

## **CENTRALE NUCLÉAIRE DE POINT LEPREAU**



### **Rapport d'information**

# **PRINCIPES DE PLANIFICATION TECHNIQUE – URGENCES LIÉES AU RAYONNEMENT IR-78600-02 Rév. 0**



## Approbation du document

Les signatures suivantes sont nécessaires avant la distribution du présent document.

Rôle	Nom	Signature	Date
Auteur	J. Lafortune F. Lemay	Communauté internationale des chercheurs en sécurité	20 novembre 2003
Responsable de la révision	B. Shanks		2004-02-28.
Responsable du document (approuvé par)	L. Comeau		2004-02-27

## Historique de révision

Le tableau qui suit présente l'historique de révision le plus récent du présent document.

<b>N° de la rév.</b>	<b>Date</b>	<b>Changements depuis la dernière révision</b>	<b>Auteur(s)</b>	<b>Réviser(s)</b>
0	23 fév. 2004	Nouvelle publication	J. Lafortune F. Lemay	B. Shanks

## Utilisation du document

### Révision du document

Le présent rapport d'information est un document contrôlé. Pour réviser le présent document, il faut communiquer avec le propriétaire du processus ou avec le propriétaire du document responsable du processus *SU-5*, « *Fournir des services de préparation aux situations d'urgence* ».

### Navigateur de dessins et de documents

Pour vous assurer de consulter la version la plus récente du présent document, veuillez utiliser le navigateur en ligne de dessins et de documents.

Choose appropriate classification statement

## Énoncé de classification

### Utilisation exclusive

Le présent document a une valeur commerciale pour Énergie NB. Par conséquent, il est interdit d'en effectuer une copie ou de le distribuer à un tiers sans d'abord obtenir notre consentement écrit.

Il est possible d'obtenir un exemplaire du présent document d'Énergie NB à condition d'en faire la demande et de verser des frais établis (spécifiques au présent document) à Énergie NB.

Il faut envoyer les demandes au propriétaire du processus ou au propriétaire du document mentionné dans la section « Approbation du document », à la Centrale nucléaire de Point Lepreau, case postale 600, Lepreau, Nouveau-Brunswick, Canada E5J 2S6.  
(Tél. : 506-659-2220)

## TABLE DES MATIÈRES

1.	Introduction .....	8
1.1	Contexte.....	8
1.2	Objectif.....	8
1.3	Portée .....	8
1.4	Références.....	8
1.5	Définitions et acronymes.....	11
2.	Concepts et principes.....	13
2.1	Principes de planification des mesures d'urgence.....	13
2.2	Mesures de protection .....	14
2.2.1	Mise à l'abri.....	14
2.2.2	Évacuation .....	15
2.2.3	Administration d'iode stable.....	15
2.2.4	Déplacement et réinstallation temporaires .....	16
2.2.5	Interdiction et contrôle des aliments .....	16
2.3	Effets déterministes et effets stochastiques.....	16
2.4	Niveaux d'intervention.....	17
2.5	Zones de planification d'urgence .....	18
2.5.1	Zone des mesures préventives (ZMP).....	18
2.5.2	Zone de mesures de protection urgentes (ZMPU) .....	19
2.5.3	Zone de protection à long terme (ZPLT).....	19
3.	Utilisation des accidents présumés dans les principes de planification technique ..	20
3.1	Émissions de dimensionnement (ED).....	20
3.2	Émissions hors dimensionnement (EHD) .....	21
3.3	Émissions en cas d'accident sévère (EAS) .....	21
4.	Conséquences des accidents .....	23
4.1	Modélisation et hypothèses .....	23
4.2	Conditions météorologiques .....	23
4.3	Conséquences des ED .....	24
4.4	Conséquences des EHD.....	26
4.5	Conséquences des EAS .....	28
4.6	Rapport entre le débit de la dose mesurée et la dose efficace.....	31
4.7	Exposition selon la voie de pénétration .....	33
5.	Facteurs relatifs à la planification des mesures d'urgence .....	34
5.1	ZMP .....	34
5.2	ZMPU.....	34
5.3	Niveaux d'intervention opérationnels (NIO) .....	35
5.3.1	NIO pour la mise à l'abri et l'évacuation dans le panache.....	36
5.3.2	NIO pour l'évacuation fondée sur le rayonnement terrestre .....	36
5.3.3	NIO pour le déplacement fondé sur le rayonnement terrestre.....	37
5.3.4	NIO pour les interdictions alimentaires fondées sur le rayonnement terrestre	37
5.3.5	Résumé des NIO .....	37
5.4	Stratégie d'intervention d'urgence .....	38
6.	Conclusion .....	39
	ANNEXE A : Inventaire du cœur du réacteur CANDU .....	40
	ANNEXE B : Modélisation et hypothèses.....	41
1.	Calculs de la dispersion et des doses .....	41
1.1	Méthodologie .....	41
1.2	Codes.....	41
1.2.1	Logiciel COSYMA .....	41

1.2.2	Code post-traitement .....	42
1.2.3	Chiffrier électronique.....	42
1.3	Modèles et hypothèses .....	42
1.3.1	Inventaire .....	42
1.3.2	Durée des émissions .....	42
1.3.3	Conditions météorologiques .....	45
1.3.4	Récepteurs .....	45
1.3.5	Grille spatiale .....	46
2.	Doses.....	47
2.1	Effets déterministes .....	47
2.1.1	Hypothèses.....	47
2.1.2	Modèle des effets sur la santé.....	47
2.2	Doses efficaces.....	50
2.2.1	Hypothèses.....	50
ANNEX C : Tableaux des calculs effectués .....		52

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Dose efficace attribuable à l'ED .....	24
Figure 2 : Dose absorbée par la thyroïde et attribuable à l'ED .....	25
Figure 3 : Dose efficace attribuable à l'EHD .....	26
Figure 4 : Dose absorbée par la thyroïde et attribuable à l'EHD .....	27
Figure 5 : Risque de morbidité individuelle en cas d'EAS avec émission élevée (50 MW) .....	29
Figure 6 : Risque de morbidité individuelle en cas d'EAS avec émission au sol (0 MW)	29
Figure 7 : : Rapport entre le débit de la dose efficace et le débit de la dose ambiante dans le panache.....	31
Figure 8 : Rapport entre la dose efficace après une exposition de sept jours au rayonnement terrestre et la dose ambiante après une exposition d'un jour au rayonnement terrestre.....	32
Figure 9 : Rapport entre la dose efficace après une exposition de 30 jours au rayonnement terrestre et la dose ambiante après une exposition d'un jour au rayonnement terrestre.....	32

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Facteurs de réduction de la dose liés à la mise à l'abri.....	15
Tableau 2 : Niveaux d'intervention à utiliser dans le présent document .....	17
Tableau 3 : Catégories d'émissions [source : TTR-221] .....	22
Tableau 4 : Statistiques relatives aux conditions météorologiques du site de Point Lepreau .....	23
Tableau 5 : Distances pour déterminer les niveaux d'intervention associés à l'ED .....	26
Tableau 6 : Distances pour déterminer les niveaux d'intervention associés à l'EHD.....	27
Tableau 7 : Effet des mesures de protection sur les distances déterministes en cas d'EAS au niveau Pasquill D et sans contenu thermique .....	30
Tableau 8 : Exposition en fonction de la voie de pénétration pour une exposition de 7 jours .....	33
Tableau 9 : NIO recommandés .....	38
Tableau 10 : Inventaire en état stable dans le cœur du réacteur CANDU-600 .....	40
Tableau 11 : Correction des sigmas horizontaux ( $p$ ) pendant la durée des émissions ...	44
Tableau 12 : Scénarios météorologiques utilisés pour les calculs .....	45
Tableau 13 : Rythmes respiratoires recommandés par divers organismes .....	46
Tableau 14 : Rythme respiratoire selon l'âge [UNSCEAR 2000], [ICRP-71] .....	46
Tableau 15 : Intégration de la dose dans les calculs déterministes .....	47
Tableau 16 : Paramètres des effets déterministes sur la santé dans COSYMA [COS95] .....	49
Tableau 17 : Durée d'exposition pour les calculs de dose efficace.....	50
Tableau 18 : Paramètres du scénario météorologique fixe.....	51
Tableau 19 : Paramètres pour les essais probabilistes relatifs aux conditions météorologiques.....	51
Tableau 20 : Essais de référence.....	53
Tableau 21 : Essais avec des prévisions météorologiques probabilistes .....	54

# 1. Introduction

## 1.1 Contexte

Les accidents qui peuvent occasionner des dommages radioactifs considérables sont très improbables. Néanmoins, les plans d'intervention d'urgence font partie d'un programme fiable de gestion de la sécurité. Pour être efficaces, pratiques et réalistes, les plans d'urgence doivent reposer sur des *principes de planification technique* fiables. Le document sur les principes de planification technique offre une description pratique des accidents potentiels, notamment, la gamme des accidents potentiels, la probabilité qu'ils surviennent, leurs conséquences, les moments où ils peuvent survenir et l'efficacité des mesures de protection. Les principes de planification technique fournissent également la définition des zones de planification d'urgence et les stratégies de planification qui permettent de tenir compte des risques d'accident et des effets sur la santé. Les principes aident aussi les organisations à effectuer un investissement raisonnable et efficace des ressources à l'étape de planification.

Les principes de planification technique doivent servir strictement aux *fins de planification*. Ce document ne doit pas servir durant les interventions en cas d'incident ou d'accident nucléaire.

## 1.2 Objectif

Le présent document comprend les principes de planification technique pour la Centrale nucléaire de Point Lepreau (CNPL). Son but consiste à fournir les renseignements pratiques nécessaires pour créer des plans et des capacités d'intervention d'urgence fiables, efficaces et raisonnables.

Le présent document vise principalement à protéger la santé des personnes durant les accidents présumés, conformément aux principes d'intervention en cas d'urgence reconnus à l'échelle internationale.

## 1.3 Portée

Le présent rapport traite des accidents nucléaires attribuables au réacteur de la CNPL. Il est axé sur les mesures correctrices à court terme; il ne traite pas des mesures de protection à long terme, comme le déplacement, la réinstallation, le contrôle alimentaire à grande échelle, l'assainissement et le rétablissement. Ces éléments font l'objet d'un travail continu à l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et concernent des décisions sociopolitiques qui dépassent la portée du présent document. Quelques lignes directrices sur la définition de zones où il est possible d'établir des plans d'échantillonnage alimentaire se trouvent dans [IAE953].

## 1.4 Références

- [G-225] *Emergency Planning at Class I Nuclear Facilities and Uranium Mines and Mills*, CNSC Regulatory Guide, January 2001
- [IAE1] *Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency*, DRAFT SAFETY REQUIREMENTS, Safety Standards Series No. GS-R-2, DS43



- [HAS95] Hasemann, I. and Jones, J.A., *COSYMA User Guide Version 95/1*, EUR 13045/KfK 4331 B, NRPB, (1995).
- [IAE953] Method for the Development of Emergency Response Preparedness for Nuclear or Radiological Accidents, IAEA TECDOC 953, (2002).
- [IAE955] *Generic Assessment Procedures for Determining Protective Actions During a Reactor Accident*, IAEA TECDOC 955, (1997).
- [ICR40] *Protection of the Public in the Event of Major Radiation Accidents: Principles for Planning*, ICRP Publication 40, Vol. 14, No 2.
- [ICR60] *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 60, Vol. 21, No. 1-3, (1990).
- [ICR63] *Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency*, ICRP Publication 63, Vol. 22, No. 4, (1992).
- [OWG88] *The Upper Limit for Detailed Nuclear Emergency Planning*, Ontario: Report of Provincial Working Group #8 Report, (1988).
- [SS109] *Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency*, IAEA Safety Series 109, (1994).
- [SS115] *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*, IAEA Safety Series 115, (1996).
- [COO85] P.J. Cooper, et. al, *Review of Specific Effects in Atmospheric Dispersion Calculations*, volume 3, Task 2, Nuclear Science and Technology, Commission of the European Communities, 1985.
- [CSA91] *Guidelines for Calculating Radiation Doses to the Public from a Release of Airborne Radioactive Material under Hypothetical Accident Conditions in Nuclear Reactors*, CAN/CSA-N288.2-M91.
- [EPA88] *Limiting Values of Radionuclide Intake and Air Concentration and Dose Conversion Factors for Inhalation, Submersion and Ingestion*, EPA-520/1-88-020, 1988.
- [EVA90] Evans J S, Moeller DW and Cooper DW, *Health effects models for nuclear power plant accident consequence analysis*. NUREG/CR-4214 (1985), Rev 1, 1990.
- [GTM96] Groupe de travail sur les mesures d'urgence nucléaire (GTMUN), *Document de référence, Plan d'urgence nucléaire externe à la centrale nucléaire Gentilly 2*. Trois Rivières, janvier 1996.
- [HAS95] Hasemann, I. and Jones, J.A., *COSYMA User Guide Version 95/1*, EUR 13045 / KfK 4331 B, (1995).
- [HEN88] K Henrichs, HG Paretzke, D Chmelevsky, M Gerken, *New estimates for risk surfaces for late somatic effects of low doses of ionising radiation*, Int. Proceedings CEC/NEA Workshop on Recent Advances in Reactor Accident Consequence Assessment, Rome 1988, EUR-11408, CEC Luxembourg (1988).
- [ICRP-2] *Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation*, ICRP Publication 2, 1959.
- [ICRP-23] *Reference Man: Anatomical, Physiological and Metabolic Characteristics*, ICRP Publication 23, 1975.
- [ICR60] *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 60, Vol 21, No. 1-3, 1990.
- [ICRP-71] *Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 3. Inhalation dose coefficients*, ICRP Publication 71, 1995.
- [ICRP-75] *General Principles for the Radiation Protection of Workers*, Annals of the ICRP, ICRP Publication 75, Vol. 27 No.1, ISSN 0146-6453, 1997

- [ISR01] *COSYMA 95/1 Program Implementation Guide v1.0*, International Safety Research, ISR-101, Ottawa (2000).
- [ISR02] *Dose reduction factors for sheltering and stable iodine administration*, International Safety Research, TN-1026-04, Ottawa (2000).
- [ISR03] *Influence of Protective Actions on Deterministic Effects*, International Safety Research, ISR-TN-1026-5, Ottawa (2000).
- [JOH83] Johnson, J.R. and Dunford, D.W. *Dose Conversion Factors for Intakes of Selected Radionuclides by Infants and Adults*, EACL-7919, 1983.
- [MOF00] Richard Moffett, *Bases techniques pour la planification des mesures d'urgence externes à Gentilly-2*, EACL 66-03500-ASD-001, Décembre 2000.
- [NRC90] JS Evans, DW Moeller, DW Cooper, *Health effects models for nuclear power plant accident consequence analysis*, NUREG/CR-4214 (1985), Rev 1, (1990).
- [NRP88] JW Stather et al., *Health effects models developed from 1988 UNSCEAR report*, Chilton, NRPB-R226 (1988).
- [REID-97] P.J. Reid and T.J. Chapman to R.A. Gibb, "Fission Product Inventory and Distribution Calculation", TU 08721.b, August 20, 1997
- [REID-98] P.J. Reid and T.J. Chapman to R.A. Gibb, "Error in the Fission Product Inventory Calculations", TU 08721.b, 1998.
- [SAU90] Saunders R D, Ellender M, Kowalczyk C I, Sienkiewicz Z J and Wood N R, *Dose-response relationships for early and continuing health effects*, Chilton NRPB-M246, 1990.
- [STA88] Stather J W, Muirhead C R, Edwards A A, Harrion J D, Lloyd D C and Wood N R. *Health effects models developed from the 1988 UNSCEAR report*. Chilton, NRPB-R226 (London, HMSO), 1988.
- [TTR221] *CANDU 600 Probabilistic Safety Study*, TTR-221, Revision 1, AECL, March 1993.
- [US-NRC] *Regulatory Guide 1.109, 10 CFR part 50, Appendix I*, 1976.
- [UNS00] *Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*, UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, New York 2000.

## 1.5 Définitions et acronymes

<b>Accident grave</b>	Accident qui cause des dommages considérables au combustible et l'émission de produits de la fission dans la zone de confinement
<b>COSYMA</b>	Programme de calcul des risques de radioactivité utilisé pour estimer les doses et les risques pour la santé dans les cas d'accidents nucléaires
<b>Dose efficace</b>	Moyenne pondérée de la dose reçue par tous les organes du corps à la suite d'expositions interne et externe; la dose efficace est associée à l'augmentation du risque de cancer latent.
<b>Dose équivalente</b>	Dose reçue par un organe
<b>Effets déterministes</b>	Effets graves sur la santé qui peuvent se produire en raison d'une exposition directe aux émissions.
<b>Effets stochastiques</b>	Effets latents sur la santé (p. ex., le cancer) associés à l'exposition aux émissions; il est possible de déterminer la fréquence des effets stochastiques exclusivement au moyen d'études épidémiologiques qui mesurent l'augmentation des cas de cancer dans une vaste population.
<b>Émission accidentelle grave (EAG)</b>	Émission de matières radioactives d'une magnitude et composition attribuables à des accidents graves où le confinement est affaibli
<b>Émission de dimensionnement (ED)</b>	Émission de matières radioactives d'une magnitude et composition attribuables à des situations de dimensionnement
<b>Émission hors-dimensionnement (EHD)</b>	Émission de matières radioactives d'une magnitude et composition attribuables à des situations hors-dimensionnement où le confinement est partiellement affaibli
<b>Facteur de réduction</b>	Facteur par lequel une mesure de protection réduit la dose qu'une personne recevrait
<b>Iode stable</b>	Traitement prophylactique à l'iode offert habituellement sous forme de comprimés que les patients ingèrent pour protéger la glande thyroïde contre les effets nocifs de l'iode radioactif
<b>Mesures de protection urgentes</b>	Mesures de protection qui sont entreprises dans les premiers jours après un accident et qui comprennent les abris, de l'iode stable, l'évacuation et une interdiction immédiate des produits alimentaires locaux
<b>Morbidité</b>	Maladie qui ne cause pas la mort
<b>Mortalité</b>	Décès
<b>Niveau d'intervention</b>	Dose évitable au-dessus de laquelle l'avantage de profiter d'une mesure de protection dépasse son coût ou ses désavantages
<b>Niveau d'intervention opérationnel (NIO)</b>	Niveau qu'il est possible de mesurer au moyen d'instruments communs (p. ex., un débitmètre manuel) et qui correspond au niveau d'intervention
<b>Pasquill</b>	Mesure de la stabilité atmosphérique; « A » correspond aux conditions les plus instables (dispersion maximale);

	« F » correspond aux conditions les plus stables (dispersion minimale).
<b>Rayonnement aérien</b>	Émission externe provenant de la contamination radioactive dans l'air
<b>Rayonnement terrestre</b>	Émission externe provenant de la contamination radioactive déposée sur le sol
<b>Sievert (Sv)</b>	Unité de dose efficace ou équivalente
<b>Situation de dimensionnement (SD)</b>	Échec présumé de l'équipement et des systèmes de sécurité qui est pris en considération lors de la conception de la centrale
<b>Situation hors-dimensionnement</b>	Échec présumé de l'équipement et des systèmes de sécurité jugé trop improbable pour être pris en considération lors de la conception de la centrale
<b>Zone d'intervention</b>	Zone dans laquelle des mesures d'intervention urgentes peuvent être entreprises en fonction des ressources disponibles et des capacités; prolongement des mesures de sécurité de la ZMPU afin de prendre en considération la combinaison très improbable de situations hors-dimensionnement.
<b>Zone des mesures préventives (ZMP)</b>	Zone qui doit être automatiquement évacuée ou protégée, dans l'éventualité d'une émission imminente, afin de prévenir les effets déterministes sur la population
<b>Zone de mesures de protection urgentes (ZMPU)</b>	Zone dans laquelle des plans sont conçus pour entreprendre des mesures de protection si les études environnementales et les paramètres de l'usine indiquent le besoin de procéder ainsi.
<b>Zone de planification d'urgence</b>	Zone dans laquelle des plans sont conçus pour entreprendre des mesures de protection en cas d'accident nucléaire
<b>Zone de protection à long terme (ZPLT)</b>	Zone dans laquelle des plans sont conçus pour contrôler les produits agricoles

## 2. Concepts et principes

### 2.1 Principes de planification des mesures d'urgence

On peut définir la préparation aux situations d'urgence par les mesures qui permettent aux personnes et aux organismes de préparer une intervention rapide et efficace en cas d'urgence. Dans le contexte des urgences nucléaires, les mesures de protection comprennent les mesures pour limiter l'exposition du public à la contamination radioactive qui peut se produire par exposition externe, inhalation et ingestion. Les objectifs de ces mesures consistent à minimiser le risque des effets stochastiques (cancer) et à prévenir les effets déterministes (maladies ou décès attribuables au rayonnement).

La décision de planifier ou de mettre en œuvre des mesures de protection doit reposer sur trois principes fondamentaux [SS109] :

- Il faut déployer tous les efforts possibles pour prévenir les effets déterministes.
- Pour justifier l'intervention, la mise en place d'une mesure de protection doit procurer plus d'avantages que de désavantages.
- Il faut optimiser l'intensité de la mesure de protection afin qu'elle procure un avantage net maximal.

La publication ICRP 40 [ICR40] de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) établit le principe sur lequel doit reposer la préparation aux situations d'urgence pour tout type d'accident :

*« Lors de la préparation de plans d'urgence, il faut envisager une vaste gamme d'accidents potentiels, notamment ceux qui risquent très peu de se produire... [mais]... plus la probabilité d'un accident diminue, plus la quantité de détails des plans doit diminuer. »*

La publication ICRP 60 [ICR60] explique ce principe et indique que les organismes doivent élaborer des plans détaillés pour les situations probables afin de minimiser les effets stochastiques, et prévoir des dispositions (des plans moins détaillés) pour les situations moins probables afin de prévenir les effets déterministes ou les décès. Il ne s'agit pas d'ignorer les accidents qui risquent peu de se produire, mais d'investir judicieusement les efforts et les ressources pour la préparation aux situations d'urgence. En revanche, d'un point de vue pratique, les situations qui risquent peu de se produire et qui engendreraient de conséquences importantes nécessiteraient des mesures de protection plus intensives sur un territoire plus vaste. Le défi de la planification consiste donc à déterminer le niveau approprié des efforts de préparation nécessaires pour protéger le public contre des répercussions graves potentielles.

Au Canada, la publication *Ontario Provincial Working Group #8 [OWG88]* suggère les lignes directrices internationales actuelles sur la nécessité d'une préparation détaillée aux situations d'urgence comme suit :

En ce qui concerne les situations qui se produisent à une fréquence d'au moins  $10^{-5}$  par année, « la planification [doit] faire en sorte que l'exposition du public à des doses de radioactivité soit inférieure aux niveaux des mesures de protection », et que les niveaux des mesures de protection soient bien sous les seuils qui peuvent causer des effets prématurés sur la santé. En ce qui concerne les situations qui se produisent à une fréquence inférieure à  $10^{-5}$  par année, ou qui sont impossible à quantifier, « la planification [doit] assurer une protection contre le déclenchement de la morbidité prématurée et le déclenchement de la

*mortalité prématurée des membres du public ».*

Concrètement, les plans d'urgence doivent donc comporter les objectifs suivants :

- Minimiser les effets stochastiques pour les scénarios crédibles d'accidents
- Prévenir les effets déterministes en cas d'accidents graves<sup>1</sup>
- Permettre l'application des mesures d'urgence à l'extérieur des zones de planification détaillée, s'il est nécessaire de procéder ainsi au moment de l'accident.

*Le présent document repose sur ce principe.*

## **2.2 Mesures de protection**

Les mesures de protection en cas d'urgence nucléaire comprennent ce qui suit :

- Des mesures de protection urgentes, qui, pour être efficaces, doivent être entreprises dans les heures qui suivent un accident. Il s'agit notamment de l'évacuation, l'administration d'iode stable et la mise à l'abri;
- Les mesures de protection à long terme, qu'il faudra possiblement entreprendre dans les jours qui suivent un accident. Il s'agit notamment du contrôle des produits alimentaires, du déplacement et de la réinstallation.

Les mesures de protection à long terme sont définies plus loin. Toutefois, ces principes de planification technique sont axés sur les mesures de protection urgentes et à court terme.

### **2.2.1 Mise à l'abri**

La mise à l'abri consiste à garder les membres de la population à l'intérieur, fermer toutes les prises d'aération et bloquer toutes les entrées d'air dans les demeures afin de réduire l'exposition au rayonnement en provenance du rayonnement aérien, du rayonnement terrestre et de l'inhalation. En plus de protéger la population, la mise à l'abri améliore la communication et en augmente l'efficacité avec la population touchée. Il n'est pas recommandé que la mise à l'abri dépasse 48 heures [SS109]. En pratique, elle est difficile à assurer pour plus de 24 heures. Au-delà de cette période, il faut envisager l'évacuation ou le déplacement.

Le rapport [ISR01] comprend une analyse détaillée des facteurs de réduction liés à la mise à l'abri. Le Tableau 1 présente les facteurs de réduction de la dose pour un foyer canadien typique. Les facteurs de réduction de la dose pour l'inhalation varient selon la durée de l'émission, en raison du passage lent de l'air dans les maisons.

---

<sup>1</sup> On définit les accidents graves comme la classe d'accidents durant lesquels il se produit des dommages considérables au combustible.

**Tableau 1 : Facteurs de réduction de la dose liés à la mise à l'abri**

Voie d'exposition	Durée de l'émission (heures)	Facteur de réduction (FR)*
Rayonnement aérien	Sans objet	0,8
Rayonnement terrestre	Sans objet	0,4
Inhalation	0,5	0,2
	1	0,3
	4	0,6
	24	0,7
* Remarque : dose avec protection = dose sans protection x FR		

Dans le présent document, on utilise un facteur moyen de réduction de dose de 0,5. Donc, la dose évitable grâce à la mise à l'abri correspond à la moitié de la dose quotidienne estimée chez une personne non protégée. Pour obtenir des résultats prudents, on peut présumer que la mise à l'abri est efficace à 100 %; dans ce cas, la dose évitable est maximisée, ce qui permet d'obtenir la taille la plus grande de la zone de planification. Ce calcul peut s'appliquer, par exemple, aux maisons très modernes, qui sont conçues pour éviter le plus possible les fuites d'air, et où les personnes peuvent s'abriter dans un sous-sol bien solide en béton. Dans ce cas, la dose qui peut être évitée grâce à la mise à l'abri est égale à la dose estimée qu'une personne recevrait si elle restait à l'extérieur, sous le panache, durant une journée.

### 2.2.2 Évacuation

L'évacuation est le retrait rapide de la population de la zone touchée. Il s'agit habituellement de la mesure de protection la plus efficace contre les émissions de particules radioactives en suspension dans l'air. Il faut prévoir de grandes installations de soins pour venir en aide à une fraction considérable de la population évacuée. En Amérique du Nord, on présume généralement que jusqu'à 20 % de la population évacuée utiliserait ce type d'installations. On ne recommande pas l'évacuation pour une période qui dépasse sept jours [SS109].

La dose qui peut être évitée grâce à l'évacuation est la dose estimée qu'une personne recevrait si elle restait à l'extérieur, sous le panache, pour la durée de l'évacuation, c'est-à-dire maximum sept jours.

### 2.2.3 Administration d'iode stable

L'iode radioactif s'accumule habituellement dans la glande thyroïde et peut causer des effets prématurés ou latents, comme le cancer de la thyroïde. L'ingestion de l'iode stable, non radioactif, avant ou immédiatement après l'exposition à l'iode radioactif sature la glande thyroïde et prévient l'absorption de l'iode radioactif.

La dose qui peut être évitée grâce à la prise d'iode stable immédiatement avant l'exposition à l'émission correspond à la dose estimée absorbée par la thyroïde, par inhalation, sans l'administration de l'iode stable.

### **2.2.4 Déplacement et réinstallation temporaires**

Le déplacement temporaire sert lorsqu'il est nécessaire de maintenir la population à l'extérieur de la zone touchée pendant une période qui dépasse environ sept jours, mais pas plus de quelques mois. Cette mesure nécessite la mise en place de grandes installations de soins pour venir en aide à la population touchée. On s'attend à ce que la population déplacée temporairement puisse retourner à la maison.

Par définition, la réinstallation est permanente. On adopte cette mesure lorsque la dose que la population touchée absorberait dépasserait un certain seuil. Toutefois, les décisions prises aux étapes ultérieures reposent sur des analyses détaillées des conséquences, l'utilisation des terres et les voies d'exposition. Ces décisions subissent également une forte influence des facteurs sociaux et politiques. On accorde considérablement plus de temps à la prise de ces décisions, comparativement au temps consacré aux recommandations liées aux mesures de protection urgentes.

### **2.2.5 Interdiction et contrôle des aliments**

Les mesures de protection liées aux aliments comprennent notamment :

- Une interdiction immédiate de consommer des produits alimentaires locaux de la zone touchée;
- La protection des réserves locales d'aliments et d'eau au moyen, par exemple, de la couverture des puits ouverts et la mise à l'abri des animaux et de leur nourriture;
- L'échantillonnage et le contrôle à long terme des produits alimentaires locaux et de la nourriture.

Le contrôle du lait est habituellement jugé très important, car ce produit constitue une part considérable de l'alimentation des enfants.

## **2.3 Effets déterministes et effets stochastiques**

Les conséquences d'un accident nucléaire se limiteraient très probablement aux effets stochastiques. On ne peut pas mesurer ces effets directement sur chaque personne, mais il est possible d'analyser les statistiques relatives aux vastes populations. Il peut s'agir notamment du cancer, et on observe habituellement une période de latence de plusieurs années. Pour mesurer le risque des effets stochastiques, on utilise la dose efficace, exprimée en sieverts (Sv).

Dans les cas extrêmes, qui sont très improbables, quelques personnes pourraient être exposées à de très fortes doses, qui occasionneraient des effets déterministes. Parmi les effets déterministes, on compte les maladies ou la mort prématurées. Les seuils d'exposition qu'il faut dépasser pour que ces effets puissent se produire sont très élevés. En ce qui concerne les rayonnements gamma et bêta, on peut exprimer ces seuils en dose absorbée, mesurée en grays (Gy), ou en dose équivalente pour les organes principaux, mesurée en sieverts (Sv)<sup>2</sup>. Les seuils pour déterminer les effets

---

<sup>2</sup> La dose équivalente n'est pas toujours la quantité appropriée à utiliser en ce qui concerne les effets déterministes, car les valeurs des facteurs de mesure du rayonnement ont été choisies pour exprimer l'efficacité biologique relative (EBR) des différents types de rayonnement à causer des effets stochastiques. Toutefois, en ce qui concerne les rayonnements bêta et gamma, qui



déterministes dépendent de l'intensité de la dose, c'est-à-dire du niveau et de la durée d'exposition.

La note technique de l'ISR, intitulée *Program to Calculate the Influence of Protective Actions on Deterministic Effects* [ISR03], présente le modèle mathématique utilisé pour calculer la probabilité des effets déterministes comme une fonction de la dose équivalente et la durée d'exposition. Les seuls calculs relatifs aux doses représentent les niveaux auxquels les effets se produiront dans 1 % des cas. Les valeurs obtenues respectent les seuils recommandés à l'échelle internationale [SS115].

## 2.4 Niveaux d'intervention

Les mesures de protection sont appliquées pour prévenir les effets déterministes et pour minimiser les effets stochastiques. Les mesures de protection engendrent des « coûts » sous forme de perturbations sociales, psychosociales et économiques.

Les mesures de protection qui limitent l'exposition à des niveaux sous les seuils déterministes préviennent les effets déterministes. Dans ce cas, l'avantage d'adopter une mesure de protection l'emporte presque toujours sur le coût associé à la mesure de protection.

Les mesures de protection réduisent également les risques d'effets stochastiques proportionnellement à la dose efficace évitée. Dans ce cas, l'avantage de la mesure de protection, exprimé par le terme de dose évitée, ne l'emporte pas toujours sur le coût associé à la mesure de protection. Pour cette raison, on définit les niveaux d'intervention comme les niveaux de dose évitée auxquels une mesure de protection, si adoptée, est susceptible de procurer plus d'avantages que de désavantages.

Le Tableau 2 dresse la liste des niveaux d'intervention pour les mesures de protection urgentes à utiliser dans le présent document. Ces niveaux respectent les lignes directrices internationales [ICR63]. L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) a adopté les mêmes niveaux d'intervention de 10 MSv et 50 MSv en ce qui concerne la mise à l'abri et l'évacuation, respectivement [SS109]. La valeur correspond à la dose évitée pendant la période où la mesure de protection est appliquée. En ce qui concerne l'évacuation, elle ne doit pas dépasser sept jours. En ce qui concerne la mise à l'abri, bien que l'AIEA [SS109] recommande un maximum de deux jours, en pratique, cette mesure ne doit pas être appliquée pendant plus d'une journée.

Les niveaux d'intervention sont des valeurs utilisées lors de la planification. Durant une urgence réelle, il sera très probablement nécessaire d'adapter les critères établis aux facteurs socioéconomiques et politiques, plus particulièrement dans les cas où des mesures de protection à long terme sont adoptées, lorsqu'il est possible de consacrer un temps considérable à la prise de décisions. Le Tableau 2 présente les niveaux d'intervention utilisés au Nouveau-Brunswick.

**Tableau 2 : Niveaux d'intervention à utiliser dans le présent document**

---

sont des rayonnements à faible transfert d'énergie, l'utilisation de la dose équivalente est appropriée. Pour ce type de rayonnement, avec un facteur de pondération radiologique de 1, la dose absorbée (en Gy) et la dose équivalente (en Sv) sont identiques.

Mesure de protection	Dose efficace (MSv)	Dose équivalente pour la thyroïde (MSv)
Mise à l'abri	10/1 jour	S.O.
Évacuation	50/7 jours	S.O.
Déplacement temporaire	30/premier mois	S.O.
Administration d'iode stable	S.O.	100 (facteur d'inhalation)

## 2.5 Zones de planification d'urgence

Les zones de planification d'urgence sont les zones où doit se dérouler la planification des mesures de protection en fonction des risques pour la santé. On détermine les zones à la suite d'évaluations qui confirment que les risques pour la santé dans ces secteurs justifient l'investissement de ressources et d'efforts nécessaires pour la planification détaillée. Il *ne faut pas* comprendre que, lorsqu'un accident se produit, l'intervention aura lieu dans toute la zone, ou qu'elle sera limitée à certains endroits. Les plans doivent effectivement contenir des provisions qui permettent d'appliquer les mesures de protection à l'extérieur de la zone de planification.

Les lignes directrices internationales [IAE953] proposent trois zones de planification, présentées ci-dessous. Ces définitions serviront dans tout le présent document.

### 2.5.1 Zone des mesures préventives (ZMP)

La ZMP est le secteur où il existe un risque de **graves** effets déterministes dans l'éventualité du pire accident possible. Compte tenu du fait que ces types d'accidents sévères ont extrêmement peu de chances de se produire, le risque est effectivement très petit. Néanmoins, le devoir de diligence et les principes de planification des mesures d'urgence énoncés à la section 2.1 exigent que des précautions exceptionnelles soient prises dans les zones où les effets déterministes peuvent se produire, même dans les scénarios les plus improbables.

Lorsqu'un accident se produit, l'expérience démontre qu'il n'est pas toujours possible d'en déterminer la sévérité avec certitude. Le temps peut aussi être limité pour mettre en œuvre des mesures correctrices efficaces près de la centrale. Par conséquent, comme précaution, et dans le but de prévenir les effets déterministes, il serait prudent d'évacuer la ZMP dès les premières indications concrètes qu'une défaillance considérable du cœur du réacteur est en train de se produire. Ainsi, il faut entamer l'évacuation de la ZMP automatiquement, dès que les paramètres de la centrale indiquent la possibilité d'une défaillance du réacteur. Comme solution de rechange, on peut envisager la mise à l'abri automatique, si la situation ne permet pas d'effectuer une évacuation ordonnée bien gérée de la zone en question. La mesure de protection doit être mise en œuvre dans tout le périmètre, comme précaution contre un changement de la direction du vent.

Aux fins de planification, les accidents présumés desquels il faut tenir compte dans la définition de la ZMP sont ceux qui causent une fusion du cœur. Ces types d'accidents sont extrêmement improbables et il faut en tenir compte du point de vue des effets déterministes graves qu'ils peuvent causer sur la santé, conformément aux principes de planification de la section 2.1.

### **2.5.2 Zone de mesures de protection urgentes (ZMPU)**

La ZMPU est le secteur où le risque de dépasser les niveaux d'intervention for effets stochastiques est élevé, mais où le risque des effets déterministes est négligeable. Dans ce secteur, on conçoit des plans pour procéder rapidement à la mise à l'abri, l'évacuation, l'ode stable administration et l'interdiction immédiate d'aliments. La décision d'appliquer de telles mesures correctrices dépend de la situation et elle n'est pas prise de façon automatique. Il faut tenir compte des paramètres de l'usine, des tendances en matière d'accidents et des données environnementales lors de la décision d'adopter ou non les mesures de protection.

En raison du risque potentiel de contamination au sein de cette zone, les installations d'urgence comme les centres pour personnes évacuées et les centres des opérations d'urgence (COU) éloignés doivent se situer à l'extérieur de la ZMPU.

Aux fins de planification, les accidents présumés dont il faut tenir compte pour définir la ZMPU sont ceux durant lesquels les dommages au combustible sont limités et durant lesquels l'émission, si elle se produit, est atténuée par le système de confinement. Il s'agit habituellement d'accidents de dimensionnement (AD), qui sont pris en considération lors de la conception des systèmes de sécurité de l'usine et font l'objet d'analyses lors de l'attribution des permis de la centrale.

Toutefois, pour bien comprendre les répercussions potentielles des dommages au combustible et de l'efficacité du système de confinement sur la superficie de la ZMPU, les principes de planification technique prennent également en considération les accidents présumés où une fonte partielle du combustible peut se produire et où le système de confinement peut être partiellement inefficace en raison, par exemple, d'un défaut d'isolation dans la zone de confinement isolation ou d'une fuite de la zone de confinement. Les analyses de ces types d'accidents présumés fournissent une marge de *sécurité* pour calculer prudemment la superficie d'une ZMPU qui respecte les estimations obtenues dans l'analyse. Pour cette raison, on nomme la ZMPU élargie obtenue à la suite de cette analyse la zone d'urgence dans laquelle il faut concevoir les plans afin de permettre d'augmenter, si nécessaire, les capacités prévues pour la mise à l'abri, l'évacuation et l'administration d'iode stable.

### **2.5.3 Zone de protection à long terme (ZPLT)**

La ZPLT est la zone où, si un accident se produit et qu'il cause d'importantes émissions, les mesures de protection comme le déplacement, la réinstallation et les mesures correctrices agronomiques de longue durée peuvent être nécessaires. La définition précise de la ZPLT dépend surtout de la distribution de la population, de l'utilisation des terres et des facteurs socioéconomiques autour de la centrale. Dans la publication [IAE953], on recommande une ZPLT d'au moins 50 km autour d'une centrale nucléaire. Il s'agit du secteur prioritaire rapproché en ce qui concerne l'échantillonnage des aliments et le contrôle des produits agronomiques. D'ailleurs il faut organiser le prélèvement des échantillons d'aliments bien au-delà de ce rayon.

### 3. Utilisation des accidents présumés dans les principes de planification technique

Les accidents présumés dont on tient compte dans les présents principes de planification technique sont établis selon le modèle des accidents présumés indiqués dans la publication [TTR221]. Ces accidents représentent une vaste gamme de scénarios possibles qui peuvent mener à de graves émissions dans l'environnement.

On tient compte de trois types de scénarios d'émissions dans ces principes techniques :

- Émissions de dimensionnement (ED), où les dommages au combustible sont limités et la plupart des produits de la fission sont retenus dans l'enceinte de confinement;
- Émissions hors dimensionnement (EHD), où les dommages au combustible peuvent être plus importants et des fuites de la zone de confinement peuvent avoir lieu et ainsi libérer une quantité considérable de produits de la fission dans l'environnement;
- Émissions accidentelles sévères (EAS), où les dommages au combustible sont graves et le système de confinement échoue.

Pour chaque type d'émission, un accident représentatif a été sélectionné, à partir de la publication [TTR-221]. Les accidents représentatifs sont décrits dans les sections qui suivent.

#### 3.1 Émissions de dimensionnement (ED)

Les accidents relatifs aux émissions de dimensionnement sont des situations qui sont prises en considération lors de la conception des systèmes de sécurité. Voici quelques exemples :

- Bris à 100 % du collecteur de sortie du réacteur avec défaillance des amortisseurs de l'ouverture de ventilation qui permettent la fermeture automatique;
- Bris à 100 % du collecteur de sortie du réacteur avec défaillance partielle du mécanisme d'arrosage;
- Bris à 60 % du collecteur de sortie du réacteur avec perte parallèle du mécanisme de refroidissement d'urgence du cœur.

Les ED sont *peu probables*; les systèmes de sécurité sont conçus pour atténuer les conséquences de ces situations et pour prévenir une aggravation de la situation. Le mélange des produits de la fission, les fractions libérées dans l'environnement et le moment des émissions varient en fonction de chaque accident.

Toutefois, cette catégorie d'accidents est délimitée par une des situations présentées dans la publication TTR-221, c'est-à-dire un accident de perte de réfrigérant primaire combiné à une perte de la source froide habituelle où les deux circuits sont touchés. Dans ce cas, le modérateur agit comme source froide finale. Après environ une heure, le dommage au combustible se produit dans les deux circuits, mais le combustible ne se déplace pas et il ne fond pas. On présume que le confinement demeure intact et que les fuites dans l'environnement se produisent à 5 % du volume du confinement par jour et

durent environ huit heures.

Cette situation représente les prévisions les plus prudentes en matière d'émissions de dimensionnement et a été sélectionnée comme ED de référence.

### 3.2 Émissions hors dimensionnement (EHD)

Ce type d'émissions accidentelles représente les situations où des défaillances supplémentaires se produisent et causent la libération d'une quantité supérieure de fractions dans l'environnement. Les EHD risquent *très peu* de se produire, en raison du nombre de défaillances nécessaires pour donner lieu à des émissions considérables de produits radioactifs dans l'environnement.

Un cas typique débute comme un accident de dimensionnement, mais il est aggravé par un incident simultané et affaiblit le système de refroidissement d'urgence, ce qui occasionne des fuites dans la zone de confinement. L'émission de produits radioactifs de la fission en provenance du circuit caloporteur principal contourne le mécanisme de confinement par le système de refroidissement d'urgence du cœur et cause la libération de quantités considérables de produits de la fission dans l'environnement.

Cette situation représente les émissions considérables qui peuvent se produire à la suite d'un accident grave avec défaillance du système de confinement. Elle a été sélectionnée comme l'EHD de référence.

### 3.3 Émissions en cas d'accident sévère (EAS)

Les accidents graves se produisent lorsque les systèmes de sécurité sont affaiblis et ne réussissent pas à empêcher les dommages considérables au cœur. Il s'agit des cas où les plus grandes quantités de fractions sont libérées. Ces situations sont *extrêmement improbables*, car elles nécessitent un nombre important de défaillances simultanées des processus et des systèmes de sécurité. De plus, dans certains scénarios, l'accident peut menacer l'intégrité de l'enceinte de confinement, ce qui représente les pires scénarios.

Une de ces situations extrêmement rares présumées est une excursion de puissance avec affaiblissement ou défaillance des systèmes de refroidissement qui causent une défaillance et une décomposition prématurées du cœur. Dans cette situation présumée, le système d'interruption ne réussit pas à prévenir une augmentation considérable et soudaine de puissance. L'impulsion de pression qui suit endommage les tubes de pression et la calandre, ce qui empêche le refroidissement à long terme au moyen du modérateur. Le combustible atteint alors des températures extrêmement élevées, génère de l'hydrogène en raison de la réaction entre le zirconium et la vapeur, puis une déflagration subséquente de l'hydrogène. Le confinement n'a pas lieu, et on obtient une importante et soudaine émission de produits de la fission dans l'environnement. On présume que la plus grande partie des émissions se produit en 30 minutes.

Cette situation représente un des pires scénarios des CANDU et a été sélectionnée comme l'EAS de référence.

Le Tableau 3 résume les principales caractéristiques des situations de référence sélectionnées pour représenter les ED, EHD et les EAS, respectivement.

**Tableau 3 : Catégories d'émissions [source : TTR-221]**

<b>Catégorie d'émissions</b>	<b>EAS</b>	<b>EHD</b>	<b>ED</b>
Catégorie d'émission correspondante dans la publication TTR-221	CANDU-1b	MHS et CBTE	CANDU-4
<b>Fractions libérées</b>			
Xe-Kr	0,42	0,11	$8 \times 10^{-3}$
Iode en aérosol	$4 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-5}$
Iode organique et élémentaire	$(4 \times 10^{-4})$	$(1 \times 10^{-5})$	$(1 \times 10^{-7})$
Cs-Rb	$4 \times 10^{-2}$	0	0
Te-Sb	$4 \times 10^{-2}$	0	0
Sr	$4 \times 10^{-2}$	0	0
Ru-Mo-Pd-Rh-Tc	$4 \times 10^{-2}$	0	0
La-Y-Zr-Nb	$4 \times 10^{-2}$	0	0
Ce-Nd-Eu-Pr-Pu-Sm-Np	$4 \times 10^{-2}$	0	0
Ba	$4 \times 10^{-2}$	0	0
<b>Paramètres des émissions</b>			
Fréquence (par année-réacteur)	$2,5 \times 10^{-8}$	$4,9 \times 10^{-7}$	$2,2 \times 10^{-6}$
Probabilité	Extrêmement peu probable	Très peu probable	Peu probable
Durée de l'émission (h)	0,5	3	8
Hauteur de l'émission (m)	30	10	20
Contenu thermique (MW)	50	0	0

## 4. Conséquences des accidents

### 4.1 Modélisation et hypothèses

L'inventaire du cœur du réacteur CANDU qui a servi aux calculs est décrit à l'ANNEXE A : Inventaire du cœur du réacteur CANDU. Les conséquences anticipées pour tous les scénarios d'accident présumés ont été calculées au moyen d'un code reconnu à l'échelle internationale nommé COSYMA. Une description détaillée du code, les hypothèses de modélisation et les calculs distincts effectués se trouvent à l'ANNEXE B : Modélisation et hypothèses. Une liste de tous les essais effectués se trouve à l'ANNEX C : Tableaux des calculs effectués.

### 4.2 Conditions météorologiques

Les statistiques relatives aux conditions météorologiques du site de Point Lepreau ont été obtenues d'Environnement Canada, pour une période de deux ans. Un résumé de ces statistiques se trouve au Tableau 4. Comme on peut le voir, le niveau Pasquill D représente les conditions météorologiques moyennes. Le niveau Pasquill F, qui représente les conditions météorologiques les moins dispersives (et les pires pour les émissions près du sol) est atteint à une fréquence inférieure à 10 %.

**Tableau 4 : Statistiques relatives aux conditions météorologiques du site de Point Lepreau**

Stabilité de Pasquill	Fréquence	Vitesse moyenne du vent (m/s)
A	4,1	1,4
B	8,4	2,6
C	19,0	3,7
D	45,1	4,2
E	15,2	2,4
F	8,2	1,4

### 4.3 Conséquences des ED

Les doses efficaces (évaluées durant 50 années pour une personne représentative) attribuables à l'ED de référence ont été calculées pour des périodes d'exposition d'un et sept jours, dans des conditions météorologiques moyennes et dans les pires conditions météorologiques (Pasquill D et F, respectivement)<sup>3</sup>. Les résultats sont présentés à la Figure 1 et la Figure 2.

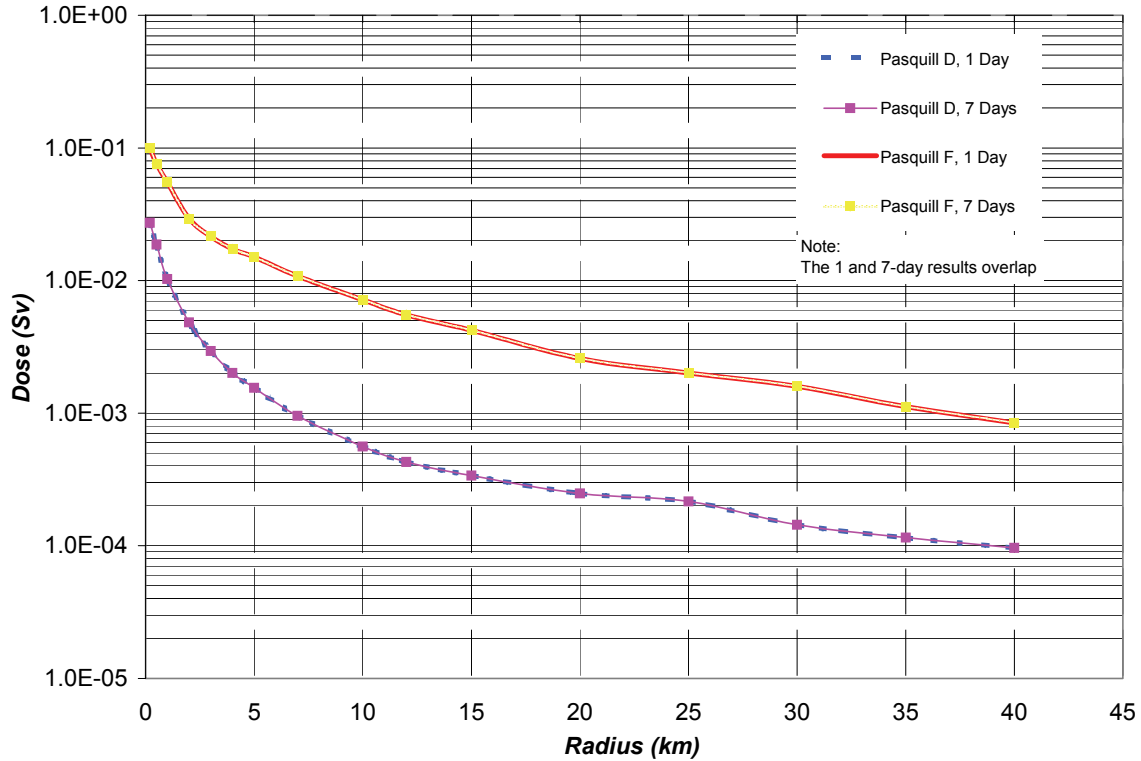
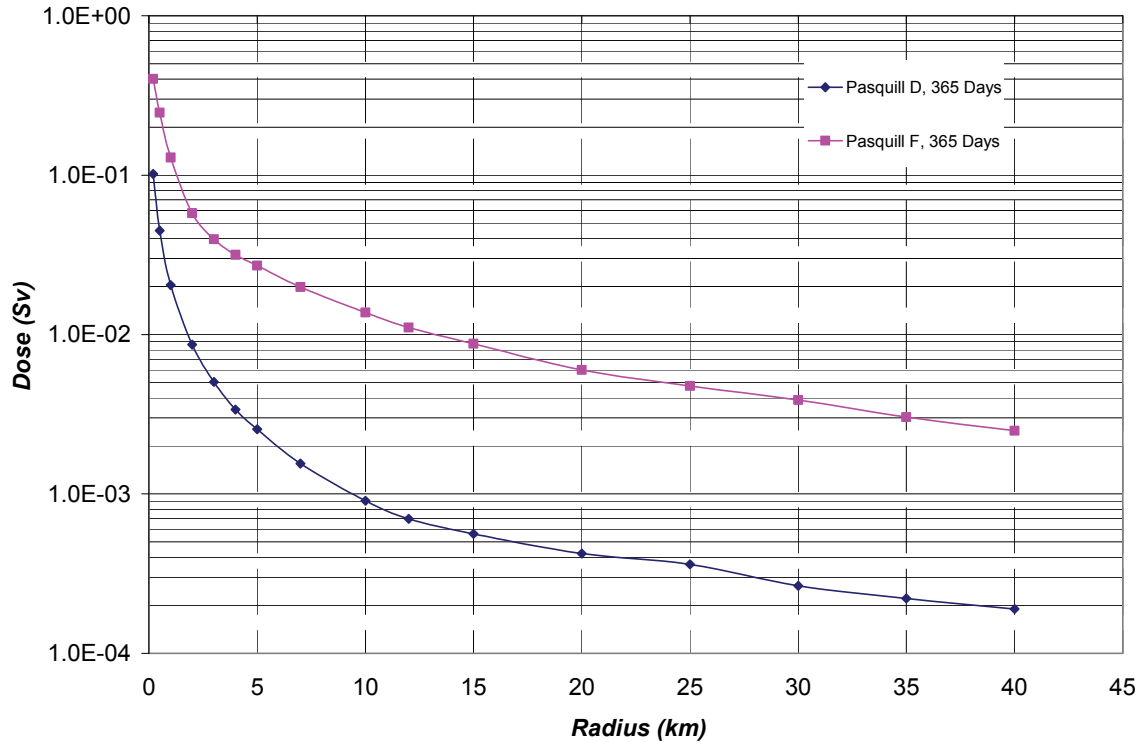


Figure 1 : Dose efficace attribuable à l'ED

<sup>3</sup> Les ED sont des émissions près du sol sans contenu thermique. Les pires conditions météorologiques dans ces cas, en ce qui concerne la distance à laquelle les doses élevées sont atteintes, sont toujours le niveau Pasquill F. Il est important de noter qu'au niveau Pasquill F, le secteur potentiellement touché est beaucoup plus étroit que dans des conditions météorologiques dispersives.





**Figure 2 : Dose absorbée par la thyroïde et attribuable à l'ED**

Comme on peut le voir, les doses varient considérablement pour chaque catégorie de conditions météorologiques. Toutefois, les doses de sept jours et d'un jour sont presque identiques. Ce qui explique cette ressemblance est le fait que le terme source contenait de très petites quantités du produit qui se dépose au sol. Le rayonnement terrestre qui en résulte est extrêmement faible.

La plus grande partie de la dose absorbée par la thyroïde pénètre dans le corps par inhalation.

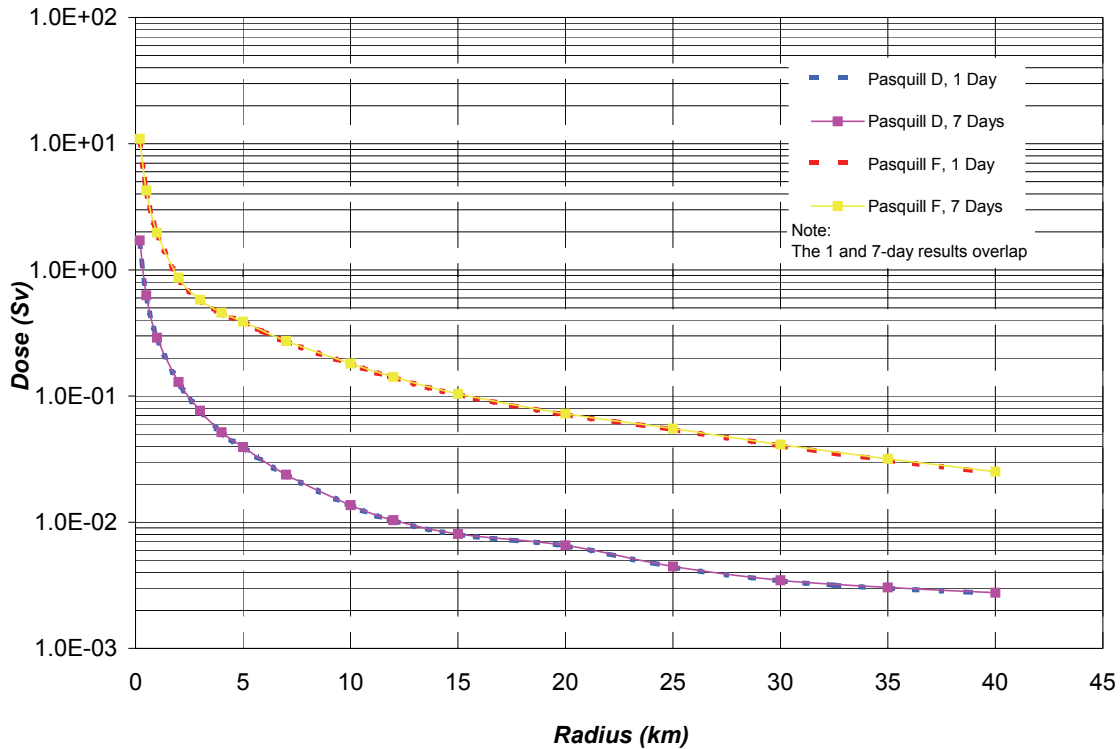
Les distances auxquelles les niveaux d'intervention de mise à l'abri (10 mSv pour une exposition d'un jour), d'évacuation (50 mSv pour une exposition de sept jours) et d'administration d'iode stable (100 mSv absorbés par la thyroïde) sont atteints sont présentées au Tableau 5.

**Tableau 5 : Distances pour déterminer les niveaux d'intervention associés à l'ED**

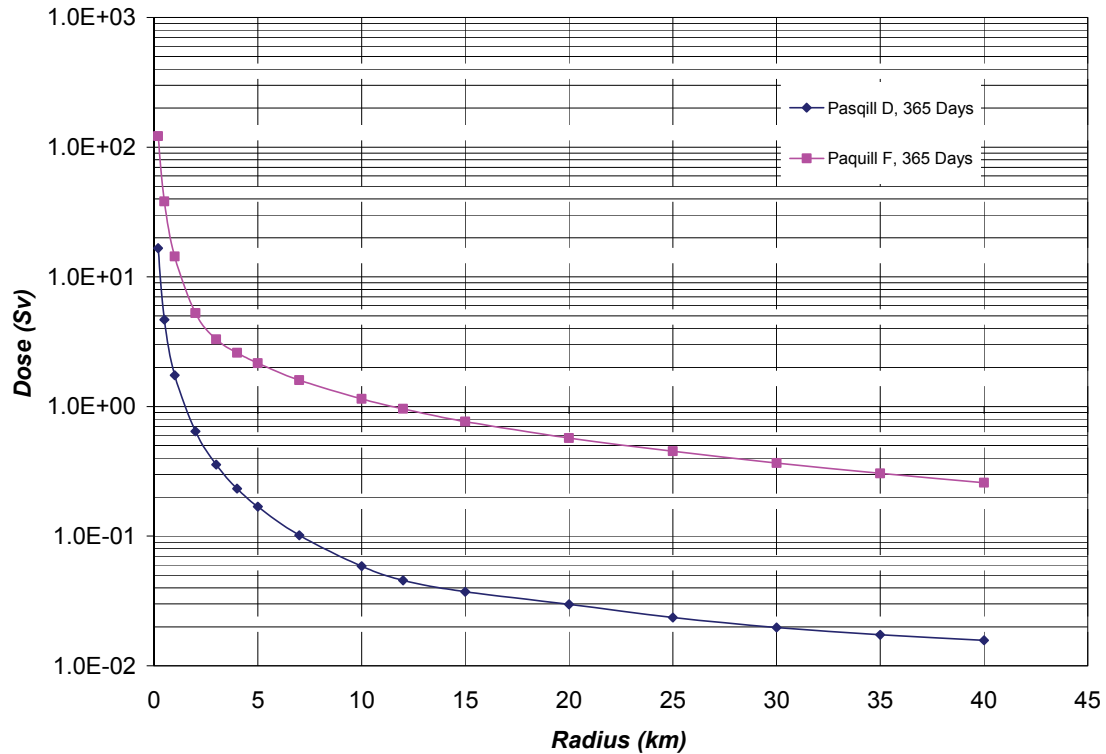
Cas	Niveau d'intervention « mise à l'abri » (10 mSv en un jour) atteint à :	Niveau d'intervention « évacuation » (50 mSv en sept jours) atteint à :	Niveau d'intervention « administration d'iode stable » (100 mSv absorbés par la thyroïde) atteint à :
ED, Pasquill D	1 km	< 1 km	< 1 km
ED, Pasquill F	7,5 km	1 km	1,3 km

#### 4.4 Conséquences des EHD

Les doses efficaces (évaluées durant 50 années pour une personne représentative) attribuables à l'EHD de référence ont été calculées pour des périodes d'exposition d'un et sept jours, dans des conditions météorologiques moyennes et dans les pires conditions météorologiques (Pasquill D et F, respectivement)<sup>4</sup>. Les résultats sont présentés à la Figure 3 et la Figure 4.

**Figure 3 : Dose efficace attribuable à l'EHD**

<sup>4</sup> Les EHD sont également des émissions près du sol sans contenu thermique.



**Figure 4 : Dose absorbée par la thyroïde et attribuable à l'EHD**

En ce qui concerne les EHD, les dépôts au sol sont minimes. Par conséquent, les doses de sept jours et d'un jour sont presque identiques.

Les distances auxquelles les niveaux d'intervention de mise à l'abri (exposition d'un jour), d'évacuation (exposition de sept jours) et d'administration d'iode stable sont atteints sont présentées au Tableau 5.

**Tableau 6 : Distances pour déterminer les niveaux d'intervention associés à l'EHD**

Cas	Niveau d'intervention « mise à l'abri » (10 mSv en un jour) atteint à :	Niveau d'intervention « évacuation » (50 mSv en sept jours) atteint à :	Niveau d'intervention « administration d'iode stable » (100 mSv absorbés par la thyroïde) atteint à :
EHD, Pasquill D	12 km	4 km	7 km
EHD, Pasquill F	> 40 km	26 km	> 40 km

## 4.5 Conséquences des EAS

On utilise les EAS pour déterminer la distance à laquelle les effets déterministes pourraient se produire. Par conséquent, en ce qui concerne les EAS, on a calculé seulement les doses déterministes absorbées par les organes critiques.

La Figure 5 présente le résultat des calculs relatifs aux risques probables de morbidité en fonction de l'EAS de référence en présence d'une émission élevée<sup>5</sup>. Lors de cette évaluation probabiliste des risques, on tient compte de l'historique des conditions météorologiques du site, fournies par Environnement Canada. On tient également compte de la variabilité de la direction du vent. Autrement dit, le fractile est l'intervalle de confiance dans lequel le risque des effets déterministes ne dépassera pas la valeur indiquée par la courbe à une certaine distance. Par exemple, les résultats démontrent ce qui suit :

- Au-delà de 3 km, il existe une probabilité de 99,4 % que le risque d'effets déterministes (morbidité ou mortalité) soit nul.
- Au-delà d'environ 1 km, il existe une probabilité de 99 % que le risque des effets déterministes soit nul.

Le risque de mortalité pour les mêmes intervalles de confiance a également été calculé, mais il est nul au-delà de 0,5 km.

Pour estimer la sensibilité des résultats relatifs au contenu thermique et à l'élévation de l'émission, les mêmes calculs ont été effectués pour des émissions sans contenu thermique. Les résultats présentés à la Figure 6, en ce qui concerne le risque de morbidité, indiquent qu'il n'existe aucun risque d'effets déterministes au-delà de 4 km pour un intervalle de confiance de 99 %. À un niveau de confiance de 99,4 %, le risque est considérablement réduit (d'un facteur de 10) à 5 km, et il disparaît au-delà de 7 km.

Les calculs effectués pour déterminer le risque de mortalité indiquent que le risque disparaît au-delà de 3 km à un intervalle de 99,4 %.

Il est possible de réduire considérablement le risque d'effets déterministes grâce à la mise à l'abri des populations. Le Tableau 7 présente les distances auxquelles les seuils déterministes pour certains organes peuvent être dépassés en cas d'EAS au niveau Pasquill D et sans émission de chaleur. Comme on peut le constater, la mise à l'abri est très efficace pour réduire le risque des effets déterministes.

---

<sup>5</sup> L'émission est élevée, car le contenu thermique nécessaire pour occasionner l'échec sévère présumé du système de confinement rendrait le panache tourmenté vers le haut.

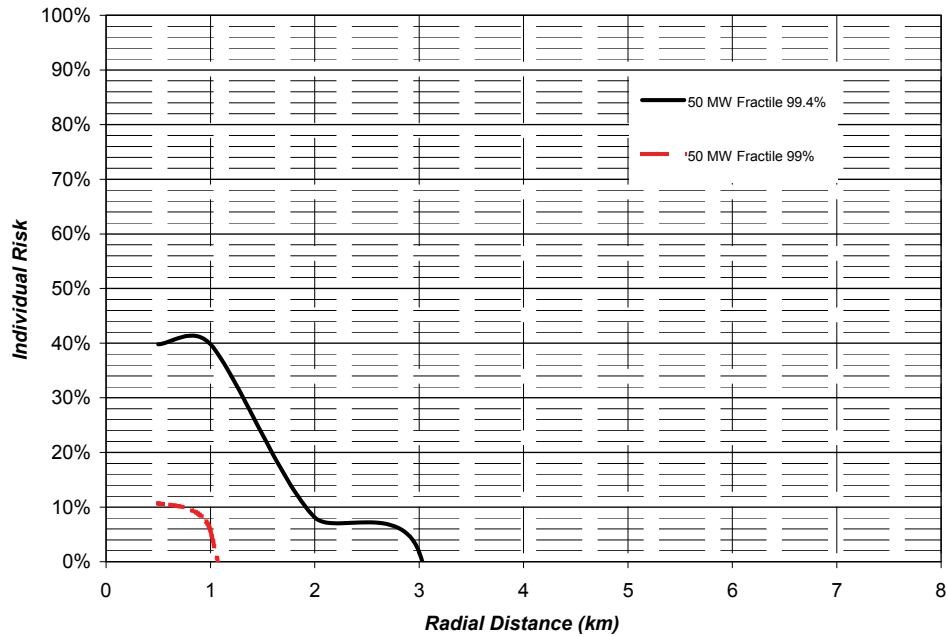


Figure 5 : Risque de morbidité individuelle en cas d'EAS avec émission élevée (50 MW)

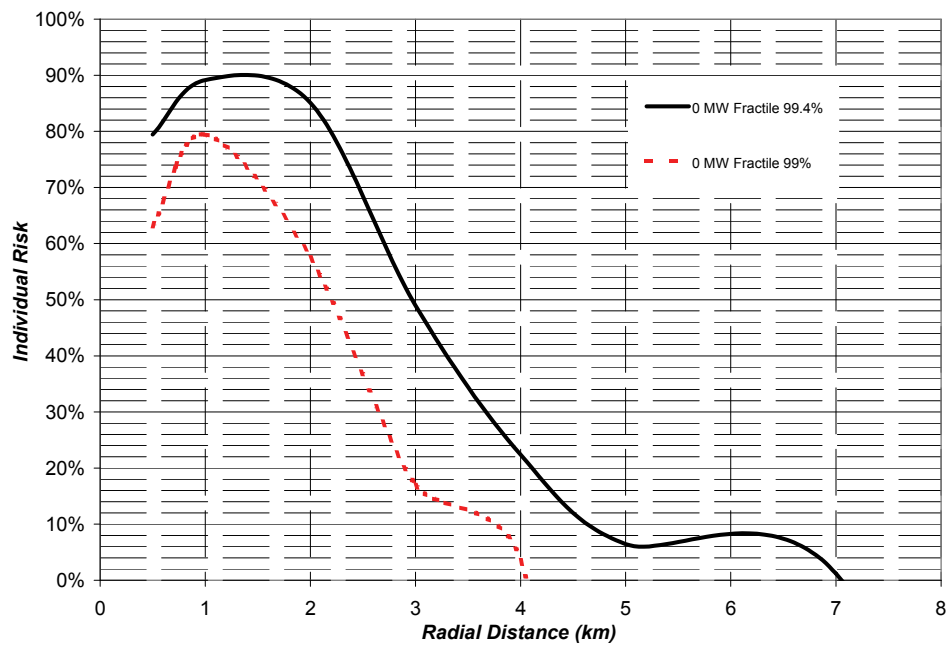


Figure 6 : Risque de morbidité individuelle en cas d'EAS avec émission au sol (0 MW)

**Tableau 7 : Effet des mesures de protection sur les distances déterministes en cas d'EAS au niveau Pasquill D et sans contenu thermique**

Effet	Mesure de protection	
	Aucune	Mise à l'abri
Mortalité	Distance (km)	
Poumons	1,16	0,24
Moelle osseuse	2,54	0,00
Système digestif	2,40	0,00
Morbidité		
Poumons	1,53	0,47
Thyroïde	3,02	0,00

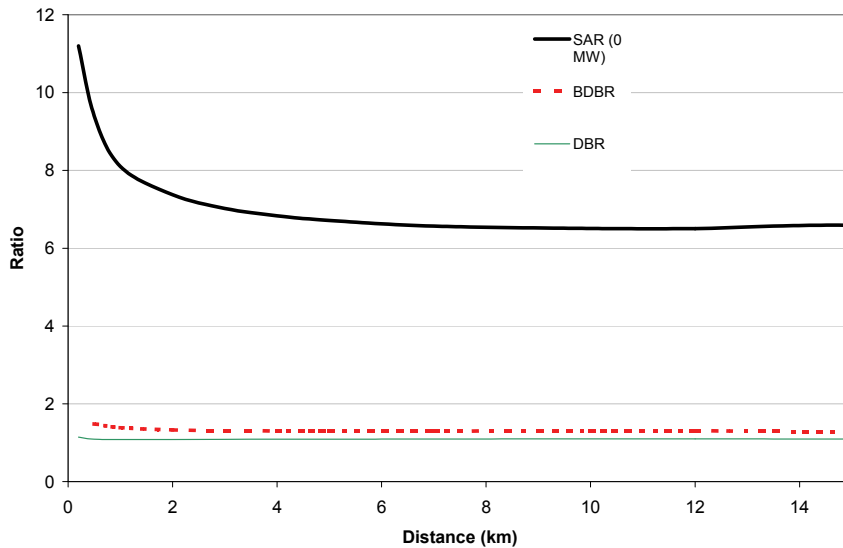
## 4.6 Rapport entre le débit de la dose mesurée et la dose efficace

Lors d'une intervention d'urgence, la donnée la plus facile à obtenir au sujet de la gravité du danger est le débit de la dose mesurée, ou le débit de la dose ambiante. Il s'agit d'une mesure du danger externe, donc elle ne reflète pas la dose interne qu'une personne pourrait avoir absorbée. Néanmoins, il s'agit d'une quantité importante qui servira à la section 5.3 pour calculer les niveaux d'intervention opérationnels.

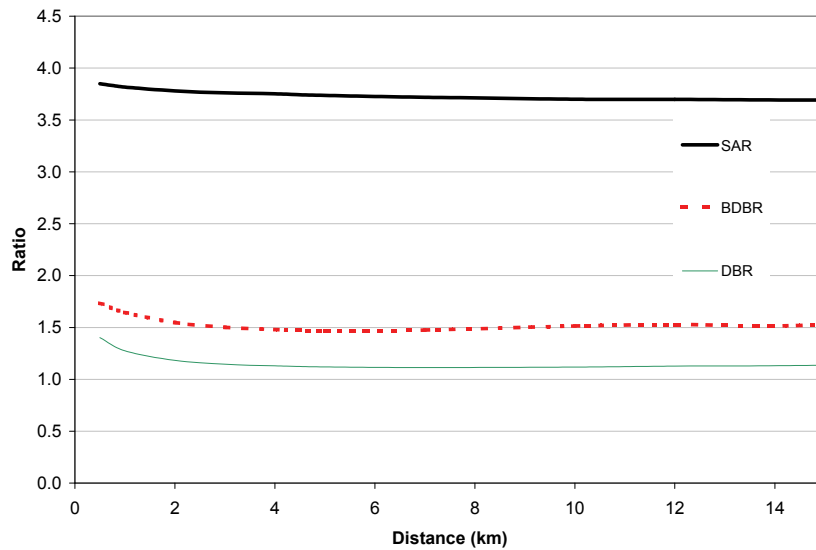
Les rapports suivants ont été calculés :

- Rapport entre le débit de la dose ambiante et le débit de la dose efficace dans le panache
- Rapport entre la dose ambiante après une exposition d'un jour et la dose efficace après une exposition au sol de sept jours, ce qui comprend la dose interne attribuable à la remise en suspension
- Rapport entre la dose ambiante après une exposition d'un jour et la dose efficace après une exposition au sol de 30 jours, ce qui comprend la dose interne attribuable à la remise en suspension

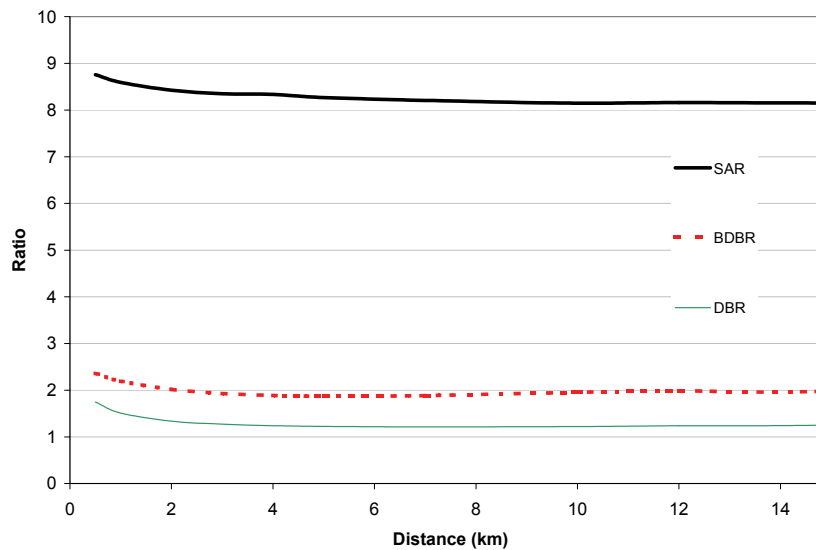
Les résultats sont présentés à la Figure 7, la Figure 8 et la Figure 9.



**Figure 7 : Rapport entre le débit de la dose efficace et le débit de la dose ambiante dans le panache**



**Figure 8 : Rapport entre la dose efficace après une exposition de sept jours au rayonnement terrestre et la dose ambiante après une exposition d'un jour au rayonnement terrestre**



**Figure 9 : Rapport entre la dose efficace après une exposition de 30 jours au rayonnement terrestre et la dose ambiante après une exposition d'un jour au rayonnement terrestre**



## 4.7 Exposition selon la voie de pénétration

L'importance de chaque voie de pénétration lors d'une exposition (rayonnement aérien, inhalation et rayonnement terrestre) dépend du type d'accident, c.-à-d. la composition de l'émission. Le Tableau 8 présente la contribution typique de chaque voie de pénétration lors d'une exposition durant les accidents de référence examinés. On constate que, dans le cas d'émissions faibles (ED et EHD), le rayonnement aérien est le principal contributeur à la dose absorbée. L'inhalation est un élément beaucoup plus important en cas d'EHD. Dans les cas d'émissions à la suite d'accidents sévères (EAS), la contribution de la voie de pénétration dépend de l'effet déterministe pris en considération. Comme on pouvait s'y attendre, en ce qui concerne les effets sur les poumons et la thyroïde, l'inhalation est la voie de pénétration la plus déterminante. En ce qui concerne les autres effets, les expositions externes aux rayonnements aérien et terrestre sont les plus déterminantes.

Un autre résultat intéressant est le fait que l'exposition au rayonnement terrestre devient importante lors des accidents graves. Ce résultat est important, car il permet de savoir que l'évacuation ou le déplacement **après** l'émission ne seraient efficaces que lors des accidents graves. Dans tous les autres cas, l'adoption rapide des mesures de protection avant ou durant l'émission sera le seul moyen efficace pour réduire la dose absorbée par le public.

**Tableau 8 : Exposition en fonction de la voie de pénétration pour une exposition de 7 jours**

Type d'émission	Contribution à la dose selon le type d'exposition (%)		
	Rayonnement aérien	Rayonnement aérien	Rayonnement aérien
ED (dose efficace)	92	7	1
EHD (dose efficace)	75	23	2
EAS (doses absorbées par les organes)			
Poumons	17	69	14
Thyroïde	14	75	11
Cataractes	55		45
Syndrome hématoïétique	51	7	42
Répercussions néonatales	49	7	44

## 5. Facteurs relatifs à la planification des mesures d'urgence

Les décisions relatives à la planification des mesures d'urgence reposent sur une interprétation pratique des résultats présentés dans la dernière section. Lors de cette interprétation, il faut tenir compte des conséquences des accidents et de la probabilité qu'ils se produisent, sans oublier la rentabilité des mesures prévues.

La discussion suivante est basée sur les principes de planification des mesures d'urgence énoncés à la section 2, selon lesquels il faut prioriser les besoins en fonction de la probabilité des accidents. On effectue une évaluation systémique de l'analyse qui se trouve dans la section précédente afin d'orienter la planification des mesures d'urgence. Toutefois, on accorde une grande importance aux conséquences les plus probables. Il s'agit du seul moyen pour atteindre un équilibre entre les avantages, les aspects pratiques et les coûts de la planification.

Les discussions suivantes sont basées sur les niveaux d'intervention fournis à la section 2.4. Pour calculer les distances auxquelles certaines mesures sont justifiées, on utilisera comme point de référence la distance au-delà de laquelle la dose évitable est inférieure au niveau d'intervention. Les définitions de la ZMPU et la ZMP se trouvent à la section 2.5.

### 5.1 ZMP

Selon la section 4.5, il n'existe aucun risque d'effets déterministes au-delà de 3 km, à un intervalle de confiance de 99,4 %, et au-delà de 4 km, même pour le pire scénario sans contenu thermique, à un intervalle de confiance de 99 %. Par conséquent, on recommande une ZMP de 4 km autour de la centrale.

Les résultats indiquent également que la mise à l'abri, si elle est effectuée adéquatement, peut éliminer ou réduire considérablement la probabilité des effets déterministes à l'intérieur de la ZMP.

### 5.2 ZMPU

Selon la section 4.3, les niveaux d'intervention relatifs aux mesures de protection en cas d'urgence (mise à l'abri, évacuation et administration d'iode stable) ne seraient pas dépassés au-delà de 7,5 km en cas d'ED, même dans un scénario des pires conditions météorologiques. Selon la section 4.4, la mise à l'abri peut être nécessaire dans un périmètre qui peut atteindre 12 km, en cas d'EHD qui se produisent dans un scénario de conditions météorologiques moyennes. Par conséquent, selon les facteurs de probabilité, il existe une forte justification pour établir des mesures de protection en cas d'urgence jusqu'à 7,5 km autour de la centrale, et en ce qui concerne les mesures d'intervention, jusqu'à 12 km, en prévision des cas très peu probables d'EHD.

Comme les résultats le démontrent pour le cas encore moins probable d'une EHD combinée aux pires conditions météorologiques, il est possible qu'il devienne nécessaire d'étendre les mesures de protection à l'extérieur de la ZMPU de 12 km. Toutefois, compte tenu de la très faible probabilité d'une telle combinaison de situations, augmenter la superficie de la zone d'urgence au-delà de 12 km ne serait pas justifié.

Par conséquent, on recommande une ZMPU de 12 km autour de la centrale.

Si un accident se produit et que les données relatives aux études de l'environnement, à l'état de la centrale et aux conditions météorologiques indiquent que les niveaux d'intervention peuvent dépasser les 12 km, il sera nécessaire d'appliquer les mesures de protection au-delà de cette distance.

### **5.3 Niveaux d'intervention opérationnels (NIO)**

Durant une situation d'urgence, la décision d'adopter les mesures de protection doit reposer sur la dose évitable. Cette donnée est difficile à mesurer. Il s'agit d'effectuer des mesures sur le terrain, en établir le lien avec le débit de la dose absorbée, estimer le temps requis pour appliquer la mesure de protection, deviner la durée d'exposition des personnes sans la mesure de protection, et finalement, calculer la dose qui pourrait être évitée. Ce processus nécessite du temps et crée des discussions entre les spécialistes, ce qui peut retarder l'application des mesures de protection et réduire l'efficacité de l'intervention d'urgence durant la phase immédiate.

Dans le but de faciliter la prise rapide de décisions durant la phase initiale d'une urgence, on a établi des niveaux d'intervention opérationnels (NIO). Un NIO représente la valeur des paramètres habituellement mesurés (p. ex., le débit de la dose ambiante) qui correspond au niveau d'intervention d'une mesure de protection en particulier. Pour établir ces niveaux, on tient compte de plusieurs hypothèses, notamment, l'exposition en fonction des voies de pénétration, la composition de l'émission et les durées d'exposition. Toutefois, ce qui est perdu en exactitude est gagné en rapidité de la prise des décisions, et cette rapidité est essentielle durant la phase initiale.

Les NIO sont présentés en détail dans le TECDOC 955 [IAE955] de l'AIEA. Il existe plusieurs NIO, notamment, les NIO pour la mise à l'abri, pour l'évacuation basée sur les données ambiantes dans le panache, pour l'évacuation basée sur les données relatives au rayonnement terrestre et pour le déplacement basé sur les données relatives au rayonnement terrestre.

Les NIO servent lorsqu'il est nécessaire de prendre rapidement des décisions. Ils peuvent également servir de guides lorsqu'il est possible d'accorder du temps à la prise de décisions. Par exemple, le NIO du déplacement basé sur le rayonnement terrestre devrait servir seulement pour indiquer si le déplacement doit être envisagé. Avant de prendre une décision importante, comme de procéder au déplacement, il faut mener des analyses isotopiques détaillées de la contamination du sol et de l'exposition potentielle en fonction des voies de pénétration.

Tous ces NIO sont basés sur des rapports présumés du débit de la dose efficace et du débit de la dose ambiante relatifs à l'exposition en fonction des voies de pénétration sélectionnées et à certains temps d'exposition.

### 5.3.1 NIO pour la mise à l'abri et l'évacuation dans le panache

Le TECDOC 955 de L'AIEA décrit en détail la méthode pour calculer et réviser le NIO. L'équation utilisée est la suivante :

$$OIL = \frac{GIL}{c \times T \times R} \quad (1)$$

Où :

NIO = niveau d'intervention opérationnel pour une mesure de protection particulière

NIG = niveau d'intervention générique pour la mesure de protection en question

T = le temps présumé d'exposition si aucune mesure n'est entreprise, estimé à quatre heures, selon les statistiques relatives à la persistance du vent sur le continent nord-américain

c = le rapport entre le débit de la dose efficace et le débit de la dose ambiante

R = facteur de réduction pour les mesures de protection déjà entreprises

Il existe plusieurs NIO possibles, selon le type de mesure de protection envisagée. Comme on peut le constater à la Figure 7, le rapport « c » du débit de la dose efficace et du débit de la dose ambiante est le plus élevé en cas d'EAS et varie entre 7 et 10 dans le rayon des cinq premiers kilomètres. Fixer une valeur automatique de 10 serait la solution prudente, car on obtient un NIO inférieur pour les mesures de protection envisagées. Cette valeur est identique à celle que propose L'AIEA dans le TECDOC 955. Par conséquent, on suggère d'utiliser les mêmes NIO que ceux que L'AIEA propose dans le TECDOC 955 : 0,1 mSv/h pour la mise à l'abri et l'administration de l'iode stable<sup>6</sup>, et 1 mSv/h pour l'évacuation. Les détails du calcul se trouvent dans [IAE955].

### 5.3.2 NIO pour l'évacuation fondée sur le rayonnement terrestre

Le NIO pour l'évacuation fondée sur le rayonnement terrestre est calculé à partir des hypothèses suivantes :

- Le temps d'exposition sans évacuation serait de sept jours, ce qui correspond à la limite pratique recommandée pour une évacuation.
- Un aspect positif est le fait que les gens passeraient la plus grande partie de leur temps à l'intérieur, donc on ajoute le facteur de réduction fourni plus tôt de 0,5.

Dans ce cas, à l'exception de l'exposition en raison de la remise en suspension des contaminants, il n'existe aucune dose interne attribuable au rayonnement terrestre, et le rapport entre le débit de la dose efficace et le débit de la dose ambiante est de 1. Donc, on peut remplacer l'équation (1) par la suivante :

<sup>6</sup> On peut utiliser une équation similaire pour calculer un NIO pour l'administration de l'iode stable. Dans ce cas, c'est le rapport entre la dose absorbée par la thyroïde et la dose efficace. Dans ses calculs [IAE955], l'IAEA ne tient pas compte du facteur de réduction attribuable à la mise à l'abri. On obtient ainsi un NIO de 0,125 mSv/h. Le NIO pour la mise à l'abri calculé au moyen de l'équation 1 serait de 0,25 mSv/h. Pour des raisons d'ordre pratique, l'IAEA a suggéré de combiner la mise à l'abri et l'administration d'iode stable, et la valeur inférieure de 0,1 mSv/h a été retenue.

$$(OIL \times 24) = \frac{GIL}{c' \times R} \quad (2)$$

Où :

$c'$  = rapport entre la dose de sept jours et la dose d'un jour attribuable au rayonnement terrestre, qui n'est pas 7 en raison de la détérioration des produits de la fission déposés.

Selon la Figure 8,  $c'$  est approximativement 4 dans les pires scénarios (EAS) dans le rayon des cinq premiers kilomètres, ce qui produit un NIO de 1,3 mSv/h. Ce niveau est très près du 1 mSv/h que l'AIEA suggère. Donc, on recommande ce dernier comme NIO pour l'évacuation fondée sur la mesure du rayonnement terrestre ambiant.

### **5.3.3 NIO pour le déplacement fondé sur le rayonnement terrestre**

La méthode pour calculer ce NIO est identique à la précédente, toutefois, dans le cas présent, le facteur  $c'$  représente le rapport entre la dose de 30 jours et la dose d'un jour. Le NIG pour le déplacement est de 30 mSv durant le premier mois. À la Figure 9 on constate que la valeur de  $c'$  dans le pire cas est environ 8, ce qui correspond à un NIO de 0,4 mSv/h. Il s'agit du même ordre de grandeur que le NIO de 0,2 mSv/h que l'AIEA attribue à cette mesure de protection. Puisque la valeur de l'AIEA est légèrement plus prudente, on la recommande.

### **5.3.4 NIO pour les interdictions alimentaires fondées sur le rayonnement terrestre**

L'échantillonnage et l'analyse sont les seuls moyens pour déterminer si la contamination des aliments dépasse les normes de consommation. Donc, un NIO pour une interdiction alimentaire fondée sur le rayonnement terrestre n'est qu'un outil d'évaluation préalable suggéré durant les premières étapes d'une situation d'urgence. L'AIEA a suggéré une valeur de 0,001 mSv/h. Cette valeur n'est toutefois pas obtenue à la suite d'une analyse technique précise. Cette valeur est intentionnellement environ 10 fois supérieure à celle du fond géochimique local habituel, et elle sert seulement à confirmer les niveaux élevés de contamination du sol. Les recommandations subséquentes en ce qui concerne les interdictions des aliments doivent être fondées sur l'analyse isotopique de la contamination du sol et sur exposition potentielle en fonction des voies de pénétration.

### **5.3.5 Résumé des NIO**

La liste des NIO recommandés se trouve au Tableau 9..

Tableau 9 : NIO recommandés

Éléments mesurés	NIO	Mesure de protection
Débit de la dose ambiante dans le panache	1 mSv/h	Évacuation ou mise à l'abri significative.
	0,1 mSv/h	Mise à l'abri et administration d'iode stable, si le produit est disponible.
Débit de la dose ambiante attribuable aux dépôts, après la dispersion du panache	1 mSv/h	Évacuation
	0,2 mSv/h	Déplacement potentiel de la population. Analyse isotopique.
	10 fois la valeur du fond géochimique local habituel	Restriction immédiate des aliments potentiellement contaminés, jusqu'à la production des analyses détaillées.

#### 5.4 Stratégie d'intervention d'urgence

Lorsqu'un accident se produit, il est presque impossible de déterminer si la situation deviendra un cas d'ED ou d'EAS. Il est également très difficile de prévoir si une émission aura lieu, ou quelle en sera sa gravité. L'accident à Three Mile Island a mis en évidence à quel point il est difficile de prédire les répercussions d'un accident lorsqu'il se produit. Par exemple, les opérateurs ont dû patienter pendant plusieurs semaines pour découvrir quelle quantité du cœur avait fondu. De plus, au moment de l'accident, ils ne savaient pas qu'une émission aurait lieu. Donc, il est préférable que la stratégie initiale relative aux mesures de protection repose sur très peu de renseignements, et qu'on s'en tienne aux calculs prudents.

Compte tenu de la discussion ci-dessus au sujet de la ZMP et de la ZMPU, on recommande d'adopter la stratégie initiale relative aux mesures de protection qui suit :

- Lorsqu'un accident qui peut occasionner une fusion du cœur se produit, il faut immédiatement procéder à une évacuation ou une mise à l'abri dans la ZMP complète autour de la centrale (ZMP). La mesure est appliquée sur tout le périmètre comme mesure préventive contre un changement possible de la direction du vent.
- Envoyer immédiatement des équipes de contrôle dans la direction sous le vent afin de surveiller les niveaux de rayonnement ambiant et de contamination de l'air et savoir si une émission s'est produite.
- Lorsqu'une émission est imminente ou a été constatée, procéder à la mise à l'abri à l'intérieur de la ZMPU du côté sous le vent de la centrale. Si la direction du vent change, il faut choisir d'autres secteurs où appliquer la mesure de protection.
- Effectuer des contrôles radiologiques de l'environnement à l'intérieur de la ZMPU afin de déterminer si des mesures de protection supplémentaires sont nécessaires.
- Si les mesures sont élevées comparativement à celles du NIO, élargir le secteur sondé et adapter les mesures de protection s'il le faut.

## 6. Conclusion

Le présent document sur les principes de planification technique repose sur l'évaluation de certains accidents hypothétiques qui ont été sélectionnés en fonction des principes de planification des mesures d'urgence, dans lesquels on tient compte de la sévérité des scénarios d'accident et de la probabilité qu'ils se produisent. Toutefois, déterminer un niveau acceptable de préparation ne dépend pas exclusivement de la reconnaissance des risques théoriques, mais également des aspects suivants :

- L'acceptation d'un risque plutôt que d'un autre
- Les coûts de la préparation aux situations d'urgence
- Les aspects pratiques, comme les ressources disponibles et la situation géographique
- La capacité de rapidement étendre l'application des mesures au-delà de la zone de planification compte tenu des capacités du moment (c.-à-d. la capacité d'improviser)

Les mesures proposées dans le présent document sur les principes de planification technique représentent notre meilleure estimation d'un niveau de préparation qui est justifié et qui permettrait de réaliser une intervention efficace. L'estimation repose sur des aspects techniques et pratiques. Toutefois, d'autres éléments comme l'acceptation des risques ainsi que les facteurs politiques, socioéconomiques et démographiques peuvent influencer les exigences définitives en ce qui concerne la planification.

## ANNEXE A : Inventaire du cœur du réacteur CANDU

Références : [REID-97], [REID-98]

**Tableau 10 : Inventaire en état stable dans le cœur du réacteur CANDU-600**

Isotope	Inventaire (Bq)	Isotope	Inventaire (Bq)	Isotope	Inventaire (Bq)
KR-85	4,62E +15	SB-131	1,88E +18	ZR-95	3,24E +18
KR-85M	6,50E +17	SB-132	1,14E +18	ZR-97	3,98E +18
KR-87	1,30E +18	SB-132M	1,04E +18	NB-95	2,58E +18
KR-88	1,81E +18	SB-133	1,49E +18	NB-97	3,90E +18
KR-89	2,28E +18	TE-127	1,88E +17	MO-99	4,48E +18
KR-90	2,42E +18	TE-127M	1,91E +16	MO-101	4,04E +18
XE-131M	2,68E +16	TE-129	7,24E +17	MO-102	3,74E +18
XE-133	4,78E +18	TE-129M	1,30E +17	MO-104	2,68E +18
XE-133M	1,50E +17	TE-131	2,04E +18	TC-99M	4,00E +18
XE-135	4,26E +17	TE-131M	4,48E +17	TC-101	4,04E +18
XE-135M	1,03E +18	TE-132	3,44E +18	TC-102	7,50E +16
XE-137	4,48E +18	TE-133	2,68E +18	TC-104	2,84E +18
XE-138	4,24E +18	TE-133M	2,24E +18	TC-105	2,30E +18
XE-139	3,12E +18	TE-134	4,34E +18	RU-103	3,04E +18
AS-77	5,42E +15	I-130	1,24E +18	RU-105	2,28E +18
AS-79	3,22E +16	I-131	2,40E +18	RU-106	3,70E +17
SE-83	1,46E +17	I-132	3,54E +18	RH-105	1,91E +18
BR-82	1,89E +15	I-133	4,96E +18	PD-109	6,70E +17
BR-83	3,08E +17	I-134	5,52E +18	AG-110M	6,62E +14
BR-84	5,68E +17	I-135	4,70E +18	AG-111	1,10E +17
BR-87	1,02E +18	I-136	2,08E +18	AG-112	5,44E +16
RB-86	5,74E +14	I-136M	1,06E +18	AG-113	3,02E +16
RB-88	1,87E +18	CS-134	2,06E +16	BA-139	4,44E +18
RB-89	2,40E +18	CS-136	3,04E +16	BA-140	4,34E +18
RB-90	2,20E +18	CS-137	5,12E +16	BA-141	4,00E +18
RB-90M	7,14E +17	CS-138	4,60E +18	BA-142	3,78E +18
RB-91	2,94E +18	CS-139	4,28E +18	LA-140	4,42E +18
CD-113M	1,08E +13	CS-140	3,82E +18	LA-141	4,06E +18
CD-115	1,69E +16	SR-89	2,14E +18	LA-142	3,92E +18
CD-115M	5,96E +14	SR-90	3,68E +16	CE-141	3,68E +18
SB-122	2,76E +14	SR-91	3,14E +18	CE-143	3,80E +18
SB-124	1,40E +14	SR-92	3,30E +18	CE-144	1,15E +18
SB-125	4,56E +15	Y-90	3,96E +16	ND-147	1,52E +18
SB-126	6,30E +14	Y-91	2,60E +18	PM-147	1,38E +17
SB-127	2,02E +17	Y-91M	1,82E +18	SM-153	3,88E +17
SB-128	3,64E +16	Y-92	3,32E +18	EU-154	9,66E +14
SB-128M	3,70E +17	Y-93	2,48E +18	EU-155	1,18E +15
SB-129	7,76E +17	Y-94	3,96E +18	EU-156	1,36E +17
SB-130	2,76E +17	Y-95	4,18E +18	EU-157	4,02E +16
SB-130M	1,05E +18	Y-96	3,72E +18	CM-242	2,08E +15



## ANNEXE B : Modélisation et hypothèses

### 1. Calculs de la dispersion et des doses

#### 1.1 Méthodologie

On a effectué les calculs de la dispersion et les estimations des doses en fonction du terme source fourni à l'ANNEXE A : Inventaire du cœur du réacteur CANDU pour chaque émission de référence étudiée. Un code informatique bien connu, COSYMA [HAS91], a servi pour effectuer cette analyse.

Le système COSYMA permet de calculer les doses aiguës et les risques déterministes correspondants des premiers effets au moyen du **Module de départ** (MD). Les doses équivalentes par organe et les doses efficaces (évaluées durant 50 ans) sont calculées au moyen du **Module de fin** (MF).

Les organes retenus pour le calcul des effets déterministes sont ceux les plus radiosensibles dans les cas d'accidents du réacteur nucléaire. Il s'agit des organes suivants :

- Les poumons
- La thyroïde
- La moelle osseuse rouge
- Le système digestif

Dans l'analyse, on examine également les répercussions du temps de résidence et des mesures de protection sur les doses et sur les distances jusqu'auxquelles les effets déterministes sont possibles.

#### 1.2 Codes

##### 1.2.1 Logiciel COSYMA

Le code informatique [HAS95] de COSYMA est un progiciel flexible conçu par Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK, FRG) et le National Radiological Protection Board (NRPB) pour l'Union européenne. Ce programme a été conçu pour évaluer les risques probables associés aux accidents présumés dans les centrales nucléaires. On a sélectionné la version centrale du code, plutôt que la version commune PC-COSYMA, en raison de sa flexibilité supplémentaire et de ses options de rendement plus puissantes.

Les données saisies dans COSYMA sont traitées par un module de dispersion atmosphérique inspiré du modèle MUSEMET. Les concentrations d'activité propre à chaque nucléide obtenues sont ensuite transférées dans le module de doses et conséquences des risques (voir le guide d'utilisateur [HAS95] de COSYMA).

Avant de servir dans le contexte de la présente étude, COSYMA a fait l'objet de nombreuses vérifications et validations au moyen des méthodes de l'AQ pour les programmes informatiques décrites à l'Annexe A du document *Corporate Policies* --

*Nuclear Analysis* [ISR04]. Les résultats de cette validation sont décrits dans le document *Cosyma 95/1 : Program Implementation Guide* [ISR05].

### **1.2.2 Code post-traitement**

Ce programme, *CosymaRunParserV4.VBP* [ISR02], conçu par ISR, permet d'analyser, traiter et afficher les données de COSYMA dans un format convivial. Le programme ne modifie pas les données produites par COSYMA, mais les copie, ce qui simplifie la validation.

### **1.2.3 Chiffrier électronique**

Les résultats relatifs aux doses déterministes sont traités par un chiffrier électronique nommé *LDLM2000.XLS*, qui a été conçu par ISR. Il calcule la distance au-delà de laquelle le risque des effets déterministes devient négligeable. Ce programme est décrit en détail dans le rapport *Program to Calculate the Influence of Protective Actions on Deterministic Effects* [ISR03].

## **1.3 Modèles et hypothèses**

### **1.3.1 Inventaire**

La bibliothèque d'isotopes de COSYMA contient les 200 radionucléides les plus significatifs du point de vue radiologique. L'inventaire principal, calculé au moyen d'ORIGEN, contient environ 1 000 nucléides. On présume que ceux qui ne sont pas inclus dans COSYMA ont un poids minime dans le calcul des doses.

Les nucléides restants ont ensuite été filtrés au moyen du programme « SOURCE » compris dans le code COSYMA, afin d'obtenir une liste des 60 nucléides les plus significatifs dans la période du début (moins d'un an), ainsi que les 60 nucléides les plus significatifs dans la période tardive (50 ans). Les deux listes ont été dressées avec une tolérance d'environ 2 %, et elles sont identiques, à l'exception de la présence d'Y-93 et de Cm-242 dans la période du début comparativement au Sb-131 et au Te-131 dans la période tardive. Les listes d'isotopes obtenues se trouvent à l'Annexe A du présent document.

Les paramètres de retombée des nucléides ont été calculés en fonction des valeurs automatiques de COSYMA pour cinq groupes distincts de nucléides : les gaz nobles, les aérosols, l'iode élémentaire, l'iode lié aux composés organiques et l'iode sous forme d'aérosol.

### **1.3.2 Durée des émissions**

Les paramètres de dispersion du système COSYMA conviennent pour calculer les émissions horaires. Lorsque la durée est différente, il est nécessaire d'adapter les paramètres de dispersion horizontale [CO85].

L'effet que produit la durée de l'émission sur les paramètres de dispersion atmosphérique a été illustré au moyen de la correction suggérée par l'équation 5.8 du document CAN/CSA 288.2 [CSA91].

$$\sigma_y(x, t_d) = \sigma_y(x, t_r) \cdot \left( \frac{t_d}{t_r} \right)^{0.2}$$

Où :

- $\sigma_y$  est le paramètre (m) de dispersion horizontale (sigma);
- $x$  est la distance (m) dans la direction du vent;
- $t_r$  est la durée de référence de l'émission (une heure pour COSYMA);
- $t_d$  est la durée de l'émission (h).

Le sigma du COSYMA est exprimé comme suit :

$$\sigma_y(x, t_r) = p \cdot x^q$$

Les paramètres  $p$  et  $q$  sont des facteurs empiriques qui dépendent de la stabilité atmosphérique. La correction de la durée des émissions ne touche que le  $p$ . Les valeurs automatiques utilisées dans le système COSYMA servent pour les émissions qui durent une heure. Le Tableau 11 présente d'autres valeurs.

**Tableau 11 : Correction des sigmas horizontaux ( $\rho$ ) pendant la durée des émissions**

<b>1 heure</b>							
	Hauteur	A	B	C	D	E	F
Rural	50 m	0,946	0,826	0,586	0,418	0,297	0,235
	100 m	0,946	0,826	0,586	0,418	0,297	0,235
	180 m	0,946	0,826	0,586	0,418	0,297	0,235
Urbain	50 m	1,503	0,876	0,659	0,640	0,801	1,294
	100 m	0,170	0,324	0,466	0,504	0,411	0,253
	180 m	0,671	0,415	0,232	0,208	0,345	0,671
<b>0,5 heure</b>							
	Hauteur	A	B	C	D	E	F
Rural	50 m	0,824	0,719	0,510	0,364	0,259	0,205
	100 m	0,824	0,719	0,510	0,364	0,259	0,205
	180 m	0,824	0,719	0,510	0,364	0,259	0,205
Urbain	50 m	1,308	0,763	0,574	0,557	0,697	1,126
	100 m	0,148	0,282	0,406	0,439	0,358	0,220
	180 m	0,584	0,361	0,202	0,181	0,300	0,584
<b>3 heures</b>							
	Hauteur	A	B	C	D	E	F
Rural	50 m	1,178	1,029	0,730	0,521	0,370	0,293
	100 m	1,178	1,029	0,730	0,521	0,370	0,293
	180 m	1,178	1,029	0,730	0,521	0,370	0,293
Urbain	50 m	1,872	1,091	0,821	0,797	0,998	1,612
	100 m	0,212	0,404	0,581	0,628	0,512	0,315
	180 m	0,836	0,517	0,289	0,259	0,430	0,836
<b>8 heures</b>							
	Hauteur	A	B	C	D	E	F
Rural	50 m	1,434	1,252	0,888	0,634	0,450	0,356
	100 m	1,434	1,252	0,888	0,634	0,450	0,356
	180 m	1,434	1,252	0,888	0,634	0,450	0,356
Urbain	50 m	2,278	1,328	0,999	0,970	1,214	1,961
	100 m	0,258	0,491	0,706	0,764	0,623	0,383
	180 m	1,017	0,629	0,352	0,315	0,523	1,017

### 1.3.3 Conditions météorologiques

Il existe deux façons de définir les conditions météorologiques dans COSYMA :

- Des conditions météorologiques fixes, en ce qui concerne la classe de stabilité, la vitesse et la direction du vent, et les précipitations.
- Un fichier de données sur les conditions météorologiques qui contient des données météorologiques horaires recueillies durant au moins un an.

La deuxième méthode permet d'illustrer des émissions en plusieurs phases. Elle permet également de calculer les risques pour toutes les zones géographiques et les distributions de population.

Compte tenu des données historiques fournies par Environnement Canada au sujet du site de Point Lepreau, le scénario des conditions météorologiques de référence utilisé est Pasquill D, avec une vitesse du vent à 4,2 m/s et une hauteur de mélange de 500 m. En ce qui concerne les émissions avec contenu thermique, la sensibilité des résultats a été évaluée pour toutes les catégories de stabilité et comme fonction de la vitesse du vent et la hauteur de mélange. En ce qui concerne les émissions sans contenu thermique, on a utilisé Pasquill F et une vitesse du vent de 1,4 m/s. Le Tableau 12 présente les paramètres utilisés pour chaque catégorie de stabilité.

**Tableau 12 : Scénarios météorologiques utilisés pour les calculs**

Catégorie de stabilité	Vitesse du vent (m/s)	Hauteur maximale (m)
A	1,4	1 000
B	2,6	1 000
C	3,7	500
D	4,2	500
E	2,4	200
F	1,4	100

COSYMA permet également d'effectuer des calculs statistiques en fonction de la fréquence des conditions météorologiques. Les scénarios des conditions météorologiques ont été créés à partir d'un dossier de données recueillies pendant deux ans fourni par Environnement Canada pour le site de Point Lepreau. Pour effectuer les calculs statistiques, COSYMA effectue un échantillonnage aléatoire dans le dossier des conditions météorologiques, qui contient des données horaires sur la stabilité, le vent et la direction du vent recueillies depuis deux ans. Les résultats d'une grande quantité de tests sont classés selon la probabilité de dépasser les niveaux des doses fixées. Les données sont exprimées sous forme d'intervalle de confiance, c.-à-d. la probabilité qu'une dose ou un effet sur la santé soit sous un certain seuil à 90 %, 99 % ou 99,9 % (par exemple) du temps, en fonction des scénarios des conditions météorologiques possibles.

### 1.3.4 Récepteurs

La dose est calculée pour un adulte représentatif conformément au document ICRP-60 [ICR60].

La relation entre la dose et le risque en ce qui concerne les effets déterministes est

calculée selon les modèles publiés par le NRPB [NRP88] et l'USNRC [NRC90].

Un rythme de respiration de  $3,333 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  a été sélectionné pour tous les essais, dans les sous-systèmes de départ et de la fin. Ce rythme est légèrement supérieur à celui recommandé dans la norme canadienne ( $2,70 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ). Le Tableau 13 et le Tableau 14 présentent des listes de rythmes de respiration recommandés par divers organismes. Le rythme utilisé dans COSYMA respecte les valeurs suggérées dans le document ICRP-75.

**Tableau 13 : Rythmes respiratoires recommandés par divers organismes**

Groupe d'âge	EPA, ICRP-23 et ICRP-75		CAN/CSA		US-NRC et ICRP-2	
	( $\text{m}^3/\text{a}$ )	( $\text{m}^3/\text{s}$ )	( $\text{m}^3/\text{a}$ )	( $\text{m}^3/\text{s}$ )	( $\text{m}^3/\text{a}$ )	( $\text{m}^3/\text{s}$ )
Bébés	-	-	-	-	1,9E3	6,02E -5
Enfants	-	-	1,4E3	4,4E -5	2,7E3	8,56E -5
Adolescents	-	-	-	-	5,1E3	1,62E -4
Adultes	1,05E4	3,33E -4	8,4E3	2,7E -4	7,3E3	2,31E -4

**Tableau 14 : Rythme respiratoire selon l'âge [UNSCEAR 2000], [ICRP-71]**

Groupe d'âge	( $\text{m}^3/\text{a}$ )	( $\text{m}^3/\text{s}$ )
0-12 mois	1,04E +03	3,31E -05
1-2 ans	1,88E +03	5,97E -05
3-7 ans	3,18E +03	1,01E -04
8-12 ans	5,59E +03	1,77E -04
13-17 ans	7,34E +03	2,33E -04
Adultes (plus de 17 ans)	8,11E +03	2,57E -04

### 1.3.5 Grille spatiale

Des calculs de doses pour les scénarios fixes de conditions météorologiques ont été effectués sur une grille de 16 points. Les doses sont fournies sous l'axe du panache et représentent donc la dose maximale que les personnes visées peuvent absorber.

Des calculs de doses pour les scénarios probables de conditions météorologiques ont été effectués sur une grille de 16 secteurs et 16 points. On a laissé place au changement de la direction du vent d'un essai à l'autre.

## 2. Doses

### 2.1 Effets déterministes

#### 2.1.1 Hypothèses

Les calculs établissent la distance au-delà de laquelle le risque d'effets déterministes est négligeable. La méthode utilisée pour faire le calcul est décrite dans le rapport [ISR03]. Cette méthode prend en considération le fait que le seuil de dose déterministe varie selon le débit de dose, et que ce dernier varie selon la distance et la période suivant l'émission.

Les périodes après l'accident saisies dans COSYMA pour calculer les doses déterministes étaient 1, 7, 30 et 365 jours. On a présumé un débit de dose constant pour chaque période (dose reçue pendant la période, divisée par la durée de la période).

**Tableau 15 : Intégration de la dose dans les calculs déterministes**

N° d'essai	Intégration de la dose	Paramètre IDTIME
1	1 jour	1
2	7 jours	7
3	30 jours	30
4	365 jours	365

Le risque d'effets déterministes a été considéré comme étant négligeable s'il était inférieur à 1 %.

Pour calculer l'incidence des mesures de protection sur la distance à laquelle les effets déterministes se font sentir, la contribution de la dose selon la voie d'exposition (qui est fournie par COSYMA) est multipliée par le facteur de réduction approprié pour la mesure de protection applicable [ISR08]. Par exemple, en présumant que l'exposition par inhalation est de 60 % pour une dose de 100 mSv (ou 60 mSv) et que le coefficient de réduction de la mise à l'abri est de 0,5, la dose inhalée si une personne se met à l'abri est de 30 mSv. Ce calcul est répété pour toutes les voies d'exposition.

#### 2.1.2 Modèle des effets sur la santé

Les effets déterministes sur la santé ont été calculés selon la formule suivante :

$$P(D,t) = 1 - e^{-H}$$

Où

$$H = \ln 2 \cdot \left( \sum_i \frac{D_i}{D_{50}^i} \right)^S$$

$D_i$  est la dose intégrée au fil de la période  $i$

$t_i$  est la durée d'intégration  $i$  (1, 7, 30 ou 365 jours)

$S$  est le coefficient de forme

$D_{50}^i$  est la dose à laquelle 50 % de la population exposée souffrira d'un effet précis

et  $D_{50}^i$  est défini comme étant :

$$D_{50}^i = D_{\infty} + \frac{D_0}{D_i / t_i}$$

Ces paramètres sont résumés dans le Tableau 16.



Tableau 16 : Paramètres des effets déterministes sur la santé dans COSYMA [COS95]

Dose dans l'organe/le tissu		Effet	Paramètres					
Interne	Externe	Mortalité	Coefficient de forme S	D <sub>∞</sub> [Gy]	D <sub>0</sub> [Gy <sup>2</sup> /h]	EBR <sup>7</sup>	Durée d'intégration (jours)	Seuils de dose <sup>8</sup> [Gy]
Poumons	Poumons	Syndrome pulmonaire	7,0	10,0	30,0	7,0	1, 7, 30, 365	5
Moelle osseuse	Moelle osseuse	Syndrome hématopoïétique	6,0	4,5	0,1	2,0	1, 30	2,3
Autres organes		Syndrome gastro-intestinal	10,0	15,0	0,0	-	1, 7, 30	10
Ovaires	Utérus	Mortalité prénatale ou néonatale	3,0	1,5	0,0	20,0	1, 30	0,1
		<b>Morbidité</b>						
Poumons	Poumons	Déficience pulmonaire	7,0	5,0	15,0	7,0	1, 7, 30, 365	2,3
Thyroïde	Thyroïde	Hypothyroïdie	1,3	60,0	30,0	0,0	1, 30	2,0
Peau		Érythème	5,0	20,0	5,0	0,0	1, 7, 30	23.
Cornée		Cataractes	5,0	3,0	0,01	0,0	1, 7, 30	1,0
Ovaires	Utérus	Handicap intellectuel	1,0	1,5	0,0	20,0	1, 30	0,1

<sup>7</sup> Pour les émetteurs alpha (plutonium), le coefficient d'EBR est utilisé pour multiplier la dose absorbée (Gy) dans chaque organe afin de tenir compte de l'efficacité biologique dans chaque organe par rapport au TLE.

<sup>8</sup> Les seuils de dose sont tirés de l'ouvrage *Cosyma User Guide*, EUR 13045, 1995.

## 2.2 Doses efficaces

### 2.2.1 Hypothèses

Par défaut, COSYMA calcul les doses efficaces sur plus de 50 ans, à moins que des mesures de protection soient mises en œuvre. Aux fins du présent document, il était important de savoir de quelle façon les doses efficaces varient au fil du temps. Par conséquent, un modèle de mesures de protection a été utilisé.

COSYMA intègre le modèle de mesures de protection sous forme de facteurs de réduction qui peuvent être appliqués ou non selon le moment où l'utilisateur les établit. Dans les cas où aucune mesure de protection n'était appliquée, tous les facteurs de réduction ont été établis à 1.

Dans COSYMA, une « évacuation » n'est pas permanente puisque les gens peuvent retourner à leur domicile après 7 jours. Une évacuation permanente est appelée « réinstallation » (ou « déplacement permanent » selon la terminologie de COSYMA). La réinstallation a donc été utilisée pour mettre fin à l'exposition après une période donnée. Quatre possibilités ont été analysées :

- Aucune protection (pas d'évacuation ni de réinstallation)
- Réinstallation après une journée
- Réinstallation après 7 jours
- Réinstallation après 30 jours

Il est important de souligner que le fait de changer le temps de résidence n'affecte pas la durée de l'intégration de la dose dans le calcul de la dose efficace par inhalation, qui correspond toujours à la dose engagée sur 50 ans. Les calculs ont été faits pour 1, 7 et 30 jours ainsi que pour 50 ans. Par conséquent, en changeant la durée d'exposition, il est possible d'estimer l'efficacité des mesures de protection.

Par exemple, une évacuation dure habituellement 7 jours. Ainsi, il est possible d'estimer la dose évitable grâce à une évacuation en calculant la dose pour une durée d'exposition de 7 jours. La distance dans laquelle s'effectue l'intervention est supérieure à la distance pour laquelle les plans d'évacuation sont justifiés. Le Tableau 17 montre les paramètres utilisés pour les différentes durées d'exposition.

**Tableau 17 : Durée d'exposition pour les calculs de dose efficace**

N° d'essai	Durée de l'exposition	Paramètres			
		NOEXPO	DILREL	DILRES	ITUMS
1	1 jour	1, 1, 1, 0, 0	3*0	0	1
2	7 jours	1, 1, 1, 0, 0	3*0	0	7
3	30 jours	1, 1, 1, 0, 0	3*0	0	30
4	50 ans	0, 0, 0, 0, 0	3*10 <sup>30</sup>	10 <sup>30</sup>	0
N° d'essai	Durée de l'exposition	NOODOS	NOOPOP	NOOSIT	
5	Aucune mesure de protection	0	0	0	

Pour les essais réalisés selon le scénario de conditions météorologiques fixes, les paramètres du Tableau 18 ont été utilisés. Pour les essais probabilistes, les paramètres du Tableau 19 ont été utilisés.

**Tableau 18 : Paramètres du scénario météorologique fixe**

Catégorie de stabilité	Paramètre IDIKAT	Vitesse du vent (m/s)	Paramètre IWNDG	Hauteur maximale	Paramètre MIXLH
A	1	1,4	140	1 000 m	1 000
B	2	2,6	260	1 000 m	1 000
C	3	3,7	370	500 m	500
D	4	4,2	420	500 m	500
E	5	2,4	240	200 m	200
F	6	1,4	140	100 m	100

**Tableau 19 : Paramètres pour les essais probabilistes relatifs aux conditions météorologiques**

Paramètre	Condition météo fixe	Prévision météo probabiliste
JMAX	72 (par défaut)	16
IDFOUT	1	0
IAROUT	1	0
NOOTMT	1	2
NOODOS	1	0
NOORSK	1	2
NOOPOP	1	0
LKZ	1, 7, 50, 75, 90, 115, 14*0 (défaut)	1, 5*0
IACT	7*1	2*0, 1, 22*0
ICCFD	0	1
METIN	1	0
MIXIN	1	0
NOSHFT	0	2
NJAHRE	1	4

## ANNEX C : Tableaux des calculs effectués

Les tableaux qui suivent présentent les données pour certains essais effectués pour analyser les événements relatifs au réacteur CANDU. Ce ne sont pas tous les essais qui ont été utilisés pour le présent document. Par contre, les résultats permettent d'établir des comparaisons et sont présentés aux fins d'exhaustivité. La correspondance entre la nomenclature des catégories d'émissions (RC) utilisée dans les prochains tableaux les types d'émissions décrits dans le présent document est la suivante :

<b>Catégorie d'émission</b>	<b>Type d'émission correspondant</b>
RC-3	Émission accidentelle grave (EAG)
RC-6	Émission hors-dimensionnement (EHD)
RC-8	Émission de dimensionnement (ED)

Tableau 20 : Essais de référence

<b>SCÉNARIOS DE RÉFÉRENCE</b>									
N° d'essai	Scénario météo			Catégorie d'émission	Durée d'intégration NE (jours)	Durée d'intégration NL (années)	Évacuation permanente (déménagement)	Contenu thermique	Durée de l'émission (heures)
	Catégorie de stabilité	Vitesse du vent	Hauteur maximale						
<b>RC-6 : Émission hors-dimensionnement (EHD)</b>									
201	D	4,2 m/s	500 m	RC-6	1	50	1 jour	0 MW	3
202	D	4,2 m/s	500 m	RC-6	7	50	7 jours	0 MW	3
203	D	4,2 m/s	500 m	RC-6	30	50	30 jours	0 MW	3
204	D	4,2 m/s	500 m	RC-6	365	50	Aucun	0 MW	3
205	F	1,4 m/s	100 m	RC-6	1	50	1 jour	0 MW	3
206	F	1,4 m/s	100 m	RC-6	7	50	7 jours	0 MW	3
207	F	1,4 m/s	100 m	RC-6	30	50	30 jours	0 MW	3
208	F	1,4 m/s	100 m	RC-6	365	50	Aucun	0 MW	3
<b>RC-8 : Émission de dimensionnement (ED)</b>									
209	D	4,2 m/s	500 m	RC-8	1	50	1 jour	0 MW	8
210	D	4,2 m/s	500 m	RC-8	7	50	7 jours	0 MW	8
211	D	4,2 m/s	500 m	RC-8	30	50	30 jours	0 MW	8
212	D	4,2 m/s	500 m	RC-8	365	50	Aucun	0 MW	8
213	F	1,4 m/s	100 m	RC-8	1	50	1 jour	0 MW	8
214	F	1,4 m/s	100 m	RC-8	7	50	7 jours	0 MW	8
215	F	1,4 m/s	100 m	RC-8	30	50	30 jours	0 MW	8
216	F	1,4 m/s	100 m	RC-8	365	50	Aucun	0 MW	8

Tableau 21 : Essais avec des prévisions météorologiques probabilistes

Probabilité des effets en fonction de la distribution statistique des conditions météorologiques						
N° d'essai	Catégorie d'émission	Durée d'intégration NE (jours)	Durée d'intégration NL (années)	Évacuation permanente (déménagement)	Contenu thermique	Durée de l'émission (heures)
<b>RC-3 : Émission accidentelle grave (EAG)</b>						
217	RC-3	1	50	1 jour	50 MW	0,5
218	RC-3	7	50	7 jours	50 MW	0,5
219	RC-3	30	50	30 jours	50 MW	0,5
220	RC-3	365	50	Aucun	50 MW	0,5
221	RC-3	1	50	1 jour	0 MW	0,5
222	RC-3	7	50	7 jours	0 MW	0,5
223	RC-3	30	50	30 jours	0 MW	0,5
224	RC-3	365	50	Aucun	0 MW	0,5