

Fondement de planification d'urgence de la centrale nucléaire de Point Lepreau

Rapport Calian NBPOWER-0014-01F

Version 5.0F

21 décembre 2021

Présenté à :

Nick Reicker

Directeur de la préparation aux situations d'urgence et de l'environnement
Centrale nucléaire de Point Lepreau

Préparé par :

Calian Ltd.

770 Palladium Drive




Ottawa, Ontario

Canada, K2V 1C8



ASSURANCE QUALITÉ ET SUIVI DES VERSIONS

Autorisation

Titre		Fondement de planification d'urgence de la centrale nucléaire de Point Lepreau		
Numéro du document		NBPOWER-0014-01F		
Ver.	Développé par	Révisé par	Approuvé par	Date
1,0	Francois Lemay Hani Al Anid	Jeff Lafortune	Francois Lemay	30 avril 2017
2,0	Francois Lemay Hani Al Anid	Jeff Lafortune	Francois Lemay	11 août 2017
3,0	Francois Lemay	Nathan De Matos	Hani Al Anid	11 février 2021
4,0	Francois Lemay	Nathan De Matos	Hani Al Anid	12 avril 2021
5,0	Richard Moffett	Francois Lemay	Hani Al Anid	21 décembre 2021
5,0F	 Richard Moffett (traduction)	 Alex Séguin	 Francois Lemay	21 décembre 2021

Suivi des versions


Ver.	Action	Par	Date
1,0	Soumission au client	Mike McCall	30 avril 2017
2,0	Soumission au client	Mike McCall	11 août 2017
3,0	Soumission au client	Hani Al Anid	11 février 2021
4,0	Soumission au client	Hani Al Anid	12 avril 2021
5,0	Soumission au client (corrections éditoriales mineures pour s'aligner sur la version française)	Hani Al Anid	21 décembre 2021
5,0F	Traduction en français de la version originale en anglais	 Hani Al Anid	21 décembre 2021

TABLE DES MATIÈRES

1. DÉFINITIONS ET ACRONYMES	1
1.1 DÉFINITIONS.....	1
1.2 ACRONYMES.....	4
2. INTRODUCTION.....	6
2.1 CONTEXTE.....	6
2.2 OBJECTIF DU RAPPORT	6
2.3 ZONES DE PLANIFICATION D'URGENCE.....	7
2.4 PARAMÈTRES IMPORTANTS.....	7
2.5 EFFETS DÉTERMINISTES ET STOCHASTIQUES.....	8
3. MÉTHODOLOGIE.....	10
3.1 MESURES DE PROTECTION	10
3.1.1 <i>Mise à l'abri</i>	10
3.1.2 <i>Évacuation</i>	11
3.1.3 <i>Administration d'iode stable</i>	11
3.1.4 <i>Relocalisation temporaire et réinstallation</i>	11
3.1.5 <i>Interdiction et contrôle des denrées alimentaires</i>	12
3.1.6 <i>Critères</i>	12
3.2 ZONES DE PLANIFICATION	14
3.2.1 <i>Zone d'action automatique</i>	16
3.2.2 <i>Zone de planification détaillée</i>	16
3.2.3 <i>Zone de planification de contingence</i>	18
3.2.4 <i>Zone de planification pour l'ingestion</i>	18
3.3 SCÉNARIOS D'ACCIDENTS	19
3.3.1 <i>Catégorie de rejet externe EPRC0 – Rejet précoce en raison de la défaillance de l'isolation du confinement</i>	24
3.3.2 <i>Catégorie de rejet externe EPRC3 - Défaillance tardive du confinement</i>	26
3.3.3 <i>Catégorie de rejet externe EPRC3a - Panne de la ventilation filtrée d'urgence</i>	27
3.3.4 <i>Catégories de rejet externe EPRC4-6 - Contournement de l'enceinte de confinement</i>	27
3.4 CARACTÉRISTIQUES DU SITE.....	30
3.5 MÉTÉO	30
3.6 RÉCEPTEUR	30
3.7 LIMITES DES CALCULS DE DOSE	31
3.8 MODÉLISATION ET HYPOTHÈSES	32
3.9 DÉTERMINATION DE LA TAILLE DE LA ZONE	33
3.10 MATRICE DES CAS DE CALCUL	35
4. RÉSULTATS.....	37
4.1 ZONE D'ACTION AUTOMATIQUE	37
4.2 ZONE DE PLANIFICATION DÉTAILLÉE	38
4.2.1 <i>Évacuation</i>	39
4.2.2 <i>Mise à l'abri</i>	40
4.2.3 <i>Blocage de la thyroïde par l'iode</i>	42

4.3	ZONE DE PLANIFICATION DE CONTINGENCE.....	44
4.3.1	Évacuation.....	45
4.3.2	Mise à l'abri.....	47
4.3.3	Blocage de la thyroïde	49
4.4	ZONE DE PLANIFICATION DE L'INGESTION	51
4.5	CONSIDÉRATIONS SUPPLÉMENTAIRES	53
4.5.1	Relocalisation	53
5.	RÉSUMÉ DES DISTANCES DES ZONES DE PLANIFICATION.....	56
6.	RECOMMANDATIONS.....	59
7.	CONCLUSIONS	61
	RÉFÉRENCES.....	62
ANNEXE A.	INVENTAIRE DU CŒUR D'UN RÉACTEUR CANDU	64
ANNEXE B.	VÉRIFICATION DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES	65
ANNEXE C.	ANALYSE DOCUMENTAIRE DES APPROCHES DE L'ÉLABORATION D'UN FONDEMENT DE PLANIFICATION	70
ANNEXE D.	RÉSUMÉ DE L'ANALYSE DOCUMENTAIRE	84

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Zones provinciales de surveillance autour de la centrale nucléaire de Point Lepreau par rapport à la ZPU de 12 km	15
Figure 2 :	Taux de rejet de gaz noble pour les trois catégories de rejets non atténués.....	22
Figure 3 :	Rejets cumulés de gaz rares pour les trois catégories de rejets non atténués.....	22
Figure 4 :	Taux de rejet d'iode et de césium pour les trois catégories de rejets non atténués.....	23
Figure 5 :	Rejets cumulés d'iode et de césium pour les trois catégories de rejets non atténués.....	23
Figure 6 :	Chronologie des rejets cumulatifs dans l'environnement pour EPRC0.....	25
Figure 7 :	Chronologie des rejets cumulés dans l'environnement pour EPRC3.....	27
Figure 8 :	Chronologie des rejets cumulatifs dans l'environnement pour EPRC4-6.....	29
Figure 9 :	Schéma de contamination du sol à Fukushima [16].....	32
Figure 10 :	Probabilité d'effets aigus sur la santé de l'enfant en fonction de la distance.....	38
Figure 11 :	Dose efficace à l'enfant pour 7 jours d'exposition pour EPRC3a.....	39
Figure 12 :	Dose efficace à l'enfant pour 7 jours d'exposition pour EPRC0.....	40
Figure 13 :	Dose efficace à un enfant pour 2 jours d'exposition pour EPRC3a.....	41
Figure 14 :	Dose efficace à un enfant pour 2 jours d'exposition pour EPRC0.....	42
Figure 15 :	Dose équivalente à la thyroïde de l'enfant pour l'inhalation d'iode pour EPRC3a.....	43
Figure 16 :	Dose équivalente à la thyroïde de l'enfant pour l'inhalation d'iode pour EPRC0.....	44
Figure 17 :	Dose efficace infantile pour 7 jours d'exposition pour EPRC3.....	46
Figure 18 :	Dose efficace à l'enfant pour 7 jours d'exposition pour EPRC4-6.....	47
Figure 19 :	Dose efficace à l'enfant pour 2 jours d'exposition pour EPRC3.....	48
Figure 20 :	Dose efficace à l'enfant pour 2 jours d'exposition pour EPRC4-6.....	49
Figure 21 :	Dose équivalente à la thyroïde de l'enfant pour l'inhalation d'iode pour EPRC3.....	50
Figure 22 :	Dose équivalente à la thyroïde de l'enfant pour l'inhalation d'iode pour EPRC4-6.....	51
Figure 23 :	Dose efficace due au rayonnement des dépôts au sol à l'enfant sur 30 jours pour EPRC3a.....	52
Figure 24 :	Dose efficace due au rayonnement des dépôts au sol à l'enfant sur 30 jours pour EPRC0.....	53
Figure 25 :	Dose efficace à l'enfant sur 1 an pour EPRC3a.....	54
Figure 26 :	Dose efficace à l'enfant sur 1 an pour EPRC0.....	55
Figure 27 :	Zones de planification autour de la centrale nucléaire de Point Lepreau selon les directives actuelles du Nouveau-Brunswick.....	57
Figure 28 :	Structures critiques autour du site de la centrale nucléaire de Point Lepreau [7].....	58

Figure 29 :	Distribution de fréquence de la vitesse moyenne du vent en 2015	65
Figure 30 :	Rose des vents.....	66
Figure 31 :	Histogramme Sigma-thêta.....	67
Figure 32 :	Données météorologiques 2015 la centrale nucléaire de Point Lepreau - Stabilité.....	67
Figure 33 :	Vitesse moyenne du vent pour chaque classe de stabilité	68
Figure 34 :	Écart-type moyen de la direction du vent pour chaque classe de stabilité.....	69
Figure 35 :	Zones de planification d'urgence de la norme CSA N1600-16	73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Critères pour les actions de protection basés sur les recommandations de l'AIEA [3]	13
Tableau 2 :	Actions de protection basées sur les recommandations de Santé-Canada [6]	14
Tableau 3 :	Comparaison de la terminologie des zones de planification.....	16
Tableau 4 :	Niveaux opérationnels d'intervention après un rejet.....	17
Tableau 5 :	Scénarios d'accidents à analyser dans le fondement de planification actualisé.....	20
Tableau 6 :	Fractions cumulées de rejet de l'inventaire initial du cœur pour chaque catégorie de rejet.....	21
Tableau 7 :	Facteurs de protection appliqués aux récepteurs mis à l'abri.....	31
Tableau 8 :	Calculs effectués pour calculer la taille des zones sur la base des niveaux d'action de protection du Nouveau-Brunswick.....	35
Tableau 9 :	Distance à laquelle le risque de décès dû aux effets aigus sur la santé devient négligeable.....	37
Tableau 10 :	Distance où le niveau d'intervention pour l'évacuation est dépassé	39
Tableau 11 :	Distance où le niveau d'intervention pour la mise à l'abri est dépassé	41
Tableau 12 :	Distance où le niveau d'intervention pour le blocage de la thyroïde par l'iode est dépassé.....	43
Tableau 13 :	Distance où le niveau d'intervention pour l'évacuation est dépassé	45
Tableau 14 :	Distance où le niveau d'intervention pour la mise à l'abri est dépassé	48
Tableau 15 :	Distance où le niveau d'intervention pour le blocage de la thyroïde est dépassé.....	50
Tableau 16 :	Distance où le niveau d'intervention pour l'ingestion est dépassé	52
Tableau 17 :	Distance où le niveau actuel d'intervention pour la relocalisation est dépassé.....	54
Tableau 18 :	Résumé des distances des zones de planification pour les niveaux actuels d'intervention du Nouveau-Brunswick	56
Tableau 19 :	Inventaire du cœur d'un réacteur CANDU	64
Tableau 20 :	Fractions de rejet proposées par la Commission canadienne de sûreté nucléaire en cas d'accident grave.....	71

Tableau 21 :	Actions de protection suggérées aux États-Unis	79
Tableau 22 :	Actions de protection suggérées aux Pays-Bas.....	81
Tableau 23 :	Actions de protection suggérées en France	83
Tableau 24 :	Zones de planification d'urgence en France.....	83
Tableau 25 :	Résumé des conclusions de l'analyse documentaire sur les zones de planification.....	84

1. DÉFINITIONS ET ACRONYMES

1.1 Définitions

Accident de dimensionnement	Défaillance hypothétique de l'équipement et des systèmes de sûreté qui est prise en compte dans la conception de la centrale.
Accident grave	Accident entraînant une détérioration importante du combustible et le rejet de produits de fission dans l'enceinte de confinement.
Accident hors dimensionnement	Défaillance hypothétique des équipements et des systèmes de sûreté, jugée trop improbable pour être prise en compte dans la conception de l'installation.
Action protectrice	Une action visant à éviter ou à réduire les doses qui pourraient autrement être reçues dans une situation d'exposition d'urgence ou une situation d'exposition existante.
Action protectrice précoce	Mesures de protection en cas d'urgence nucléaire ou radiologique pouvant être mises en œuvre dans un délai de quelques jours à quelques semaines tout en restant efficaces.
Action protectrice urgente	Une action protectrice en cas de situation d'urgence nucléaire ou radiologique qui doit être mise en œuvre immédiatement (généralement dans les heures à la journée) pour être efficace et dont l'efficacité sera nettement réduite si elle est retardée.
Action protectrice urgente préventive	Action protectrice urgente mise en œuvre avant ou peu après un rejet de matières radioactives, ou une exposition, en fonction des conditions pour éviter ou réduire le plus possible les effets déterministes graves.
Dose efficace	Moyenne pondérée de la dose reçue par tous les organes du corps à la suite d'une exposition interne et externe ; la dose efficace est liée au risque accru de cancer latent.
Dose équivalente	Dose reçue par un organe.
Effets déterministes	Effets aigus sur la santé pouvant résulter directement de l'exposition aux rayonnements.

Effets stochastiques	Effets latents sur la santé (cancer) associés à l'exposition aux rayonnements ; l'incidence des effets stochastiques ne peut être déterminée que par des études épidémiologiques qui mesurent l'augmentation des cancers dans une large population.
Facteur de réduction	Facteur par lequel une action de protection donnée réduit la dose qui serait reçue par un individu.
Gray (Gy)	Unité dérivée du rayonnement ionisant. 1 Gy équivaut à 1 J/kg.
Iode stable	Prophylaxie à l'iode, généralement sous forme de pilules, ingérée pour protéger la glande thyroïde contre les effets nocifs de l'iode radioactif.
Mortalité	Décès.
Niveau d'intervention	Dose évitable au-delà de laquelle le bénéfice d'une action de protection l'emporte sur son coût ou son inconvénient.
Niveau opérationnel d'intervention (NOI)	Valeur de la mesure d'un instruments courant (par exemple, un débitmètre de dose manuel) qui correspond au niveau d'intervention.
Pasquill	Mesure de la stabilité atmosphérique ; « A » correspond aux conditions les plus instables (les plus dispersives) ; « F » correspond aux conditions les plus stables (les moins dispersives).
Rayonnement des contaminants radioactifs dans le panache	Rayonnement externe dû à la contamination radioactive dans l'air. (Anglais : cloudshine)
Rayonnement des contaminants radioactifs sur le sol	Rayonnement externe provenant des contaminants radioactifs déposés sur le sol. (Anglais : groundshine)
Rejet d'accident grave	Rejet de matières radioactives d'une ampleur et d'une composition représentatives d'accidents graves avec défaillance du confinement.
Rejet de dimensionnement	Rejet de matières radioactives d'une ampleur et d'une composition représentative des accidents de dimensionnement.

Rejet hors dimensionnement	Rejet de matières radioactives d'une ampleur et d'une composition représentatives d'événements hors dimensionnement avec défaillance partielle de confinement partiellement.
Sievert (Sv)	Unité de dose efficace ou équivalente.
Systemes de codes/logiciels de conséquences d'accidents MELCOR (MACCS)	Logiciel de calcul du risque radiologique utilisé pour estimer les doses et les risques sanitaires liés aux accidents nucléaires.
Zone de planification d'urgence	La zone dans laquelle la mise en œuvre de mesures opérationnelles et de protection est ou pourrait être nécessaire en cas d'urgence nucléaire, pour protéger la santé publique, la sûreté et l'environnement.

1.2 Acronymes

Acronyme	Définition
AD	Accident de dimensionnement
AES	Alimentation d'eau de secours
AEU	Alimentation électrique d'urgence
AHD	Accident hors dimensionnement
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
CCP	Circuit caloporteur primaire
CCSN	Commission canadienne de sûreté nucléaire
CSA	Groupe CSA (anciennement Canadian Standards Association)
CsI	Iodure de césium
DPE	Distance de planification étendue
DPID	Distance de planification pour l'ingestion et les denrées
EAU	Équipement d'atténuation des urgences
EBR	Eau brute de refroidissement
EPRC	Catégories de rejet externes (De l'anglais : External Plant Release Category)
EPS	Évaluation probabiliste de la sûreté
GAP	Guide d'action protectrice
GSR	Prescriptions générales de sûreté de l'AIEA (De l'anglais : General Safety Requirements)
KI	Iodure de potassium
MAAP-CANDU	Programme d'analyse des accidents modulaires - Canada Deutérium Uranium (De l'anglais : Modular Accident Analysis Program - Canada Deuterium Uranium)
NOI	Niveau opérationnel d'intervention
OMU NB	Organisation des mesures d'urgence du Nouveau-Brunswick
PERCA	Accident lié à la perte de caloporteur
PPSU	Programme de préparation aux situations d'urgence
RAL	Refroidisseur d'air local
RbI	Iodure de Rubidium
REGDOC	Document d'application de la réglementation de la CCSN
RIVM	Agence néerlandaise de protection de l'environnement
RUC	Refroidissement d'urgence du cœur
SBO	Panne d'alimentation électrique totale de la centrale (De l'anglais : Station Blackout)

Acronyme	Définition
SC	Santé Canada
SEVC	Soupape d'évacuation de vapeur dans le condenseur
SGTR	Rupture d'un tube de générateur de vapeur (De l'anglais : Steam Generator Tube Rupture)
SOARCA	État des connaissances actuelles sur les analyses des conséquences des réacteurs (De l'anglais : State of the Art Reactor Consequence Analyses)
US NRC	Organisme de réglementation nucléaire aux États-Unis (De l'anglais : US Nuclear Regulatory Commission)
VC	Voûte de la calandre
VDVA	Vannes de décharge de la vapeur à l'atmosphère
ZAP	Zone d'actions préventives
ZPC	Zone de planification de contingence
ZPD	Zone de planification détaillée
ZPI	Zone de planification pour l'ingestion
ZPL	Zone de planification à long terme Zone de protection à long terme
ZPP	Zone de protection de la population
ZPU	Zone de planification d'urgence Zone de planification des actions protectrices d'urgence
ZSR	Zone de surveillance renforcée

2. INTRODUCTION

2.1 Contexte

L'établissement d'un fondement de planification pour le programme de préparation aux situations d'urgence (PPSU) de la centrale nucléaire de Point Lepreau est une exigence de la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN). Le document d'application de la réglementation REGDOC-2.10.1 de la CCSN [1] stipule :

Un PPSU efficace repose sur les quatre éléments suivants :

1. **Fondement de la planification** : *Analyse des risques et des dangers qui seront pris en compte par le PPSU.*
2. **Plan et procédures d'intervention d'urgence** : *Description complète des modalités d'exécution des interventions, accompagnée des documents justificatifs.*
3. **État de préparation** : *Processus permettant d'assurer que les personnes, l'équipement et les infrastructures seront prêts à intervenir conformément au plan et aux procédures d'intervention d'urgence.*
4. **Gestion des programmes** : *Aspects du système de gestion qui garantissent l'efficacité du PPSU.*

Le fondement de planification, ou l'évaluation des risques dans la terminologie de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), est un document qui sert de base aux plans et procédures d'intervention d'urgence. Ensemble, le fondement de planification et les plans et procédures d'intervention d'urgence permettent de répondre à la question « Savons-nous quoi faire en cas d'urgence ? ». La réponse à cette question doit couvrir un large éventail de situations d'urgence possibles.

La préparation et la gestion du programme permettent de répondre à une autre question : « Pouvons-nous faire ce qui figure dans notre plan d'intervention d'urgence lors d'une urgence réelle ? » La réponse à cette question impliquera la centrale, mais aussi les autorités hors site qui décident du niveau d'efforts et des ressources qui sont consacrés à la préparation aux situations d'urgence. C'est pourquoi les informations issues du fondement de planification doivent être fournies aux autorités régionales et provinciales hors site.

Le fondement de planification est destiné à des *fins de planification* uniquement. Il n'est pas conçu comme un document à utiliser lors de l'intervention en cas d'incident ou d'accident nucléaire.

2.2 Objectif du rapport

Ce rapport présente une analyse d'une série d'accidents nucléaires potentiels impliquant le réacteur de la centrale nucléaire de Point Lepreau. Il vise à fournir les renseignements pratiques nécessaires à l'élaboration de plans et de capacités d'intervention en cas d'urgence qui sont

solides, efficaces et raisonnables. Les renseignements qu'il contient appuieront les activités de planification des mesures d'urgence d'Énergie Nouveau-Brunswick, de la centrale nucléaire de Point Lepreau et de l'Organisation des mesures d'urgence du Nouveau-Brunswick (OMU NB).

Ce document porte sur la protection de la santé des personnes lors d'accidents hypothétiques, conformément aux principes d'intervention d'urgence reconnus au Canada et à l'étranger. Il répond aux exigences du document d'application de la réglementation REGDOC-2.10.1 de la CCSN [1], de la norme N1600-16 du groupe CSA [2], et des prescriptions générales de sûreté GSR Part 7 de l'AIEA [3].

2.3 Zones de planification d'urgence

Les zones et distances de planification d'urgence sont définies comme des zones où des niveaux spécifiques de préparation et des dispositions d'intervention d'urgence doivent être établis pour gérer efficacement les urgences potentielles. Le niveau de préparation dépend de la distance par rapport à la source du danger, des impacts potentiels d'une urgence et de la vitesse à laquelle cet impact pourrait être ressenti.

La taille des zones de planification d'urgence a de nombreuses conséquences. Plus elles sont étendues, plus le nombre de personnes pouvant théoriquement être évacuées ou mises à l'abri efficacement en cas d'urgence est élevé. Toutefois, les zones de planification d'urgence plus étendues et les distances plus grandes ont également des répercussions sur l'efficacité et les coûts. Par exemple, si les centres d'accueil des personnes évacuées sont situés très loin, l'évacuation peut être difficile à mettre en œuvre dans la pratique.

Des zones d'évacuation très étendues peuvent également avoir des effets psychosociaux négatifs en laissant indûment entendre, dans la perception du public, que le risque est plus grand qu'il ne l'est réellement. Par conséquent, le choix des zones et des distances de planification d'urgence est une décision qui doit être prise avec soin.

L'AIEA a averti que la prise de mesures de protection qui ne suivent pas les plans d'urgence, qui sont trop conservatrices ou qui ne sont pas conformes aux principes internationaux acceptés, peut être nuisible et entraîner de graves conséquences économiques et psychosociales [4].

2.4 Paramètres importants

Bien qu'il existe un consensus au sein de la communauté internationale sur le fait que la détermination des zones et des distances de planification d'urgence doit être fondée sur une évaluation des dangers, une analyse de sûreté ou une étude probabiliste de la sûreté, l'approche et la manière de déterminer les zones varient considérablement d'une juridiction à l'autre.

Les caractéristiques importantes qui doivent être prises en compte dans le fondement servant à établir les zones et distances de planification d'urgence sont les suivantes :

- Accident(s) envisagé(s). Il peut s'agir d'un accident de dimensionnement ou d'un accident grave avec remise en cause du confinement. Cela affectera le(s) terme(s) source(s) utilisé(s) dans l'évaluation des impacts potentiels des accidents. Certaines approches peuvent considérer un seul accident de dimensionnement, tandis que d'autres examinent une série de scénarios potentiels.
- Dynamique de l'accident. La vitesse à laquelle un accident est censé conduire à la fusion du cœur et à des rejets importants affecte la stratégie d'intervention d'urgence et, par conséquent, pourrait avoir un impact sur les zones et les distances de planification d'urgence.
- Météo. Les conditions météorologiques utilisées dans les calculs de dose peuvent avoir un impact de plusieurs ordres de grandeur sur les zones et distances de planification d'urgence.
- Récepteur. L'hypothèse retenue pour le calcul de la dose individuelle affecte la dose projetée. Typiquement, le récepteur peut être un individu moyen ou un individu représentatif le plus exposé. Cela peut également avoir un impact d'un ordre de grandeur sur les zones et distances de planification d'urgence.
- Critères. Les seuils utilisés pour délimiter les zones de planification d'urgence sont généralement liés au niveau d'intervention d'urgence (niveaux d'action) ou aux critères de sûreté. Le choix de ces critères a un impact direct sur les zones et distances de planification d'urgence.
- Définition et stratégie des zones. Il est important de comprendre la stratégie sous-jacente utilisée pour déterminer les zones et distances de planification d'urgence. La stratégie prévue peut affecter la signification des zones de planification d'urgence. Pour comparer les zones et les distances de planification d'urgence entre diverses approches, nous devons tenir compte de la manière dont ces zones et ces distances sont définies en termes d'actions d'urgence prévues.

D'autres facteurs importants sont les modèles d'analyse des accidents, les modèles de comportement des produits de fission et les hypothèses de dispersion. Au Canada, ces éléments sont couverts par des exigences réglementaires et des normes du groupe CSA sur les calculs de dispersion et la modélisation de la sûreté nucléaire.

2.5 Effets déterministes et stochastiques

Les conséquences d'un accident nucléaire se limiteraient très probablement à des effets stochastiques, qui ne sont pas directement observables chez les individus, mais peuvent être détectés statistiquement dans une grande population. Ils comprennent le cancer et impliquent généralement une période de latence de plusieurs années. La mesure du risque d'effets stochastiques est la dose efficace, exprimée en Sieverts (Sv).

Dans des cas extrêmes, qui sont extrêmement improbables, quelques individus pourraient hypothétiquement être exposés à des débits de dose très élevés, entraînant certains effets déterministes. Les effets déterministes comprennent la maladie précoce ou la mort. Les seuils d'exposition au-delà desquels ces effets sont possibles sont très élevés. Pour les rayonnements gamma et bêta, ces seuils peuvent être exprimés en termes de dose absorbée, mesurée en Grays (Gy) ou de dose équivalente aux principaux organes, mesurée en Sieverts (Sv). Les seuils des effets déterministes dépendent du débit de dose, c'est-à-dire du niveau d'exposition et de la durée de l'exposition.

3. MÉTHODOLOGIE

Les principales références qui ont été examinées pour déterminer l'approche adoptée pour élaborer le fondement de planification comprennent des documents du Canada et de l'AIEA, décrits à l'Annexe C.

Cette section décrit les concepts et la méthodologie qui sont utilisés pour calculer la taille des zones de planification d'urgence.

3.1 Mesures de protection

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

- Les mesures de protection urgentes, qui doivent être prises dans les heures qui suivent un accident pour être efficaces. Elles comprennent l'évacuation, l'administration d'iode stable et la mise à l'abri.
- Les mesures de protection précoces, qui peuvent devoir être adoptées dans les jours qui suivent un accident. Il s'agit notamment du contrôle des denrées alimentaires, de la relocalisation (temporaire) et de la réinstallation (permanente).

Ce fondement de planification se concentre sur les mesures de protection urgentes, mais inclut la prise en compte des mesures de protection précoces, à plus long terme.

3.1.1 Mise à l'abri

La mise à l'abri consiste à garder les membres de la population sur place, à l'intérieur, à fermer les systèmes de ventilation et à bloquer toutes les voies d'accès à l'air dans les habitations afin de réduire l'exposition au rayonnement des contaminants radioactifs dans l'air et sur le sol ainsi que l'inhalation de gaz et aérosols radioactifs. En plus de protéger la population, la mise à l'abri permet une communication meilleure et plus efficace avec la population touchée. La mise à l'abri n'est pas recommandée pour une période supérieure à 48 heures [5]. En pratique, il est difficile de la maintenir pendant plus de 24 heures. Au-delà de cette période, il faut envisager l'évacuation ou la relocalisation.

La mise à l'abri est une mesure de protection qui nécessite un faible niveau de planification et de préparation. C'est également une mesure de protection qui peut être étendue avec un minimum d'efforts. Pour ces raisons, la distance à laquelle la mise à l'abri pourrait être nécessaire est calculée par souci d'avoir un fondement de planification complet, mais a peu de poids dans le dimensionnement des zones de planification.

3.1.2 Évacuation

L'évacuation est le retrait rapide de la population de la zone touchée. C'est généralement la mesure de protection la plus efficace contre les rejets importants de radioactivité dans l'air. Des installations de soins de masse doivent être disponibles pour une fraction substantielle de la population évacuée. En Amérique du Nord, on suppose généralement que jusqu'à 20 % de la population évacuée utiliserait des installations de soins de masse désignées. S'il devient évident que l'évacuation durerait plus d'une semaine, il faut envisager de reloger temporairement les gens dans des locaux plus spacieux [5].

La dose qui peut être évitée par l'évacuation est la dose projetée qui serait reçue par un individu restant à l'extérieur, sous le panache de contaminants radioactifs, pendant la durée de l'évacuation, c'est-à-dire pendant un maximum de sept jours.

L'évacuation exige un haut niveau de planification et de préparation, et cette action de protection est un facteur déterminant de la taille des zones de planification.

3.1.3 Administration d'iode stable

L'iode radioactif a tendance à se concentrer dans la glande thyroïde et peut provoquer des effets précoces ou latents tels que le cancer de la thyroïde. L'ingestion d'iode stable, non radioactif, avant ou immédiatement après une exposition à l'iode radioactif, sature la glande thyroïde et empêche l'absorption de l'iode radioactif.

La dose qui peut être évitée par le blocage de la thyroïde juste avant l'exposition au rejet est égale à la dose projetée à la thyroïde par inhalation sans l'administration d'iode stable.

L'administration d'iode stable en cas d'urgence exige un haut niveau de planification et de préparation. Par conséquent, il s'agit d'un élément clé dans la détermination de la taille des zones de planification.

3.1.4 Relocalisation temporaire et réinstallation

La relocalisation temporaire est utilisée lorsqu'il est nécessaire de maintenir la population hors de la zone touchée pendant une période dépassant environ sept jours, mais ne dépassant pas quelques mois. Cette mesure exige que des installations de soins de masse soient fournies à la population touchée. On s'attend à ce que la population relocalisée temporairement puisse retourner dans ses foyers.

Par définition, la réinstallation est permanente. Elle est adoptée lorsque la dose que la population touchée recevrait au cours d'une vie dépasse un certain critère. Toutefois, les décisions prises à ce stade ultérieur reposent sur une analyse détaillée des conséquences, de l'utilisation des terres et des voies d'exposition. Elles sont également fortement influencées par

des facteurs sociaux et politiques. Le temps disponible pour prendre ces décisions est beaucoup plus long que le temps imparti pour recommander des mesures de protection urgentes.

La relocalisation et la réinstallation sont des actions de protection à plus long terme qui nécessitent des distances de planification distinctes.

3.1.5 Interdiction et contrôle des denrées alimentaires

Les actions de protection liées à l'alimentation comprennent :

- Une interdiction immédiate de la consommation d'aliments cultivés localement dans la zone touchée ;
- La protection des réserves locales de nourriture et d'eau, par exemple en couvrant les puits ouverts et en mettant à l'abri les animaux et leur nourriture ; et
- Échantillonnage et contrôle à long terme des denrées alimentaires et des aliments pour animaux produits localement.

Le contrôle du lait est généralement considéré comme particulièrement important, car il constitue une part importante du régime alimentaire des enfants.

L'interdiction et le contrôle des denrées alimentaires sont généralement mis en œuvre sur la base des mesures prises après un accident. Une zone de planification séparée est incluse pour ces actions de protection.

3.1.6 Critères

Les critères relatifs aux mesures de protection en cas d'urgence sont déterminés par les autorités provinciales, en l'occurrence la province du Nouveau-Brunswick. La province a adopté des critères de mesures de protection qui sont conformes aux directives de l'AIEA [3] et de Santé Canada [6]. Ces critères sont exprimés en termes de dose projetée, c'est-à-dire la dose qui serait attendue si aucune mesure de protection n'était prise.

Les critères pour les niveaux d'action d'urgence et les niveaux opérationnels d'intervention doivent être établis pour une personne représentative, en tenant compte des membres du public les plus vulnérables à l'exposition aux rayonnements (c'est-à-dire les femmes enceintes et les enfants) [3].

Tableau 1 : Critères pour les actions de protection basés sur les recommandations de l'AIEA [3]

Action de protection	Critère
Blocage de la thyroïde par l'iode stable	50 mSv dose équivalente à la thyroïde uniquement en raison de l'inhalation de l'iode radioactif projeté dans les 7 premiers jours
Mise à l'abri ; évacuation ; prévention de l'ingestion accidentelle ; restrictions sur les aliments, le lait et l'eau potable et restrictions sur la chaîne alimentaire et l'approvisionnement en eau ; restrictions sur les produits autres que les aliments ; contrôle de la contamination ; décontamination ; enregistrement ; réassurance du public.	Dose efficace de 100 mSv projetée dans les 7 premiers jours Dose équivalente de 100 mSv pour le fœtus projeté dans les 7 premiers jours La mise à l'abri peut être ordonnée à des doses plus faibles si cela est justifié et optimisé.
Relocalisation temporaire ; prévention de l'ingestion accidentelle ; restrictions concernant les aliments, le lait et l'eau potable et restrictions concernant la chaîne alimentaire et l'approvisionnement en eau ; restrictions concernant les produits autres que les aliments ; contrôle de la contamination ; décontamination ; enregistrement ; réassurance du public.	Dose efficace projetée de 100 mSv la première année Dose équivalente de 100 mSv pour le fœtus, projetée sur toute la période de développement in utero

Les critères pour les mesures de protection sont exprimés dans les quantités dosimétriques de Santé Canada [6] présentées au tableau 2 : E est la dose efficace, $H_{\text{thyroïde}}$ est la dose équivalente pour la thyroïde ; H_{foetus} est la dose équivalente pour le fœtus. Les critères génériques doivent être comparés aux doses prévues pour le groupe de population le plus sensible ou le plus susceptible (par exemple, les nourrissons ou les fœtus en développement sont souvent plus sensibles à l'exposition au rayonnement).

Tableau 2 : Actions de protection basées sur les recommandations de Santé-Canada [6]

Action de protection	Critère
Blocage stable de la thyroïde par l'iode	50 mSv dans les 7 premiers jours ($H_{\text{thyroïde}}$)
Évacuation	100 mSv dans les 7 premiers jours (E ou H_{foetus})
Mise à l'abri	10 mSv en 2 jours (E) (dose évitée)
Relocalisation temporaire	100 mSv la première année (E) ou 100 mSv pour toute la période de développement in utero (H_{foetus})
Restriction de la distribution et de l'ingestion d'eau potable, de lait et d'autres aliments et boissons potentiellement contaminés	3 mSv/an (1 mSv/an pour chacun des éléments suivants : eau potable, lait et autres aliments et boissons) (E)

3.2 Zones de planification

Le Plan d'urgence nucléaire hors site du Nouveau-Brunswick [7] définit actuellement trois zones de planification d'urgence autour de la centrale (figure 1) :

- 1) **Zone d'actions préventives (ZAP)**, qui correspond aux zones de surveillance 1, 2 et En-mer 1 de l'OMU NB.
- 2) **Zone de planification des actions protectrices urgentes (ZPU)**, qui correspond aux zones de surveillance de l'OMU NB 1 à 6, 9, 13, En-mer 1 et 2.
- 3) **Zone de protection à long terme (ZPL)**, qui correspond à toutes les zones de surveillance de l'OMU NB.

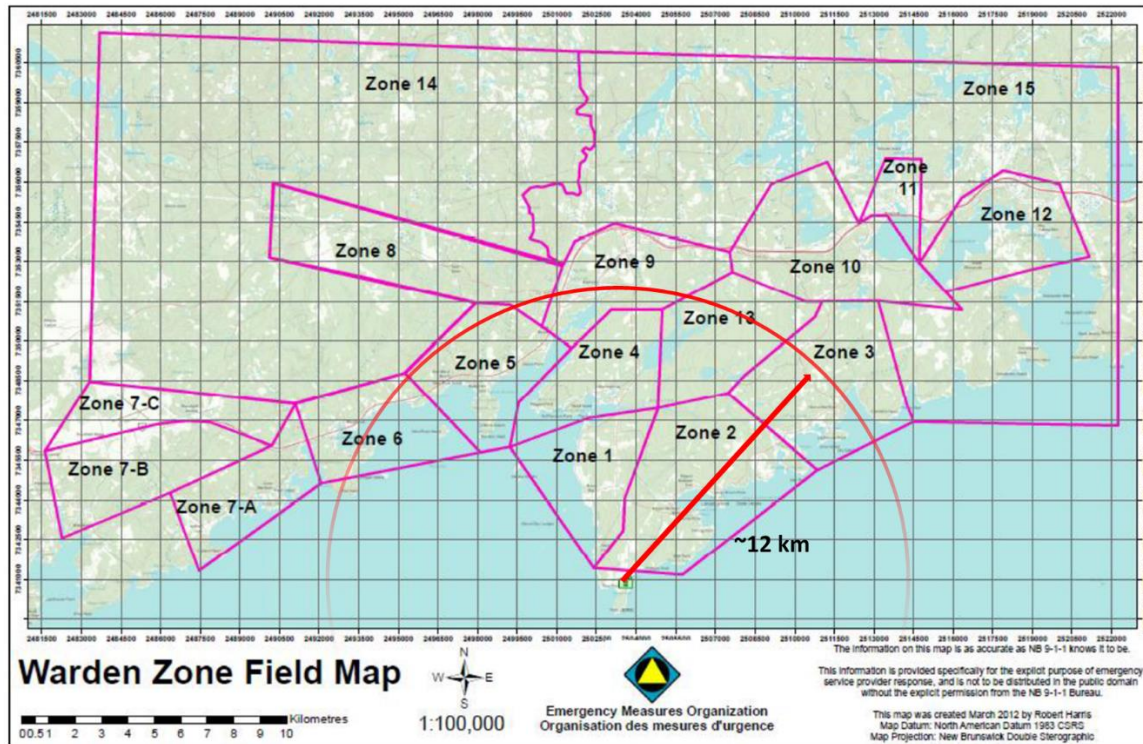


Figure 1 : Zones provinciales de surveillance autour de la centrale nucléaire de Point Lepreau par rapport à la ZPU de 12 km

De plus, comme l'indique le Plan provincial de la santé en cas d'urgence nucléaire pour la centrale nucléaire de Point Lepreau (Provincial Health Nuclear Emergency Plan) [8], l'annexe du Nouveau-Brunswick au Plan d'urgence fédéral a établi deux zones de planification autour de la centrale nucléaire de Point Lepreau :

- 1) **Zone de planification d'urgence pour l'exposition au panache**, un cercle de 20 km de rayon autour de la centrale. La planification et la préparation pour cette zone consistent à s'assurer que les mesures appropriées contre l'exposition à un panache radioactif (telles que la mise à l'abri sur place ou l'évacuation) peuvent être appliquées en temps voulu et avec précision.
- 2) **Zone de planification d'urgence pour l'exposition aux substances ingérées**, un cercle de 80 km de rayon autour de la centrale. Son objectif est de permettre la planification et la préparation de mesures contre l'exposition par ingestion de matières radioactives.

La norme CSA N1600-16 [2] et les prescriptions générales de sûreté GSR Part 7 de l'AIEA [3] recommandent une approche à quatre zones pour la planification d'urgence autour d'une centrale nucléaire. Cette approche sera utilisée pour le calcul des zones de planification dans le présent document. Le tableau 3 montre la correspondance entre les terminologies des zones de planification utilisées par les différentes organisations.

Tableau 3 : Comparaison de la terminologie des zones de planification

CSA N1600-16	AIEA GSR Part 7	Zones de surveillance de l'OMU NB
Zone d'action automatique	Zone d'actions préventives (ZAP)	1 & 2 En-mer 1
Zone de planification détaillée (ZPD)	Zone de planification des actions protectrices urgentes (ZPU)	Toutes les zones de surveillance de l'OMU NB
Zone de planification de contingence (ZPC)	Distance de planification étendue (DPE)	Toutes les zones de surveillance de l'OMU NB
Zone de planification pour l'ingestion (ZPI)	Distance de planification pour l'ingestion et les denrées (DPID)	Toutes les zones de surveillance de l'OMU NB

3.2.1 Zone d'action automatique

La zone d'action automatique dans la terminologie de la CSA N1600-16 correspond à la zone d'actions préventives (ZAP) dans les prescriptions générales de sûreté GSR Part 7 de l'AIEA [3] et dans le fondement de planification de la centrale nucléaire de Point Lepreau de 2004 [9].

Cette zone est celle où des actions de protection urgentes sont requises afin de réduire substantiellement le risque d'effets déterministes graves sur la santé. Les types d'accidents qui détermineront la taille de cette zone comprennent les accidents hors dimensionnement, qui se situent à l'extrémité la plus grave de l'échelle, puisque les accidents hors dimensionnement et les accidents hors dimensionnement entièrement atténués n'entraînent pas d'effets déterministes sur la santé hors du site. En outre, les accidents à dynamique rapide (rejet précoce) doivent être pris en compte. Cette approche est conforme aux normes de sûreté et aux directives de l'AIEA, ainsi qu'à la norme canadienne CSA N1600-16.

La taille de la zone d'action automatique correspondra à la distance à laquelle des effets déterministes graves sur la santé (décès dus à des effets aigus sur la santé) pourraient se produire chez les adultes dans des conditions météorologiques moyennes, avec des calculs supplémentaires utilisant des scénarios météorologiques plus contraignants pour confirmer la robustesse de ceux obtenus en utilisant les conditions météorologiques moyennes (norme CSA N288.2:F19, section 4.2.1.2 [10]).

3.2.2 Zone de planification détaillée

La zone de planification détaillée (ZPD) de la CSA N1600-16 correspond à la zone de planification des actions protectrices urgentes (ZPU) des prescriptions générales de sûreté GSR

Part 7 de l'AIEA [3], et dans le fondement de planification de la centrale nucléaire de Point Lepreau de 2004 [9].

Il s'agit de la zone où des actions de protection urgentes sont requises afin d'éviter la dose conformément au niveau de référence approprié.

Comme mentionné à la section 3.1.6, les critères génériques du Nouveau-Brunswick [7] pour l'évacuation sont une dose efficace projetée de 100 mSv sur sept jours d'exposition et une dose efficace évitée de 10 mSv sur deux jours pour la mise à l'abri. Une dose équivalente à la thyroïde de 50 mSv pour la composante inhalation de l'exposition à l'iode radioactif sur sept jours est le critère pour la distribution de comprimés d'iode stable.

En outre, la province du Nouveau-Brunswick pourrait déclencher des mesures de protection en fonction des débits de dose mesurés, en utilisant les niveaux opérationnels d'intervention indiqués au tableau 4.

Tableau 4 : Niveaux opérationnels d'intervention après un rejet

Mesure	Niveaux opérationnels d'intervention	Mesures de protection recommandées
Débit de dose ambiant H*(10)	1 mSv/h	Évacuer dans la journée
	100 µSv/h (mesuré dans les 10 jours)	Initier un relogement temporaire après une évacuation
	25 µSv/h (mesuré après 10 jours)	
	1 µSv/h	Mettre en place une restriction de la distribution et de l'ingestion d'eau potable, de lait et d'autres aliments potentiellement contaminés

La taille de la zone de planification détaillée correspondra à la distance où les niveaux d'intervention de dose pour les actions de protection urgentes qui nécessitent une planification et une préparation préalables (évacuation et blocage de la thyroïde) sont dépassés chez les adultes pour des conditions météorologiques moyennes, avec des calculs supplémentaires utilisant des scénarios météorologiques plus contraignants pour confirmer la robustesse des résultats obtenus en utilisant les conditions météorologiques moyennes (norme CSA N288.2:F19, section 4.2.1.2 [10]).

3.2.3 Zone de planification de contingence

La zone de planification de contingence (ZPC) correspond à la distance de planification étendue (DPE) des prescriptions générales de sûreté GSR Part 7 de l'AIEA [3].

Il s'agit de la zone où des actions de protection seraient justifiées pour réduire le risque d'effets stochastiques sur la santé sur la base de la surveillance et de l'évaluation de la situation radiologique après un rejet important de matières radioactives. Dans cette zone, lors de la déclaration d'une urgence générale, des instructions seraient données aux membres du public pour réduire l'ingestion par inadvertance, et une surveillance du débit de dose des dépôts au sol serait effectuée pour localiser les points chauds après un rejet.

Après la fin du rejet, la décision d'évacuer rapidement, ou de relocaliser temporairement la population serait basée sur l'exposition au sol contaminé. Le niveau d'intervention de la dose pour l'évacuation est de 100 mSv sur sept jours, et la relocalisation temporaire de la population serait basée sur un niveau d'intervention de 100 mSv dans la première année suivant un accident.

En outre, la province du Nouveau-Brunswick pourrait déclencher des mesures de protection en fonction des débits de dose mesurés, en utilisant les niveaux opérationnels d'intervention indiqués au tableau 4.

La taille de la zone de planification de contingence correspondra à la distance où les niveaux d'intervention de dose pour les actions de protection urgentes qui nécessitent une planification et une préparation préalables (évacuation et blocage de la thyroïde) sont dépassés chez les adultes pour des conditions météorologiques moyennes, avec des calculs supplémentaires utilisant des scénarios météorologiques plus contraignants pour confirmer la robustesse des résultats obtenus en utilisant les conditions météorologiques moyennes (norme CSA N288.2:F19, section 4.2.1.2 [10]).

3.2.4 Zone de planification pour l'ingestion

La zone de planification pour l'ingestion (ZPI) correspond à la distance de planification pour l'ingestion et les denrées (DPID) des prescriptions générales de sûreté GSR Part 7 de l'AIEA [3] et à la zone de planification à long terme (ZPL) dans le fondement de planification de la centrale nucléaire de Point Lepreau de 2004 [9].

Il s'agit de la zone où des mesures d'intervention sont prises pour protéger la chaîne alimentaire et l'approvisionnement en eau après un rejet radioactif important.

La province du Nouveau-Brunswick pourrait potentiellement déclencher des mesures de protection en fonction des débits de dose mesurés en utilisant les niveaux opérationnels d'intervention, indiqués au tableau 4. Si l'on suppose un débit de dose moyen de 1 μ Sv/h sur un

mois, cela correspondrait à une dose de 0,72 mSv. Cette hypothèse n'est pas strictement correcte puisque le débit de dose diminue avec le temps, mais elle est nécessaire pour estimer la taille de la zone. Le critère de la zone de planification pour l'ingestion est donc de 0,72 mSv sur un mois d'exposition au rayonnement des contaminants radioactifs sur le sol.

3.3 Scénarios d'accidents

La norme CSA N1600-16 indique qu'un fondement de planification doit tenir compte des événements suivants :

- Accident de dimensionnement (AD) ;
- Accident hors dimensionnement (AHD) ;
- D'autres urgences menant à des urgences nucléaires (par exemple, les urgences conventionnelles et le mauvais temps) ;
- Scénarios d'accidents à plusieurs unités (le cas échéant) ; et
- Scénarios d'accidents à la piscine de combustible irradié.

Les conséquences de la perte de l'inventaire de la piscine de stockage/réception du combustible irradié ou des événements initiateurs reliés au refroidissement de la piscine sont considérées comme limitées par les cas qui conduisent à des dommages graves au cœur et à des rejets importants, et ne sont donc pas inclus dans la portée de cette évaluation [11]. Comme la centrale nucléaire de Point Lepreau est une installation à une seule unité, seuls les trois premiers points seront pris en compte dans la mise à jour du fondement de planification.

Comme cela se fait couramment dans l'industrie nucléaire, l'étude probabiliste de sûreté (EPS) de niveau 2 de Point Lepreau a classé les séquences d'événements impliquant des rejets importants dans six catégories de rejets externes de la centrale (« EPRC ») représentant diverses séquences d'événements qui mènent à peu près au même état final en termes de rejets dans l'environnement. Les séquences d'événements appartenant à une catégorie donnée auraient des conséquences hors site similaires et conduiraient à des actions d'urgence hors site similaires.

Afin d'évaluer les conséquences hors site des accidents graves et de soutenir la planification des mesures d'urgence hors site, un examen des éléments clés des séquences d'événements les plus importantes dans chaque catégorie d'événements a été effectué [11]. Les catégories de rejets externes 0 et 3 ont été retenues, car elles contribuent le plus à la fréquence des rejets externes importants. Les catégories de rejets 1 et 2 contribuent relativement moins à la fréquence des rejets importants et leurs conséquences sont limitées par d'autres catégories de rejets. Les catégories de rejets externes 4 à 6 ont été retenues même si leur contribution à la fréquence des rejets externes importants est négligeable, car les rejets externes commencent potentiellement au moment du déclenchement de l'accident (temps zéro).

Le tableau 5 donne un aperçu des trois catégories de rejets de l'EPS qui sont couvertes par l'analyse du fondement de planification. La séquence d'événements analysée dans l'EPS ne tient

pas compte des capacités d'appoint de la calandre ou du système de ventilation filtrée d'urgence qui ont été installées pendant la réfection de la centrale nucléaire de Point Lepreau. L'EPS ne tient pas compte de l'équipement d'atténuation des urgences et des mises à niveau supplémentaires qui ont été installés en réponse à l'événement de Fukushima Daiichi.

Une variante de ventilation filtrée de la catégorie de rejet externe de centrale 3 (appelée EPRC3a) a été ajoutée en tant qu'accident grave atténué représentatif des conséquences des accidents de dimensionnement. Cette catégorie de rejet crédite le système de ventilation filtrée d'urgence.

En résumé, dans le contexte des accidents graves, les résultats du fondement de planification sont conservateurs ou enveloppent les trois catégories de rejets non atténués qui ont été considérés (EPRC0, EPRC3, EPRC4-6), et représentatifs des conséquences probables d'un accident grave pour la catégorie de rejets atténués qui a été analysée (EPRC3a).

Tableau 5 : Scénarios d'accidents à analyser dans le fondement de planification actualisé

Catégorie	Contribution à la fréquence des grands rejets externes (%) (année ⁻¹)	Scénario de référence
EPRC0 Défaillance précoce de l'isolation du confinement	22,5 % (1.35E-07)	Scénario de rupture de tuyau d'alimentation avec stagnation - catégorie de rejet SFB cas A3, tel que décrit dans 87RF-03500-AR-018 [12]
EPRC3 Défaillance tardive du confinement	65,2 % (3.92E-07)	Scénario de perte totale de l'alimentation électrique cas D - Catégorie de rejet SBO Cas D1, tel que décrit dans le document 87RF-03500-AR-015 [13]
EPRC3a Perte totale de l'alimentation électrique avec rejet filtré	s. o. ¹	Scénario de perte totale de l'alimentation électrique avec rejet filtré - Catégorie de rejet SBO Cas D1, tel que décrit dans 87RF-03500-AR-015 [13] mais avec rejet filtré au lieu d'une défaillance tardive du confinement.
EPRC4-6 Événement de contournement du confinement	Négligeable (7.55E-12)	Perte complète de la source froide initiée par la rupture d'un tube de générateur de vapeur - Rupture d'un tube de générateur de vapeur (SGTR) Cas B2, tel que décrit dans le document 87RF-03500-AR-019 [14]

Note 1 : La fréquence du cas D de perte totale d'alimentation électrique de la centrale avec ventilation filtrée d'urgence créditée n'a pas été calculée, mais le cas avec le filtre crédité (EPRC3a) est plus probable que le cas où le filtre n'est pas crédité (EPRC3).

La fraction de rejet cumulée de l'inventaire initial du cœur pour chaque catégorie de rejet externe de la centrale est présentée au tableau 6. La chronologie de la majeure partie des rejets de gaz rares est basée sur le taux de rejet indiqué à la figure 2 et les rejets cumulatifs indiqués à la figure 3. Des données similaires pour les rejets d'iode et de césium sont présentées à la figure 4 et à la figure 5.

Tableau 6 : Fractions cumulées de rejet de l'inventaire initial du cœur pour chaque catégorie de rejet

Élément	Groupe	EPRC0 SFB-A3-2B	EPRC3 SBO D1A	EPRC3a SBO D1A	EPRC4-6 SGTR B2
Xe, Kr	1	0,675	0,795	0,795	0,998
I, Br	2	0,002	0,029	1.54E-04	0,024
Cs	3	0,003	0,024	2.4E-06	0,034
Rb	4	0,003	0,024	2.4E-06	0,035
Te, Se	5	0,001	0	0	0,026
Sb, As	6	3,8E-04	0,058	5,8E-06	0,005
Sr	7	2,4E-08	1,0E-04	1,0E-08	2,0E-04
Ba	8	3,9E-07	0,001	1,0E-07	0,000 1
Mo, Zr, Nb, Cd, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag	9	1,0E-04	0,015	1,5E-06	0,001
La, Pr, Nd, Sm, Eu, Y	10	4,6E-10	1,7E-05	1,7E-09	1,0E-05
Ce, Cm, Pm, Np, Pu	11	1,7E-08	6,6E-05	6,6E-09	1,0E-04
Délai avant le rejet (h)		2	76	76	18
Durée du rejet (h)		4	4	4	4
Hauteur du rejet (m)		0	0	0	0

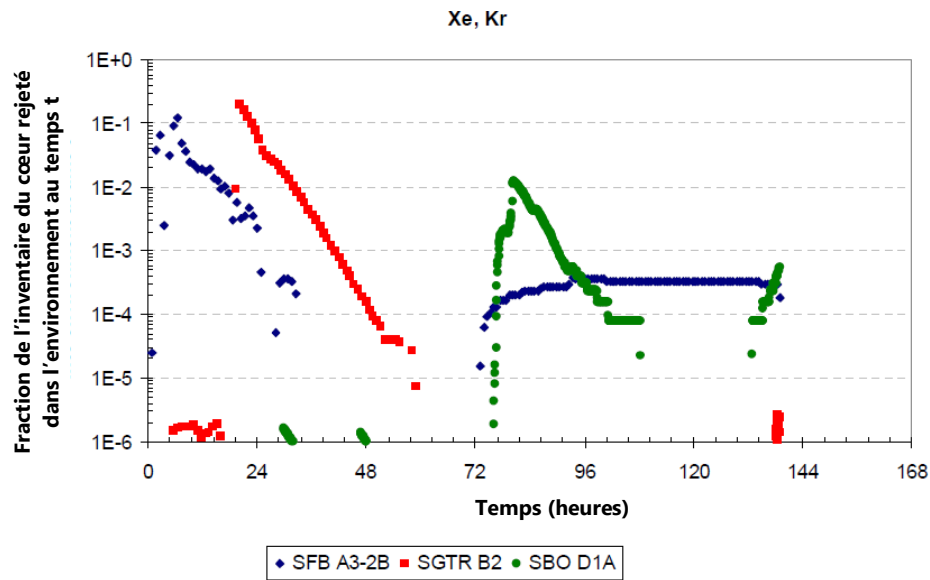


Figure 2 : Taux de rejet de gaz noble pour les trois catégories de rejets non atténués

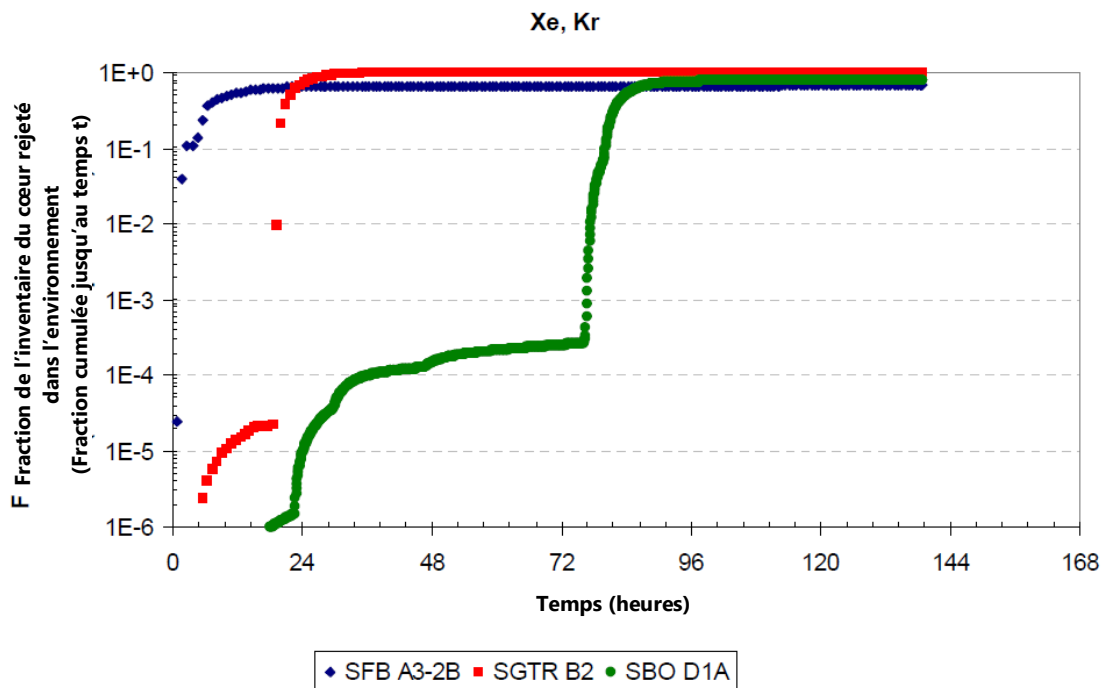


Figure 3 : Rejets cumulés de gaz rares pour les trois catégories de rejets non atténués.

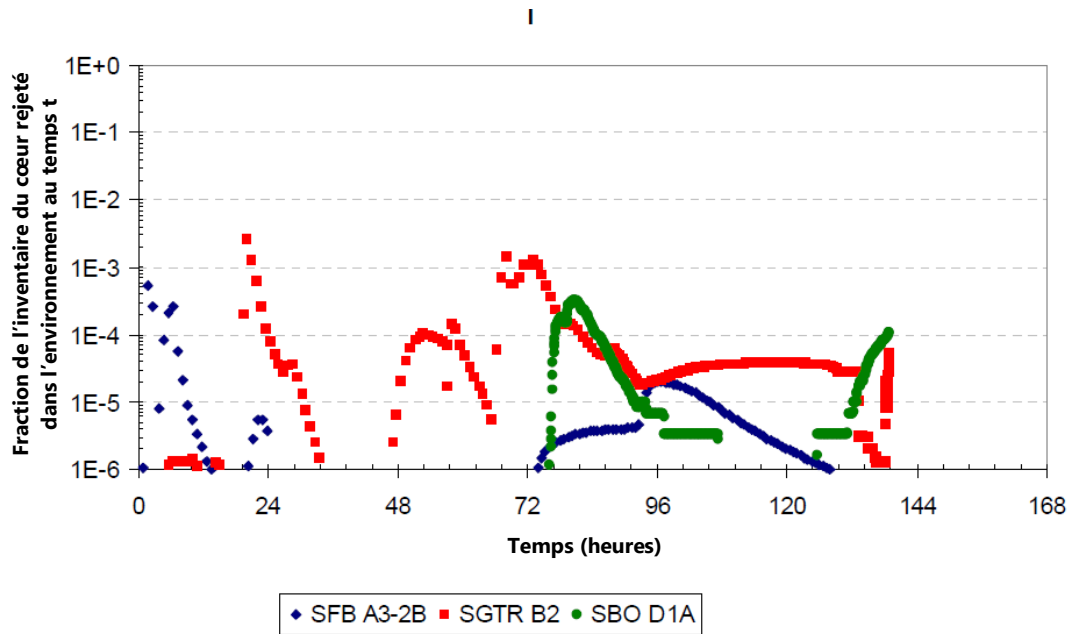


Figure 4 : Taux de rejet d'iode et de césium pour les trois catégories de rejets non atténués

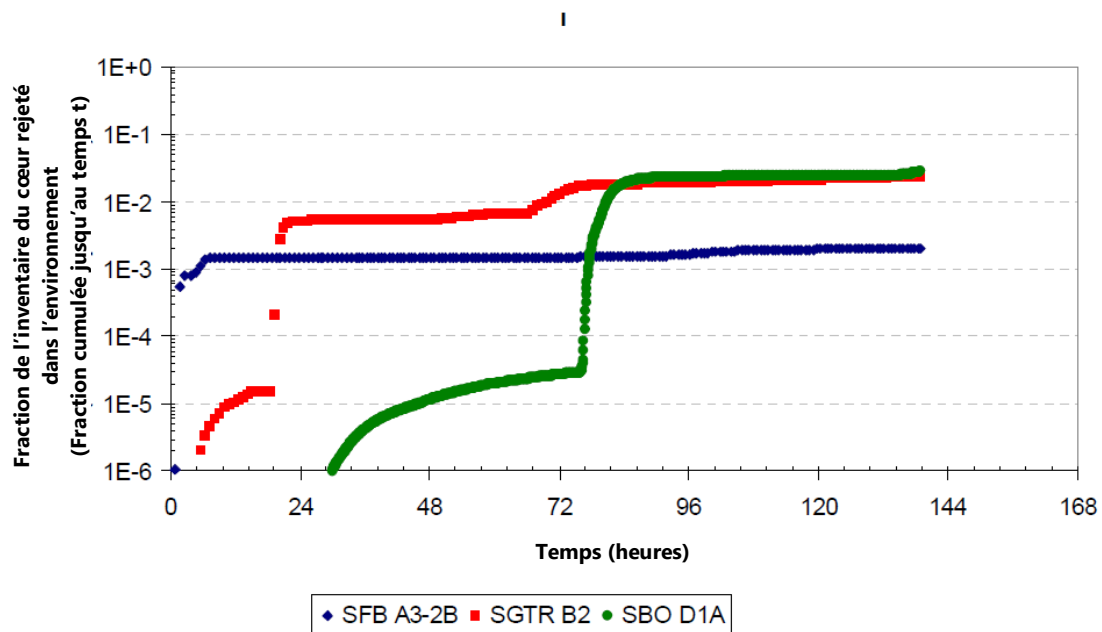


Figure 5 : Rejets cumulés d'iode et de césium pour les trois catégories de rejets non atténués

Une description détaillée de chaque catégorie de rejet suit.

3.3.1 Catégorie de rejet externe EPRC0 – Rejet précoce en raison de la défaillance de l'isolation du confinement

Les types d'événements qui contribuent le plus à l'EPRC0 sont les accidents de perte de caloporteur (PERCA) dans le cœur du réacteur avec une défaillance d'isolation du confinement. Ces PERCA se caractérisent par le fait qu'ils conduisent à la vidange du modérateur qui, pour d'autres événements, constitue une source de chaleur supplémentaire lorsque le refroidissement d'urgence du cœur (RUC) n'est pas disponible. Les PERCA dans le cœur du réacteur comprennent des événements tels que la rupture d'un tuyau d'alimentation, la rupture d'un tube de pression et d'un tube de calandre, le blocage de l'écoulement dans un canal, ainsi que les déclencheurs d'incendie qui conduisent à de tels événements. Ces événements déclenchent normalement rapidement l'isolation de l'enceinte de confinement ; pour conduire à un rejet de type EPRC0, l'isolation de l'enceinte de confinement doit être supposée défaillante et aucun opérateur n'est crédité pendant une durée significative (24 h) pour déclencher manuellement l'isolation du confinement.

En résumé, les combinaisons de défaillances suivantes, dont la fréquence est de l'ordre de $10^{-8}/a$ ou moins, sont généralement nécessaires pour conduire à EPRC0 :

- Un PERCA dans le cœur du réacteur avec perte consécutive du modérateur (par suite de la défaillance des soufflets) ;
- Défaillance de l'isolation du confinement sans action de l'opérateur pour l'isoler pendant les 24 premières heures après l'événement ;
- Indisponibilité du RUC haute pression (HP), moyenne pression (MP) et basse pression (BP) ou du déclenchement automatique de la pompe principale du circuit caloporteur primaire (CCP) et aucune action de l'opérateur pour corriger la situation ;
- Le refroidissement des boucliers d'extrémité n'est pas disponible ;
- L'alimentation électrique d'urgence (AEU) n'est pas disponible ; l'AEU alimente les pompes et les vannes d'alimentation en eau de secours, les pompes de refroidissement d'urgence du cœur, certaines vannes de refroidissement d'urgence du cœur et les systèmes de sûreté et de contrôle du groupe 2 ;
- L'équipement d'atténuation des urgences (EAU) n'est pas déployé pour rétablir le refroidissement ou l'alimentation électrique ; et
- Pour cet événement, la disponibilité des refroidisseurs d'air locaux (RAL) (15) empêche la défaillance du confinement et le système de ventilation filtrée d'urgence n'a pas à être crédité.

Ces hypothèses sont telles qu'il n'y a pas de source froide disponible et conduisent par conséquent au désassemblage du cœur. En tant que tel, cet événement est un accident hors dimensionnement.

Le moment du rejet est relativement rapide (figure 6) :

- L'effondrement du cœur dans la voûte de la calandre (VC) pour les deux boucles se produit à environ 1,6 h et 2,4 h, bien plus tôt que l'isolement manuel du confinement supposé à 24 h.
- Le rejet de 15 % du total des gaz rares dans l'environnement commence presque immédiatement ; entre 5 h et 6 h, 20 % du total des gaz rares sont libérés ; à 24 h, près de 95 % du total des gaz rares ont été libérés.
- Les rejets d'iode (Csl et Rbl) à l'extérieur de la voûte de la calandre et dans l'environnement commencent une fois que la VC s'est rompue et que l'interaction énergétique entre le cœur et l'eau a commencé, soit vers 28 h. C'est bien après que l'enceinte de confinement a été isolée et les rejets dans l'environnement sont donc faibles et causés par les fuites de l'enceinte de confinement.

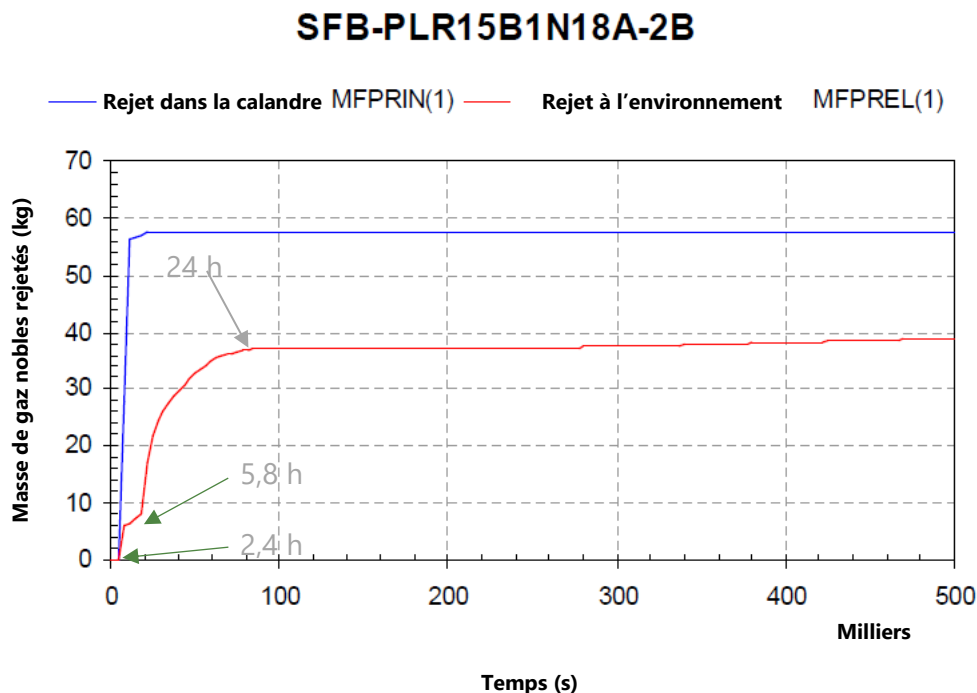


Figure 6 : Chronologie des rejets cumulatifs dans l'environnement pour EPRC0

La progression de l'accident suppose que de nombreuses mesures qui pourraient être prises par les opérateurs ne le sont pas ou ne sont pas efficaces.

Ce scénario sera utilisé pour évaluer la taille de la zone de planification détaillée.

3.3.2 Catégorie de rejet externe EPRC3 - Défaillance tardive du confinement

Pour cette catégorie de rejet, le confinement est initialement intact, mais une défaillance tardive du confinement se produit après 24 à 72 heures en raison de la progression de l'accident grave qui augmente la pression à l'intérieur de l'enceinte de confinement.

Les principaux facteurs contribuant à une défaillance tardive de l'enceinte de confinement (EPRC3) sont généralement regroupés dans la catégorie des pannes d'alimentation électrique totales de la centrale (« SBO »), qui comprend également d'autres événements entraînant une perte totale des sources froides. Les événements qui sont relativement plus susceptibles (de l'ordre de 10^{-8} événements/an) d'entraîner une panne générale de la centrale sont les incendies dans divers locaux associés à des équipements électriques essentiels.

Il est à noter que le point commun de toutes les séquences d'événements est qu'elles impliquent une perte de la source froide à long terme de l'alimentation d'eau de secours (AES) et une incapacité à dépressuriser l'enceinte de confinement en utilisant le système de ventilation filtrée d'urgence. Ces pertes de systèmes peuvent être causées par des défaillances du système ou par l'incapacité de l'opérateur à les déclencher.

- Un incendie ou un événement similaire entraîne une perte d'alimentation du réseau (classe IV) et des génératrices diesel de secours (classe III) ;
- L'alimentation électrique d'urgence (AEU) est disponible pendant les 72 premières heures et prend en charge le fonctionnement du système de RUC HP, MP et LP ; l'AEU est supposée tomber en panne après 72 heures en raison d'un défaut de ravitaillement ou d'une autre défaillance de l'équipement ;
- La perte d'AES supprime la capacité de refroidir l'atmosphère dans l'enceinte de confinement et le refroidissement à long terme du cœur ;
- L'équipement d'atténuation d'urgence n'est pas efficace pour rétablir l'alimentation en électricité ou en eau ; et
- Le système de ventilation filtrée d'urgence n'est pas fonctionnel et ne parvient pas à réduire la pression dans l'enceinte de confinement.

Le moment du rejet est retardé jusqu'à ce que le confinement cède par surpression (figure 7) :

- Le confinement fuit au niveau des joints d'étanchéité des petits sas 22,7 h ;
- Début du désassemblage du cœur à environ 76 h ;
- Déplacement massif des débris de la boucle 1 du cœur vers le fond de la calandre à environ 76 h ; et
- La majeure partie des rejets a lieu entre 76 h et 85 h, lorsque le cœur perce la calandre et se reloge dans la voûte de la calandre.

SBO-PLR-D1A

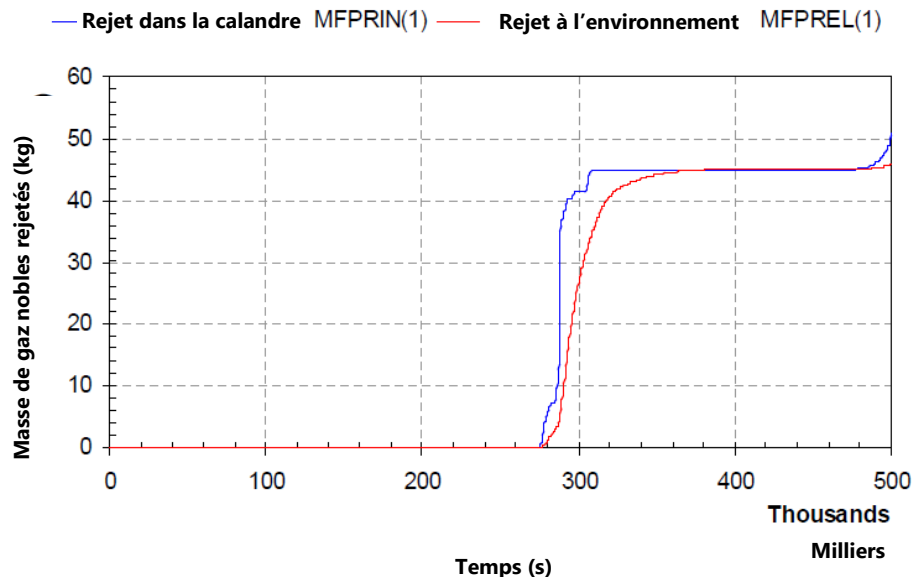


Figure 7 : Chronologie des rejets cumulés dans l'environnement pour EPRC3

Comme le cœur est gravement endommagé, cette catégorie de rejet est un accident hors dimensionnement.

La progression de l'accident suppose que de nombreuses mesures qui pourraient être prises par les opérateurs ne sont pas prises ou ne sont pas efficaces. L'ampleur du rejet serait très différente si le système de ventilation filtrée d'urgence avait été activé avant la défaillance du confinement. Ce point est abordé à la section suivante.

La catégorie de rejet EPRC3 sera utilisée pour déterminer la taille de la zone de planification de contingence.

3.3.3 Catégorie de rejet externe EPRC3a - Panne de la ventilation filtrée d'urgence

Le cas où le système de ventilation filtrée d'urgence est activé et crédité est également analysé comme un accident grave atténué avec des conséquences représentatives des accidents de dimensionnement et est étiqueté EPRC3a. Cette catégorie sera prise en compte dans l'évaluation de la zone de planification détaillée.

3.3.4 Catégories de rejet externe EPRC4-6 - Contournement de l'enceinte de confinement

Les fréquences de rejet externe de $7,55E-12 \text{ an}^{-1}$ associées aux événements de contournement du confinement (EPRC4-6) apportent une contribution négligeable à la fréquence totale des

rejets externes importants. Cependant, comme le rejet externe commence potentiellement au moment de l'initiation de l'accident (temps zéro) pour ce type d'événement, un cas représentatif de cette catégorie est sélectionné pour l'évaluation des conséquences hors site.

Le cas B de rupture du tube du générateur de vapeur du Programme d'analyse des accidents modulaires - Canada Deutérium Uranium (MAAP-CANDU) a été choisi comme cas représentatif de l'événement de contournement du confinement.

Dans un scénario de rupture des tubes du générateur de vapeur, lorsque les tubes du générateur de vapeur se rompent et que le côté secondaire s'est évaporé, les produits de fission peuvent être libérés à l'extérieur de l'enceinte de confinement par les tubes rompus du générateur de vapeur, puis par les soupapes de vapeur de sûreté principales (scénario de contournement de l'enceinte de confinement).

La ou les défaillances des tubes des générateurs de vapeur sont prises en compte dans le dimensionnement et leur analyse est documentée dans le rapport de sûreté. En supposant un comportement normal des systèmes d'atténuation et des actions adéquates de l'opérateur, leurs conséquences sont bénignes. Lorsque les opérateurs sont en mesure d'ouvrir les soupapes d'évacuation de vapeur dans le condenseur (SEVC) et les vannes de décharge de la vapeur à l'atmosphère (VDVA) pour refroidir en catastrophe les générateurs de vapeur et les isoler, le rejet dans l'atmosphère est très faible et n'entraînerait pas d'évacuation. Dans le cas analysé ici, les opérateurs sont incapables d'effectuer les opérations normales d'atténuation et l'événement conduit à une fusion complète du cœur.

- Aux fins de l'évaluation des conséquences hors site, la rupture d'un seul tube de générateur de vapeur est un événement typique associé aux événements de contournement du confinement et au terme source associé. La rupture d'un tube d'échangeur de chaleur d'eau brute de refroidissement (EBR) est un autre facteur pouvant contribuer aux rejets importants liés au contournement de l'enceinte de confinement ;
- Le refroidissement des générateurs de vapeur n'est pas disponible ;
- L'eau d'alimentation principale des générateurs de vapeur n'est pas disponible, et l'eau d'alimentation auxiliaire est disponible pendant un temps limité ;
- Le refroidissement du modérateur n'est pas disponible ;
- Le refroidissement des boucliers d'extrémité n'est pas disponible ;
- Le système de refroidissement d'urgence du cœur n'est pas disponible ;
- Le système de ventilation filtrée d'urgence est disponible, mais il a un impact limité puisque le confinement est contourné ;
- L'alimentation électrique du réseau (classe IV) et les génératrices diesel (classe III) sont disponibles, mais ne sont d'aucune utilité dans ce scénario ;
- L'équipement d'atténuation d'urgence ne parvient pas à fournir un refroidissement à la voûte de la calandre ; et

- Les canaux de combustible s'effondrent et la calandre se rompt avec le corium fondu qui s'écoule à l'intérieur de la voûte de la calandre.

Le confinement étant contourné, le moment du rejet est immédiat dès que le cœur cède (figure 8) :

- Une voie de rejet se produit immédiatement, conduisant à un petit rejet une fois que les grappes de combustible sont découvertes à l'intérieur des canaux de combustible par manque d'eau de refroidissement à 9 heures ;
- L'effondrement du cœur dans les deux boucles du circuit caloporteur primaire se produit à 18 h, ce qui entraîne la majeure partie du rejet de gaz rares ; environ ~79 % de l'inventaire initial de gaz rares dans le cœur est rejeté dans l'environnement à la fin de la simulation ; et
- La majorité du rejet de radionucléides volatils (Cs, Rb et I) se produit un peu plus tard, vers 66 h, lorsque l'interaction corium fondu-béton commence dans la voûte de la calandre. La fraction totale de l'inventaire initial du cœur pour ces produits de fission est d'environ 3,4 %.

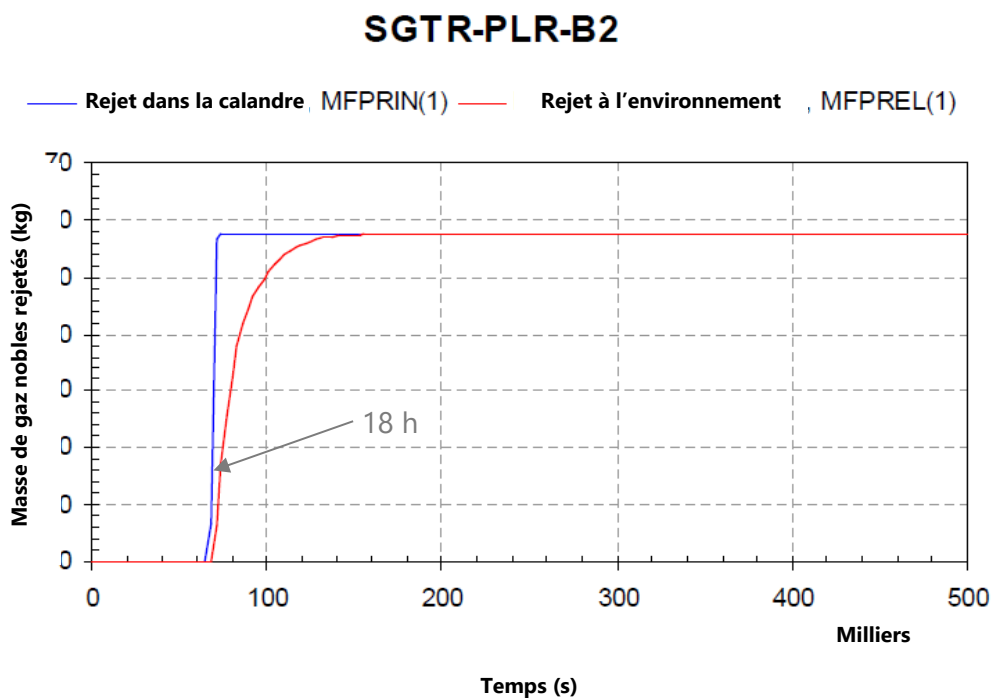


Figure 8 : Chronologie des rejets cumulatifs dans l'environnement pour EPRC4-6

Cette séquence d'événements pour cette troisième catégorie de rejets correspond à un accident hors dimensionnement, à l'extrémité la plus grave du spectre, qui entraîne des conséquences non atténuées.

3.4 Caractéristiques du site

On suppose que les rejets surviennent au niveau du sol et qu'ils contiennent une chaleur négligeable et une faible vitesse. La hauteur du bâtiment près du point de rejet est fixée à 40 m. La section transversale du bâtiment est comprise entre 3528 m² et 5054 m². Une valeur moyenne de 4291 m² pour la section transversale du bâtiment est utilisée dans les calculs. La dispersion atmosphérique suppose une couverture herbeuse ou forestière, qui est généralement décrite comme une « zone rurale mixte » [11].

3.5 Météo

Les données météorologiques du site de la centrale nucléaire de Point Lepreau pour l'année 2015 sont utilisées pour les calculs.

On utilise des conditions météorologiques moyennes, comme recommandé par la norme CSA N288.2:F19, section 4.2.1 [10]. La section 4.2.1.2.2 de la norme CSA N288.2:F19 suggère que des calculs de dose supplémentaires soient effectués avec des scénarios météorologiques plus limitatifs afin de confirmer la robustesse de ceux calculés à l'aide de la météo moyenne (ou Pasquill D). Dans ce rapport, les 50^e et 90^e percentiles des scénarios météorologiques ont été considérés en plus de la moyenne des conditions météorologiques.

Les statistiques météorologiques pour le site de Point Lepreau sont obtenues à partir de l'application MetMon pour les tours météorologiques de la centrale nucléaire de Point Lepreau. Les données sur la moyenne des précipitations quotidiennes ont été obtenues d'Environnement Canada pour le site de la centrale nucléaire de Point Lepreau, car elles ne sont pas fournies par MetMon.

La vitesse de dépôt au sol est la valeur par défaut du logiciel. La hauteur de mélange a été fixée à celle correspondant à un milieu de l'après-midi, comme le recommande la norme N288.2:F19 du groupe CSA [10].

3.6 Récepteur

Les individus représentatifs comprennent les récepteurs adulte et un enfant de 1 an. Le taux de respiration pour l'adulte est de 2,66E-04 m³/s et pour l'enfant il est de 5,90E-05 m³/s (Tableau 2.34 [15]).

Les facteurs de protection crédités pour la mise à l'abri sont appliqués aux récepteurs abrités conformément à la norme N288.2:F19 [10].

Tableau 7 : Facteurs de protection appliqués aux récepteurs mis à l'abri

Voie d'exposition	Facteur de protection
Rayonnement des contaminants radioactifs dans le panache	0,6
Rayonnement des contaminants radioactifs sur le sol	0,2
Inhalation	0,7

Pour l'évaluation de la dose à long terme (temps de résidence supérieur à 7 jours), le logiciel MACCS applique un facteur de protection efficace de 0,33 à la dose provenant du rayonnement des contaminants radioactifs sur le sol pour tenir compte du temps passé à l'intérieur pendant l'occupation normale d'une zone qui n'est pas sous ordonnance de protection.

3.7 Limites des calculs de dose

Les calculs de dose ont été effectués conformément à la norme N288.2:F19 du groupe CSA [10]. Comme indiqué à la clause 6.1.4 de la norme¹, « La précision du modèle gaussien limite son application pour le calcul de la dose individuelle à des distances inférieures à 50 km », et à la clause 7.2.6 « Les modèles locaux de dispersion atmosphérique ne devraient pas être utilisés pour calculer la dose à l'individu représentatif à des distances supérieures à 50 km, car les modèles ont une précision limitée au-delà de 20 km et ne sont pas fiables au-delà de 50 km ». La raison pour laquelle les modèles utilisés pour calculer la dose ne sont pas fiables à de grandes distances est basée sur des preuves empiriques d'accidents graves passés et sur des raisons théoriques.

Le schéma de contamination observé après l'accident de Fukushima est illustré à la figure 9. Le schéma de contamination au-delà d'environ 50 km (en bleu et en brun foncé sur la carte) n'est pas bien représenté par un simple modèle de panache gaussien. Les cartes de la contamination du sol à Tchernobyl et à Three Mile Island présentent des schémas similaires.

Les modèles utilisés pour calculer la dose supposent que les données météorologiques provenant de la tour météorologique du site sont représentatives du temps qu'il fait dans toute la région autour du site. En fait, la direction du vent et, surtout, les précipitations ne sont pas uniformes dans la région entourant le site. La topographie (océan, lac, collines et montagnes) peut affecter la direction locale du vent. En outre, le panache est transporté par le vent à une vitesse relativement faible (10 à 20 km/h). Après que le panache a parcouru 50 km, 2,5 à 5 heures se sont écoulées, et il est fort probable que les conditions météorologiques aient

¹ Traduction de l'auteur à partir de la version anglaise de la norme.

changé. Il n'existe aucun modèle théorique capable de représenter cette situation complexe au stade de la planification et de la simulation, bien avant qu'un accident potentiel ne se produise.

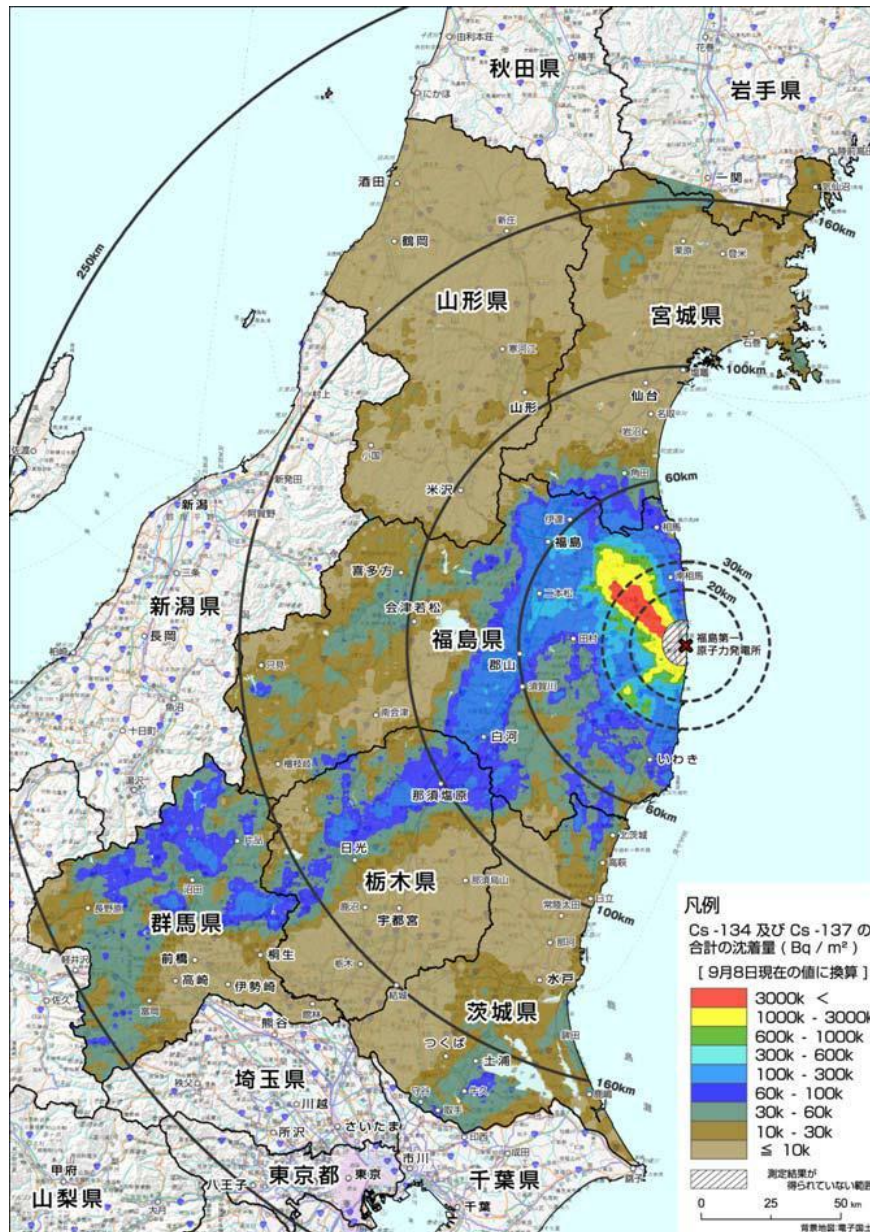


Figure 9 : Schéma de contamination du sol à Fukushima [16]

3.8 Modélisation et hypothèses

Les calculs des conséquences sont effectués avec MACCS2 (MELCOR Accident Consequence Code Systems), un logiciel développé et distribué par l'US-NRC [16]. MACCS2 modélise le rejet radioactif dans l'atmosphère lors d'accidents dans les centrales nucléaires et calcule les

conséquences en termes de dose et d'effet sur la santé du public. MACCS2 répond aux exigences de la norme CSA N288.2:F19 et est donc un logiciel reconnu pour ce type de calcul. Un échantillonnage statistique des conséquences de la dose en fonction du scénario météorologique a été effectué en utilisant la fonction d'échantillonnage météorologique de probabilité dans MACCS2. Cette fonction présente les résultats de la dose en fonction de la distance pour la moyenne de tous les scénarios météorologiques, et pour différents niveaux de percentile. Un percentile est le pourcentage des essais (chaque essai est un scénario météorologique) qui produisent des conséquences inférieures à la valeur présentée.

Pour le fondement de planification, la moyenne, le 50^e percentile et le 90^e percentile sont présentés. Les courbes dose/distance correspondant au 90^e percentile délimitent les conséquences de la dose pour 90^e percentile de tous les scénarios météorologiques. Il s'agit donc d'une évaluation prudente des conséquences de la dose lors d'un accident hypothétique.

En comparant les résultats de ce calcul avec ceux du fondement de planification de la centrale nucléaire de Point Lepreau de 2004 [9] qui utilisait le logiciel COSYMA, il faut reconnaître que MACCS2 calcule le percentile des scénarios météorologiques différemment de COSYMA. COSYMA inclut tous les secteurs dans le calcul du percentile, y compris ceux qui ne sont pas affectés par le panache, alors que MACCS2 n'inclut que le secteur sous le vent du rejet. Selon la dose calculée, le 90^e à 99^e percentile dans les calculs MACCS2 actuels est équivalent au 99,9^e percentile dans les calculs COSYMA précédents.

Comme nous l'avons vu à la section 3.7, les résultats au-delà de 50 km fournis par les logiciels de modélisation ne sont pas fiables, et leur précision est limitée au-delà de 20 km. Par conséquent, pour tous les graphiques présentés dans ce rapport, les résultats sont indiqués jusqu'à 50 km. De plus, les courbes de dose utilisent une ligne pointillée au-delà de 20 km pour indiquer la précision limitée des résultats au-delà de 20 km.

3.9 Détermination de la taille de la zone

La taille de la zone où des actions de protection peuvent être nécessaires est obtenue en calculant la distance où le niveau d'intervention pour une action de protection est dépassé pour une série d'accidents.

La taille de la zone d'action automatique est basée sur la distance maximale à laquelle des décès dus à des effets déterministes sur la santé sont attendus pour toutes les catégories de rejets (EPRC3a, EPRC0, EPRC3 et EPRC4-6). Afin de réduire considérablement le risque d'effets déterministes graves sur la santé, le 95^e percentile sur tous les scénarios météorologiques est utilisé pour calculer la distance. Les cas 1 à 4 du tableau 8 sont utilisés pour ce calcul.

La zone de planification détaillée exige la prise en compte de mesures de protection urgentes pour les catégories de rejets représentatives des accidents de dimensionnement (EPRC3a) et de l'accident hors dimensionnement (EPRC0), moins grave. Des calculs distincts sont effectués pour :

- L'évacuation ;
- La mise à l'abri ; et
- Le blocage de la thyroïde.

Les cas 5 à 10 du tableau 8 constituent la base du calcul de la taille de la zone. La taille de la zone de planification détaillée est basée sur la prise en compte de la distance à laquelle le niveau d'intervention pour chaque action de protection urgente est dépassé, mais un poids plus important est accordé à l'évacuation et au blocage de la thyroïde, car ces actions de protection nécessitent une plus grande préparation en termes d'emplacement des installations d'urgence et de distribution de comprimés d'iode.

La zone de planification de contingence considère les mêmes mesures de protection, sauf que les accidents hors dimensionnement les plus graves (EPRC3 et EPRC4-6) sont utilisés pour l'évaluation. Les cas 11 à 16 du tableau 8 sont utilisés pour ce calcul.

Une autre série de calculs a été effectuée pour la relocalisation, une action de protection à plus long terme. Les cas 17 à 20 du tableau 8 sont utilisés pour ce calcul.

La distance de planification de l'ingestion utilise la dose accumulée dans les 30 premiers jours après la fin de la phase de rejet. Les cas 21 à 24 du tableau 8 sont utilisés pour ce calcul.

3.10 Matrice des cas de calcul

Le tableau 8 présente un résumé des calculs effectués pour ce fondement de planification.

Tableau 8 : Calculs effectués pour calculer la taille des zones sur la base des niveaux d'action de protection du Nouveau-Brunswick

#	Zone concernée	Objectif	Catégorie de rejet	Temps d'exposition	Critère	Dose	Calcul
1	Action automatique	Effets déterministes précoces	EPRC0	s. o.	s. o.	s. o.	PLGS001
2	Action automatique	Effets déterministes précoces	EPRC3	s. o.	s. o.	s. o.	PLGS002
3	Action automatique	Effets déterministes précoces	EPRC3a	s. o.	s. o.	s. o.	PLGS003
4	Action automatique	Effets déterministes précoces	EPRC4-6	s. o.	s. o.	s. o.	PLGS004
5	Planification détaillée	Évacuation	EPRC0	7 jours	100 mSv	Dose projetée	PLGS013
6	Planification détaillée	Évacuation	EPRC3a	7 jours	100 mSv	Dose projetée	PLGS015
7	Planification détaillée	Mise à l'abri	EPRC0	2 jours	10 mSv	Dose évitée	PLGS005
8	Planification détaillée	Mise à l'abri	EPRC3a	2 jours	10 mSv	Dose évitée	PLGS007
9	Planification détaillée	Blocage de la thyroïde par l'iode (KI)	EPRC0*	7 jours	50 mSv	Dose évitée	PLGS017
10	Planification détaillée	Blocage de la thyroïde par l'iode (KI)	EPRC3a*	7 jours	50 mSv	Dose évitée	PLGS019
11	Planification de contingence	Évacuation	EPRC3	7 jours	100 mSv	Dose projetée	PLGS014
12	Planification de contingence	Évacuation	EPRC4-6	7 jours	100 mSv	Dose projetée	PLGS016
13	Planification de contingence	Mise à l'abri	EPRC3	2 jours	10 mSv	Dose évitée	PLGS006
14	Planification de contingence	Mise à l'abri	EPRC4-6	2 jours	10 mSv	Dose évitée	PLGS008
15	Planification de contingence	Blocage de la thyroïde par l'iode (KI)	EPRC3*	7 jours	50 mSv	Dose évitée	PLGS018
16	Planification de contingence	Blocage de la thyroïde par l'iode (KI)	EPRC4-6*	7 jours	50 mSv	Dose évitée	PLGS020
17	s. o.	Relocalisation	EPRC0	365 jours	100 mSv	Dose projetée	PLGS001
18	s. o.	Relocalisation	EPRC3	365 jours	100 mSv	Dose projetée	PLGS002
19	s. o.	Relocalisation	EPRC3a	365 jours	100 mSv	Dose projetée	PLGS003
20	s. o.	Relocalisation	EPRC4-6	365 jours	100 mSv	Dose projetée	PLGS004
21	s. o.	Ingestion	EPRC0	30 jours	0,72 mSv	Dose projetée	PLGS013
22	s. o.	Ingestion	EPRC3	30 jours	0,72 mSv	Dose projetée	PLGS014

#	Zone concernée	Objectif	Catégorie de rejet	Temps d'exposition	Critère	Dose	Calcul
23	s. o.	Ingestion	EPRC3a	30 jours	0,72 mSv	Dose projetée	PLGS015
24	s. o.	Ingestion	EPRC4-6	30 jours	0,72 mSv	Dose projetée	PLGS016

* Note : Le terme source pour le calcul de la dose à la thyroïde ne comprend que l'iode, Sb et Te (parents de l'iode).

4. RÉSULTATS

L'évaluation des zones et des distances présentées dans cette section est basée sur les niveaux actuels d'intervention d'urgence du Nouveau-Brunswick.

4.1 Zone d'action automatique

Comme décrit dans la section 3.2.1, la taille de la zone d'action automatique correspond à la distance à laquelle des effets déterministes graves sur la santé (décès dus à une exposition aiguë) pourraient se produire pour une personne moyenne. On suppose que les récepteurs poursuivent leurs activités normales pendant sept jours.

Pour chacune des catégories de rejets, la distance à laquelle la probabilité de décès dus à des effets aigus sur la santé devient inférieure à 1 % pour le 95^e percentile des scénarios météorologiques est présentée au tableau 9. Les graphiques montrant les probabilités d'effets déterministes sur la santé sont présentés à la figure 10.

Tableau 9 : Distance à laquelle le risque de décès dû aux effets aigus sur la santé devient négligeable

Scénario	Distance (km)	
	Adulte	Enfant d'un an
EPRC3a	s. o.	s. o.
EPRC0	2,1	2,1
EPRC3	3,3	3,5
EPRC4-6	3,5	3,7

Il convient de noter que pour les scénarios d'accident utilisant le système de ventilation filtrée d'urgence, il n'y a pas d'effets aigus sur la santé. Ce résultat est représentatif de tous les accidents de dimensionnement.

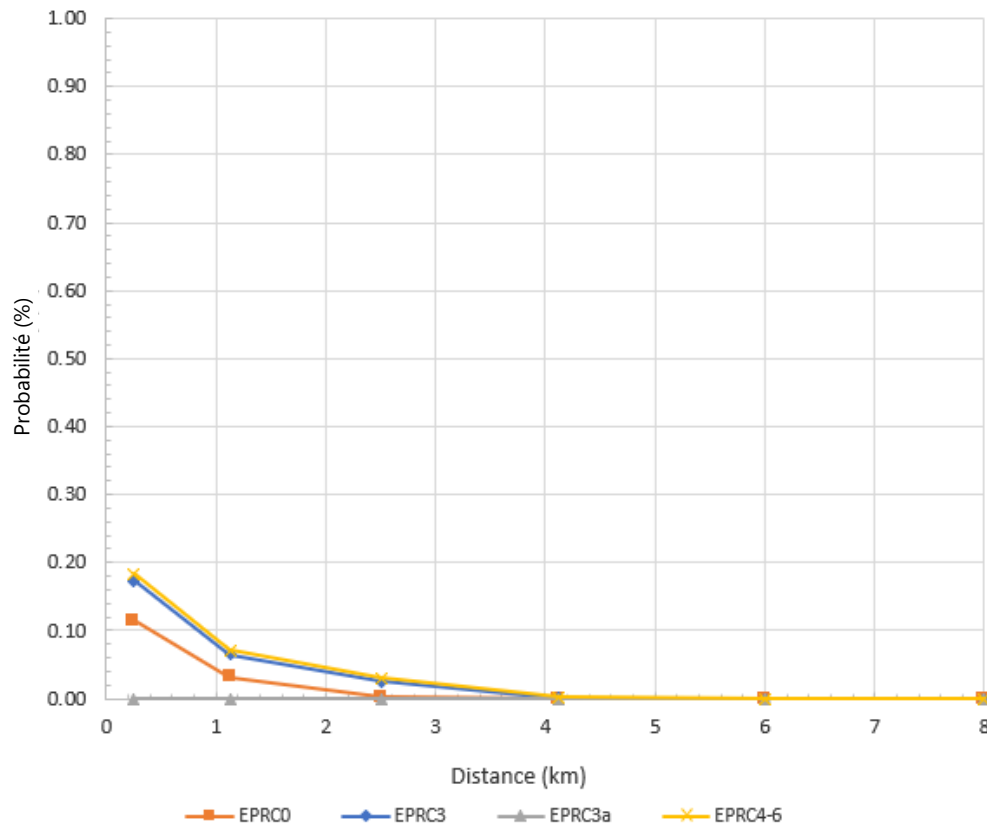


Figure 10 : Probabilité d'effets aigus sur la santé de l'enfant en fonction de la distance

Une évacuation immédiate de précaution jusqu'à une distance d'environ 4 km permettrait de prévenir la plupart des risques d'effets déterministes graves sur la santé en cas d'accident grave.

Par conséquent, les plans d'urgence hors site doivent permettre d'alerter les résidents de la nécessité d'évacuer rapidement la zone située à moins de 4 km du bâtiment du réacteur, dès la déclaration d'une urgence générale.

4.2 Zone de planification détaillée

La zone de planification détaillée est celle où des actions de protection urgentes sont requises afin d'éviter une dose conforme au niveau de référence approprié.

La zone de planification détaillée comprend des distances permettant de planifier l'évacuation, la mise à l'abri et le blocage de la thyroïde par les comprimés d'iode. Les accidents pris en compte dans l'évaluation comprennent un accident grave atténué dont les conséquences sont représentatives des accidents de dimensionnement, et un accident hors dimensionnement.

4.2.1 Évacuation

La quantité d'intérêt pour la comparaison avec le niveau actuel d'intervention du Nouveau-Brunswick pour l'évacuation est la dose projetée sur sept (7) jours.

La distance à laquelle le niveau d'intervention pour l'évacuation (100 mSv) est dépassé est indiquée au tableau 10. La figure 11 et la figure 12 montrent la dose efficace en fonction de la distance pour les deux catégories de rejet sélectionnées.

Tableau 10 : Distance où le niveau d'intervention pour l'évacuation est dépassé

Scénario	Percentile des scénarios météorologiques	Distance (km)	
		Adulte	Enfant d'un an
EPRC3a	Moyenne	s. o.	0,3
	50 ^e	s. o.	s. o.
	90 ^e	0,6	1,0
EPRC0	Moyenne	7,5	8,4
	50 ^e	5,5	6,3
	90 ^e	10,8	12,0

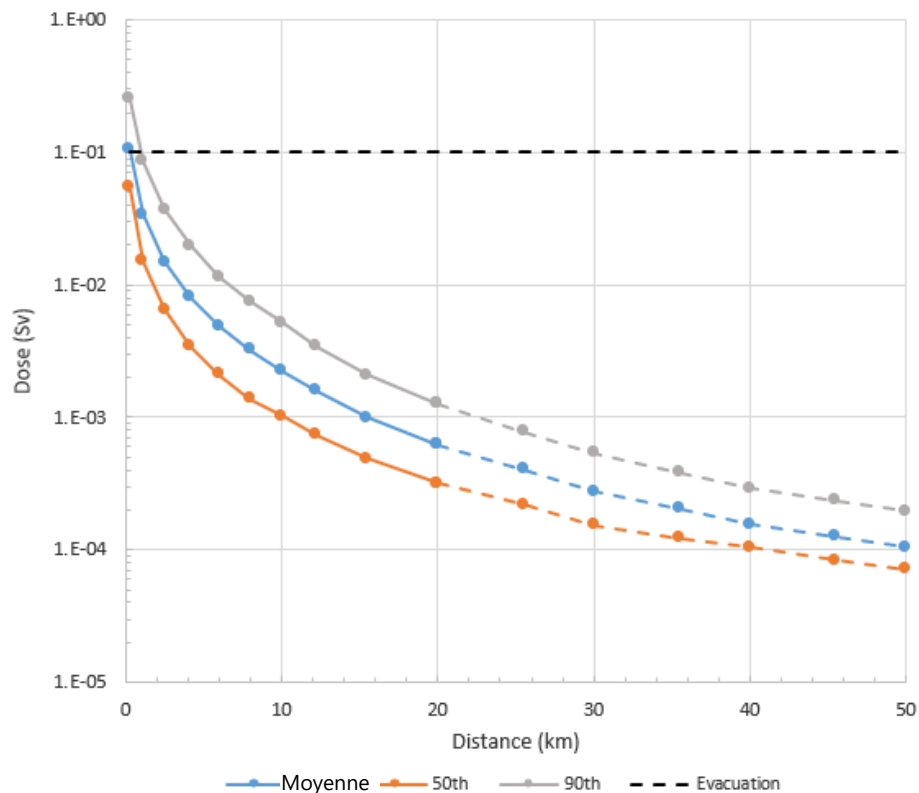


Figure 11 : Dose efficace à l'enfant pour 7 jours d'exposition pour EPRC3a

Pour un rejet externe de catégorie EPRC3a, qui est un accident grave atténué représentatif des conséquences d'un accident de dimensionnement, la distance d'évacuation dépasse à peine la limite d'exclusion du site de la centrale nucléaire de Point Lepreau.

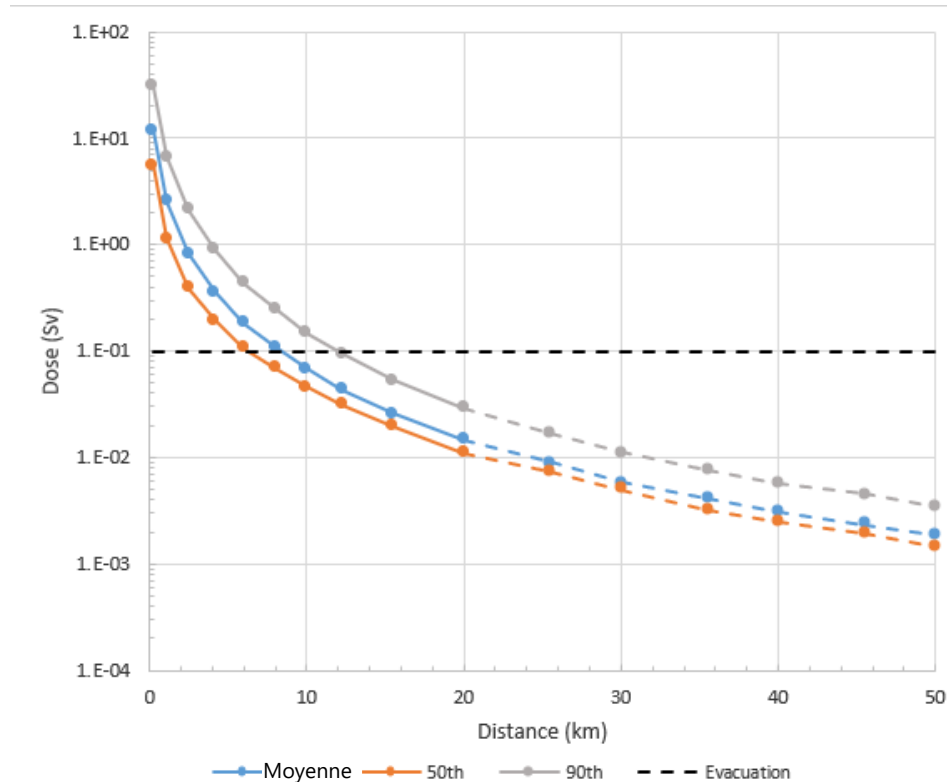


Figure 12 : Dose efficace à l'enfant pour 7 jours d'exposition pour EPRC0

Pour un rejet externe de catégorie EPRC0, qui est un accident hors dimensionnement, la distance à laquelle le niveau d'intervention pour l'évacuation est dépassé est d'environ 12 km au 90^e percentile des scénarios météorologiques.

Les résultats de ce calcul montrent que les centres d'accueil pour les personnes évacuées et les centres d'opérations d'urgence hors site devraient être situés à plus de 12 km.

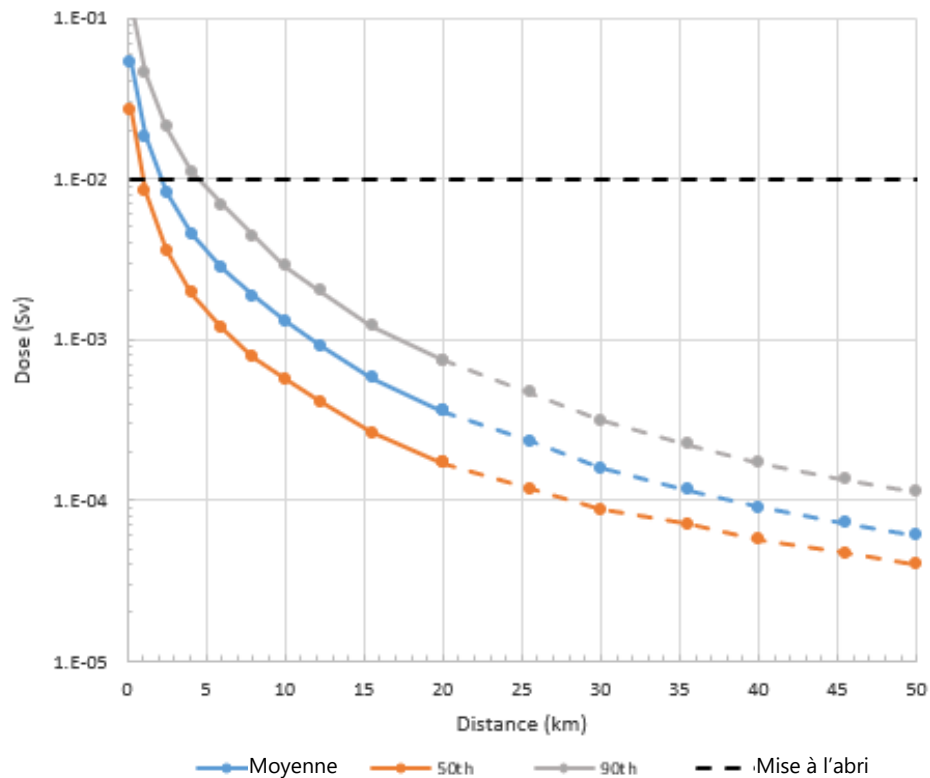
4.2.2 Mise à l'abri

Le niveau d'intervention pour la mise à l'abri proposé par Santé Canada est de 10 mSv, basé sur la dose évitée sur deux jours.

La distance à laquelle le niveau d'intervention pour la mise à l'abri est dépassé est indiquée au tableau 11. La figure 13 et la figure 14 montrent la dose efficace en fonction de la distance pour les deux catégories de rejet sélectionnées.

Tableau 11 : Distance où le niveau d'intervention pour la mise à l'abri est dépassé

Scénario	Percentile des scénarios météorologiques	Distance (km)	
		Adulte	Enfant d'un an
EPRC3a	Moyenne	1,2	2,2
	50 ^e	0,6	1,0
	90 ^e	2,9	4,5
EPRC0	Moyenne	14,9	16,6
	50 ^e	12,1	14,0
	90 ^e	20,0	22,9

**Figure 13 : Dose efficace à un enfant pour 2 jours d'exposition pour EPRC3a**

Pour un rejet externe de catégorie EPRC3a, un accident grave atténué représentatif des conséquences d'un accident de dimensionnement, la distance de mise à l'abri s'étend à environ 5 km au 90^e percentile des scénarios météorologiques.

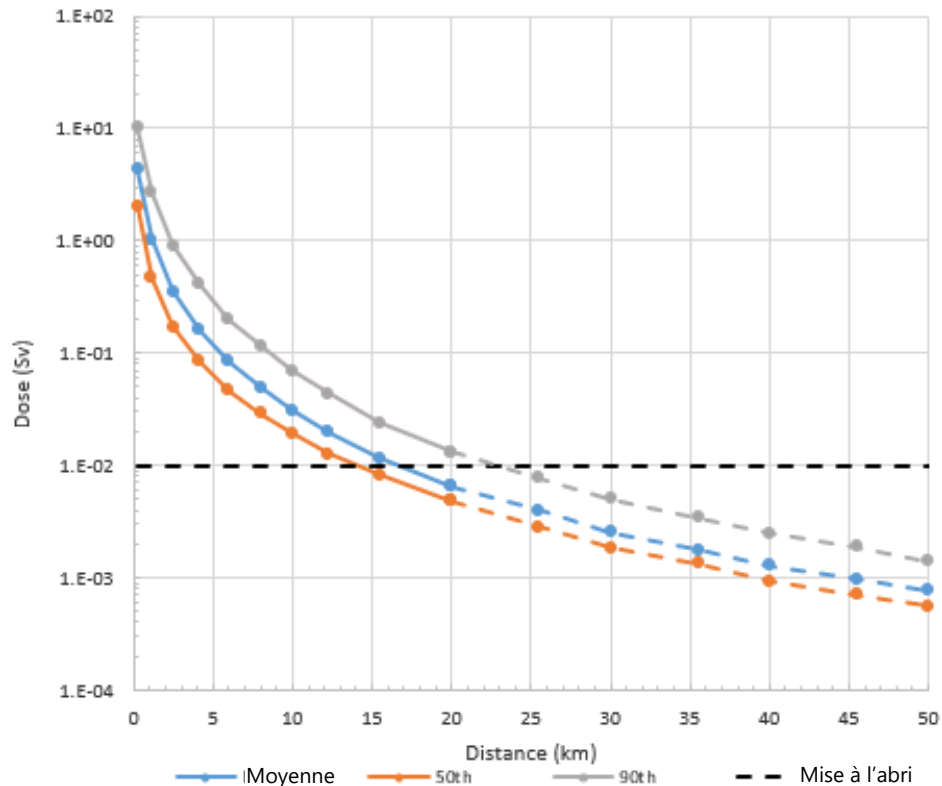


Figure 14 : Dose efficace à un enfant pour 2 jours d'exposition pour EPRC0

Pour un rejet externe de catégorie EPRC0, représentatif des accidents hors dimensionnement, la distance de mise à l'abri est d'environ 17 km pour la moyenne de tous les scénarios météorologiques, et de 23 km au 90^e percentile.

Ces résultats montrent que les plans de mise à l'abri sur place pourraient potentiellement s'étendre jusqu'à environ 23 km.

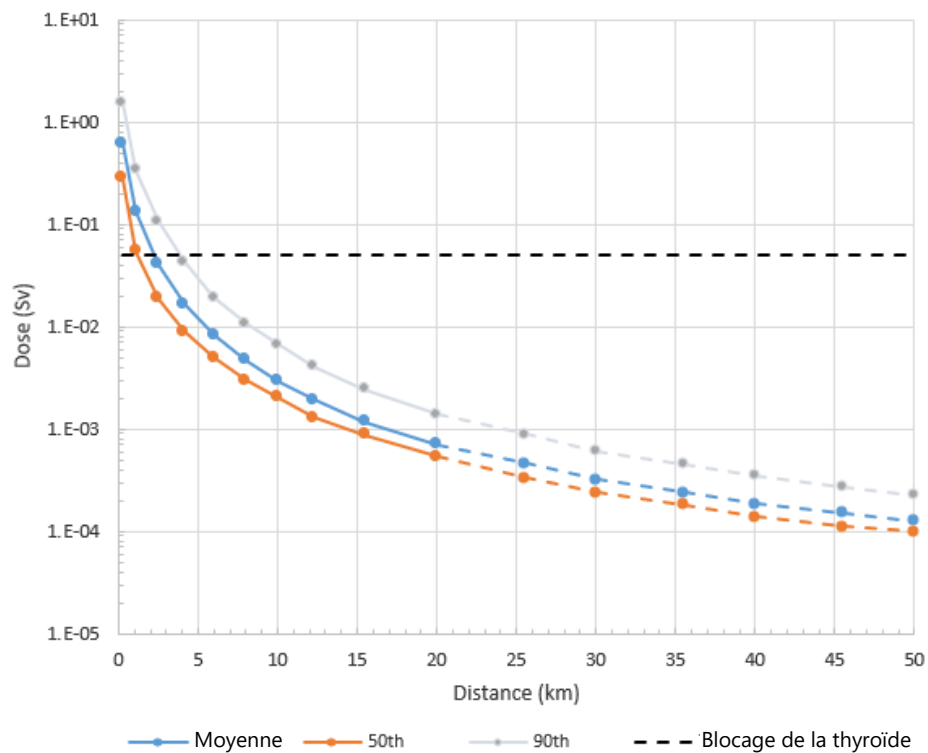
4.2.3 Blocage de la thyroïde par l'iode

Le niveau d'intervention pour le blocage de la thyroïde par l'iode est de 50 mSv de dose équivalente pour la thyroïde, exprimée en dose évitée sur 7 jours. Cette dose peut être calculée en limitant le terme source à l'iode (I), à l'antimoine (Sb) et au tellure (Te), qui sont des parents dans une chaîne de désintégration qui crée l'iode, et en incluant uniquement la dose à la thyroïde provenant de la voie d'inhalation.

La distance à laquelle le niveau d'intervention pour le blocage de la thyroïde est dépassé est indiquée au tableau 12. La figure 15 et la figure 16 montrent la dose équivalente à la thyroïde en fonction de la distance pour les deux catégories de rejet sélectionnées.

Tableau 12 : Distance où le niveau d'intervention pour le blocage de la thyroïde par l'iode est dépassé

Scénario	Percentile des scénarios météorologiques	Distance (km)	
		Adulte	Enfant d'un an
EPRC3a	Moyenne	1,4	2,3
	50 ^e	0,8	1,2
	90 ^e	2,6	3,8
EPRC0	Moyenne	8,1	11,9
	50 ^e	6,5	10,4
	90 ^e	11,4	16,8

**Figure 15 : Dose équivalente à la thyroïde de l'enfant pour l'inhalation d'iode pour EPRC3a**

Pour un rejet externe de catégorie EPRC3a, un accident grave atténué représentatif des conséquences des accidents de dimensionnement, la distance à laquelle le niveau d'intervention de blocage de la thyroïde est dépassé est d'environ 4 km au percentile 90^e des scénarios météorologiques.

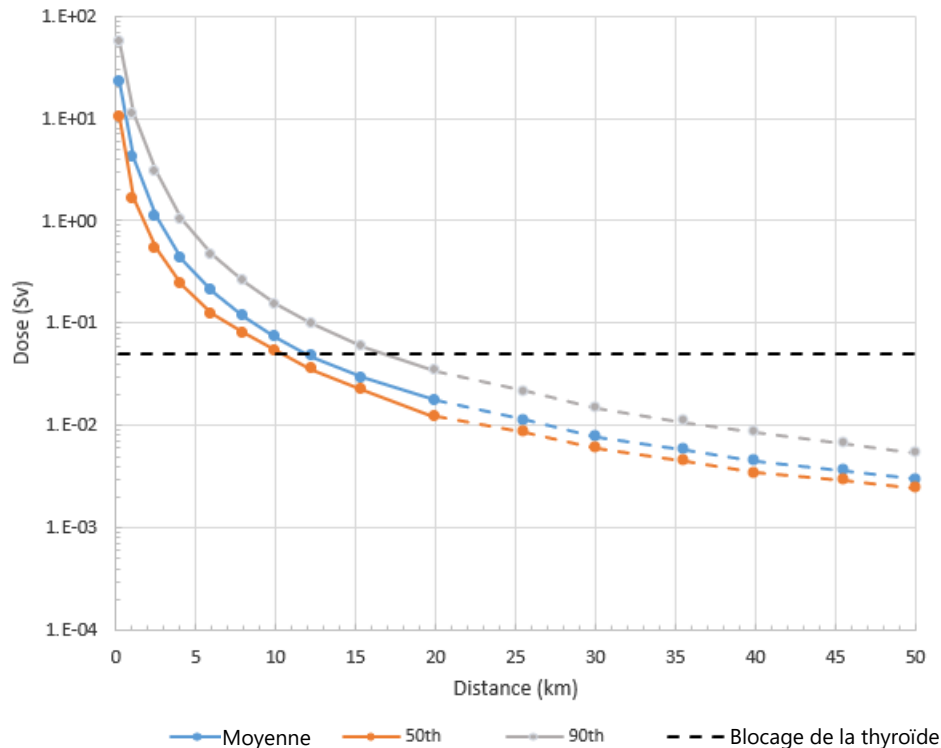


Figure 16 : Dose équivalente à la thyroïde de l'enfant pour l'inhalation d'iode pour EPRC0

Pour un rejet externe de catégorie EPRC0, un accident hors dimensionnement, la distance à laquelle le niveau d'intervention est dépassé est d'environ 17 km au 90^e percentile des scénarios météorologiques.

Selon les niveaux actuels d'intervention du Nouveau-Brunswick pour le blocage de la thyroïde par comprimé d'iode, les plans détaillés de distribution de comprimés de KI à une distance d'environ 17 km seraient justifiés.

4.3 Zone de planification de contingence

La zone de planification de contingence est celle où des actions de protection seraient justifiées pour réduire le risque d'effets stochastiques sur la santé, sur la base de la surveillance et de l'évaluation de la situation radiologique après un rejet important de matières radioactives.

La zone de planification de contingence est une zone entourant une installation de réacteur (au-delà de la zone de planification détaillée), où des plans et des dispositions d'urgence sont pris à l'avance. Cette planification proactive garantit que, lors d'une urgence nucléaire, les mesures de protection peuvent être étendues au-delà de la zone de planification détaillée, selon les besoins, afin de réduire le risque d'exposition.

Pour les accidents hors dimensionnement les plus graves, des mesures de protection urgentes telles que l'évacuation, la mise à l'abri et le blocage de la thyroïde pourraient être justifiées au-delà des distances calculées pour la zone de planification détaillée, sur la base des mesures radiologiques effectuées au point de rejet et hors site. En particulier, les mesures comparées au niveau opérationnel d'intervention devraient servir de déclencheur pour lancer des actions de protection supplémentaires.

4.3.1 Évacuation

La distance à laquelle le niveau actuel d'intervention pour l'évacuation est dépassé pour les deux catégories de rejets considérées est indiquée au tableau 13. La figure 17 et la figure 18 montrent la dose efficace sur sept jours en fonction de la distance pour les deux catégories de rejet sélectionnées.

Tableau 13 : Distance où le niveau d'intervention pour l'évacuation est dépassé

Scénario	Percentile des scénarios météorologiques	Distance (km)	
		Adulte	Enfant d'un an
EPRC3	Moyenne	11,7	13,0
	50 ^e	10,3	11,2
	90 ^e	16,5	18,2
EPRC4-6	Moyenne	11,9	13,9
	50 ^e	10,4	12,4
	90 ^e	16,9	19,4

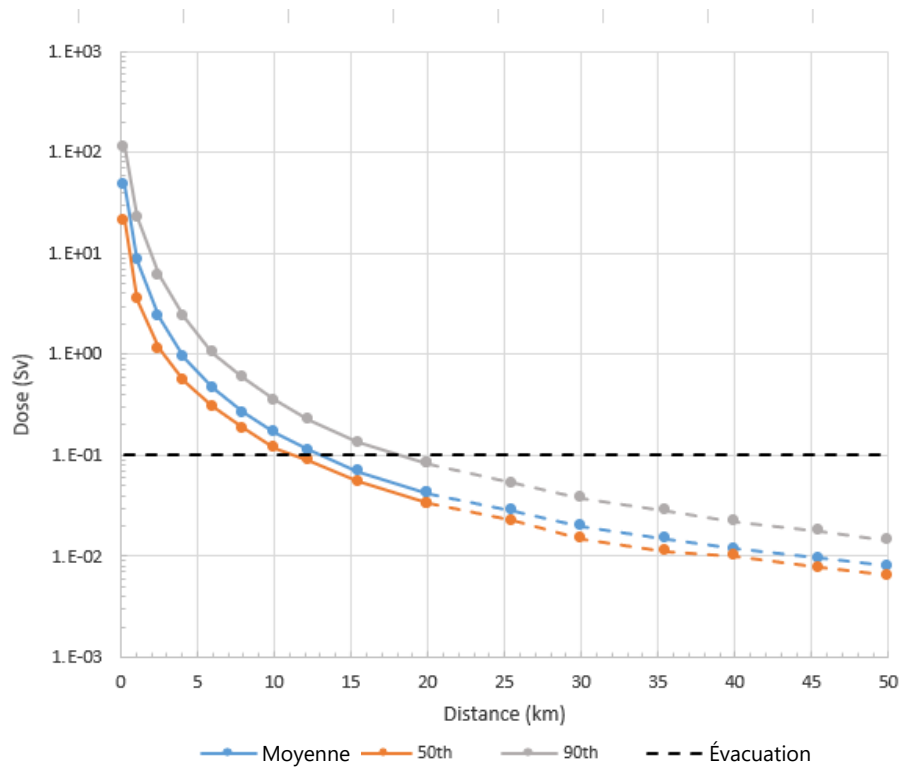


Figure 17 : Dose efficace infantile pour 7 jours d'exposition pour EPRC3

Pour un rejet externe de catégorie EPRC3, un accident grave hors dimensionnement, la distance à laquelle le niveau d'intervention pour l'évacuation est dépassé est d'environ 18 km au 90^e percentile des scénarios météorologiques.

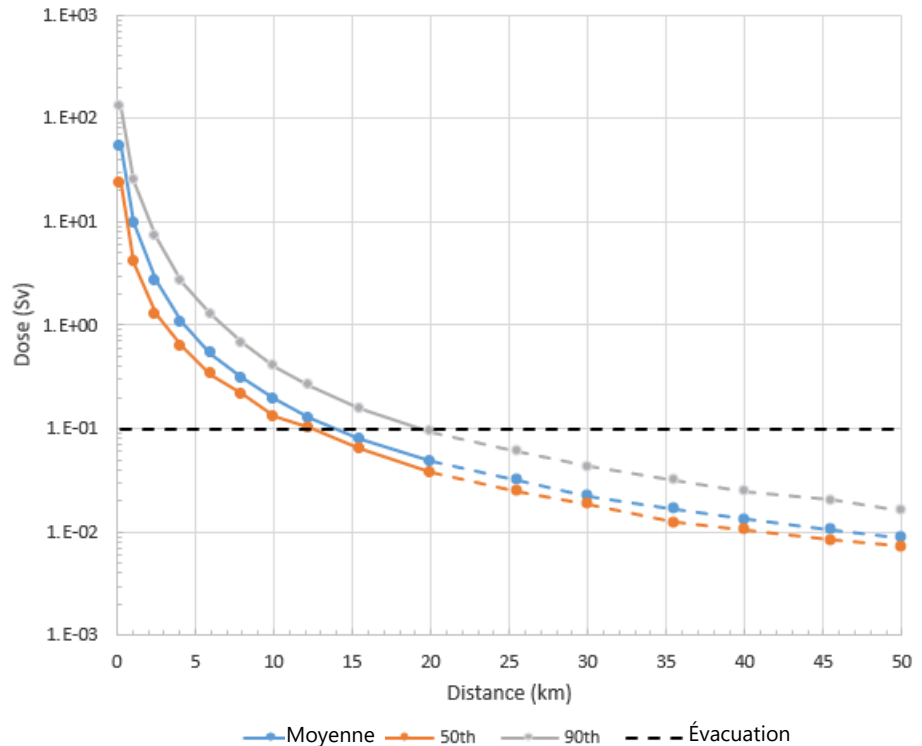


Figure 18 : Dose efficace à l'enfant pour 7 jours d'exposition pour EPRC4-6

Pour les rejets externes de catégories EPRC4-6, un accident grave hors dimensionnement, la distance à laquelle le niveau d'intervention pour l'évacuation est dépassé est d'environ 19 km au 90^e percentile des scénarios météorologiques.

Si les centres d'accueil et les centres d'opérations d'urgence sont situés juste à l'extérieur de la zone de planification détaillée et dans un rayon de 19 km, ce calcul montre qu'ils pourraient devoir être déplacés dans des conditions extrêmes.

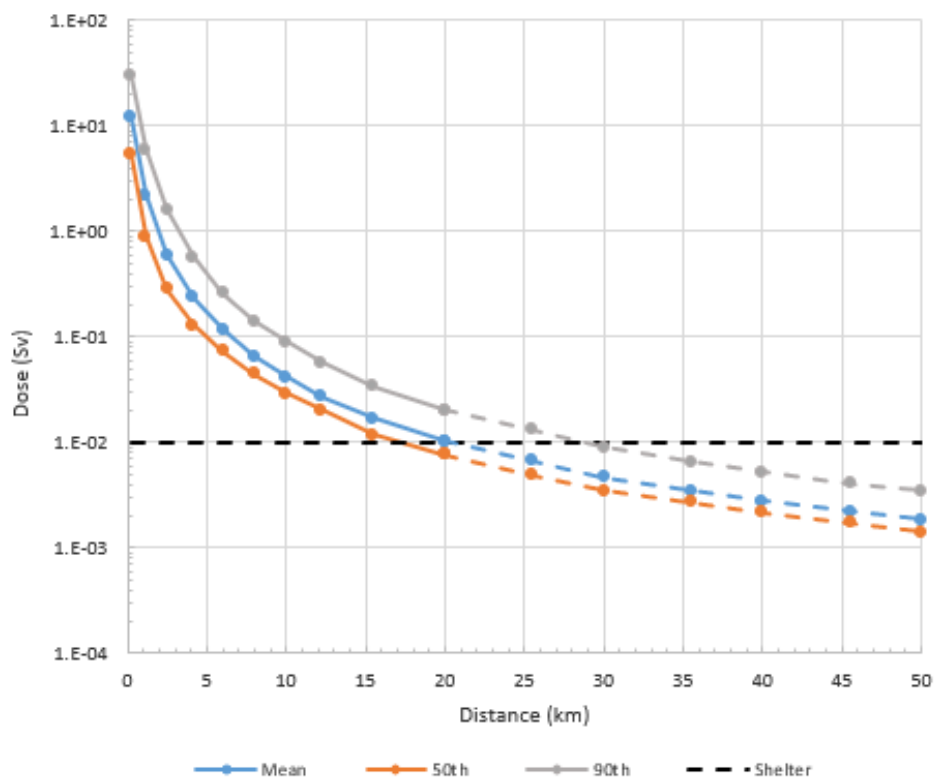
4.3.2 Mise à l'abri

Les niveaux actuels d'intervention en matière de mise à l'abri sont de 10 mSv, exprimés comme la dose évitée par l'action de protection sur deux jours.

La distance à laquelle le niveau actuel d'intervention pour la mise à l'abri est dépassé est indiquée au tableau 14. Les figure 19 et figure 20 montrent la dose efficace en fonction de la distance pour les deux catégories de rejet sélectionnées.

Tableau 14 : Distance où le niveau d'intervention pour la mise à l'abri est dépassé

Scénario	Percentile des scénarios météorologiques	Distance (km)	
		Adulte	Enfant d'un an
EPRC3	Moyenne	18,3	20,3
	50 ^e	15,5	17,2
	90 ^e	26,3	28,9
EPRC4-6	Moyenne	17,4	22,3
	50 ^e	14,8	18,6
	90 ^e	24,9	30,5

**Figure 19 : Dose efficace à l'enfant pour 2 jours d'exposition pour EPRC3**

Pour un rejet externe de catégorie EPRC3, représentatif d'un accident grave hors dimensionnement, la distance de mise à l'abri est d'environ 20 km pour la moyenne de tous les scénarios météorologiques, et de 29 km au 90^e percentile.

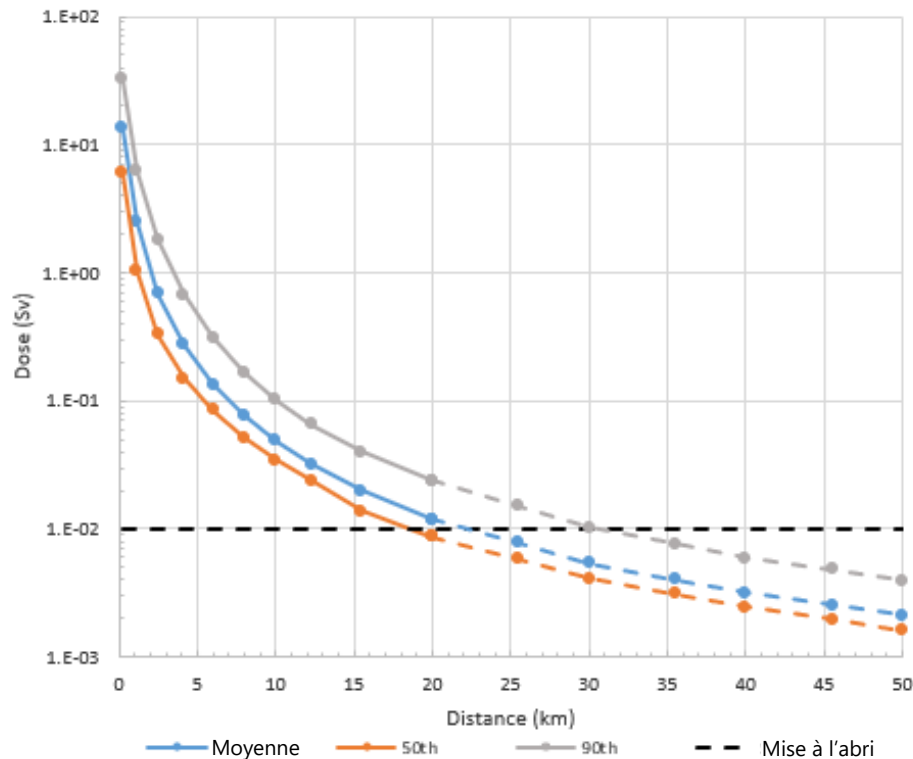


Figure 20 : Dose efficace à l'enfant pour 2 jours d'exposition pour EPRC4-6

Pour les rejets externes de catégories EPRC4-6, représentatifs d'un accident grave hors dimensionnement, la distance de mise à l'abri est d'environ 22 km pour la moyenne de tous les scénarios météorologiques, et de 31 km au 90^e percentile.

Des plans d'urgence doivent être mis en place pour vérifier les conditions sur le terrain en prenant des mesures radiologiques dans un rayon de 31 km de la centrale et en les comparant au niveau opérationnel d'intervention pour la mise à l'abri. Il doit y avoir des plans pour étendre la mise à l'abri en place au-delà des distances déjà mises en œuvre, si les mesures dépassent le niveau opérationnel d'intervention. Les centres d'opérations d'urgence situés dans un rayon de 31 km doivent fournir des abris importants.

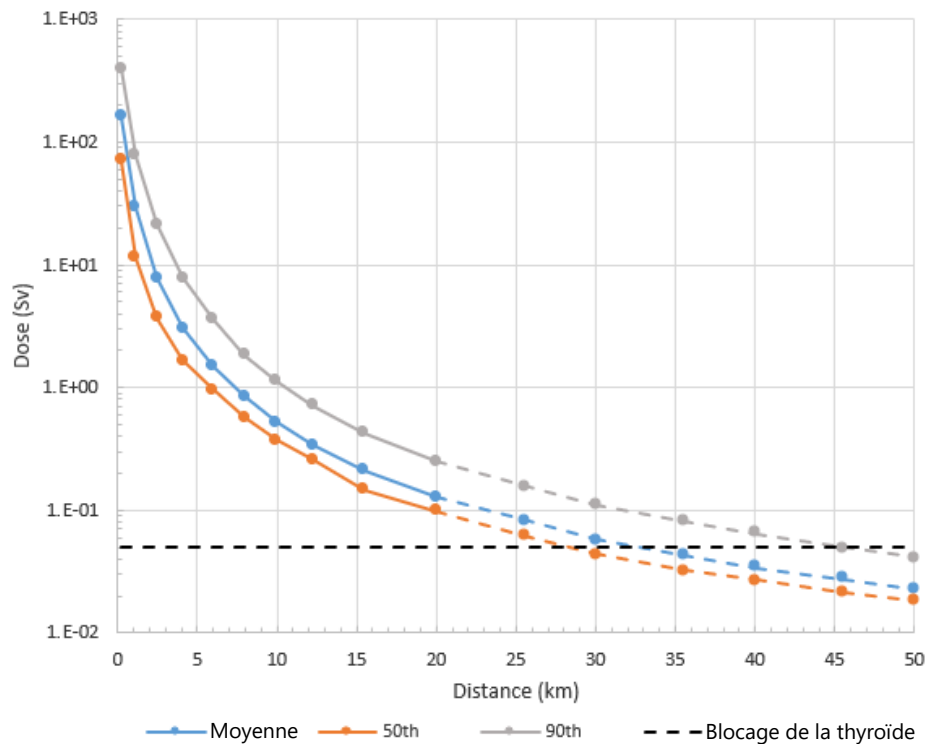
4.3.3 Blocage de la thyroïde

Le niveau actuel d'intervention pour le blocage de la thyroïde est de 50 mSv de dose équivalente à la thyroïde.

La distance à laquelle le niveau d'intervention pour le blocage de la thyroïde est dépassé est indiquée au tableau 15. La figure 21 et la figure 22 montrent la dose efficace en fonction de la distance pour les deux catégories de rejet sélectionnées.

Tableau 15 : Distance où le niveau d'intervention pour le blocage de la thyroïde est dépassé

Scénario	Percentile des scénarios météorologiques	Distance (km)	
		Adulte	Enfant d'un an
EPRC3	Moyenne	22,5	32,7
	50 ^e	19,2	28,4
	90 ^e	31,2	45,5
EPRC4-6	Moyenne	25,8	38,3
	50 ^e	21,9	33,6
	90 ^e	35,4	52,5

**Figure 21 : Dose équivalente à la thyroïde de l'enfant pour l'inhalation d'iode pour EPRC3**

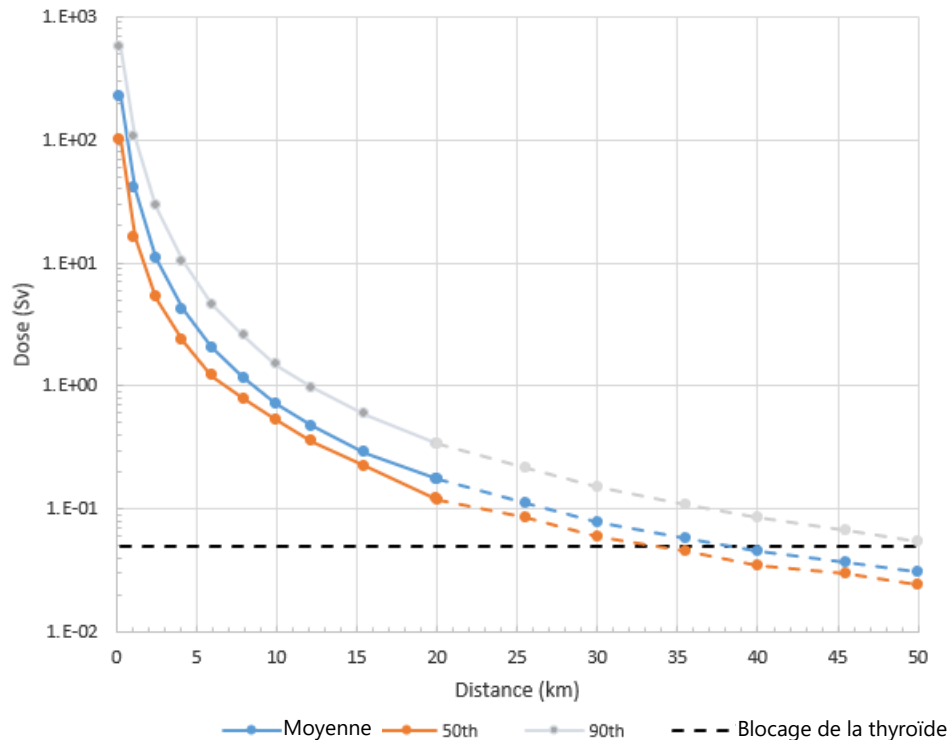


Figure 22 : Dose équivalente à la thyroïde de l'enfant pour l'inhalation d'iode pour EPRC4-6

Les rejets externes de catégorie EPRC3 et EPRC4-6 représentent des accidents graves hors dimensionnement, et les résultats montrent que la distance à laquelle le niveau d'intervention est dépassé est d'environ 33 à 38 km en moyenne pour tous les scénarios météorologiques, et de 46 à 53 km au 90^e percentile des scénarios météorologiques.

Avec un niveau d'intervention pour le blocage de la thyroïde de 50 mSv, des plans d'urgence pour la distribution de comprimés de KI à une distance d'environ 53 km seraient justifiés.

4.4 Zone de planification de l'ingestion

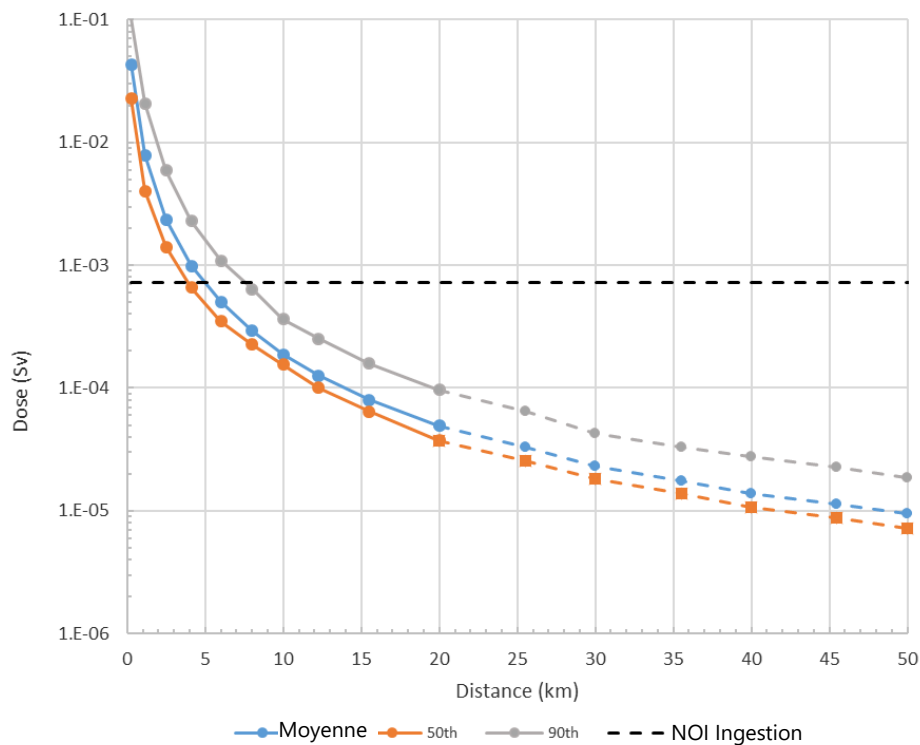
Comme indiqué à la section 3.2.4, le critère de la zone de planification pour l'ingestion est basé sur le débit de dose dépassant le niveau opérationnel d'intervention de 1 μ Sv/h après le rejet ; cela équivaut à une dose de 0,72 mSv sur un mois d'exposition au rayonnement des contaminants radioactifs sur le sol. Il convient de noter que la dose de rayonnement terrestre calculée par le logiciel MACCS comprend le facteur de blindage de résidence à long terme LGSHFAC = 0,33. Ce facteur a été annulé pour obtenir la dose brute due au rayonnement du sol.

La distance à laquelle le niveau d'intervention pour l'ingestion est dépassé est indiquée dans le tableau 16. La figure 23 et la figure 24 montrent la dose efficace en fonction de la distance pour les deux catégories de rejet sélectionnées.

Tableau 16 : Distance où le niveau d'intervention pour l'ingestion est dépassé

Scénario	Percentile des scénarios météorologiques	Distance (km)	
		Adulte	Enfant d'un an
EPRC3a	Moyenne	4,4	5,0
	50 ^e	3,4	3,9
	90 ^e	6,7	7,5
EPRC0	Moyenne	34,9	38,7
	50 ^e	30,1	34,2
	90 ^e	50,4	56,6

Pour un rejet externe de catégorie EPRC3a, un accident grave atténué représentatif des conséquences des accidents de dimensionnement, la zone de planification pour l'ingestion s'étend à 7,5 km pour le 90^e percentile. Pour un rejet externe de catégorie EPRC0, un accident hors dimensionnement, la zone de planification pour l'ingestion est d'environ 39 km pour la moyenne de tous les scénarios météorologiques, et de 57 km pour le 90^e percentile.

**Figure 23 : Dose efficace due au rayonnement des dépôts au sol à l'enfant sur 30 jours pour EPRC3a**

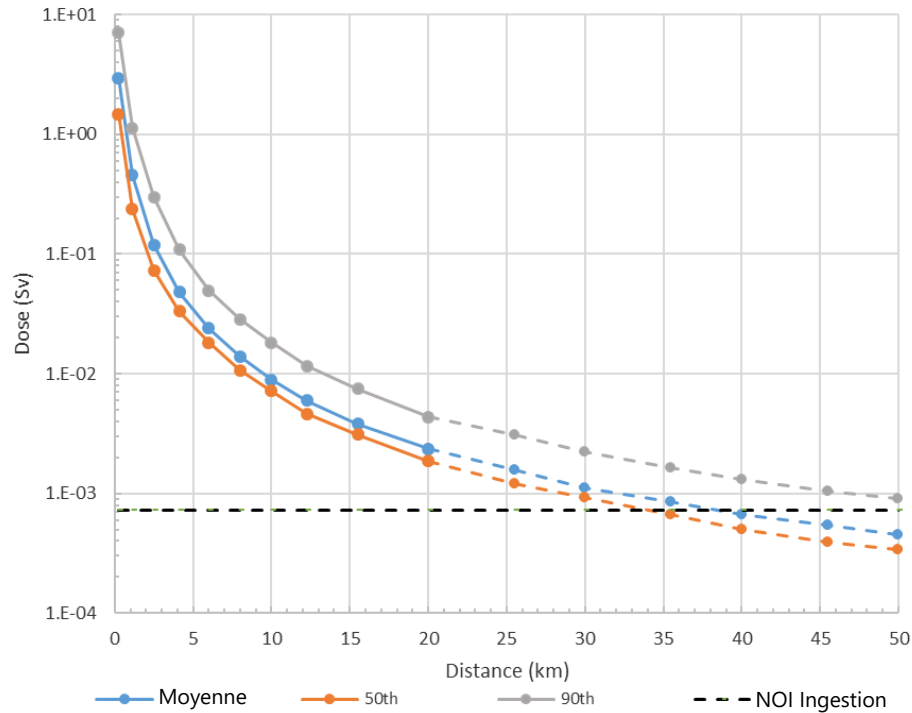


Figure 24 : Dose efficace due au rayonnement des dépôts au sol à l'enfant sur 30 jours pour EPRCO

4.5 Considérations supplémentaires

Des calculs ont également été effectués pour estimer les distances où une relocalisation pourrait être nécessaire selon le critère actuellement défini au Nouveau-Brunswick.

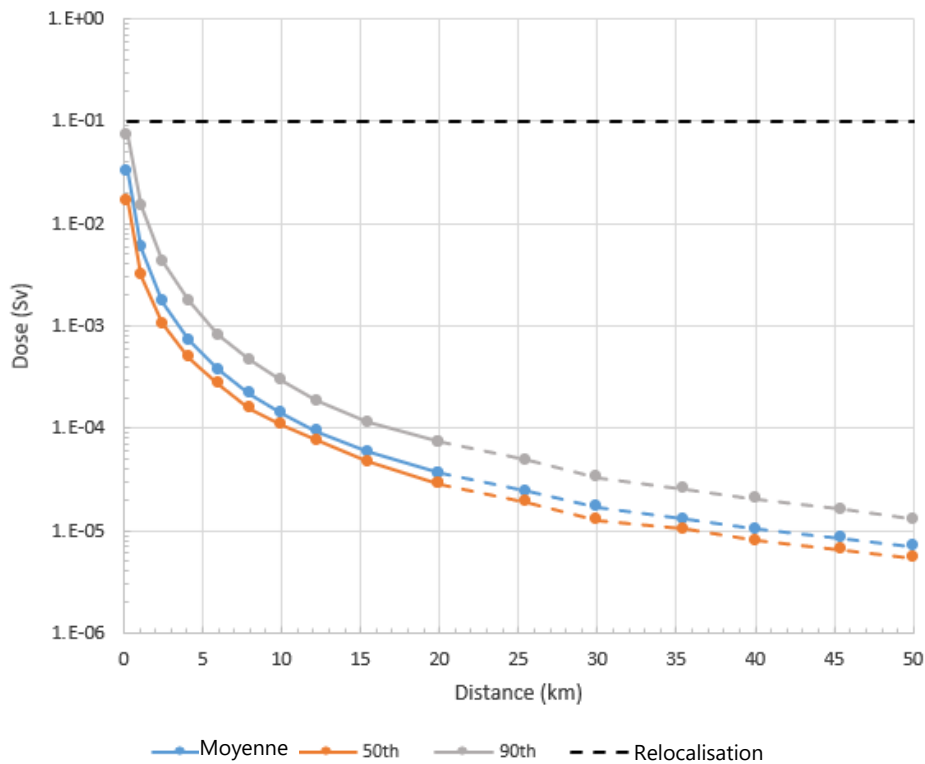
4.5.1 Relocalisation

La relocalisation temporaire est le déplacement non urgent de personnes afin d'éviter une exposition à plus long terme aux matières radioactives déposées sur le sol. Le niveau d'intervention de dose actuel pour la relocalisation temporaire de la population est de 100 mSv au cours de la première année suivant un accident.

La distance à laquelle le niveau d'intervention pour la relocalisation temporaire est dépassé est indiquée au tableau 17. La figure 25 et la figure 26 montrent la dose efficace intégrée sur 1 an en fonction de la distance pour les deux catégories de rejet sélectionnées.

Tableau 17 : Distance où le niveau actuel d'intervention pour la relocalisation est dépassé

Scénario	Percentile des scénarios météorologiques	Distance (km)	
		Adulte	Enfant d'un an
EPRC3a	Moyenne	s. o.	s. o.
	50 ^e	s. o.	s. o.
	90 ^e	s. o.	s. o.
EPRC0	Moyenne	2,5	2,9
	50 ^e	1,9	2,2
	90 ^e	4,0	4,4

**Figure 25 : Dose efficace à l'enfant sur 1 an pour EPRC3a**

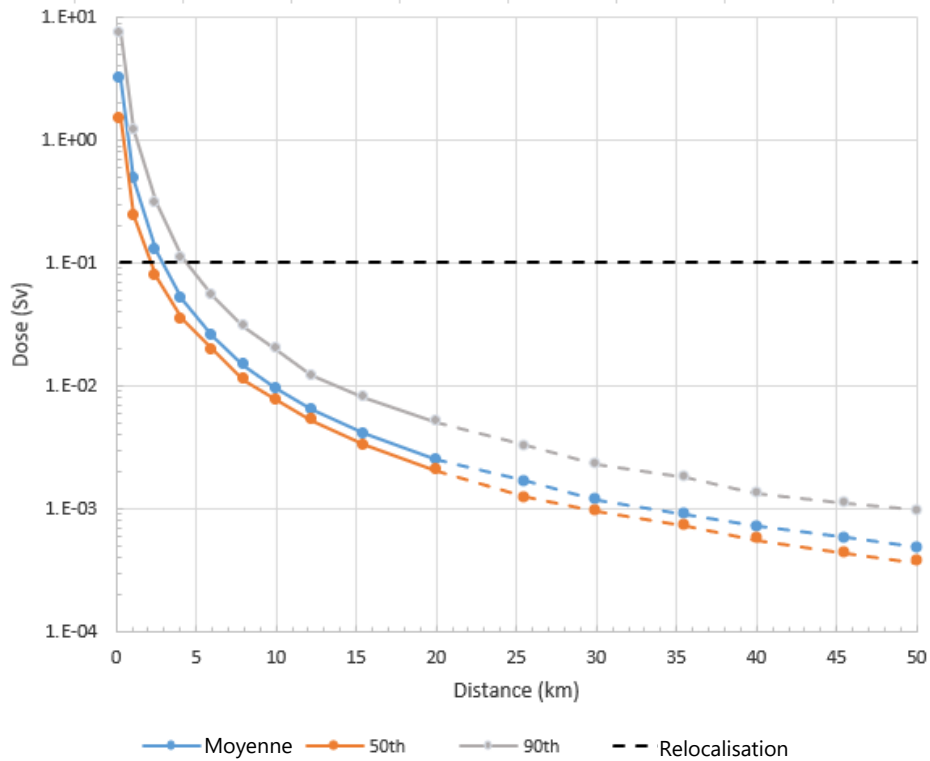


Figure 26 : Dose efficace à l'enfant sur 1 an pour EPRC0

Pour un rejet externe de catégorie EPRC0, un accident hors dimensionnement, un emplacement temporaire pourrait être nécessaire jusqu'à une distance d'environ 4 km. Pour les accidents de dimensionnement, la distance d'évacuation dépasse à peine la limite d'exclusion du site de la centrale nucléaire de Pointe Lepreau.

5. RÉSUMÉ DES DISTANCES DES ZONES DE PLANIFICATION

Le résumé des zones de planification calculées à la section 4 est présenté au tableau 18 pour les niveaux actuels d'intervention du Nouveau-Brunswick.

La taille de la zone de planification détaillée prend en compte la distance à laquelle les actions de protection urgentes qui nécessitent une planification et une préparation avancées (évacuation et blocage de la thyroïde) sont dépassées. Étant donné que les distances d'évacuation et de blocage de la thyroïde sont respectivement de 12 km et 17 km, et que la distance de mise à l'abri s'étend jusqu'à 23 km, une distance globale de planification détaillée de 20 km est raisonnable.

La taille de la zone de planification de contingence est également basée sur la dose projetée pour les actions de protection urgentes qui nécessitent une planification et une préparation avancées. Une distance globale de planification d'urgence de 50 km couvre les distances d'évacuation, de mise à l'abri et de blocage de la thyroïde.

Tableau 18 : Résumé des distances des zones de planification pour les niveaux actuels d'intervention du Nouveau-Brunswick

Zone d'action automatique	
<i>Effets déterministes graves</i>	4 km
Distance de planification globale	4 km
Zone de planification détaillée	
<i>Évacuation</i>	8 - 12 km
<i>Mise à l'abri</i>	17 - 23 km
<i>Blocage de la thyroïde</i>	12 - 17 km
Distance de planification globale	20 km
Zone de planification de contingence	
<i>Évacuation</i>	14 - 19 km
<i>Mise à l'abri</i>	22 - 31 km
<i>Blocage de la thyroïde</i>	38 - 53 km
Distance de planification globale	50 km
Zone de planification pour l'ingestion	
Distance de planification globale	57 km
Distance de relocalisation	
Distance de planification globale	4 km

La figure 27 présente une carte montrant la zone d'action automatique, la zone de planification détaillée et la zone de planification de contingence.

À titre de référence, une carte montrant les infrastructures critiques autour du site de la centrale nucléaire de Point Lepreau est présentée dans la figure 28 [7].

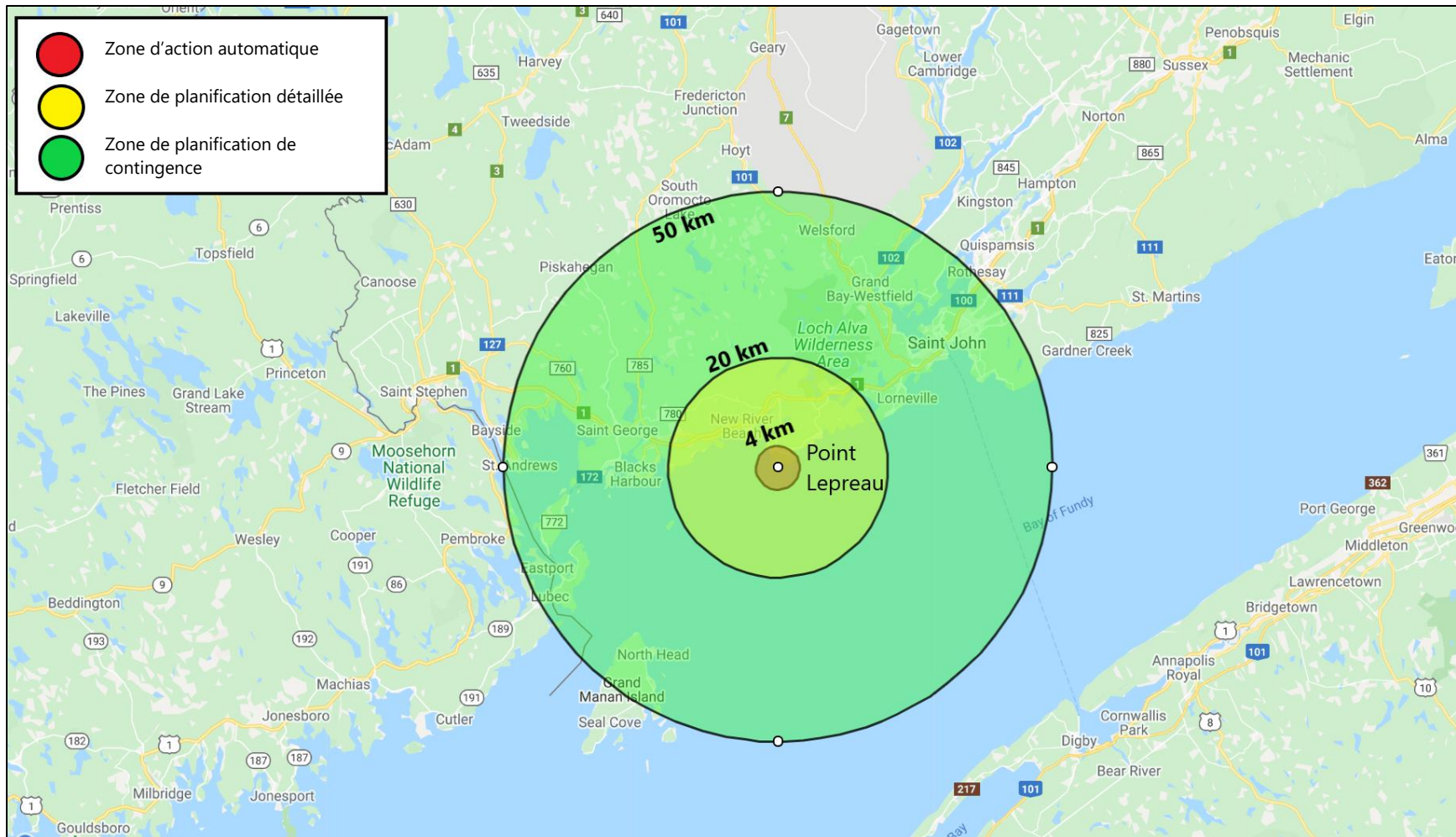


Figure 27 : Zones de planification autour de la centrale nucléaire de Point Lepreau selon les directives actuelles du Nouveau-Brunswick

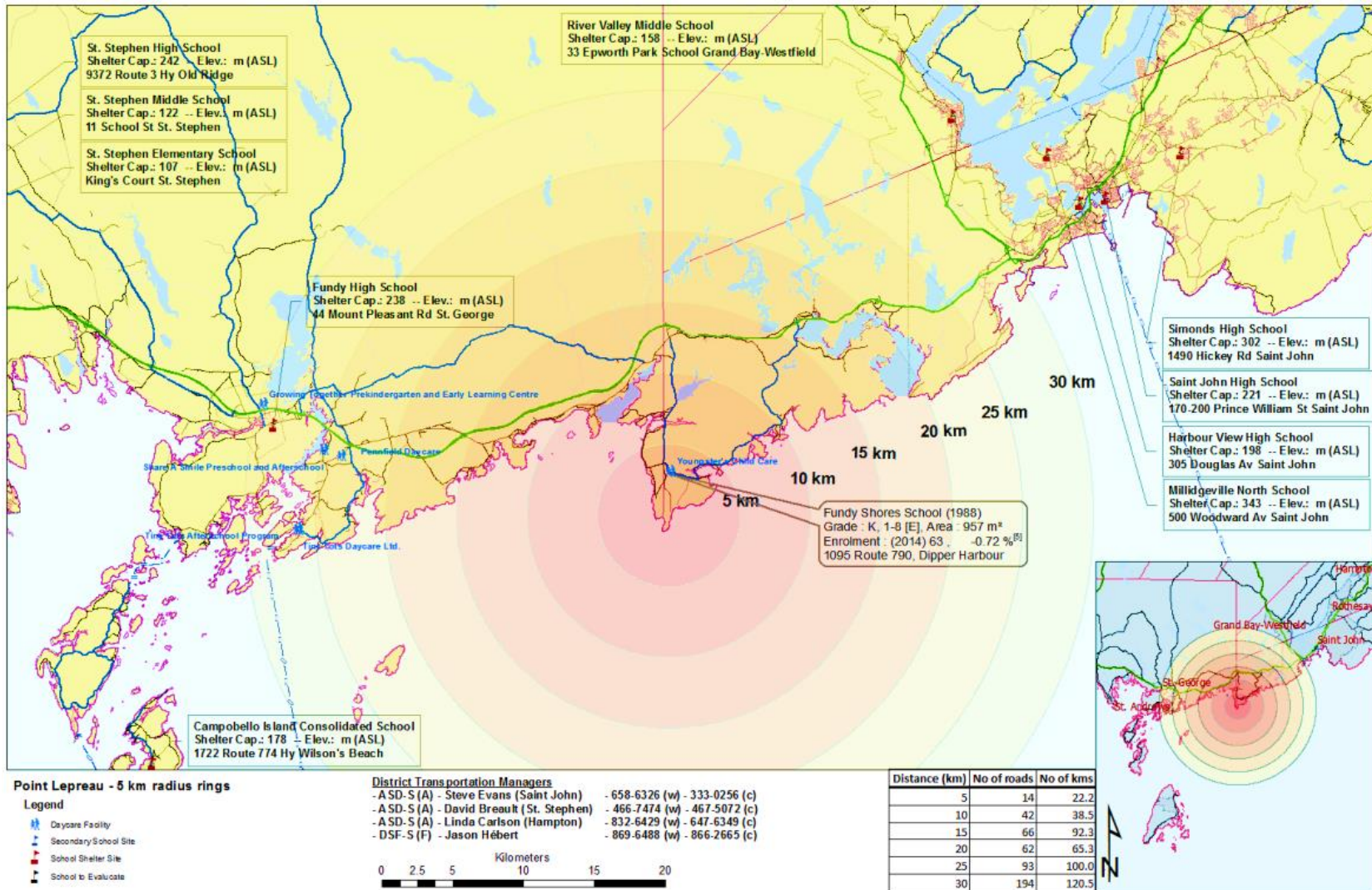


Figure 28 : Structures critiques autour du site de la centrale nucléaire de Point Lepreau [7]

6. RECOMMANDATIONS

Les paragraphes suivants contiennent des recommandations pour les zones de planification d'urgence basées sur les conclusions de ce rapport.

La zone d'action automatique devrait s'étendre jusqu'à 4 km. Il s'agit de la zone entourant immédiatement la centrale nucléaire de Point Lepreau, où des mesures de protection préétablies seraient mises en œuvre par défaut en fonction de l'état du réacteur, afin d'éviter des décès prématurés et des effets sanitaires aigus.

Par conséquent, les plans d'urgence hors site doivent permettre d'alerter immédiatement les résidents de la nécessité d'évacuer rapidement les lieux situés dans un rayon de 4 km du bâtiment du réacteur, dès la déclaration d'une urgence générale.

La zone de planification détaillée doit s'étendre jusqu'à 20 km. La mise en œuvre des actions de protection dans la zone de planification détaillée est basée sur l'état du réacteur, la modélisation des doses et la surveillance de l'environnement. Ces mesures de protection servent à exclure ou à atténuer l'apparition d'effets stochastiques sur la santé (cancer sur une longue période).

Les résultats de ce calcul montrent que les centres d'accueil pour les évacués, les centres de décontamination et les centres d'opérations d'urgence hors site devraient être situés en dehors de la zone de planification détaillée. Les dispositions de préparation détaillée pour la mise à l'abri sur place exigeraient la capacité d'informer le public pendant une urgence grâce à de bons protocoles de notification. En outre, les centres d'urgence (centres d'opérations d'urgence, centres d'accueil, etc.) doivent offrir un abri substantiel, ce qui est normalement le cas des bâtiments publics.

La zone de planification de contingence devrait s'étendre jusqu'à 50 km. Bien qu'il ne soit pas nécessaire de disposer d'une capacité entièrement mise en œuvre et testée pour cette zone située en dehors de la zone de planification détaillée, une planification et des dispositions d'urgence devraient être prises avant une situation d'urgence. Une telle planification proactive garantit que, lors d'une urgence nucléaire, les mesures de protection peuvent être étendues au-delà de la zone de planification détaillée, selon les besoins, afin de réduire le potentiel d'exposition. Voici des exemples de dispositions de préparation appropriées pour la zone de planification de contingence :

- Un concept d'opération générique sur la façon d'alerter le public et de le tenir informé ;
- Il n'est pas nécessaire d'établir un plan détaillé d'évacuation, mais il convient d'envisager une planification étendue de l'évacuation et de définir les responsabilités ;
- Les centres d'accueil pour les personnes évacuées et les centres d'opérations d'urgence hors site qui se trouvent dans la zone de planification de contingence pourraient être touchés si les conditions dépassent les niveaux opérationnels d'intervention ;
- Il devrait y avoir des plans pour étendre la mise à l'abri sur place au-delà des distances

déjà mises en œuvre, si les mesures dépassent le niveau d'intervention opérationnel. Il est relativement simple de prolonger un ordre de mise à l'abri pour le public pendant une urgence si de bons protocoles de notification sont en place ; et

- Aucune distribution préalable de comprimés d'iode aux résidents de la zone de planification de contingence n'est requise, mais des comprimés d'iode en quantité suffisante devraient être disponibles dans les dépôts locaux (pharmacies) et un plan générique sur la manière de les mettre à la disposition du public devrait être préparé.

Les calculs montrent que la zone de planification pour l'ingestion devrait s'étendre à 57 km, même si, dans la pratique, la surveillance des aliments sera basée sur des mesures radiologiques effectuées après la phase de rejet. La zone de planification pour l'ingestion est la zone entourant la centrale nucléaire de Point Lepreau où des plans ou des dispositions sont pris pour protéger la chaîne alimentaire et les réserves d'eau potable, ainsi que pour restreindre la consommation et la distribution de produits alimentaires et non alimentaires potentiellement contaminés.

7. CONCLUSIONS

Ce fondement de planification repose sur l'évaluation d'accidents hypothétiques qui ont été sélectionnés selon les principes de la planification d'urgence, lesquels tiennent compte de la gravité des scénarios d'accident et de leur probabilité. Toutefois, la détermination d'un niveau acceptable de préparation ne dépend pas uniquement de l'appréciation du risque théorique, mais prend également en compte :

- L'acceptation de ce risque par rapport à d'autres risques ;
- Le coût de la préparation aux situations d'urgence ;
- Des considérations pratiques telles que la disponibilité des ressources et la géographie ;
et
- La capacité d'étendre rapidement la mise en œuvre au-delà de la zone de planification en fonction des capacités existantes (c'est-à-dire la capacité d'improvisation).

Les mesures proposées dans ce fondement de planification représentent la meilleure estimation d'un degré de préparation qui est justifié et qui conduirait à une réponse efficace. Elles sont fondées sur des considérations techniques et pratiques. Cependant, d'autres considérations telles que l'acceptation des risques, les facteurs politiques, socio-économiques et démographiques pourraient affecter les exigences finales de la planification.

Les résultats de la nouvelle analyse sont cohérents avec ceux de l'étude de 2004 [9] et montrent que des ajustements mineurs, plutôt que des changements majeurs, peuvent être appropriés, tant au niveau de la distance que de la terminologie des zones, afin de s'aligner sur les normes actuelles.

RÉFÉRENCES

- [1] Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), «Guide des urgences et protection-incendie - Préparation et intervention relatives aux urgences nucléaires,» REGDOC-2.10.1, version 2, février 2016.
- [2] Groupe CSA, «Exigences générales relatives aux programmes de gestion des urgences nucléaires,» CSA N1600-F16, 2016.
- [3] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «Préparation et conduite des interventions en cas de situation d'urgence nucléaire,» GSR Part 7, 2017.
- [4] International Atomic Energy Agency (IAEA), «Safety Standards in Emergency Preparedness and Response,» GS-G-2.1, 2007.
- [5] International Atomic Energy Agency, «Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency,» IAEA Safety Series 109, 1994.
- [6] Santé Canada, «Critères génériques et niveaux opérationnels d'intervention pour la planification et les interventions en cas d'urgences nucléaires,» 2018.
- [7] New Brunswick Department of Public Safety, «Point Lepreau Nuclear Off-Site Emergency Plan Volume II (Procedures),» 2015.
- [8] New Brunswick Department of Health, «Provincial Health Nuclear Emergency Plan for the PLGS – Part 1, Principles, policies and Procedures, Version 2.3,» 2015.
- [9] Point Lepreau Generating Station, «Technical Planning Basis - Radiation Emergency,» IR-78600-02, 2004.
- [10] Groupe CSA, «Lignes directrices pour le calcul des conséquences radiologiques pour le public d'un rejet aérien de matières radioactives associé aux accidents de réacteurs nucléaires,» N288.2:F19, 2019.
- [11] Atomic Energy of Canada Limited (AECL), «Analysis Report – Off-site Consequences Analysis Report,» Point Lepreau Refurbishment Project, 87RF-03611-AR-031, 2008.
- [12] Atomic Energy of Canada Limited (AECL), «Severe Accident Analysis of Stagnation Feeder Break Scenarios,» Point Lepreau Refurbishment Project, 87RF-03500-AR-018, Rev 1, 2009.
- [13] Atomic Energy of Canada Limited (AECL), «Severe Accident Analysis – Blackout Scenarios,» Point Lepreau Refurbishment Project, 87RF-03500-AR-015, Rev 1, 2009.
- [14] Atomic Energy of Canada Limited (AECL), «Severe Accident Analysis – Steam Generator Tube Rupture Scenarios,» Point Lepreau Refurbishment Project, 87RF-03500-AR-019, Rev 1, 2009.
- [15] International Commission for Radiation Protection (ICRP), «Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values,» ICRP Publication 89. Ann. ICRP 32 (3-4), 2002.
- [16] US Nuclear Regulatory Commission (US NRC), «Code Manual for MACCS2: Volume 1, User's Guide,» NUREG/CR-6613, 1998.
- [17] US Environmental Protection Agency (US EPA), «Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications,» EPA-454/R-99-005, 2000.
- [18] Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), «Étude des conséquences d'un grave accident nucléaire hypothétique et de l'efficacité des mesures d'atténuation,» 2015.
- [19] Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), «Conception d'installations dotées de réacteurs : Centrales nucléaires,» REGDOC-2.5.2, 2014.

- [20] International Atomic Energy Agency (IAEA), «Safety Standards in Emergency Preparedness and Response,» GSG-2, 2011.
- [21] US Nuclear Regulatory Commission and US Environmental Protection Agency Task Force on Emergency Planning, «Planning Basis for the Development of State and Local Government Radiological Emergency Response Plans in Support of Light Water Nuclear Power Plants,» NUREG-0396, 1978.
- [22] US Nuclear Regulatory Commission (US NRC), «State-of-the-Art Reactor Consequence Analyses (SOARCA) Report,» NUREG-1935, 2012.
- [23] RIVM (Dutch Environmental Protection Agency), «Inventory and classification of countermeasure zones in the case of a nuclear accident,» 2008.
- [24] US Nuclear Regulatory Commission (US NRC), «Reactor safety study: an assessment of accident risks in U.S. commercial nuclear power plants,» NUREG-75/014 ,WASH-1400 (PWR-5 accident scenario), 1975.
- [25] «Modificatie kernenergie-eenheid central Borssele. Milieu-effectrapport. KEMA Ref. 53388-KET,» 1993.
- [26] «Optimalisatie splijtstof kernenergie-eenheid centrale Borssele. Milieu-effectrapport. KEMA, Ref. 64378-KES/MAD,» 1996.
- [27] «Décret n°2005-1158 du 13 septembre 2005 relatif aux plans particuliers d'intervention concernant certains ouvrages ou installations fixes et pris en application de l'article L741-6 du code de la sécurité intérieure».
- [28] Autorité de sûreté nucléaire (ASN), «Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France - Chapitre 05 : Les situations d'urgence radiologique et postaccidentelles,» ASN, Publication annuelle.
- [29] J. Fleurot, J.-M. Evrard et B. Chaumont, «Les études d'évaluation des termes sources sur les REP,» Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), 2002.
- [30] Gouvernement Français, «Plan national de réponse à un accident nucléaire ou radiologique majeur,» Numéro 200/SGDSN/PSE/PSN, Édition février 2014.

ANNEXE A. INVENTAIRE DU CŒUR D'UN RÉACTEUR CANDU

Tableau 19 : Inventaire du cœur d'un réacteur CANDU

Nucléide	Inventaire (Bq)	Groupe	Nucléide	Inventaire (Bq)	Groupe	Nucléide	Inventaire (Bq)	Groupe
Kr-85	4.62E+15	1	Te-131	2.04E+18	5	Tc-104	2.84E+18	9
Kr-85m	6.50E+17	1	Te-131m	4.48E+17	5	Ru-103	3.04E+18	9
Kr-87	1.30E+18	1	Te-132	3.44E+18	5	Ru-105	2.28E+18	9
Kr-88	1.81E+18	1	Te-133	2.68E+18	5	Ru-106	3.70E+17	9
Xe-131m	2.68E+16	1	Te-133m	2.24E+18	5	Rh-105	1.91E+18	9
Xe-133	4.78E+18	1	Te-134	4.34E+18	5	Pd-109	6.70E+17	9
Xe-133m	1.50E+17	1	I-130	1.24E+18	2	Ag-110m	6.62E+14	9
Xe-135	4.26E+17	1	I-131	2.40E+18	2	Ag-111	1.10E+17	9
Xe-135m	1.03E+18	1	I-132	3.54E+18	2	Ag-112	5.44E+16	9
Xe-138	4.24E+18	1	I-133	4.96E+18	2	Ba-139	4.44E+18	8
As-77	5.42E+15	6	I-134	5.52E+18	2	Ba-140	4.34E+18	8
Se-83	1.46E+17	5	I-135	4.70E+18	2	Ba-141	4.00E+18	8
Br-82	1.89E+15	2	Cs-134	2.06E+16	3	Ba-142	3.78E+18	8
Br-83	3.08E+17	2	Cs-136	3.04E+16	3	La-140	4.42E+18	10
Br-84	5.68E+17	2	Cs-137	5.12E+16	3	La-141	4.06E+18	10
Rb-86	5.74E+14	4	Cs-138	4.60E+18	3	La-142	3.92E+18	10
Rb-88	1.87E+18	4	Sr-89	2.14E+18	7	Ce-141	3.68E+18	11
Rb-89	2.40E+18	4	Sr-90	3.68E+16	7	Ce-143	3.80E+18	11
Cd-113m	1.08E+13	9	Sr-91	3.14E+18	7	Ce-144	1.15E+18	11
Cd-115	1.69E+16	9	Sr-92	3.30E+18	7	Pr-143	2.91E+18	10
Cd-115m	5.96E+14	9	Y-90	3.96E+16	10	Pr-144	2.20E+18	10
Sb-122	2.76E+14	6	Y-91	2.60E+18	10	Pr-145	2.07E+18	10
Sb-124	1.40E+14	6	Y-91m	1.82E+18	10	Pr-147	1.33E+18	10
Sb-125	4.56E+15	6	Y-92	3.32E+18	10	Nd-147	1.52E+18	10
Sb-126	6.30E+14	6	Y-93	2.48E+18	10	Nd-149	8.56E+17	10
Sb-127	2.02E+17	6	Y-94	3.96E+18	10	Pm-147	1.38E+17	11
Sb-128a	3.64E+16	6	Y-95	4.18E+18	10	Sm-153	3.88E+17	10
Sb-128b	3.70E+17	6	Zr-95	3.24E+18	9	Eu-154	9.66E+14	10
Sb-129	7.76E+17	6	Zr-97	3.98E+18	9	Eu-155	1.18E+15	10
Sb-130	2.76E+17	6	Nb-95	2.58E+18	9	Eu-156	1.36E+17	10
Sb-131	1.88E+18	6	Nb-95m	0.00E+00	9	Eu-157	4.02E+16	10
Te-127	1.88E+17	5	Nb-97	3.90E+18	9	Np-237	1.28E+11	11
Te-127m	1.91E+16	5	Mo-99	4.48E+18	9	Pu-239	5.91E+14	11
Te-129	7.24E+17	5	Tc-99m	4.00E+18	9	Cm-242	2.08E+15	11
Te-129m	1.30E+17	5	Tc-101	4.04E+18	9			

ANNEXE B. VÉRIFICATION DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

Des données météorologiques étaient nécessaires pour le logiciel MACCS2. Les données MetMon, fournies par la centrale nucléaire de Point Lepreau, étaient disponibles pour des intervalles d'une minute pour l'année 2015. Pour analyser les données, les résultats ont ensuite été moyennés et transférés dans des intervalles d'une heure. En utilisant des calculs vectoriels, la vitesse moyenne du vent a été calculée en mètres par seconde et la direction moyenne du vent en degrés [17]. L'écart-type de la composante horizontale de la direction du vent (sigma-thêta) a été trouvé en utilisant la méthode de Yamartino et est représenté en degrés [17]. La classe de stabilité (A-F) a été identifiée à l'aide de la méthode de classification de stabilité Pasquill-Gifford basée sur sigma-thêta [17]. Les données sur la moyenne des précipitations quotidiennes ont été obtenues d'Environnement Canada pour le site de la centrale nucléaire de Point Lepreau pour l'année 2015.

L'histogramme de distribution de la fréquence de la vitesse moyenne du vent est présenté à la figure 29. La fréquence augmente pour atteindre sa valeur maximale à une vitesse moyenne de 2,5 m/s.

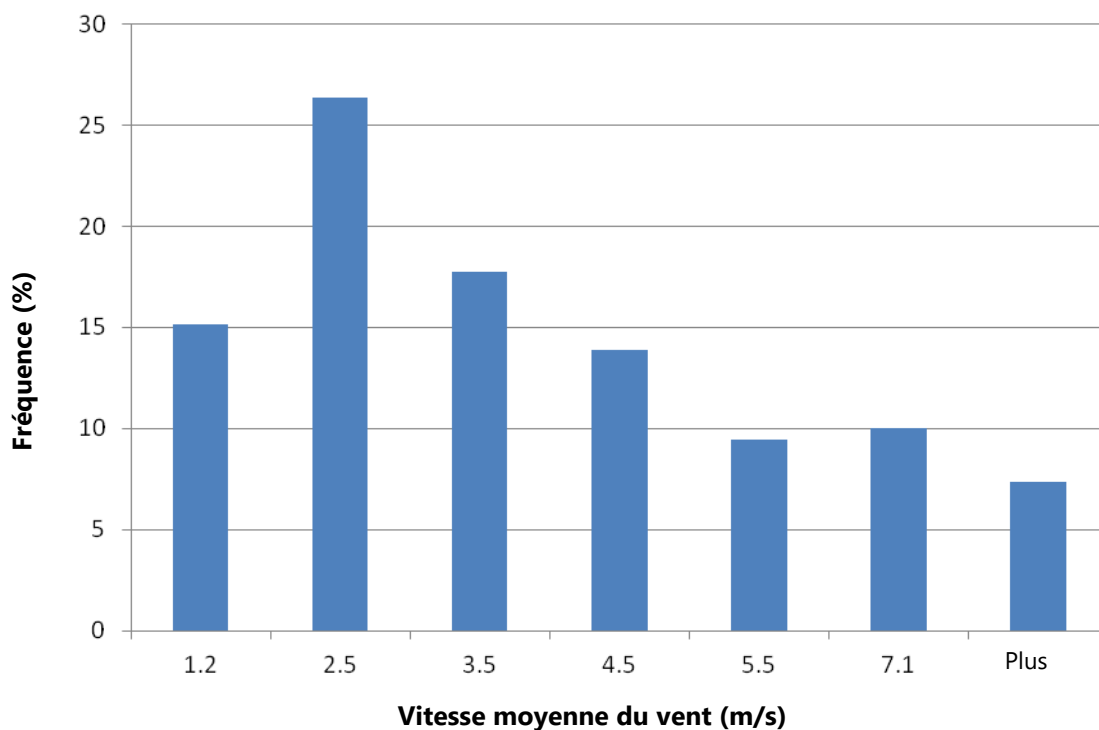


Figure 29 : Distribution de fréquence de la vitesse moyenne du vent en 2015

Le diagramme de la rose des vents est composé de 16 directions cardinales de segments de 22,5 degrés, et leurs fréquences d'apparition sont présentées par la figure 30. Pour l'année 2015 pour la centrale nucléaire de Point Lepreau, le vent souffle principalement de l'ouest (9 %).

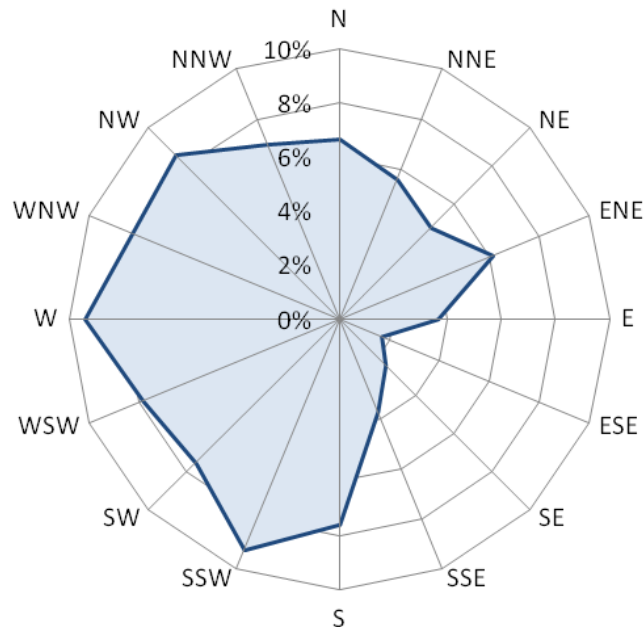


Figure 30 : Rose des vents

Les données obtenues de MetMon étaient complètes à 98 % ; par conséquent, un histogramme sigma-thêta a été généré (figure 31) pour être utilisé dans la détermination de la stabilité du vent. La forme de l'histogramme obtenu a été vérifiée et comparée à un histogramme typique de données sigma-thêta de la norme CSA N288.2:F19 [10]. La forme obtenue ne présentait aucune discontinuité ou distribution anormale (par exemple, des pics multiples). La fréquence d'occurrence la plus élevée est présente autour de 13-15 degrés et diminue à mesure que la valeur sigma-thêta augmente.

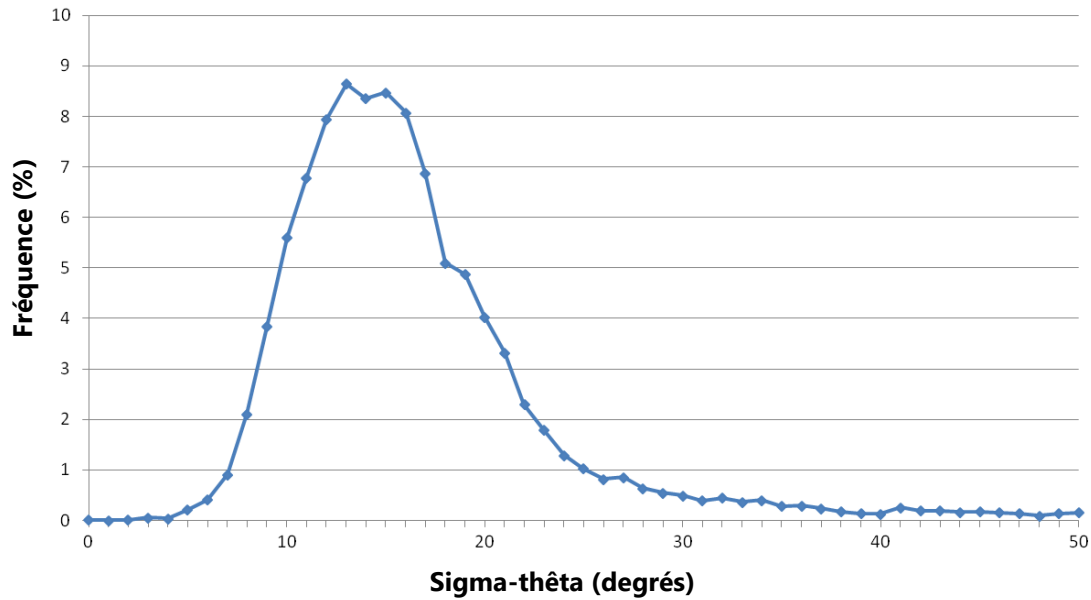


Figure 31 : Histogramme Sigma-thêta

Comme le montre la figure 32 pour les données météorologiques de 2015 de la centrale nucléaire de Point Lepreau, la classe de stabilité D est la plus fréquente avec 51 %, suivie de la classe de stabilité C avec 19 %.

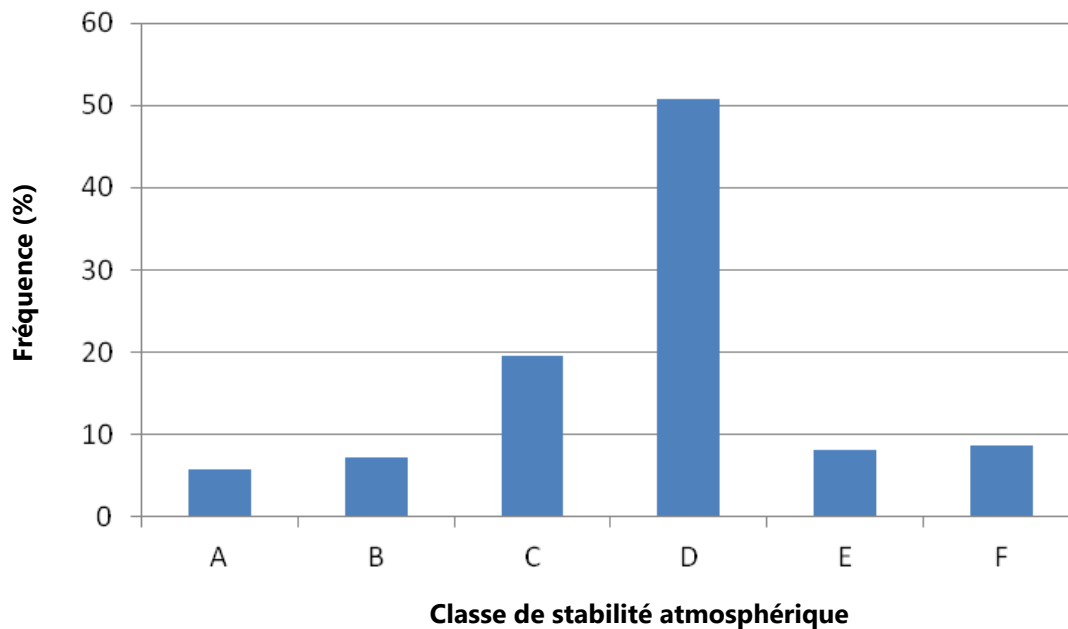


Figure 32 : Données météorologiques 2015 la centrale nucléaire de Point Lepreau - Stabilité

La vitesse moyenne du vent a été calculée pour chaque classe de stabilité (A-F). La distribution est représentée à la figure 33. La vitesse moyenne du vent la plus élevée est celle de la classe de stabilité D (neutre) avec une valeur de 4,44 m/s.

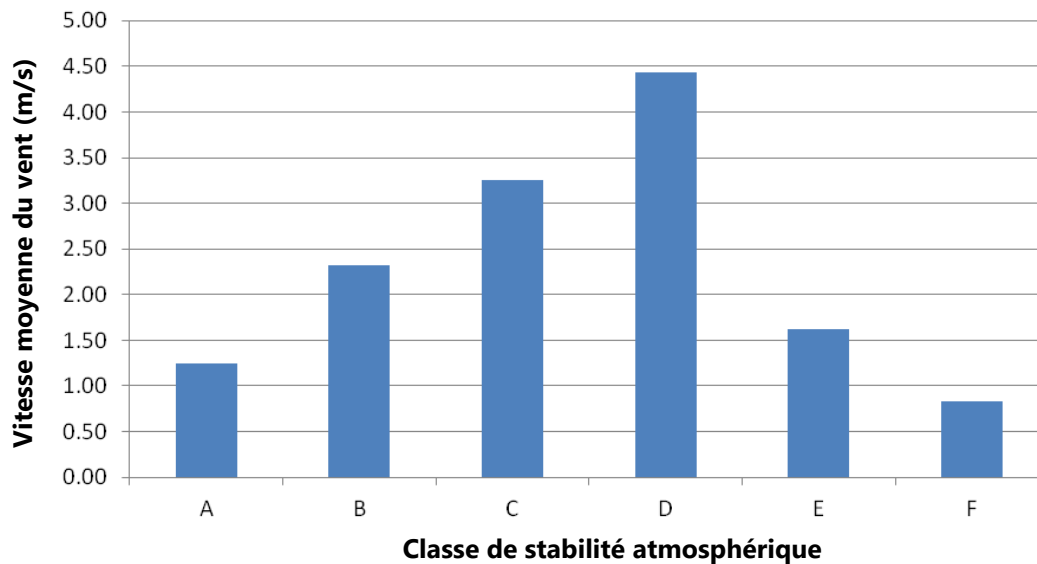


Figure 33 : Vitesse moyenne du vent pour chaque classe de stabilité

L'écart-type moyen de la direction du vent a également été calculé pour chaque classe de stabilité (A-F). L'écart-type le plus élevé est présent dans la classe de stabilité A avec une valeur de 37 degrés, il diminue pour chaque classe de stabilité jusqu'à atteindre la valeur la plus basse de 13 dans la classe de stabilité D. Par conséquent, il augmente à nouveau pour les classes de stabilité E et F. Cela suggère que lorsque l'atmosphère est stable (classe de stabilité E et F), il y a des méandres considérables du vent dans la direction horizontale.

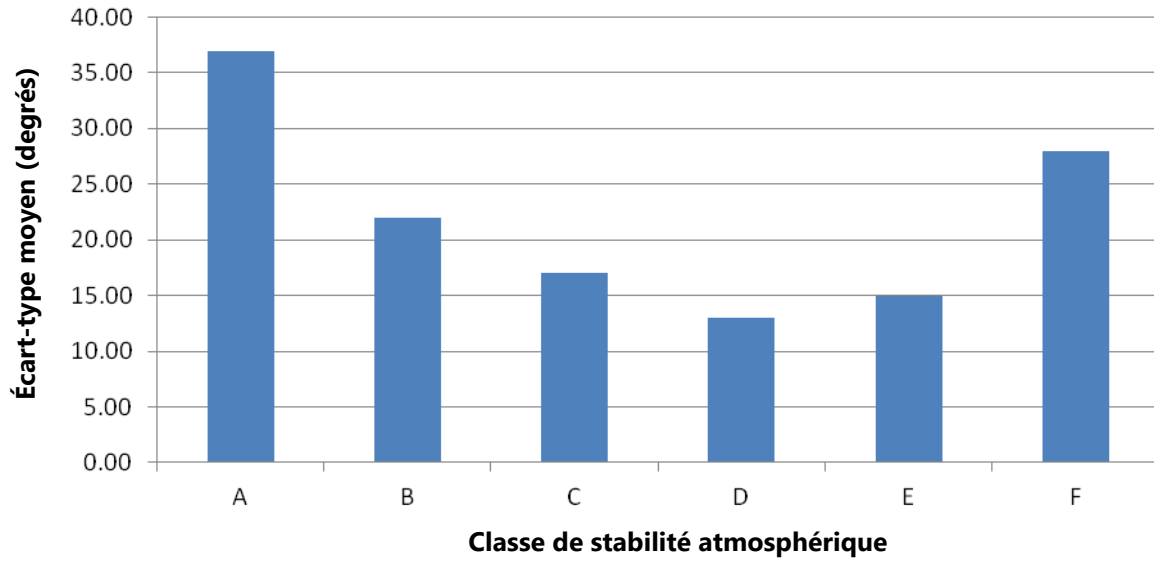


Figure 34 : Écart-type moyen de la direction du vent pour chaque classe de stabilité

ANNEXE C. ANALYSE DOCUMENTAIRE DES APPROCHES DE L'ÉLABORATION D'UN FONDEMENT DE PLANIFICATION

Il existe actuellement de nombreuses approches utilisées dans le monde pour déterminer les zones et les distances « appropriées » de planification d'urgence. La présente annexe passe en revue plusieurs approches nationales d'élaboration d'un fondement de planification :

C.1 L'APPROCHE CANADIENNE

L'**approche canadienne**, telle que décrite dans les documents suivants :

- *REGDOC-2.10.1 de la CCSN, Guide des urgences et protection-incendie - Préparation et intervention relatives aux urgences nucléaires* [1]. Il s'agit d'un document d'application de la réglementation au Canada et il a donc une grande influence sur l'approche qui sera adoptée par la centrale de Point Lepreau.
- *Norme CSA : N1600-16 - Exigences générales relatives aux programmes de gestion des urgences nucléaires* [2]. Il s'agit d'une norme canadienne qui doit être respectée.
- *Étude de la CCSN sur les conséquences d'un grave accident nucléaire hypothétique et de l'efficacité des mesures d'atténuation* [18]. Ce document, publié en 2015², définit un terme générique de grande source de rejet pour les études de préparation aux urgences liées à la centrale nucléaire de Darlington. Bien qu'il ne s'applique pas à la centrale nucléaire de Point Lepreau, il donne un aperçu de ce que la CCSN considère comme une base raisonnable pour la planification d'urgence et donc pour la définition des zones de planification d'urgence.
- *Santé Canada, Critères génériques et niveaux opérationnels d'intervention pour la planification et les interventions en cas d'urgences nucléaires* [6]. Ce document, publié en 2018, fournit des lignes directrices sur les critères à utiliser pour déclencher des actions de protection. Ces lignes directrices ne sont pas obligatoires pour les autorités provinciales.
- *Norme CSA N288.2:F19 Lignes directrices pour le calcul des conséquences radiologiques pour le public d'un rejet de matières radioactives dans l'air dans le cas des accidents de réacteurs nucléaires* [10]. Ce document fournit des conseils sur la façon de calculer les doses, y compris la modélisation de la dispersion et les hypothèses.

² La version préliminaire publiée en 2014 est référencée dans la version anglaise de ce document. La version finale de 2015 ne comporte aucun changement quant au terme source présenté au tableau 20.

C.1.1 Accident(s) considéré(s)

La norme N1600-16 de la CSA stipule³ que « *Le fondement de planification de l'installation du réacteur doit inclure les éléments suivants : Les accidents de dimensionnement (AD); les accidents hors dimensionnement (AHD); les autres urgences menant à des urgences nucléaires; et, pour les installations de réacteurs de puissance à plusieurs tranches, les scénarios d'accidents à plusieurs tranches* ». Elle ne stipule pas spécifiquement la gravité des accidents à prendre en compte ni la manière dont ils doivent être analysés.

Le document d'application de la réglementation REGDOC-2.10.1 de la CCSN fait spécifiquement référence aux accidents graves et indique que le fondement de planification doit prendre en compte tous les accidents analysés ainsi que les événements internes ou externes, y compris les scénarios d'accidents impliquant plusieurs unités et les pertes de puissance prolongées. Il n'y a aucune référence aux fréquences de coupure. Le document explique que le fondement de planification doit être utilisé pour déterminer la portée et la profondeur des exigences du programme de préparation aux situations d'urgence (PPSU). Cela suggère que le niveau de planification pourrait dépendre de la probabilité des accidents envisagés. Le document n'explique pas comment cela pourrait être fait.

La CCSN a préparé un document distinct intitulé *Étude des conséquences d'un accident nucléaire grave hypothétique et de l'efficacité des mesures d'atténuation* [18] décrivant un terme source d'accident grave pour les centrales à tranches multiples qui pourrait être utilisé pour la planification des mesures d'urgence. Les fractions de rejet pour ce terme source d'accident grave sont indiquées au tableau 20.

Tableau 20 : Fractions de rejet proposées par la Commission canadienne de sûreté nucléaire en cas d'accident grave

Groupe de produits de fission	Fraction du rejet
Gaz nobles (p. ex., le xénon)	$4,12 \times 10^{-1}$
Halogènes (p. ex., l'iode)	$1,52 \times 10^{-3}$
Métaux alcalins (p. ex., le césium)	$1,52 \times 10^{-3}$
Terres alcalines	$2,30 \times 10^{-8}$
Métaux réfractaires	$2,53 \times 10^{-4}$
Lanthanides	$8,51 \times 10^{-9}$
Actinides	$5,16 \times 10^{-8}$
Baryum	$1,68 \times 10^{-7}$

Ce terme source correspond aux objectifs de sûreté qui ont été spécifiés pour la conception des nouvelles installations de réacteurs dans le document REGDOC-2.5.2 de la CCSN, *Conception d'installations dotées de réacteurs : Centrales nucléaires* [19]. Le document d'application de la

³ Traduction de l'auteur de la version anglaise de la norme.

réglementation REGDOC-2.5.2 définit une « grande émission radioactive » comme un rejet de césium radioactif (Cs-137) supérieur à 1×10^{14} becquerels (Bq) pendant la durée de l'accident. Le rejet décrit au tableau 20 correspond à cette limite réglementaire pour un « grande émission radioactive ».

Bien que le réacteur de la centrale nucléaire de Point Lepreau n'ait pas été autorisé en vertu des exigences contenues dans le REGDOC-2.5.2 de la CCSN, les fractions de rejet choisies par la CCSN sont semblables aux catégories de rejet de l'étude probabiliste de sûreté de la centrale nucléaire de Point Lepreau.

C.1.2 Dynamique des accidents

Dans le guide à l'intention des titulaires de permis, le REGDOC-2.10.1 de la CCSN [1] suggère que l'information fournie aux autorités hors site sur la base de la planification devrait inclure l'heure de début possible du rejet et la durée des accidents potentiels. Il appartient aux autorités hors site de déterminer comment ces informations peuvent être utilisées dans la planification. La dynamique des accidents n'est pas un facteur dans la détermination des zones et des distances de planification d'urgence.

C.1.3 Définitions des zones et stratégie

La norme CSA N1600-16 suggère les zones de planification d'urgence suivantes et la stratégie correspondante :

- *Zone d'action automatique* : une zone entourant immédiatement une installation de réacteur où des actions de protection préétablies seraient mises en œuvre par défaut en fonction des conditions de l'installation de réacteur. Ces actions de protection servent à empêcher ou à atténuer l'apparition d'effets déterministes graves.
- *Zone de planification détaillée* : une zone entourant une installation de réacteur (comprenant la zone d'action automatique), où des mesures de protection planifiées à l'avance sont mises en œuvre, selon les besoins. La mise en œuvre de mesures de protection dans la zone de planification détaillée est basée sur les conditions de l'installation du réacteur, la modélisation des doses et la surveillance de l'environnement. Ces mesures de protection servent à empêcher ou à atténuer l'apparition d'effets stochastiques.
- *Zone de planification de contingence* : une zone entourant une installation de réacteur (au-delà de la zone de planification détaillée), où la planification d'urgence et les dispositions sont prises à l'avance. Cette planification proactive garantit que, pendant une urgence nucléaire, les mesures de protection peuvent être étendues au-delà de la zone de planification détaillée, selon les besoins, afin de réduire le potentiel d'exposition.
- *Zone de planification de l'ingestion* : une zone entourant une installation de réacteur où des plans ou des dispositions sont prises pour protéger la chaîne alimentaire et les

réserves d'eau potable, ainsi que pour restreindre la consommation et la distribution de produits alimentaires et non alimentaires potentiellement contaminés.

La figure 35 montre les zones de planification d'urgence définies dans la norme CSA N1600-16.

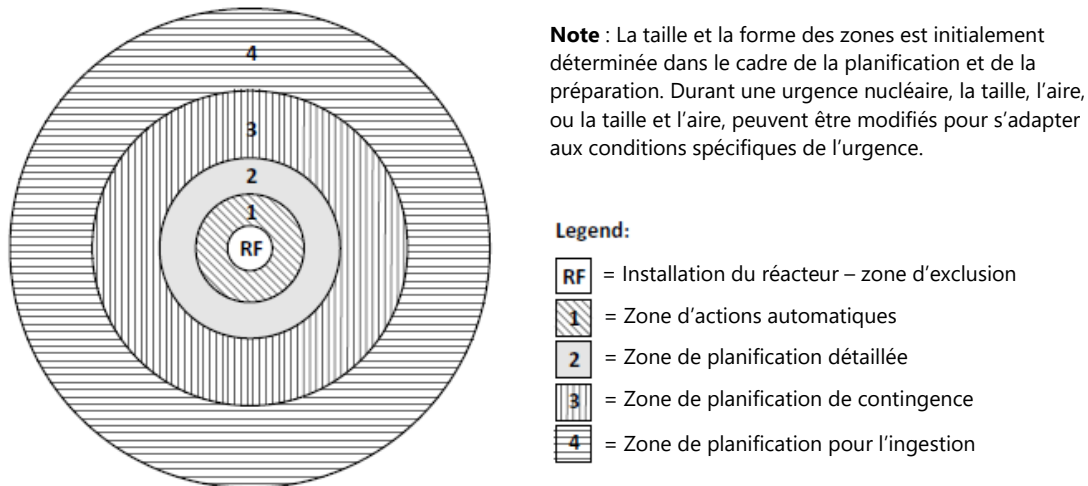


Figure 35 : Zones de planification d'urgence de la norme CSA N1600-16

La section 7.6.1.3 stipule que la taille et la forme des zones de planification d'urgence doivent être établies à l'avance, en utilisant les résultats de l'identification des dangers et de l'évaluation des risques. La taille et la forme de ces zones doivent tenir compte de la probabilité de dépassement des critères de dose et d'autres facteurs (tels que la topographie, la géographie et les réseaux de transport).

C.1.4 Météo

Le temps qui devrait être utilisé dans les calculs de dose pour déterminer la taille des zones et les distances est abordé à la section 4.2.1 de la norme CSA N288.2:F19 [10]. *Le modèle météorologique moyen devrait être utilisé.* Le plus souvent, on dit qu'il correspond à une classe de stabilité du vent neutre, soit Pasquill D.

C.1.5 Récepteur

La norme N288.2:F19 du groupe CSA recommande que, pour les évaluations des plans d'urgence propres à un site, la personne représentative de la population générale soit un adulte. La norme recommande également que, le cas échéant, et selon les directives de l'autorité compétente, les mesures de protection soient évaluées en fonction des doses calculées pour la population vulnérable.

C.2 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES DE SÛRETÉ ET DIRECTIVES DE L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE (AIEA)

Les **prescriptions et orientations de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)**, telles que définies dans les documents suivants :

- Normes de sûreté de l'AIEA en matière de préparation et d'intervention d'urgence [3] [20]. [4]. Il s'agit de normes internationales. Bien que non obligatoires, elles représentent des accords consensuels entre tous les États membres de l'AIEA, y compris le Canada.

C.2.1 Exigences

GSR Part 7 [3], la plus récente de la série des prescriptions générales de sûreté de l'AIEA sur la préparation et la réponse aux situations d'urgence, exige qu'un large éventail d'accidents soit pris en compte dans l'évaluation des risques.

4.20. Le gouvernement veille à ce que pour les installations et les activités, une évaluation il soit procédé à une évaluation des dangers en adoptant une approche graduée. L'évaluation des dangers consiste notamment à examiner :

- a) les événements qui pourraient avoir des incidences sur l'installation ou l'activité, y compris les événements de très faible probabilité et les événements non pris en compte dans la conception ;*
- b) les événements combinant une situation d'urgence nucléaire ou radiologique et une situation d'urgence classique, par exemple un séisme, une éruption volcanique, un cyclone tropical, des conditions météorologiques extrêmes, un tsunami, la chute d'un aéronef ou des troubles civils qui pourraient toucher de vastes régions et/ou altérer la capacité d'apporter un appui dans l'intervention d'urgence ;*
- c) les événements qui pourraient avoir des incidences sur plusieurs installations et activités en même temps et les interactions entre les installations et activités affectées ;*
- d) les événements survenant dans des installations situées dans d'autres États ou les événements impliquant des activités dans d'autres États.*

Ce principe est répété dans le reste des normes de sûreté, bien que ces documents n'expliquent pas comment utiliser ces accidents.

C.2.2 Directives pour le calcul des zones de planification

L'annexe II.3 du guide de sûreté GS-G-2.1 de l'AIEA [4] donne les indications suivantes⁴ :

Chaque État peut effectuer une analyse indépendante pour déterminer la taille de ses propres zones qui sont appropriées compte tenu des spécificités de l'État, à condition que l'analyse : (a) porte sur toute la gamme des situations d'urgence possibles, y compris celles dont la probabilité est faible, comme l'exigent les Exigences (réf. [2], par. 4,48) ; et (b) soit réalisée dans le but de satisfaire aux exigences relatives à l'établissement de ces zones, comme le prévoient les Exigences (réf. [2], par. 4,48).

Le point clé à noter est l'énoncé « porte sur toute la gamme des situations d'urgences possibles, y compris celles dont la probabilité est faible », ce qui indique l'inclusion des accidents moins graves, qui ont une probabilité plus élevée, ainsi que des accidents plus graves, qui ont une faible probabilité.

Le même document de l'AIEA donne plus d'indications sur la manière de calculer la taille des zones :

TABLEAU 8, ZONES D'URGENCE SUGGÉRÉES ET DIMENSIONS DES ZONES (a)

Installations	Rayon de la zone d'action préventives (ZAP) (b),(c)	Rayon de la zone de planification des actions protectrices urgentes (ZPU) (d)
<i>Installations de catégorie de menace I</i>		
Réacteurs > 1000 MW(th)	3-5 km	5-30 km (e)

(a) Le rayon est la distance approximative par défaut de l'installation à laquelle la limite de la zone doit être établie. Une variation d'un facteur de deux ou plus pendant l'application est raisonnable. Une distance différente devrait être utilisée lorsque cela est justifié par une analyse de sûreté détaillée.

(b) Les rayons suggérés sont les distances approximatives pour lesquelles la dose aiguë (2 jours) à la moelle osseuse ou au poumon pourrait (avec une très faible probabilité) approcher des niveaux qui mettent la vie en danger (c'est-à-dire dépasser les valeurs de l'annexe II de la Réf. [2]). Un rayon maximal de 5 km est recommandé, comme indiqué ailleurs dans cette annexe. Le terme source (rejet) utilisé pour les urgences du réacteur est typique de celui postulé pour la gamme d'accidents de faible probabilité qui pourraient potentiellement conduire à des effets déterministes graves en dehors du site.

(c) Les rayons ont été choisis sur la base de calculs effectués avec le modèle informatique RASCAL 3,0 [41]. Aux fins du calcul, on suppose des conditions météorologiques moyennes, l'absence de pluie, un rejet au niveau du sol et une exposition pendant 48 heures au rayonnement des contaminants radioactifs sur le sol, et on calcule la dose à pour une personne à l'extérieur au centre du panache pendant 48 heures.

(d) Les rayons suggérés sont les distances approximatives pour lesquelles la dose efficace totale pour l'inhalation, le rayonnement des contaminants radioactifs dans le panache et le rayonnement des contaminants radioactifs sur le sol pendant 48 heures ne dépassera pas 1 à 10 fois le niveau d'intervention pour l'évacuation, avec un rayon maximal de 5 à 30 km, comme recommandé pour les raisons exposées ailleurs dans le présent appendice.

(e) Une distance comprise entre 5 et 30 km peut être considérée comme raisonnable si elle est étayée par une analyse spécifique du site.

⁴ Traduction de l'auteur de la version originale en anglais seulement.

La note a) indique que le rayon de la zone est la distance approximative par défaut de l'installation à laquelle la limite de la zone devrait être établie. Une variation d'un facteur deux ou plus par rapport à cette distance par défaut est raisonnable lorsqu'elle est appliquée aux limites géographiques.

Les notes b) et c) recommandent que le rayon de la zone d'action de précaution (ZAP) soit basé sur des calculs utilisant un terme source typique « pour la gamme d'accidents de faible probabilité qui pourraient potentiellement conduire à un effet déterministe grave sur la santé en dehors du site ». Ce calcul devrait utiliser des conditions météorologiques moyennes, l'absence de pluie, un rejet au niveau du sol, et une exposition de 48 heures au rayonnement des contaminants radioactifs sur le sol pour une personne exposée à l'extérieur, sur la ligne centrale du rejet.

Pour le calcul du rayon de la zone de planification des actions protectrices urgentes (ZPU), les orientations de la note d) indiquent que « la dose efficace totale pour l'inhalation, rayonnement des contaminants radioactifs dans le panache et le rayonnement des contaminants radioactifs sur le sol pendant 48 heures ne dépassera pas 1 à 10 fois le niveau d'intervention pour l'évacuation, avec un rayon maximal de 5 à 30 km ». La note e) propose « Une distance comprise entre 5 et 30 km peut être considérée comme raisonnable si elle est étayée par une analyse spécifique au site ».

C.2.3 Autres considérations

La taille de la zone pour la planification d'urgence est également basée sur d'autres considérations, telles que les données historiques des précédents accidents graves survenus dans des centrales nucléaires, le temps disponible pour mettre en œuvre les actions de protection, le temps disponible pour mener des enquêtes hors site, et le risque résiduel pour les membres du public non évacués.

Le guide de sûreté GS-G-2.1 de l'AIEA [4] offre des conseils supplémentaires sur d'autres considérations relatives à la taille de la zone.

Les tailles suggérées pour la ZAP sont basées sur un jugement d'expert effectué en tenant compte des éléments suivants :

- *Des mesures de protection urgentes prises avant ou peu après un rejet dans ce rayon permettront d'éviter des doses dépassant les seuils de décès précoce pour la grande majorité des urgences majeures prévues pour ces installations.*
- *Les mesures de protection urgentes prises avant ou peu après un rejet dans ce rayon permettront d'éviter que les doses ne dépassent les seuils d'intervention d'urgence pour la majorité des urgences prévues pour l'installation.*
- *Des débits de dose pouvant être mortels en quelques heures ont été observés à ces distances lors de l'accident de Tchernobyl.*
- *Le rayon maximal raisonnable pour la ZAP est supposé être de 5 km, car :*
 - a) *En dehors des urgences aux conséquences les plus graves, c'est la distance limite au-delà de laquelle on postule des doses qui conduiraient à des décès précoces [25, 26] ;*
 - b) *il permet une réduction de la dose d'un facteur dix environ par rapport à la dose sur le site ;*

- c) *il est très peu probable que des mesures de protection urgentes soient justifiées à une distance significative au-delà de cette distance radiale ;*
- d) *elle est considérée comme la limite pratique de la distance à laquelle une mise à l'abri ou une évacuation substantielle peut être rapidement mise en œuvre avant ou peu après un rejet radioactif ; et*
- e) *la mise en œuvre de mesures de précaution et de protection urgentes dans un rayon plus large pourrait réduire l'efficacité des mesures pour les personnes les plus proches du site qui courent le plus grand risque.*

Les tailles suggérées de la zone ZPU pour les installations de catégorie de menace I sont basées sur un jugement d'expert effectué en tenant compte des éléments suivants :

- *Selon les études [26], il s'agit des distances radiales à partir desquelles une surveillance visant à localiser et à évacuer les points chauds (dus aux dépôts) dans les heures qui suivent peut être justifiée pour réduire de manière significative le risque de doses qui entraîneraient des décès précoces dans les situations d'urgence aux conséquences les plus graves prévues pour les réacteurs de puissance.*
- *À ces distances radiales, la concentration (et donc le risque) due à un rejet est réduite par un facteur d'environ dix par rapport à la concentration à la limite de la ZAP.*
- *Cette distance fournit une base substantielle pour l'expansion des efforts de réponse.*
- *Une distance de 5 à 30 km est supposée être la limite pratique de la distance radiale à l'intérieur de laquelle il est possible d'effectuer une surveillance et de mettre en œuvre les actions de protection urgentes appropriées en quelques heures.*
- *Dans des conditions météorologiques moyennes (dilution), au-delà de ce rayon, pour la plupart des urgences hypothétiques ayant des conséquences graves, la dose efficace totale reçue par un individu ne dépasserait pas les seuils d'action de protection urgente pour l'évacuation.*

Ces considérations soulignent le fait que la taille de la zone n'est pas seulement une question d'évaluation des risques techniques, mais aussi une question de préparation.

C.3 L'APPROCHE DES ÉTATS-UNIS

L'**approche des États-Unis**, telle que définie dans :

- *NUREG 0396, Planning Basis for the Development of State and Local Government Radiological Emergency Response Plans in Support of Light Water Nuclear Power Plants [21]. Ce document, bien que publié en 1978, reste la base des zones de planification d'urgence actuelles aux États-Unis.*
- *NUREG 1935, State-of-the-Art Reactor Consequence Analyses (SOARCA) Report [22]. Ce rapport est utile en ce qui concerne la façon dont les conséquences des accidents les plus probables peuvent ou doivent être calculées, mais il ne fournit pas d'indications directes sur la façon de déterminer les zones et distances de planification d'urgence.*

C.3.1 Accident(s) considéré(s)

L'approche américaine prend en compte un large éventail de scénarios d'accidents postulés, des AD aux accidents graves avec défaillance du confinement, tempérés par des considérations de probabilité. Il s'agit d'une approche semi-probabiliste qui diffère de la méthode purement déterministe utilisée dans la plupart des autres références.

Le rapport indique que « les accidents de dimensionnement et les accidents de fusion du cœur moins graves doivent être pris en compte lors du choix d'une base pour la planification d'actions de protection prédéterminées et que certaines caractéristiques des accidents de fusion du cœur plus graves doivent être prises en compte dans la planification afin de garantir l'existence d'une certaine capacité à réduire les conséquences des accidents les plus graves.

La zone de planification d'urgence de 10 miles (16 km), pour la voie d'exposition au panache, est basée sur le fait qu'il est peu probable que les guides d'action protectrice (GAP), qui sont en termes de dose au corps entier, soient dépassés au-delà de cette distance, pour le scénario météorologique limitatif (météorologie du 5^e percentile et trajectoire du panache en ligne droite). La zone de planification d'urgence de 80 km pour la voie d'ingestion est basée sur le fait que, au-delà de cette distance, également pour le scénario météorologique limite, il est peu probable que le GAP pour la dose à la thyroïde via la consommation de lait pour un nourrisson soit dépassée.

Ces distances sont confirmées par l'analyse des accidents graves. Lorsque tous les accidents liés à la fusion du cœur sont pris en compte avec leurs probabilités, les résultats montrent que la probabilité d'effets déterministes graves sur la santé (200 rem sur le corps entier, ou 2 Sv) diminue considérablement après 16 km. Un argument similaire est avancé pour la probabilité de dépasser les GAP d'ingestion au-delà de 80 km.

C.3.2 Dynamique des accidents

Le NUREG 0396 mentionne spécifiquement le moment de l'accident comme un facteur clé dans la détermination des zones de planification d'urgence. Cela n'a pas d'incidence sur la taille des zones de planification, mais sur les exigences en matière de délai d'intervention. On estime que le délai entre l'initiation et le rejet majeur pourrait être de 30 minutes à un jour ; la durée du rejet, de 30 minutes à plusieurs jours ; le temps pour le gros du rejet de 30 minutes à un jour après le début du rejet ; et le temps de déplacement de 30 minutes à 2 heures jusqu'au point d'exposition à 8 km (5 miles), et de 1 à 4 heures à 16 km (10 miles). Ces informations sont utilisées pour calculer l'efficacité potentielle des mesures de protection dans les zones de planification d'urgence, en particulier dans la zone d'exposition du panache.

Les résultats montrent que, dans un rayon de 8 km, l'évacuation est plus efficace que la mise à l'abri pour réduire la probabilité de décès. De 8 à 16 km (5 à 10 miles), la distinction est moins nette. Au-delà de 16 km, il n'y a pas de différence entre l'évacuation et la mise à l'abri pour ce qui est de la réduction de la probabilité de décès, et le temps est un facteur moins important.

C.3.3 Météo

Les conditions météorologiques limites (météorologie au 5^e percentile et trajectoire du panache en ligne droite) sont utilisées pour le calcul des doses pour les AD. La persistance du vent (2-4 heures) est discutée et prise en compte, mais n'est pas utilisée dans les calculs, sauf pour justifier la distance de planification d'ingestion relativement courte. La météorologie probabiliste est utilisée dans le calcul de la probabilité de dépassement des seuils déterministes pour les accidents graves.

C.3.4 Récepteur

Le récepteur pour les calculs de dose au corps entier est un « individu », supposé signifier un individu moyen. Le récepteur pour la dose à la thyroïde est un nourrisson.

C.3.5 Critères

Les GAP utilisés dans le NUREG 0396 sont les suivants :

Tableau 21 : Actions de protection suggérées aux États-Unis

Action de protection	Critères
Mise à l'abri et évacuation	1 à 5 rem de dose au corps entier pour les individus (10 à 50 mSv de dose efficace)
Iode stable	5 à 25 dose à la thyroïde des individus (50 à 250 mSv dose équivalente à la thyroïde)
Contrôle de l'ingestion	30 rem thyroïde à l'individu (dose équivalente de 300 mSv à la thyroïde) 10 rem thyroïde au nourrisson (dose équivalente de 100 mSv à la thyroïde)

C.3.6 Définitions des zones et stratégie

Les États-Unis définissent deux zones de planification d'urgence : une zone de planification d'urgence (EPZ) panache de 10 miles (16 km) et une EPZ-ingestion de 50 miles (80 km). En pratique, bien que cela ne soit pas documenté dans la référence, suite à la déclaration d'une urgence générale (signifiant qu'un rejet est imminent ou en cours), un rayon de 2 miles (3,2 km) autour de la centrale et de 5 miles (8 km) sous le vent serait évacué.

C.4 L'APPROCHE DES PAYS-BAS

L'**approche des Pays-Bas**, est expliqué dans le document suivant :

- *RIVM (Agence néerlandaise de protection de l'environnement), Inventaire et classification des zones de contre-mesures en cas d'accident nucléaire* [23]. Ce document est un exemple de la manière dont un pays européen tente de définir les zones et les distances de planification d'urgence pour atteindre une cohérence avec ses voisins, dans un contexte où chaque pays européen utilise des hypothèses et des critères différents pour définir les zones.

C.4.1 Accident(s) considéré(s)

Auparavant, les zones de planification d'urgence étaient basées sur le scénario d'accident PWR-5 du rapport WASH-1400 [24] mis à l'échelle pour la puissance de la centrale nucléaire de Borssele. Cela correspond à une fusion du cœur avec défaillance de l'isolation et pénétration du confinement (pas de défaillance structurelle du confinement). En 2008, cette base a été révisée, sans modification majeure de la taille des zones de planification d'urgence. Dans l'étude de 2008, trois catégories d'accidents sont considérées :

- WASH-1400 PWR-5 [24] ;
- STSC-CON1, MER-1993 [25] et
- STC-3, MER-1996 [26].

Les principales différences entre ces scénarios sont les fractions relatives de gaz rares, d'iode et de césium libérés, STC-CON1 implique une défaillance tardive du confinement, STC-3 implique un rejet court, d'une heure, après quatre heures de maintien du confinement. L'étude est déterministe et fournit une gamme de tailles possibles de zones de planification d'urgence sur la base de ces trois scénarios.

C.4.2 Dynamique des accidents

La dynamique des accidents n'est pas spécifiquement prise en compte dans la détermination de la taille des zones de planification d'urgence.

C.4.3 Météo

Les distances sont calculées pour deux conditions météorologiques limites : le 95^e percentile et le 68^e percentile.

C.4.4 Récepteur

Le récepteur est un individu moyen pour les calculs relatifs à la mise à l'abri et à l'évacuation, et un nourrisson pour ceux relatifs à l'iode stable.

C.4.5 Critères

Les actions de protection utilisées aux Pays-Bas sont les suivantes :

Tableau 22 : Actions de protection suggérées aux Pays-Bas

Action de protection	Critères
Mise à l'abri et évacuation	Dose efficace de 200 mSv
Iode stable	Dose thyroïdienne de 100 mSv pour un enfant d'un an
Contrôle de l'ingestion	Non abordé dans l'étude

C.4.6 Définitions des zones et stratégie

Les zones de planification d'urgence aux Pays-Bas autour de la centrale nucléaire de Borssele sont les suivantes :

- 5 km pour l'évacuation ;
- 10 km pour l'iode stable ; et
- 20 km pour la mise à l'abri.

La mise en œuvre des actions de protection dans chaque zone est basée sur une analyse des paramètres de l'installation au moment de l'accident et sur des projections de dose basées sur les conditions météorologiques réelles. Il n'existe pas de mesures de protection d'urgence automatiques (réflexes).

C.5 L'APPROCHE FRANÇAISE

L'**approche française** a été récemment modifiée, telle que décrite, entre autres, dans les documents suivants :

- *Décret n° 2005-1158 du 13 septembre 2005 relatif aux plans particuliers d'intervention concernant certains ouvrages ou installations fixes et pris en application de l'article L741-6 du code de la sécurité intérieure* [27]. Il s'agit d'un document officiel du gouvernement qui donne des instructions aux autorités responsables sur les dispositions à prendre en cas d'urgence et les distances auxquelles la planification doit être mise en œuvre.
- *Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France - Chapitre 05 : Les situations d'urgence radiologique et postaccidentelles* [28]. Ce document

offre une vue d'ensemble de l'approche et de la stratégie françaises en matière de préparation aux urgences nucléaires et radiologiques. Il explique clairement les actions correspondant à chaque zone de planification d'urgence, en soulignant les différences par rapport aux normes internationales.

- *Les études d'évaluation des termes sources sur les REP* [29]. Ce document décrit les nouvelles séquences d'accidents prises en compte pour la détermination des zones de planification.

C.5.1 Accident(s) considéré(s)

Auparavant, le terme source de référence pour la détermination des zones de planification d'urgence était « S3 », un terme source basé sur l'étude de sûreté des réacteurs WASH-1400, adapté aux réacteurs français. Le terme source S3 correspond à une fusion partielle du cœur avec une fuite retardée de produits de fission hors du confinement, avec une rétention importante. Le contournement et la défaillance du confinement n'ont pas été pris en compte.

La nouvelle étude des termes sources examine et révisé cette approche. Trois termes sources sont considérés, correspondant à des variations d'un scénario impliquant une fusion du cœur avec défaillance du confinement. Il convient de noter que, dans tous les scénarios, la plupart des rejets passent par des préfiltres et des filtres à sable, selon une stratégie de rejet contrôlé visant à empêcher la surpression de l'enceinte de confinement.

C.5.2 Dynamique des accidents

La base des zones de planification d'urgence considère deux grandes catégories pour la cinétique de l'accident : les rejets probables dans les 6 heures et dans plus de 6 heures. Le premier cas conduit à des actions réflexes sur la zone d'évacuation réflexe, indépendamment de la météo. Le second conduit à des décisions « concertées » basées sur les paramètres de la centrale, les projections de dose et la météo réelle.

C.5.3 Météo

Aucune information n'est disponible au moment de la rédaction du présent document sur les scénarios météorologiques utilisés pour les calculs de dose.

C.5.4 Récepteur

Aucune information n'est disponible au moment de la rédaction du présent document sur le récepteur utilisé pour le calcul des doses.

C.5.5 Critères

Les niveaux d'intervention utilisés en France sont les suivants [30] :

Tableau 23 : Actions de protection suggérées en France

Action de protection	Critères
Mise à l'abri	Dose efficace de 10 mSv
Évacuation	Dose efficace de 50 mSv
Iode stable	50 mSv dose à la thyroïde
Contrôle de l'ingestion	Non utilisé dans la détermination des zones de planification d'urgence

C.5.6 Définitions des zones et stratégie

Les zones de planification d'urgence sont les suivantes. Notez qu'elles comprennent une zone d'évacuation réflexe pour les accidents dans lesquels un rejet est prévu dans moins de 6 heures. Notez également que ces distances ont été très récemment révisées par décret gouvernemental en 2016.

Tableau 24 : Zones de planification d'urgence en France

Zone	Distance
Zone d'évacuation réflexe pour les rejets dans les 6 heures	5 km
Zone de planification détaillée (PPI) pour la mise à l'abri, l'évacuation et l'iode stable, sur la base des paramètres de l'installation et de la projection de la dose en fonction des conditions météorologiques réelles	20 km
Contrôle de l'ingestion <ul style="list-style-type: none"> - Zone de protection de la population (ZPP) - Zone de surveillance renforcée (ZSR) 	Ces zones sont déterminées pendant l'urgence sur la base de la surveillance sur le terrain et des calculs de projection de dose,

ANNEXE D. RÉSUMÉ DE L'ANALYSE DOCUMENTAIRE

Tableau 25 : Résumé des conclusions de l'analyse documentaire sur les zones de planification

Facteur	Canada	É.-U.	Pays-Bas	France	AIEA
Accidents	AD et AHD, mais avec un certain crédit accordé au confinement (dans le cas de la centrale nucléaire de Darlington)	Scénarios de AD et de fusion du cœur avec défaillance du confinement	Fusion du noyau avec défaillance partielle de l'isolation	Fusion du cœur avec défaillance du confinement	Fusion du cœur avec défaillance du confinement
Dynamique des accidents		Le moment du rejet et le temps de déplacement du panache sont pris en compte dans la taille des zones		Temps de rejet <6 heures : évacuation de la zone réflexe	Rejet de 10 heures
Météo	Météo moyenne	5 ^e percentile pour les AD ; météo probabiliste pour les accidents graves	68 ^e à 95 ^e percentile	Non disponible	Pasquill D avec une rotation de 90 degrés sur la durée du rejet
Récepteur	Personne représentative	Dose au corps entier : individu moyen ; Dose à la thyroïde : nourrisson	Dose efficace pour la mise à l'abri et l'évacuation : individu moyen ; dose thyroïdienne : nourrisson	Non disponible	Individu moyen et fœtus, en tenant compte de la mise à l'abri
Critères	Abri : 5 mSv en un jour Évacuation : 50 mSv en 7 jours lode : dose équivalente engagée de 100 mSv Déplacement : 50 mSv/an Contrôle des aliments : 1 mSv/an	Abri/évacuation : 1-5 rem (10-50 mSv) lode : 5-25 rem Th (50-250 mSv) Alimentation : 10 rem (100 mSv) pour la thyroïde du nourrisson ; 30 rem (300 mSv) pour la thyroïde de l'individu,	Mise à l'abri et évacuation : 200 mSv lode : dose de 100 mSv sur un an pour un nourrisson	Abri : 10 mSv Évacuation : 50 mSv lode : 50 mSv th	Effets déterministes graves : 1 Gy moelle osseuse rouge Effets stochastiques : 100 mSv fœtus dû à l'inhalation par la mère

Facteur	Canada	É.-U.	Pays-Bas	France	AIEA
Définition et stratégie des zones	Zone d'action automatique Zone de planification détaillée Zone de planification de contingence Zone de planification pour l'ingestion	EPZ-plume : 10 miles (16 km) EPZ-ingestion : 80 km (50 miles) Évacuation en cas d'urgence générale de 3,2 km autour de la centrale et de 8 km sous le vent	Évacuation : 5 km Abri : 20 km Iode : 10 km	Zone réflexe : 5 km Zone de planification détaillée : 20 km	ZAP : 3-5 km évacués en cas d'urgence générale ZPU : 25-30 km DPE : 100 km DPID : 300 km