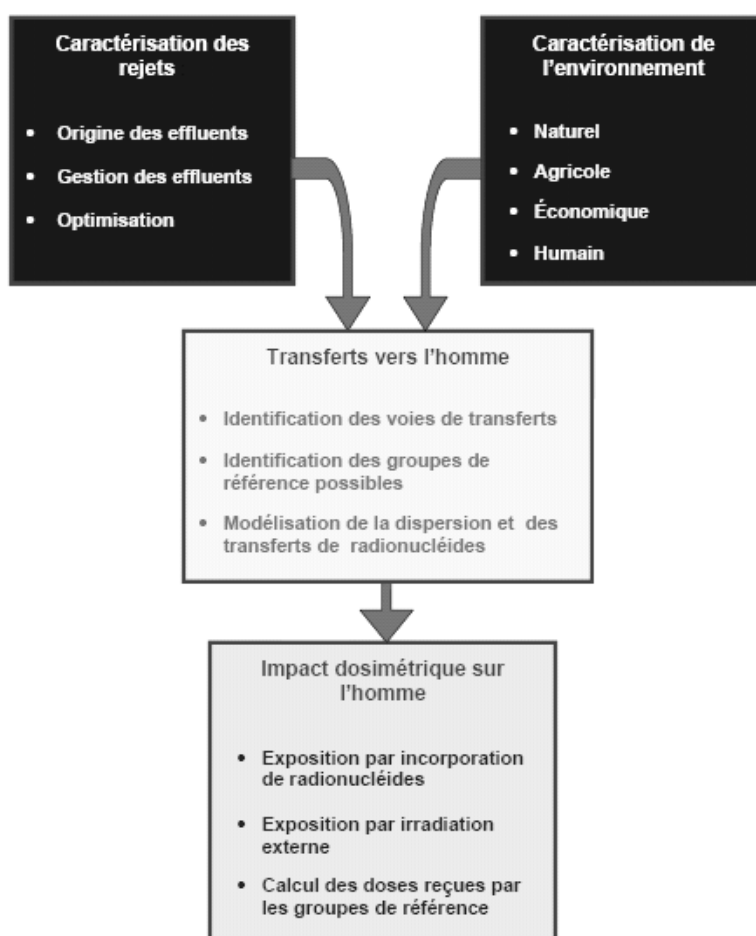


Figure 3 : Synthèse de la méthodologie de calcul de l'impact dosimétrique
(adapté du guide de l'IRSN)

4 Etudes des différences constatées

Les méthodologies pour évaluer les volets radiologiques et chimiques d'ERS présentent des différences, en particulier sur la présentation des dangers et des résultats ainsi que l'évaluation des expositions de la population. Ces différences sont d'autant plus mises en évidence que les deux volets sanitaires des études d'impact sont juxtaposés. Cette partie consiste à présenter une synthèse de celles-ci. Pour chacune d'elles, l'origine et la justification de leur présence seront étudiées et les problèmes qu'elles occasionnent indiqués.

4.1 Identification des dangers

4.1.1 Différence constatée

Lors d'une évaluation des risques chimiques, les effets sanitaires intrinsèquement liés aux substances sont présentés dans la première étape de la démarche : « Identification des dangers » (INERIS, 2003 ; InVS, 2000 ; NRC, 1983). Les substances chimiques ont des caractéristiques propres, des affinités pour certains tissus/organes et des toxicités distinctes et très variables (irritations oculaires, atteintes rénales...).

Cette étape permet d'informer sur les pathologies qui pourraient être attendues aux alentours d'installations émettant des substances toxiques.

Lors de l'évaluation de l'impact dosimétrique, aucune information sur les dangers liés aux rayonnements ionisants n'est demandée. Aucun paragraphe de l'étude ne présente les pathologies dues à une exposition aux rayonnements. Les avancées des connaissances sur les effets sanitaires des rayonnements ionisants et les publications scientifiques correspondantes sont recensées de manière pluriannuelle sur des guides internationaux (les publications de la CIPR, du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements atomiques (UNSCEAR) notamment).

4.1.2 Origines et explications

Pour essayer de comprendre pourquoi les dangers des ne sont pas présentés dans les études d'impact, il est nécessaire de présenter rapidement le domaine des rayonnements ionisants et leurs effets.

A) Les dangers des rayonnements ionisants

a) La type de rayonnements ionisants

Les radionucléides sont des atomes ayant leur noyau instable, soit à cause d'un excès de protons, de neutrons ou des deux. Ces atomes tendent à se transformer spontanément en une forme plus stable. Une émission de différents rayonnements (plus ou moins énergétiques) accompagne chacune de ces transformations irréversibles, appelées désintégrations.

Tableau 1 : Les différents rayonnements ionisants⁶

Nom	Constitution	Energie du rayonnement	Pénétration du rayonnement
Rayonnement α	Noyau d'hélium (2proton, 2neutrons)	1 à 10 MeV (grande énergie cinétique, due à la masse de la particule α)	Pénétration très faible dans l'air, une feuille de papier suffit pour arrêter les particules α .
Rayonnement β^-	Electron (chargé négativement)	Quelques keV à 20 MeV (assez grande énergie cinétique, due à la masse de l'électron, un positon a la masse d'un électron)	Pénétration faible, quelques mètres dans l'air, ou une plaque d'aluminium de quelques millimètres d'épaisseur arrête les particules β .
Rayonnement β^+	Positon (chargé positivement)		
Rayonnement γ	Onde électromagnétique	1 keV à 10 MeV	Pénétration très grande, une forte épaisseur de plomb ou de béton les arrête.

Pour chaque radionucléide, à une désintégration correspond donc un « spectre d'émission ». Ce spectre, plus ou moins énergétique, représente la nocivité du radionucléide (radiologiquement parlant) car les effets sanitaires liés aux rayonnements ionisants sont essentiellement liés à l'énergie rayonnée lors des désintégrations des radionucléides et au type de rayonnement émis. Les autorités de radioprotection ont alors établi des facteurs de qualité radiologique spécifiques aux radionucléides pour traduire cette nocivité.

b) Les effets sanitaires des rayonnements ionisants

Deux types d'effets des rayonnements ionisants sont bien documentés (UNSCEAR, 2000) : les effets déterministes, suite à une exposition à de fortes doses de radioactivité, et des effets stochastiques. Une INB en fonctionnement normal émet seulement de faibles quantités de radioactivité, donc ce mémoire s'attardera uniquement sur les effets stochastiques (aléatoires et tardifs).

⁶ Les rayonnements cosmiques, rayonnements X et les neutrons libres sont aussi considérés comme des rayonnements ionisants, mais ne sont pas vraiment liés à la radioactivité des INB, donc ne seront pas abordés dans ce mémoire.

Selon les rapports de l'Organisation des Nations Unies (via l'UNSCEAR) et ceux de la CIPR les effets stochastiques liés aux rayonnements ionisants sont peu spécifiques.

Les effets de la radioactivité sont observés au niveau cellulaire. Exposé à de faibles doses, l'ADN de la cellule peut subir des radiolésions et être modifié. Les dommages sont généralement réparés par les mécanismes internes des cellules, cependant, si la réparation n'est pas entièrement fidèle, la modification sera transmise aux cellules filles et pourra éventuellement aboutir à un cancer. Si c'est une cellule qui transmet l'information génétique aux descendants qui est touchée, l'apparition d'anomalies héréditaires peut se produire.

Toute cellule exposée peut subir ce genre de lésion, en ce sens, contrairement aux toxicités des substances chimiques qui sont caractéristiques des substances, les rayonnements ionisants ont « tous » le même effet : toute cellule irradiée peut subir des lésions de l'ADN quelque soit la source radioactive, le type et le niveau de rayonnement. Le modèle linéaire sans seuil est encore d'actualité dans les dernières recommandations internationales (CIPR, 2007) même si un rapport de l'Académie des sciences française soutenait la volonté de fixer un seuil pratique pour le risque de cancer lié aux rayonnements ionisants en 2005.

B) Les radioprotectionnistes

Les personnes à l'origine de textes réglementaires et de recommandations dans le domaine de la radioprotection (CIPR, ASN, IRSN) ont reçu une formation en radiobiologie. Celles productrices des VSREI ont aussi reçu une formation dans ce domaine. Elles ont une connaissance approfondie des effets des rayonnements ionisants, et étant donné la non spécificité des effets par rapport aux substances radioactives mis à part le rayonnement émis, il leur paraît inutile de réserver une partie de l'étude d'impact pour la présentation des effets (réunion AREVA).

4.1.3 Difficultés induites

Dans le domaine de la protection radiologique, l'évaluation du risque consiste en une quantification du risque (estimation de la dose efficace annuelle reçue par le public), l'exploitant propose de mettre en place des mesures pour limiter et surveiller ses rejets. En fonction de ces résultats, le grand public n'est pas informé sur les risques encourus et demande des études épidémiologiques aux alentours des sites nucléaires. Ces études sont généralement onéreuses et ne peuvent, la plupart du temps, pas conclure sur des associations ou des liens de causalité (LAURIER, 1999 ; LAURIER, 2008).

Plusieurs crises sanitaires ont été liées à l'industrie (cas de l'amiante, des dioxines...), et la médiatisation de ces problèmes, de plus en plus importante, ont poussé les autorités à être plus transparentes envers les risques subits par le public. Or respecter une norme sans préciser clairement les dangers associés ne favorise pas la transparence.

4.2 Présentation des résultats des VSEI

4.2.1 Différence constatée

Dans une ERS chimique, pour les effets sans seuil, l'évaluateur de risque identifie des dangers, évalue une exposition et caractérise un risque comme le produit des deux données précédentes. Il conclut à une estimation d'un excès de pathologies (citées dans l'identification des dangers) attribuable aux rejets de l'installation. L'acceptabilité du risque est ensuite évaluée par les gestionnaires de risque.

En radioprotection, la relation dose-effets des faibles doses est aussi considérée sans seuil (CIPR, 2007) mais une fois les calculs d'exposition du public réalisés, les modèles estiment la dose efficace reçue par le public (à l'aide de coefficients de pondération). Cette dose sert ensuite d'indicateur de gestion, une comparaison du résultat obtenu à la limite réglementaire de 1mSv donne l'acceptabilité du risque radiologique.

4.2.2 Origines et explications

Pour justifier l'utilisation du concept de dose, il est nécessaire de présenter son origine et les étapes du calcul de la dose efficace reçue par le public.

A) Origine du concept

Il y a une cinquantaine d'année, la CIPR a émis les premières recommandations en radioprotection. Elles étaient basées sur plusieurs publications mais en particulier sur l'étude épidémiologique de référence réalisée à la suite des bombardements d'Hiroshima et de Nagasaki (Life Span Study). A l'époque, des relations dose réponse ont été évaluées pour les personnes vivant à proximité des deux villes (fortement exposées) et celles plus éloignées (exposées à de plus faibles doses). Un outil de gestion a alors été créé : le concept de dose. Au départ, ce concept avait été défini pour gérer le risque de cancer radio-induit pour les travailleurs. Il a ensuite été adapté pour la gestion de l'impact d'INB sur le public. (Entretien O. Catelinois ; Santé Canada, 1999)

Depuis cette période, les connaissances ont avancé (VERGER, 1998 ; UNSCEAR, 2000 ; UNSCEAR, 2006), en particulier sur les faibles doses. Parallèlement, la réglementation, se basant sur ces connaissances, a elle aussi évolué :

L'opinion sur l'hypothèse d'une relation dose réponse sans seuil se renforce avec l'avancée des connaissances sur les processus cellulaires fondamentaux. Même si cette théorie ne fait pas encore consensus (UNSCEAR, 2000 ; TUBIANA, 2005), les instances internationales conservent cette hypothèse (CIPR, 2007).

La CIPR, dans ses recommandations de 1990, a jugé qu'un facteur d'extrapolation pour estimer le risque de cancer pour les faibles doses, à partir du risque déterminé pour les doses élevées, appelé Facteur de Dose et de Débit de Dose (FEDDD), devait être appliqué en matière de protection radiologique. La valeur de ce facteur était de 2.

Cette valeur est le fruit d'une comparaison des résultats des études épidémiologiques réalisées pour des expositions à fortes doses et à faibles doses. Les pentes des relations dose-effet obtenues pour des doses de 0 à 0,2 Sv étaient plus faible (2 fois plus faible) que celles obtenues pour des fortes doses.

Les études qui ont suivi n'ont pas pu apporter plus de précisions sur sa valeur, cependant, même si des travaux ont montré que ce facteur pourrait être égal à 1, la CIPR est restée sur sa position dans ses dernières recommandations de la publication 103 (Entretien D. Laurier ; CIPR, 2007).

B) Méthode de calcul

Un inventaire complet des radionucléides prenant en compte les éléments rejetés mais aussi ses descendants, appelés « fils » (exemple de l'affiliation de l'uranium en annexe 4), est la première chose à faire avant d'entamer le calcul de la dose efficace. Une fois cette liste établie, chaque radionucléide est caractérisé par son transfert linéique d'énergie (TLE), correspondant à l'énergie qu'il rayonne (Entretien K. Hadji).

Ensuite, la dispersion de ces substances est modélisée en considérant toutes les voies de transfert et d'exposition (méthode décrite au 2.2.3 B de ce mémoire).

Les codes de calcul de dose peuvent alors être utilisés :

Tableau 2 : Etapes de calcul de la dose efficace

Etapes de calcul	Signification	Caractéristiques	Formule
1 ^{er} calcul : Dose absorbée (D_T)	Quantité d'énergie absorbée par unité de masse de tissu/organe T.	Unité purement physique, dépend du TLE. Grandeur fondamentale en protection radiologique (Santé Canada, 1999)	$D_T = \frac{d\varepsilon}{dm}$ Unité : Gray (Gy)
2 nd calcul : Dose équivalente (H_T)	Mesure des effets biologiques sur l'organe/tissu T.	Prise en compte de la nocivité des différents rayonnements.	$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$ Unité : Sievert (Sv)
3 ^{ème} calcul : Dose efficace (E)	Mesure des effets biologiques sur le corps entier.	Somme des doses équivalentes avec la prise en compte supplémentaire de la radiosensibilité des différents organes/tissus.	$E = \sum_T w_T H_T$ Unité : Sievert (Sv)

Avec :

- w_R : facteurs de qualité radiologique utilisés pour représenter la nocivité du rayonnement (appelés aussi « facteurs de pondération pour les rayonnements » depuis 1991) (AIEA, 2007). Ils sont spécifique du radionucléide ;
- w_T : facteurs de pondération tissulaire utilisés pour représenter les différences de sensibilité des divers organes et tissus à l'induction d'effets stochastiques par les rayonnements. (AIEA, 2007). Ils sont fonction de l'âge de l'organe cible et du radionucléide.

Ces coefficients reposent sur des résultats expérimentaux et épidémiologiques d'efficacité biologique relative (EBR)⁷ pour divers types de rayonnement par rapport aux effets stochastiques.

L'évaluation de risque est une discipline baignée d'incertitude, toutefois, ces facteurs, révisés de manière pluriannuelle, proviennent d'études épidémiologiques de grande envergure, qui arrivent à conclure en utilisant moins d'hypothèses simplificatrices que ce qui est fait actuellement lors de la recherche de VTR chimiques (Entretien D. Laurier, et O. Catelinois).

C) Efficacité du concept

Dans le domaine des fortes doses, l'indicateur « dose efficace » permettant d'évaluer un risque « tout cancer » en prenant en compte l'effet « rayonnement ionisant » sur tout organe (tissu) touché repose sur des bases scientifiques solides (UNSCEAR 2000). Cependant, des hypothèses majorantes et controversées ont dû être faites pour extrapoler son utilisation au domaine des faibles doses. « L'incertitude atteint des valeurs disproportionnées faisant perdre toute signification statistique et sanitaire à l'indicateur » (CSHPF, 1999). La CIPR, malgré tout, considère que le concept de dose reste un moyen robuste de gestion du risque radiologique en routine, et elle recommande (dans sa dernière publication) de conserver son utilisation qui a fait ses preuves, selon elle, dans les situations d'exposition planifiée.

Le calcul de la dose repose sur des facteurs issus d'études épidémiologiques. De ce fait, la dose calculée en mSv, évalue un détriment sanitaire, mesure un effet biologique. Les avancées de la science et les évolutions réglementaires (les dernières recommandations sont regroupées dans la 103^{ème} publication de la CIPR et datent de 2007) ont élargi la

⁷ Mesure relative de l'efficacité de différents types de *rayonnements* à provoquer un effet sanitaire précis, exprimée comme le rapport inverse des *doses absorbées* de deux types de *rayonnements* différents qui produiraient un effet biologique donné de même intensité. (AIEA)

définition de ce détriment sanitaire. Au départ les études (et du coup la dose efficace) mesuraient la mortalité attendue, désormais l'évaluation de l'impact dosimétrique prend désormais en compte la probabilité de mortalité attribuable, de cancer non mortel, d'effets héréditaires et d'années de vie perdue (Entretien O. Catelinois ; Santé Canada, 1999 ; CIPR, 2007). De plus, la dose efficace est désormais égale à la somme des doses équivalentes reçues sur 14 organes/tissus (par rapport à 6 au départ).

4.2.3 Difficultés induites

La CIPR estime qu'il est inapproprié de calculer un nombre hypothétique de pathologies qui pourraient être associés à de très faibles doses de rayonnement reçues par un grand nombre de personnes (CIPR, 2007). En ce sens, en raison des incertitudes des études épidémiologiques, elle recommande la conservation du concept de dose pour la gestion du risque radiologique en routine. Cependant, avec un excès de risque (en ERS chimique) et un indicateur de gestion qui s'apparente à une norme (pour le risque radiologique), l'impact global d'une installation est difficile à appréhender. Cette vision de l'impact se complique encore davantage avec le nombre d'installations autorisées sur un même site (comme par exemple sur le site de Tricastin).

Ce problème se pose particulièrement aux DDASS qui doivent transmettre un avis sur l'impact global des INB au niveau local. En outre, l'appréhension du risque par les riverains, si on s'en tient au calcul de la dose et sa comparaison avec une « norme », n'est pas facilitée. Cela peut conduire à un excès de méfiance envers des installations qui n'apparaîtraient pas entièrement transparentes vis-à-vis du risque sanitaire induit par leur fonctionnement. La demande sociale « d'étude épidémiologique » autour de ces installations (comme celle en cours autour du site du Tricastin) traduit cette méfiance.

Une autre difficulté repose sur la compréhension du concept de dose. Même s'il apparaît adapté pour une gestion de risque radiologique de routine (Entretien O. Catelinois ; CIPR, 2007), des études réalisées autour des sites nucléaires ont estimé des excès de cas à la place ou en supplément de l'évaluation de la dose efficace (MERLE-SZEREMETA, 1999 ; HOFFMAN, 2007 ; Entretien D. Laurier). Cela crée une confusion quant à l'utilisation des termes employés par les évaluateurs de risque, d'autant plus que leurs significations sont peu présentées dans les études d'impact.

4.3 Définition de groupes de référence

4.3.1 Différence constatée

Les calculs d'exposition des personnes aux substances, en ERS chimique, se fait sur toute une population. A cette population sont affectés différents scénarii d'exposition en fonction des BET, des rations alimentaires et des autres données sur les comportements, les sensibilités et les habitudes des riverains du site.

En radioécologie, les calculs d'exposition visent à identifier, parmi la population, des groupes de personnes les plus exposées et à estimer l'impact dosimétrique sur ces groupes appelés « groupes de référence ». Cette sélection se fait tout d'abord en fonction de leur mode de vie : localisation par rapport à l'INB, lieux de travail, habitudes de vie, âge, rations alimentaires... Et se conclut par l'estimation des doses reçues par les personnes (les groupes recevant les plus fortes doses sont conservés).

4.3.2 Origines et explications

Le problème des groupes de référence est surtout lié aux interprétations des textes par les acteurs. Cette conclusion a été retenue suite à l'étude de différentes ERS radiologiques menées par différents groupes de travail.

Un groupe de référence (groupe critique) selon l'AIEA est : Un groupe de *personnes du public* raisonnablement homogène quant à son exposition pour *une source de rayonnements* donnée, et caractéristique des individus recevant la dose efficace ou la dose équivalente (suivant le cas) la plus élevée de cette source.

Ce terme est presque aussi ancien que le concept de dose, et sa signification est proche des scénarii d'exposition utilisé en ERS chimique (Entretien Muriel Andrieu-Semmel).

Selon les interlocuteurs et leurs interprétations des textes, les groupes de référence sont :

- Soit un groupe de population identifié comme le plus exposé car les individus résideraient sous les vents dominants (localisation sur une carte géographique et référence à une étude antérieure). A ce groupe, sont appliqués des scénarii d'exposition (les personnes du groupe ont un débit respiratoire de $X \text{ m}^3/\text{j}$, consomment des fruits et légumes locaux, etc.). Enfin, la dose efficace annuelle reçue par ce groupe est évaluée en prenant en compte toutes les voies d'exposition.
- Soit un concept équivalent aux scénarii d'exposition : sur une période déterminée, des coefficients de transferts atmosphériques sont estimés en fonction de la moyenne des vents sur cette durée. Les groupes exposés aux coefficients les plus pénalisants sont alors sélectionnés. Ensuite, les rations alimentaires et autres caractéristiques de ces groupes sont étudiées pour déterminer la dose reçue. Cette identification des groupes est recommencée et présentée à chaque étude.

Le GRNC était même allé plus loin en 2004 en faisant une analyse de sensibilité sur la définition des groupes de référence (MERCAT-ROMMENS, 2002).

La réglementation ne demande pas explicitement d'étudier la validité des groupes de référence à chaque étude d'impact, cependant, le CSHPF recommandait de l'actualiser à chaque fois que nécessaire. (CSHPF, 2000)

4.3.3 Difficultés induites

Le fait d'estimer l'impact d'une l'installation sur des groupes de personnes les plus exposées est cohérent, cela se rapproche des scénarii d'exposition les plus pénalisants. Cependant, lors de l'instruction des dossiers de certains exploitants, l'étude définissant les groupes les plus exposés n'apparaît pas. Il est donc légitime de demander les justifications des hypothèses annoncées pour la sélection des groupes de référence.

4.4 Synthèse

Différences constatées	Explications	Difficultés liées
Non présentation des dangers des rayonnements ionisants.	Les rayonnements ionisants, à faible dose ont des effets peu spécifiques et identiques quelque soit la source radioactive. Les radioprotectionnistes pensent que ces dangers sont connus.	Le public se demande les risques encourus au voisinage des sites d'INB.
Utilisation du concept de dose à la place d'excès de risque dans les résultats.	Concept méthodologique règlementaire et adapté pour la gestion du risque radiologique. Prend en compte les 4 composantes du détriment sanitaire et le risque « tout cancer ».	Des excès de risque ont déjà été calculés en étude de site. Est-ce adaptable aux VSREI ? Comment avoir une vision globale avec des résultats de nature différente ?
Evaluation de l'exposition des groupes de référence.	Les textes manquent de précision sur ce terme, et différentes interprétations sont possibles.	Transparence dans l'exposition des riverains.

Outre la génération de difficultés de compréhension des études d'impact vis-à-vis du public, des demandes d'harmonisation apparaissent régulièrement dans les avis rendus par les services déconcentrés de l'Etat. Afin d'améliorer la clarté des futures DARPE, ce mémoire propose dans la partie suivante des pistes d'harmonisation des méthodologies.

5 Réflexions sur l'harmonisation des méthodologies

Les différences constatées concernent trois grands points : L'identification des dangers qui est faite en risque chimique mais pas en risque radiologique, la différence des concepts dose/risque utilisés et la présentation des résultats des calculs d'exposition de la population. Les pistes de réflexion se focaliseront uniquement sur ces points. Une trame de « méthodologie harmonisée » sera proposée à la fin de cette partie. Pour essayer de répondre au mieux à ces objectifs d'harmonisation, les volets radiologiques et chimiques d'évaluation des risques ont été élaborés en parallèle, en se basant entre autres, sur les travaux effectués par le GRNC (MERCAT-ROMMENS, 2005).

5.1 Identification des dangers

Un paragraphe réservé à la présentation des dangers des rayonnements ionisants apporterait plus de transparence aux VSREI. Or aucune information sur les dangers liés aux rayonnements ionisants n'est disponible dans une étude d'impact d'INB.

Plusieurs points pourraient apparaître dans ce paragraphe :

- Les différents types de rayonnements ionisants et leur nocivité à faible dose d'une manière générale ;
- Ce qu'est un effet stochastique et quelles pathologies ont été observées en lien avec des INB ;
- Les moyens de trouver des données pertinentes comme les rapports de la CIPR de l'UNSCEAR, mais aussi l'actualité de la recherche au niveau de l'IRSN ;
- Un résumé des transferts linéiques d'énergie ou des types de rayonnement émis par les radionucléides des rejets pourraient être présentés, afin que les personnes aient une idée globale de la radioactivité des rejets.

Ce paragraphe ne nécessite pas forcément un très grand investissement de la part de l'exploitant, car il dispose déjà des connaissances nécessaires à sa rédaction (AREVA, 2007 ; Réunion AREVA) ; et il apporterait au public, des éléments de compréhension quant aux dangers liés aux rayonnements ionisants.

5.2 Concepts de protection radiologique

5.2.1 Utilisation de l'excès de risque

Les incertitudes sont très importantes concernant la relation entre la dose en sievert et l'excès de risque attendu dans le domaine des faibles doses. Cependant, l'hypothèse de

la relation dose-effet linéaire sans seuil est conservée dans les dernières recommandations internationales. La pente de cette relation pour les faibles doses est de $5,5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ pour les effets cancérigènes sur le public (CIPR, 2007). Règlementairement le résultat du volet radiologique d'évaluation de l'impact sanitaire restera la dose efficace, cependant, l'idée d'estimer un excès de risque (en supplément) est d'actualité et pourra être une piste dans l'avenir des VSREI.

En effet, des travaux du GRNC ont estimé parfois des excès de risque (de leucémies en particulier) à partir du calcul de la dose absorbée (Entretien D. Laurier, MERLE-SZEREMETA, 1999). Toutefois, selon O. Catelinois, il serait compliqué de l'envisager pour un VSEI pour les raisons suivantes :

- Le temps accordé pour la réalisation d'un VSEI est plus court que celui d'une étude épidémiologique ;
- En protection radiologique, il est nécessaire de prendre en compte tous les fils des éléments rejetés ce qui augmente considérablement la quantité de travail de l'évaluateur lorsque plusieurs substances sont rejetées ;
- L'objectif d'une étude d'impact est d'avoir une vision globale de l'impact et pas de rechercher une pathologie lorsque les effets induits sont peu spécifiques.

Deux cas ont alors été posés :

1°/ Lorsque les rejets ont des effets radiologiques spécifiques avérés (cas de l'iode), évaluer le risque sanitaire spécifique à partir de la dose absorbée apparaît pertinent, et reste un point qui mérite d'être approfondi (un concours de circonstance a fait qu'il n'a pas pu être étudié au cours de ce mémoire).

2°/ Lorsque les rejets induisent des effets radiologiques peu spécifiques (cas de l'uranium), évaluer un risque sanitaire spécifique à partir de la dose absorbée ne s'avérerait pas pertinent, mais proposer un moyen de faire correspondre à la valeur de la dose efficace, des effets ou un niveau de risque, a été envisagé (Réunion AREVA). Ceci pourrait être réalisé en utilisant, par exemple, l'hypothèse de la relation linéaire sans seuil, retenue par les dernières recommandations de la CIPR.

La figure 4 ci-après présente un moyen pouvant être utilisé pour faire correspondre à la dose efficace un excès de risque tout cancer, même si ce moyen se base sur l'hypothèse controversée de la relation dose réponse linéaire sans seuil appliquée aux faibles doses.

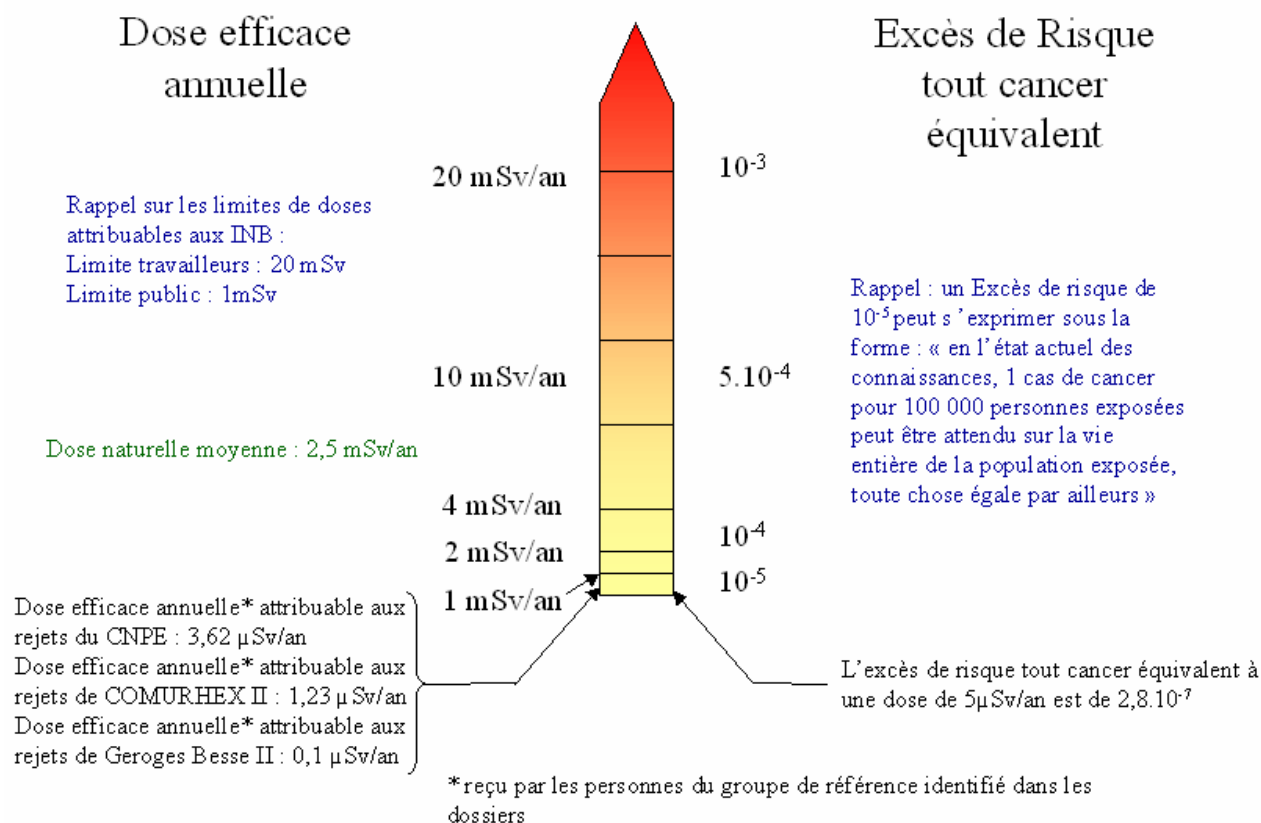


Figure 4 : échelle de correspondance dose – ERI
 (adaptation Clefs CEA n°48)

5.2.2 Présentation des concepts

Une explication des concepts de protection radiologique utilisés au cours de l'étude d'impact permettrait de mieux les comprendre.

Elle s'ajouterait au paragraphe sur les dangers des rayonnements ionisants et éclairerait en particulier sur :

- Ce que représente la dose efficace (un moyen de gérer l'impact sur une population générale et pas un moyen d'évaluer le risque radiologique) ;
- Les différentes étapes qui permettent le passage des rejets à l'évaluation de la dose avec une explication des facteurs de pondération utilisés.

Pour les mêmes raisons que pour la présentation des dangers des rayonnements ionisants, ajouter une explication des concepts ne demande pas forcément un investissement important de la part de l'industriel mais apporterait en compréhension de l'étude (Réunion AREVA).

5.3 Calculs d'exposition

5.3.1 Sélection des groupes de référence

D'après le paragraphe 3.3 de ce mémoire, la différence est essentiellement liée aux interprétations des textes réglementaires par les évaluateurs de risque radiologique. En effet, la différence de rendu entre les travaux des différents exploitants est suffisamment importante pour conserver cette hypothèse.

Le temps réservé à la réalisation d'une étude d'impact n'est pas aussi long que celui accordé pour une étude épidémiologique (et l'objectif n'est pas le même), en ce sens, il n'est pas demandé de réaliser, pour chaque étude, une analyse de sensibilité sur la sélection des groupes de référence par une approche probabiliste et une approche possibiliste du risque (comme ce qui a été fait dans les travaux du GRNC en 2004).

Mais, une actualisation de la caractérisation des groupes de population à chaque DARPE est faisable (réunion AREVA, EDF, 2006). Utilisant les données météo sur la période retenue pour la DARPE, le(s) groupe(s) de population le(s) plus exposé(s) parmi un échantillon pris dans un périmètre de 10km autour du site seront sélectionnés. Les résultats des CTA pourraient être présentés pour justifier la sélection du(des) groupe(s) de référence de la même façon qu'ils l'ont été dans les études des groupes de référence de 1997 d'AREVA et de la DARPE du CNPE d'EDF en 2006.

Une carte de dispersion atmosphérique (panache) sera ajoutée pour avoir une vision plus globale de l'exposition de la population (réunion AREVA).

Les vents moyens changeant peu, il est probable que les groupes de référence restent identiques (l'arrêté ministériel fixant les groupes de référence ne serait pas nécessairement modifié). Cependant, prendre en compte ces recommandations (étude des expositions pour chaque DARPE + carte du panache) permettraient d'apporter une vision globale de l'impact des rejets gazeux et de rendre un document plus autoporteur en enquête publique.

5.3.2 Modèles de calcul

A chaque fois qu'un modèle de calcul est utilisé (en chimique comme en radiologique), il doit être présenté (IRSN, 2002 ; INERIS, 2003). De plus, les caractéristiques suivantes sont indiquées :

- Le type du modèle ainsi que ses campagnes de validation ;
- Le domaine de calcul du modèle (données météo, nombre de personnes exposées, utilisations de l'environnement, rugosité du sol, relief, les émissaires etc.) ;

- Les limites du modèle (ex : ADMS3, développé par le Cambridge Environmental Research Consultants (CERC) ne prends pas en compte les vents calmes)
- L'origine des données fournies au modèle... Afin de vérifier si le modèle prend bien en compte les particularités climatiques de la zone (humidité, vents (direction, force, permanence...), pluie, température...);
- Les résultats de la modélisation.

Ceci est déjà fait en routine par certains organismes (INERIS, 2007 ; INERIS, 2009), mais cette pratique devrait être réalisée par tous.

5.4 Méthodologie Proposée

La méthodologie présentée par la suite n'a pas pour objectif de remplacer celles proposées par les guides (InVS, 2000 ; IRSN, 2002 ; INERIS, 2003), mais d'essayer de pallier les difficultés générées par les différences entre celles-ci. Elle se base sur le contenu de ces documents publics et associe les pistes de réflexion citées précédemment.

Elle se compose de 4 étapes : « Description des rejets », « Identification des dangers », « estimation des expositions » et « caractérisation du risque ». La trame de chacune sera décrite. Un code de couleur sera utilisé : les éléments écrits en noir sont les éléments provenant des guides institutionnels (InVS, 2000 ; IRSN, 2002 ; INERIS, 2003). Ce qui est écrit *en italique bleu* sont les ajouts qui pourraient être réalisés dans les VSEI à venir.

5.4.1 Données descriptives utiles

En général, ces données sont présentées dans une partie antérieure au VSEI, c'est pour cette raison que cette liste n'a pas été retenue comme étape à part entière de la méthodologie proposée. La liste suivante résume les éléments, utiles aux VSEI, qui doivent être présentés dans l'étude d'impact. Ces données, spécifiques au site, influencent le calcul du risque autant sur les rejets chimiques que radiologiques, en ce sens, elles peuvent être dans une partie commune aux deux volets. Ces paramètres jouant un rôle important dans le calcul de risque, il paraissait pertinent de présenter une synthèse des plus utiles.

Données descriptive nécessaire au calcul d'impact

- Description de l'environnement naturel
 - Topographie, géologie, hydrogéologie, hydrologie, caractère inondable, courantologie...
 - Vents, pluviométrie, températures, humidité...

- Description de l'environnement économique
 - Activités agricoles à proximité (accumulation sur la chaîne trophique)
 - Autres exploitations industrielles à proximité
 - Usages de l'eau à proximité du site (eau destinée à la consommation humaine, forages privés et publics, eau destinée à l'activité agricole, eaux de loisirs...)
- Description de l'environnement humain
 - Démographie (précision de la description en fonction de la proximité du point de rejet)
 - Mode d'habitat (dispersé/regroupé) et les établissements sensibles à proximité
 - Rations alimentaires, débits respiratoires, BET en fonction de l'âge, du domicile et du lieu de travail
 - Origine des produits alimentaires

5.4.2 Caractérisation des rejets

L'objectif de cette partie est d'obtenir une définition, la plus précise possible, des rejets dans l'environnement. Les guides méthodologiques proposent chacun une liste conséquente d'items à présenter, et aucune difficulté n'a été constatée concernant cette étape. Le guide de l'IRSN est tout de même un peu plus explicite et complet sur cette description. Deux propositions ont alors été faites pour le VSCEI car elles sont déjà réalisées par des industriels.

Le tableau n°3 synthétise les points à présenter pour le VSCEI et le VSREI lors de la caractérisation des rejets.

Tableau 3 : Etape 1 de la méthodologie proposée : Caractérisation des rejets

Volet chimique	Volet radiologique
<u>Inventaire qualitatif et quantitatif complet des rejets</u> • Préciser la nature : gaz, liquide, solide • Régime de production (par bâchées ou en continu) et débits de rejet de chaque effluent. • Identifier toutes les substances contenues dans les rejets : - Inclure les sous-produits de biodegradation - Ajouter une description des substances	<u>Inventaire qualitatif et quantitatif complet des rejets</u> • Préciser la nature : gaz, liquide, solide • Régime de production (par bâchées ou en continu) et débits de rejet de chaque effluent. • Préciser les caractéristiques physico-chimiques principales (pH, T°C), • Identifier tous les radionucléides contenus dans les rejets, leur activité respective et leur forme (organique ou minérale) si

(propriétés physiques et chimiques, comportement dans l'environnement) • <i>Décrire les modalités de rejet (hauteur de cheminée, position de l'émissaire...)</i> • <i>Représenter le fonctionnement moyen de l'installation sur l'année, et les éventuelles variations de fonctionnement qui ne sont pas considérées comme des incidents</i> <i>Les deux dernières recommandations ne sont pas présentées de manière explicite dans le guide de l'INERIS mais le sont dans celui de l'IRSN. Les logiciels de modélisation utilisant ces paramètres, ces données sont la plupart du temps décrites dans les études d'impact.</i>	nécessaire pour le calcul d'impact. - Intégrer les sous produits (affiliation) • Faire un inventaire avant traitement (effluents bruts) et après (effluents rejetés). • Décrire les modalités de rejets (hauteur de cheminée, position de l'émissaire, prédilution...) • Prendre en compte le recyclage et le stockage éventuel des rejets (décroissance radioactive naturelle) • Représenter le fonctionnement moyen de l'installation sur l'année, et les éventuelles variations de fonctionnement qui ne sont pas considérées comme des incidents
<u>Sélection des substances pour les étapes suivantes</u> • Selon les critères présentés dans les guides. • Par un calcul rapide du niveau d'exposition ou de risque (pour écarter une substance). • <i>Par une autre méthode (comme celle présente dans la circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n°2005-273 (cf : 1.1.1.C de ce mémoire). Elle doit être décrite en détail et les choix justifiés.</i>	<u>Sélection des substances pour les étapes suivantes</u> « Le terme source doit être aussi exhaustif que possible, même si ultérieurement des regroupements pourront être faits dans le cadre de la gestion et du suivi réglementaire » (CSHPF, 1999)

5.4.3 Identification des dangers

Cette partie n'est pas demandée par le guide de l'IRSN. Dans le tableau n°4, tous les items présentés pour le volet radiologique, sont donc issus des pistes de réflexion précédemment citées. Concernant le volet chimique il n'y a eu aucune modification à apporter aux recommandations des guides de l'INERIS et de l'InVS (mis à part l'utilisation du nouveau moteur de recherche Furetox)

Tableau 4 : Etape 2 de la méthodologie proposée : Identification des dangers

Volet chimique	Volet radiologique
<u>Description des effets intrinsèques liés aux substances retenues</u> - Le profil toxicologique d'une substance est établi en prenant en compte : - la toxicité aiguë ; - la toxicité subchronique à chronique ; - la cancérogénicité ; - la génotoxicité ; - l'impact sur la reproduction et le développement. - Préciser pour chaque substance : - le type d'effet (à seuil ou sans seuil) ; - les organes/tissus cibles ; - les voies d'exposition ; - les éventuelles populations sensibles. - Utiliser des données accessibles et les référencer. <u>Liste complète des VTR existantes</u> - Utiliser les différentes bases de données nationales et internationales, <i>ou le moteur de recherche : Furetox.</i> - L'absence de VTR pour une substance n'est pas une condition suffisante pour négliger le calcul d'exposition de la population face à celle-ci. <u>Sélection justifiée des VTR</u> - Cohérence entre les conditions de l'étude et les scénarii d'exposition de la population - Autres critères présentés dans les guides INERIS et InVS	<u>Description des effets intrinsèques liés aux rayonnements ionisants</u> <i>Les différents types de rayonnements ionisants</i> <i>Les effets stochastiques, la nocivité des rayonnements ionisants à faible dose</i> <i>Les sources de données pertinentes (CIPR, UNSCEAR)</i> <u>Définitions des concepts de protection radiologique</u> <i>La dose : un indicateur de gestion</i> <i>Présenter concrètement la méthode de calcul :</i> <i>Des rejets (en Becquerel) à la dose efficace (en Sievert)</i> <i>Les facteurs de pondération utilisés</i> <i>Ces explications ne sont pas demandées réglementairement, elles sont toutes issues de l'analyse des difficultés liées aux différences méthodologiques réalisée au 3 de ce mémoire et des pistes d'harmonisation proposées au début de cette partie.</i>

5.4.4 Evaluation des expositions

Les recommandations sur l'évaluation de l'exposition des riverains, présentées dans le tableau n°5, seront similaires entre les volets radiologiques et chimiques de cette

méthodologie. En effet tous les guides (InVS, 2000 ; IRSN, 2002 ; INERIS, 2003) cherchent à évaluer les contaminations dans tous les compartiments environnementaux afin d'évaluer l'exposition des riverains en utilisant les facteurs humains d'exposition.

Il est cependant demandé d'actualiser cette étude à chaque DARPE et de ne pas sélectionner, une fois pour toutes, des groupes de populations, sur lesquels la modélisation de l'exposition sera réalisée.

Tableau 5 : Etape 3 de la méthodologie proposée : Evaluation des expositions

<u>Modélisation du transfert des polluants dans les compartiments environnementaux</u> • <i>Actualiser cette étude à chaque DARPE</i> • Faire un schéma conceptuel : source, vecteur, cible - Pour prendre en compte toutes les voies d'exposition possible ▪ Ingestion : de sol, poussières, aliments et eau contaminés ▪ Inhalation : de gaz, poussières, vapeurs d'eau et aérosols ▪ Contact cutanée : avec des gaz, sol, poussières, eau contaminée (bain, douche) • Décrire la contamination des différents compartiments de l'environnement - Eau de consommation - Chair des poissons des milieux aquatiques récepteurs - Dans les produits végétaux cultivés et la chair du bétail élevé à proximité - En utilisant la modélisation et/ou la métrologie • Présenter les modèles de dispersion des polluants - les limites - les campagnes de validation - les hypothèses simplificatrices - les paramètres d'adaptation au site (données météo retenues...) • Résultat de la modélisation de la dispersion des polluants - Présenter une carte du panache de dispersion des rejets gazeux - Indiquer les résultats des calculs de CTA utiles pour la sélection des groupes de référence.	
<u>Calcul de l'exposition de la population (ou sélection des groupes de référence)</u> • Appliquer des scénarii d'exposition en fonction des facteurs humains d'exposition • Rester réaliste au niveau des conditions d'exposition • Préciser la durée d'exposition choisie pour évaluer le risque (40 ans, 70 ans, durée de vie de l'installation...)	
<u>Résultats des calculs (pour le VSCEI)</u> • Estimation des DJE et des CI	<u>Résultats des calculs (pour le VSREI)</u> • Estimation des doses absorbées • Sélection finale des groupes de référence

5.4.5 Caractérisation des risques

Les recommandations de chacun des guides, comme dans les étapes précédentes, ont été conservées. C'est pour cela, que l'VSEI se conclura par le calcul d'IR pour les effets à seuil liés aux substances chimiques, d'ERI pour les effets sans seuil liés aux substances chimiques et de la dose efficace pour le volet radiologique. Les incertitudes liées à ces résultats seront aussi discutées dans cette partie.

Cependant, il a été ajouté un item pour le volet radiologique, qui recommande de proposer un moyen de faire correspondre à la valeur de la dose, des effets sanitaires ou un niveau de risque global.

Enfin, un point sur la prise en compte du bruit de fond a été rajouté. Le guide de l'IRSN mentionne qu'il faut calculer la dose efficace, reçue par le public, attribuable à l'INB mais aussi en cumulant tous les rejets d'INB présentes sur le secteur. Ce n'est pas explicite dans le guide de l'INERIS mais c'est un sujet qui prend de l'importance au niveau des ICPE (Payre, 2008).

Tableau 6 : Etape 4 de la méthodologie proposée : Caractérisation des risques

<u>Synthèse des données utiles</u>	<u>Calcul des doses induites</u>
• Données d'exposition de la population (DJE, CI) • Données toxicologiques (DJA, CT, ERU)	• Présenter pour les groupes de référence sélectionnés, par classe d'âge : - Les facteurs de pondération de rayonnement et tissulaire utilisés - Les résultats de doses équivalentes à l'organe si une toxicité spécifique est avérée - Le résultat du calcul de la dose efficace • <i>Présenter un moyen de faire correspondre la dose efficace à un excès de risque ou un indice de risque.</i> • Effectuer ces calculs pour : - Seulement les rejets de l'installation (part attribuable) - Les rejets de l'installation + bruit de fond (IRSN, 2002).
<u>Estimation du risque</u>	
• Calcul des IR pour les effets à seuil - Possibilité d'additionner les IR pour une même durée d'exposition (INERIS, 2003) • Calcul des ERI pour les effets sans seuil - Possibilité d'additionner tous les ERI quelque soit le type de cancer, l'organe cible (selon les recommandations de l'US EPA, l'InVS, et l'INERIS) • Effectuer ces calculs pour : - Seulement les rejets de l'installation (part attribuable) - Les rejets de l'installation + bruit de fond sous condition, (Payre, 2008).	

<i>Il est donc recommandé, dans cette méthodologie, de suivre les recommandations de l'IRSN afin d'avoir une vision plus générale de l'impact du site sur les riverains. Cependant elle peut ne pas être pertinente justifier la pertinence de ne pas faire une caractérisation du risque en prenant en compte le bruit de fond</i>	
<u>Discuter les incertitudes</u> • La cohérence entre les scénarii d'exposition et les études toxicologiques (durées et voies d'exposition, justification des extrapolations...) • La sélection des substances dont le risque a été évalué (impact potentiel des substances non prises en compte) • Les incertitudes liées aux VTR (facteurs de sécurité, extrapolation...) • La caractérisation des populations exposées (groupes de référence) et leurs habitudes alimentaires • Les comportements environnementaux des substances rejetées	<u>Discuter les incertitudes</u> • Fournir éventuellement une étude de sensibilité sur les paramètres les plus influents ou les plus incertains - Caractérisation des groupes de référence - Les comportements environnementaux des substances rejetées Les études épidémiologiques sur les risques liés aux rayonnements ionisants sont souvent plus précises que les études toxicologiques utilisant un très grand nombre d'hypothèses majorantes et de facteurs de sécurité.

Conclusion

Les méthodologies existantes pour réaliser le volet chimique et radiologique des VSEI d'INB présentent des différences entre elles. Ces différences nuisent aux gestionnaires de risque désirant avoir une vision globale de l'impact lié au fonctionnement de ces installations. D'autre part, elles induisent des difficultés au niveau de la transparence de l'information transmise au public, sur les risques réellement subits aux alentours des sites nucléaires.

Ce mémoire vise, dans un premier temps, à rechercher, pour chacune des différences constatées, l'origine et les justifications de son existence. Dans un second temps, ce travail propose des pistes de réflexion pouvant être prises en compte dans l'élaboration des études d'impact d'INB à venir.

L'étude des guides méthodologiques employés, et des VSEI d'INB proche du département du Vaucluse, a permis d'identifier trois divergences principales :

- L'identification des dangers : la description des effets sanitaires des rayonnements ionisants n'est pas demandée dans l'évaluation de l'impact radiologique.
- Les groupes de référence : Selon l'interprétation de la définition par les exploitants, le concept des groupes de référence peut être très différents des scénarii d'exposition.
- Le concept de dose : les résultats de quantification de risque sont différents. Une probabilité d'excès de cas attendu est calculée pour caractériser un risque chimique lorsque les effets sont sans seuil, alors que la comparaison de la dose efficace à la valeur guide de 1 mSv correspond au résultat du calcul d'impact dosimétrique des INB.

Pour chacune d'elles, une étude des textes à l'origine des réglementations nationales et internationales a apporté des précisions sur l'origine et l'explication de leur présence.

Ces explications étaient nécessaires avant d'entamer la réflexion sur l'harmonisation des méthodologies, dont la faisabilité a été évaluée par l'industriel AREVA.

Ces réflexions ne représentent pas un cadre méthodologique strict et fixe, mais prennent en compte un retour d'expérience d'agents afin d'optimiser les méthodologies existantes pour rendre les prochaines DARPE plus claires et transparentes pour le public. Ce travail a été l'occasion d'entamer un dialogue, entre services de l'Etat et exploitants en amont des dossiers, confrontant les attentes des autorités et les possibilités des pétitionnaires. C'est en consolidant ces échanges que ces attentes pourront être intégrées au mieux dans l'élaboration des dossiers.

Bibliographie

Textes réglementaires français et européens :

Directive 96/29/EURATOM fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants.

Loi 2006-686 du 13 juin 2006, relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire.

Décret n°95-540 du 4 mai 1995 relatif aux rejets d'effluents liquides et gazeux et aux prélèvements d'eau des INB.

Décret 2007-1557 du 2 novembre 2007 relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives ont renouvelé en profondeur le régime d'autorisation des INB.

Décret n°2007-830 du 11 mai 2007 relatif à la nomenclature des installations nucléaires de base.

Arrêté du 1^{er} septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants

Circulaire DGS/SD. 7B n° 2006-234 du 30 mai 2006 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des VTR pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact.

Circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n°2005-273 du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.

Décision n° 2009-DC-0127 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 6 janvier 2009 établissant la liste des installations nucléaires de base au 31 décembre 2008

Avis du CSHPF, Section de la Radioprotection. sur le concept de dose efficace adopté à la séance du 15 décembre 1999. *Texte non paru au Journal Officiel.*

Guides institutionnels publics :

INERIS. 2003. *Evaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des installations classées - Risques dus aux substances chimiques.* 152p

InVS. 2000. *Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact.* Disponibilité : <http://www.invs.sante.fr/publications/guides/etude%5Fimpact/> (consulté tout l'été 2009)

IRSN. 2002. *Guide d'examen pour l'étude d'impact radiologique d'une installation nucléaire de base (INB) fournie à l'appui des demandes d'autorisation de rejets.* Rapport IRSN/02-24. 52p

CSHPF - section de la Radioprotection. 2000. *Etude de l'impact radiologique sur le public des installations nucléaires en fonctionnement normal.* Paris. TEC & DOC Editions. 142p

DARPE consultées :

AREVA, Compilation d'études portant sur le choix des groupes de référence dans les études d'impact des INB d'AREVA Tricastin (Cogema Pierrelatte, Comurhex, Eurodif, Socatri) réalisées à la fin des années 90 et transmises à la DDASS Vaucluse en 2009.

EDF, 2006. Dossier de demande de renouvellement des autorisations de prélèvements d'eau et de rejets du Centre National de Production d'Electricité du Tricastin. Vol 1 et 3

AREVA, 2007, Dossier de Demande d'Autorisation de modification de l'INB Georges Besse II, Etude d'impact, transmise à la DDASS du Vaucluse dans le cadre de l'enquête publique en 2007.

INERIS, 2007 Evaluation des risques sanitaires (ERS) liés au fonctionnement de l'atelier REC II modifié de l'usine d'enrichissement d'uranium Georges Besse II. Réf. DRC-07-75154-08743C

AREVA, 2009. Volume 2 du. Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter de l'INB COMURHEX II, Etude d'impact, transmise à la DDASS du Vaucluse dans le cadre de l'enquête publique en 2009.

INERIS, 2009. Evaluation des risques sanitaires (ERS) liés au fonctionnement de l'usine COMURHEX du Tricastin (26) dans sa future configuration (COMURHEX II). Mise à jour de décembre 2008. Réf. DRC-09-101205-15828B.

Autres publications

AIEA, 2007. Glossaire de Sûreté de l'AIEA. Terminologie employée en sûreté nucléaire et radioprotection édition 2007. 240p

CEA, 2003. Toxicologie radiologique et chimique, Clefs CEA n°48, été 2003. « Comment estimer le risque relatif des rayonnements ionisants ? » 7p. Disponibilité : http://www.cea.fr/recherche_fondamentale/toxicologie_radiologique_et_chimique (consulté en août 2009)

CIPR, 2007. *Publication 103 de la CIPR – Recommandations 2007 de la commission internationale de protection radiologique*. Édition en langue française par Jean-Claude Nénot assisté de Jean Brenot, Dominique Laurier, Alain Rannou et Dominique Thierry. Paris. TEC & DOC Editions. 417p disponibilité : http://net-science.irsn.org/net-science/liblocal/docs/docs_DIR/CIPR_103.pdf (consulté en juillet 2009)

HOFFMANN W., TERSCHUEREN C., RICHARDSON D. 2007. "Childhood Leukemia in the Vicinity of the Geesthacht Nuclear Establishments near Hamburg, Germany". *Environmental Health Perspectives* Volume 115, Number 6, June 2007
Disponibilité : <http://www.ehponline.org/members/2007/9861/9861.pdf> (consulté en juillet août 2009)

INERIS, 2006. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Arsenic et ses dérivés inorganiques

LAURIER, 1999 "Leucémies chez les moins de 25 ans autour d'installations nucléaires en France et à l'étranger: revue des études épidémiologiques descriptives" *Radioprotection*, (Apr-Jun 1999) v.34 (n°2) p149 – 176. Disponible sur le site www.radioprotection.org (consulté juin, juillet 2009)

LAURIER, 2008 *Les études épidémiologiques des leucémies autour des installations nucléaires chez l'enfant et le jeune adulte : revue critique*. 202p

MERCAT-ROMMENS C., LOUVAT D., DUFFA C., SUGIER A. 2005. "Comparison between radiological and chemical health risks assessments: The Nord-Cotentin Study". *Human and Ecological Risk Assessment*, vol 11, pp 627-644

MERLE-SZÉRÉMÉTA A., ROMMENS C., DROMBRY-RINGEARD C., LAURIER D., 1999. *Du Rayonnement au risqué : le modèle du groupe*. 20^{ème} Congrès ATSR, « Radioprotection et écologie », Paris

MERLE-SZEREMETA A., BRENOT J., CHOJNACKI E., ROMMENS C., GERMAIN P., SUGIER A. 2002. *Nord-Cotentin radioecological study – sensitivity and uncertainty analysis*.

Disponibilité : http://net-science.irsn.fr/net-science/liblocal/docs/docs_DEI/eurosafe%20rommens%20germain.pdf (consulté tout l'été 2009)

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1983. *Risk assessment in the federal government. Managing the process*. National Academy Press, Washington, DC.

PAYRE, 2008. *Prise en compte du bruit de fond chimique dans les évaluations réglementaires des risques sanitaires environnementaux*. Mémoire d'Ingénieur du Génie Sanitaire.

SANTE CANADA. 1999. *Recommandations sur les coefficients de dose à utiliser pour évaluer les doses provenant de rejets accidentels de radionucléides dans l'environnement*. 48p. Disponibilité : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/radiation/dose/evaluerdose.pdf (Consulté en juin - juillet 2009)

TUBIANA M., AURENGO A., 2005. *La relation dose-effet et l'estimation des effets cancérogènes des faibles doses de rayonnements ionisants*. Académie Nationale de Médecine – Institut de France, Académie des sciences. Paris. Disponibilité : http://www.academie-sciences.fr/publications/rapports/pdf/dose_effet_07_04_05.pdf (consulté en juillet 2009)

UNSCEAR, 2000. Report Vol. II. Sources and effects of ionizing radiation. Report to the general assembly with scientific annexes. Volume II: Effects
Disponibilité : http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2000_2.html (Consulté en juin - juillet 2009)

UNSCEAR, 2006. Report Vol. 1. Effects of ionizing radiation. Report to the general assembly with scientific annexes A and B.
Disponibilité : http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2006_1.html (Consulté en juin - juillet 2009)

VERGER P., HUBERT Ph., BARD D. 1998. *L'évaluation des effets des faibles doses de rayonnements ionisants : Apports de l'épidémiologie*. Revue de l'ACOMEN, vol. 4 n°4, pp. 287-297.
Disponibilité : <http://www.univ-st-etienne.fr/lbti/acomen/revue/1998/pdf4/verger.pdf> (consulté en juin 2009)

Sites internet consultés

Définition des CTA de météo France

http://www.meteorologie.eu.org/CMC/web_CMC_extranet_fixe/fr_doc_perle.html (visité en juillet 2009)

La place des recommandations internationales dans la réglementation française

http://extranet.senat.fr/rap/r95-278-1/r95-278-1_mono.html (visité en juillet 2009)

Généralités sur la radioprotection (consultés tout l'été 2009)

<http://www-carmin.cea.fr/espace-pedagogique/utilitaires/telechargement>

www.asn.fr

www.irsn.fr

<http://www.carnetsdesante.fr/Laurier-Dominique>

<http://web.princeton.edu/sites/ehs/osradtraining/biologiceffects/page.htm>

<http://www.laradioactivite.com/fr/site/pages/larelationlineairesansseuil.htm>

Informations sur l'évaluation du risque chimique (consultés tout l'été 2009)

<http://www.epa.gov/ttn/atw/toxsource/paradigm.html>

www.ineris.fr

www.invs.sante.fr

http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud_impact/sommaire.htm (site de l'OPERSEI)

Liste des Figures

Figure 1 : Démarche de quantification de l'exposition.....	16
Figure 2 : Détail de la description de la démographie en fonction de la proximité de l'INB	24
Figure 3 : Synthèse de la méthodologie de calcul de l'impact dosimétrique.....	27
Figure 4 : échelle de correspondance dose – ERI	39

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Les différents rayonnements ionisants.....	29
Tableau 2 : Etapes de calcul de la dose efficace	32
Tableau 3 : Etape 1 de la méthodologie proposée : Caractérisation des rejets.....	42
Tableau 4 : Etape 2 de la méthodologie proposée : Identification des dangers.....	44
Tableau 5 : Etape 3 de la méthodologie proposée : Evaluation des expositions	45
Tableau 6 : Etape 4 de la méthodologie proposée : Caractérisation des risques	46

Liste des annexes

Annexe 1 – Entretiens téléphoniques et Réunions	II
Annexe 2 – Circulaire DGS/SD. 7B n° 2006-234 du 30 mai 2006.....	IV
Annexe 3 – Formules de calcul des expositions dans les VSCEI	IX
Annexe 4 – Filiation radioactive de l’Uranium 238	X

Annexe 1 – Entretiens téléphoniques et Réunions

Entretiens téléphoniques avec :

Muriel Andrieu-Semmel.

Ingénieur du Génie Sanitaire à la DRASS PACA, ancienne coordonnatrice de l'OPERSEI.

Contactée le 25 mai 2009.

Caroline Ringear

Réalise au sein de l'IRSN et du GRNC les volets radiologiques et chimiques d'évaluation des risques sanitaires des études d'impact d'INB.

Contactée le 27 mai 2009

Dominique Laurier

A réalisé au sein de l'IRSN plusieurs études sur le risque leucémie infantile autour des sites nucléaires et a participé au GRNC.

Contacté le 8 juin 2009

Olivier Catelinois

Membre du groupe permanent d'experts en radioprotection des travailleurs et du public pour les applications industrielles et de recherche des rayonnements ionisants, ainsi que pour les rayonnements ionisants d'origine naturelle, dénommé « GPRAD ».

Aborde les volets chimiques et radiologiques des VSEI d'INB au sein de l'InVS, mais travaille tout de même plus sur le volet radiologique.

Contacté le 16 juin 2009

Karine Hadji

Ingénieur d'Etude Sanitaire, chargée de l'instruction des volets sanitaires d'étude d'impact à la DDASS Bouches du Rhône.

Contactée le 25 mai 2009.

Isabelle Lorandi

Ingénieur d'Etude Sanitaire, chargée de l'instruction des volets sanitaires d'étude d'impact à la DDASS Gard.

Contactée le 26 juin 2009.

Réunions

29 juin 2009 Réunion sur le site d'AREVA Tricastin

Présents : DDASS 84 (stagiaire EHESP) : Sylvain D'agata
AREVA Tricastin : Catherine Mercat, Jany Petit, Frédéric Brun

Objet de la réunion :

Présentation des différences entre les méthodologies employées, des difficultés induites.

Recherche de moyens réalistes pour harmoniser les méthodologies.

28 juillet 2009 Réunion à la DDASS de la Drôme

Présents : DDASS 84 : Caroline Callens, Stéphanie Garcia, Sylvain D'agata
DDASS 26 : Brigitte Vitry, Armelle Mercurol
ASN Lyon : Jean-Louis Saulze
AREVA Tricastin : Frédéric Brun, Cécile Lecarme, Jean-Marie Chabran,

Objet de la réunion :

Discussion des avis rendus par les DDASS sur les projets Georges Besse II et COMURHEX II.

Présentation des pistes proposées pour harmoniser les deux volets des VSEI et discussions de celles-ci.

Annexe 2 – Circulaire DGS/SD. 7B n° 2006-234 du 30 mai 2006



MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SOLIDARITÉS

Direction générale de la santé
Sous-direction de la gestion des risques et des milieux

Le ministre de la santé et des solidarités

A

Mesdames et Messieurs les Préfets de Région
Mesdames et Messieurs les Préfets de Département
Mesdames et Messieurs les Directeurs régionaux
et départementaux des Affaires Sanitaires et sociales

(pour instruction)

CIRCULAIRE N° DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006

relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact

Date d'application : Immédiate

NOR :

Grille de classement :

Résumé : l'objectif de la présente circulaire est de préciser et de simplifier les modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence, étapes de l'évaluation des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact.

Mots clés : évaluation des risques sanitaires, valeurs toxicologiques de référence, études d'impact

Textes de référence : Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie ;
Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature codifiée dans le code de l'environnement en article L.123-3 ;

Loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement :
article 1^{er} codifié dans le code de l'environnement en article L. 511-1

Décret n° 2003-767 du 1^{er} août 2003 modifiant le décret n° 77-1141 du 12 octobre 1977 sur les études d'impact pris pour l'application de l'article 2 de la loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 sur la protection de la nature et le décret n° 85-453 du 23 avril 1985 pris pour l'application de la loi du 12 juillet 1983 relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement

Décret n° 2000-258 du 20 mars 2000 modifiant le décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour l'application de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement

Texte abrogé ou modifié : néant

Annexe : néant

Les questions concernant la pertinence des substances sélectionnées pour mener l'évaluation des risques sanitaires ainsi que le choix des valeurs toxicologiques de référence par le pétitionnaire sont posées de façon récurrente par les services déconcentrés des DDASS amenés à donner leur avis sur les effets sanitaires liés aux projets relevant d'études d'impact. Les services déconcentrés en charge de l'instruction de ces études d'impact (DRIRE, DIREN et DDE) interrogent également mes services sur ces points.

Dans un premier temps je vous rappelle qu'au sein de l'étude d'impact, une meilleure appréciation des effets sur la santé est un des éléments permettant :

- de justifier la décision publique sur le projet,
- de proposer des mesures complémentaires de réduction des émissions ou de justifier la solution retenue, parmi d'autres possibles,
- de contribuer à l'amélioration de l'information du public sur les risques sanitaires encourus et donc de permettre un débat contradictoire.

Dans ce contexte, l'avis de la DDASS porte sur l'étude d'impact dans son ensemble, il prend en compte la qualité du recensement des dangers (inventaire exhaustif et détaillé des émissions), la qualité de la sélection des agents, la qualité de l'évaluation de l'exposition des populations présentées par le pétitionnaire, les résultats de la caractérisation des risques sanitaires imputables à l'installation et déjà présents sur la zone d'impact du projet ainsi que la discussion critique des principales conclusions, les mesures effectives de réduction pour les polluants toxiques et de surveillance du site (émissions, milieux voire populations) proposées par le pétitionnaire ainsi que la présentation des risques sanitaires aux populations.

L'appréciation des effets sur la santé repose donc en partie sur la quantification des risques sanitaires mais l'enjeu majeur est d'apprécier si la quantification du risque faite sur un nombre restreint de substances est un bon reflet de l'impact de la situation analysée. Par ailleurs, lorsque la quantification des risques ne peut être menée à son bout, l'absence de calcul ne doit pas empêcher les pouvoirs publics de prendre, le cas échéant, des mesures de gestion appropriées.

Parmi les 4 étapes classiquement décrites de la démarche d'évaluation des risques (identification des dangers, relations dose réponse, exposition des populations et caractérisation des risques), c'est la combinaison des trois premières qui permet d'argumenter la sélection des substances à prendre en compte dans l'évaluation quantitative des risques sanitaires

Ainsi, je vous demande de vérifier que la sélection des substances repose sur les quatre étapes suivantes :

1. dans un premier temps, sur la fourniture d'un inventaire qualitatif le plus complet possible des substances présentes sur le site (substances stockées, produites, émises). Cette étape est préalable à l'évaluation des risques sanitaires et repose notamment sur les autres parties de l'étude d'impact. La première vérification s'effectue en regardant si le pétitionnaire a bien pris en compte l'ensemble des catégories de produits stockés, utilisés sur le site et les connaissances scientifiques actuelles sur les substances générés par ses process. Dans la mesure où ces éléments n'apparaîtraient pas de façon explicite dans l'étude d'impact, je vous conseille de vous rapprocher des services en charge de l'instruction des études d'impact (DRIRE, DIREN et DDE) qui doivent examiner plus particulièrement ce point du fait de leur compétence sur les techniques et sur les installations soumises à études d'impact .
2. dans un deuxième temps, c'est le potentiel d'exposition qui est apprécié par le pétitionnaire ; c'est-à-dire l'identification de transferts possibles dans les compartiments environnementaux et la possibilité pour ces compartiments de devenir des vecteurs d'exposition pour les populations, l'existence d'un effet néfaste sur la santé pour la voie d'exposition constatée et la présence ou non d'une population exposée par cette voie. A ce stade une deuxième sélection s'opère, éliminant les substances pour lesquelles aucune exposition n'est attendue. Il n'y a alors aucune raison de dérouler la démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires pour celles-ci.

3. dans un troisième temps, le pétitionnaire doit classer les substances restantes dans différentes catégories :
 - celles pour lesquelles pour un effet critique et une voie d'exposition donnée, les informations sur la relation dose réponse et le facteur d'émission sont disponibles et donc pour lesquelles une quantification du risque est possible ;
 - celles pour lesquelles seule une information toxicologique ou d'exposition est disponible : la quantification du risque n'est alors pas possible; toutefois, lorsque le manque d'information est d'ordre toxicologique mais qu'un niveau d'exposition peut être mesuré, il peut être pertinent de comparer la dite exposition à d'autres valeurs d'exposition (par exemple, le n-butanol, irritatif naso-respiratoire et oculaire ne dispose pas de VTR pour la voie d'inhalation, la concentration d'exposition peut alors être comparée à celle définie comme valeur limite en milieu professionnel mais il n'y aura pas de quantification du risque sanitaire) ;
 - celles pour lesquelles il y a un manque total d'information et pour lesquelles la quantification du risque est bien évidemment impossible.
4. dans un quatrième temps une sélection complémentaire (non obligatoire) peut être menée par le pétitionnaire au sein de la première catégorie décrite au point 3 en fonction de critères de faisabilité tels que la capacité de détection d'une substance ou le délai d'obtention des résultats par exemple. Dans ce cas, je vous demande de vérifier qu'ont été privilégiées dans la sélection, les substances pour lesquelles un niveau de risque élevé est attendu d'après la sévérité des effets (intensité, curabilité, réversibilité), les substances cancérigènes classées 1 par le CIRC « cancérigène certain pour l'homme », l'importance de la contamination attendue du milieu par rapport au bruit de fond, les niveaux d'exposition, la fréquence d'exposition, le nombre de personnes susceptibles d'être exposées, l'attente sociale si celle-ci est compatible avec les substances utilisées, stockées ou générées par le process industriel.

Ces quatre temps ont le mérite d'explicitier les choix faits dans la conduite de l'évaluation des risques sanitaires. Ils mettent en évidence les différentes incertitudes liées aux défauts d'exhaustivité dans l'identification des substances, aux lacunes de connaissance, à la sélection de substances. Je vous demande de vous assurer que l'impact de ces choix sur les résultats finaux de l'évaluation des risques sanitaires est discuté.

Le choix des valeurs toxicologiques de référence

En préambule, il est important de préciser, suite au retour d'expériences actuel, que les conséquences de ce choix sur les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires sont en général moindres que celles liées à la phase de sélection des substances lorsqu'il y a sélection.

Dans le cadre des études d'impact, je souhaite que soit privilégié la mise en oeuvre de méthodes faisant l'objet d'un consensus au développement de procédures spécifiques qui, relevant d'une expertise approfondie et d'un travail transdisciplinaire, ne peuvent être mises en place dans l'élaboration de ces dossiers. Dans certains dossiers, la construction de VTR a conduit à des estimations des risques encourus. Ainsi, les règles suivantes concernant l'utilisation des valeurs toxicologiques de référence doivent être respectées.

Trois cas de figure se présentent :

1. Aucune valeur toxicologique de référence n'est recensée pour une substance chimique dans l'une des 6 bases de données étrangères nationales ou internationales (US-EPA¹ ATSDR², l'OMS³/IPCS⁴,

¹ US-EPA : United States - Environmental Protection Agency - <http://www.epa.gov/iris/>

² ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Etats-Unis) - <http://www.atsdr.cdc.gov/>

³ OMS : Organisation Mondiale de la Santé

⁴ IPCS : International Program on Chemical Safety - <http://www.inchem.org>

Health Canada, RIVM⁵ et OEHHA⁶). En l'absence de VTR pour cette substance, une quantification des risques n'est pas envisageable même si les données d'exposition sont exploitables. Cette situation n'interdit pas le pétitionnaire, ni vous même à la lecture du dossier, sur la base de données qualitatives (potentiel de danger...) de proposer des mesures techniques appropriées de réduction des émissions.

Dans le cadre des études d'impact, je vous demande de vérifier que le pétitionnaire s'est abstenu de toute utilisation d'autres valeurs telles que :

- une valeur toxicologique publiée dans la littérature, qu'elle soit issue de données expérimentales chez l'animal ou de données d'études chez l'homme. Contrairement à celles présentes dans les bases de données citées ci-dessus, une telle valeur n'a pas suivi le même cheminement d'expertise et la confiance à lui accorder est difficile à apprécier, quelle que soit la notoriété des auteurs ; de plus, elle a souvent été établie pour un contexte très particulier et son domaine d'application ne peut être élargi.
 - une Valeur Limite d'Exposition Professionnelle (VLEP). Construite pour une situation professionnelle elle ne s'adapte pas à une situation de population non professionnelle car nombre de paramètres intervenant dans sa construction sont distincts, à commencer par la structure de la population (présence d'enfants et de populations fragiles) ;
 - une valeur guide de qualité des milieux car aujourd'hui la plupart de ces valeurs guides reposent sur des critères sanitaires et sont donc construites à partir de VTR existantes. Il faut donc se référer à la VTR existante (cas de figure 2 ou 3).
2. Une seule valeur toxicologique de référence existe dans l'une des 6 bases de données US-EPA ATSDR, OMS/IPCS, RIVM, Health Canada, OEHHA. Une façon rapide de vérifier l'existence d'une VTR est de consulter le site ITER⁷
- Si elle est retrouvée sur une base de données sous forme d'avant-projet (draft) ou de document provisoire, le pétitionnaire ne doit pas s'en servir ; je vous demande de vérifier ce point qui nous renvoie au cas de figure précédent.
 - Décrite officiellement dans l'une des bases, toute VTR présentée dans un dossier doit être accompagnée au minimum du nom de la substance chimique, de son numéro CAS, de l'effet critique considéré, de sa voie d'action, de l'organisme qui l'a produit et de sa date de révision.
 - La valeur toxicologique de référence doit cependant être appropriée à la situation pour être utilisée, c'est à dire qu'elle doit correspondre à la durée et à la voie d'exposition auxquelles la population est confrontée; ainsi par exemple je vous rappelle que les pétitionnaires :
 - Ne doivent pas utiliser une valeur toxicologique aiguë pour une exposition chronique et vice versa ;
 - En l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, ils ne doivent envisager aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire ;

⁵ RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Institut national de la santé publique et de l'Environnement (Pays-bas) <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701025.pdf>

⁶ OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment (antenne californienne de l'US-EPA) <http://www.oehha.ca.gov/risk/ChemicalDB/index.asp>

Health Canada : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl1-lsp1/index_e.html

⁷ ITER : <http://www.tera.org/iter/>

- Ils ne peuvent procéder à une transposition de la VTR de la voie orale en une VTR par voie respiratoire (ou vice versa) que dans le cas où les substances engendrent un effet similaire quelle que soit la voie d'exposition. Lorsqu'ils sont disponibles, les facteurs d'absorption sont à prendre en considération dans le calcul ; à défaut, on considérera une absorption de 100 % du composé pour la voie d'exposition concernée.
3. Plusieurs valeurs toxicologiques de référence existent dans les bases de données (US-EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Health Canada, RIVM ou OEHHA) pour un même effet critique, une même voie et une même durée d'exposition. Ces VTR retrouvées pour des substances à effet à seuil, d'une part, et pour des substances à effet sans seuil, d'autre part, ont généralement le même ordre de grandeur. Par mesure de simplification, plutôt qu'un choix portant sur des éléments toxicologiques pointus, il est recommandé au pétitionnaire de sélectionner la VTR dans la première base dans laquelle elle est retrouvée en respectant la hiérarchisation suivante :
- Pour les substances à effets à seuil successivement US EPA puis ATSDR puis OMS/IPCS puis Health Canada puis RIVM et en dernier lieu OEHHA.
 - Pour les substances à effets sans seuil successivement US EPA puis OMS/IPCS puis RIVM puis OEHHA.

Cette simplification étant appliquée, je vous recommande de cibler votre action sur la vérification des trois points suivants

- En ce qui concernent les substances toxiques non cancérigènes les experts s'accordent sur l'existence d'une dose seuil nécessaire à la manifestation de l'effet sanitaire ; une valeur toxicologique de référence à seuil est donc à utiliser par le pétitionnaire.
- S'agissant de substances cancérogènes mutagènes ou génotoxiques, les experts s'accordent sur leur mode d'action sans seuil ; une valeur toxicologique sans seuil est donc la seule utilisable par le pétitionnaire.
- S'agissant des substances cancérigènes non génotoxiques, il est admis qu'il existe une dose seuil. Cependant le bien fondé de cette conclusion est discuté par certains experts qui estiment que l'existence d'un seuil au niveau cellulaire pose le problème de l'existence et de la détermination de ce seuil au niveau de l'organisme et de la population (cas de sous-populations extrêmement sensibles). Je considère donc qu'il est prudent, sur le plan scientifique, de s'en tenir à une approche pragmatique qui consiste à demander au pétitionnaire de retenir dans ce cas également une valeur toxicologique de référence sans seuil si elle existe.

Je vous demande de me faire part, sous le présent timbre, des difficultés que vous rencontrerez dans la mise en oeuvre de la présente circulaire.

Le directeur général de la santé,

Didier Houssin

Annexe 3 – Formules de calcul des expositions dans les VSCEI

D'après le guide de l'INERIS :

Pour la voie ingestion et absorption cutanée

La Dose Journalière d'Exposition (DJE) en mg/kg/j ou µg/kg/j est définie comme :

$$DJE_{ij} = \frac{C_i \times Q_{ij} \times F}{P} \times \frac{T}{T_m}$$

Avec :

- DJE_{ij} : Dose journalière d'exposition liée à une exposition au milieu i par la voie d'exposition j (en mg/kg/j),
- C_i : Concentration d'exposition relative au milieu i (eau souterraine, eau superficielle, sol, aliments,...), exprimée en mg/kg, mg/m³ ou mg/L,
- Q_{ij} : Quantité de milieu i, c'est-à-dire de sol, d'eau administrée par la voie j par jour, exprimée en kg/j pour les milieux solides et en m³/j ou L/j pour les milieux gazeux ou liquides,
- F : Fréquence ou taux d'exposition : nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours (sans unité),
- P : Poids corporel de la cible (kg),
- T : Durée d'exposition (années),
- T_m : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années).

Pour la voie inhalation

Le niveau d'exposition sera pondéré de la manière suivante :

$$CI = \left(\sum_i (C_i \times t_i) \right) \times F \times \frac{T}{T_m}$$

Avec :

- CI : Concentration moyenne inhalée (mg/m³, µg/m³),
- C_i : Concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (mg/m³),
- t_i : fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée,
- F : Fréquence ou taux d'exposition (sans unité)
- T : Durée d'exposition (années)
- T_m : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années)

Dans les calculs d'exposition à des substances ayant des effets sans seuil, le rapport T/T_m n'apparaît pas car, pour ces substances, $T=T_m$.

Annexe 4 – Filiation radioactive de l'Uranium 238

