



**LIGNES DIRECTRICES POUR L'UTILISATION DES COMPRIMÉS D'IODE STABLE EN
CAS D'ACCIDENT À LA CENTRALE NUCLÉAIRE GENTILLY-2
Mise à jour 2012**

pour S'ALIMENTER

pour S'ÉPAULER

pour VOIR LOIN

pour TENDRE L'OREILLE

pour AVOIR DU FLAIR

Agence de la santé
et des services sociaux
de la Mauricie
et du Centre-du-Québec

Québec



**LIGNES DIRECTRICES POUR L'UTILISATION DES COMPRIMÉS D'IODE
STABLE EN CAS D'ACCIDENT À LA CENTRALE NUCLÉAIRE GENTILLY-2**

Mise à jour 2012

Par Marco Desjardins et Ann St-Jacques

Décembre 2012

Le présent document a été réalisé par la Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec.

Recherche et rédaction

Mise à jour :

Marco Desjardins, M.D.

Ann St-Jacques

Version du 23 janvier 2002 :

Gilles W. Grenier, M.D.

Nadine Tremblay

Révision

Gilles W. Grenier, M.D.

Karine Martel

Secrétariat

Diane Bourassa

Dépôt légal – 2012

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

ISBN 978-2-89340-262-8 (version imprimée)

ISBN 978-2-89340-263-5 (version PDF)

Dans ce document, le générique masculin est utilisé dans le seul but d'alléger le texte et désigne tant les femmes que les hommes.

Toute reproduction totale ou partielle de ce document est autorisée, à condition que la source soit mentionnée.

Document disponible sur le site Internet de l'Agence

www.agencesss04.qc.ca

Table des matières

ACRONYMES	VI
INTRODUCTION	1
1 RAPPEL DES BASES DE PLANIFICATION	3
1.1 Délimitation de la ZPU-P	4
1.2 Dimension de la ZPU-P	4
2 USAGE DES COMPRIMÉS D’IODE STABLE EN URGENGE NUCLÉAIRE	6
2.1 Expérience internationale	6
2.1.1 L’accident de Tchernobyl (UNSCEAR, 2012 et IRSN, 2011)	7
2.1.2 L’accident de Fukushima	10
3 NATURE DU RISQUE	11
3.1 L’iode radioactif	11
3.1.1 Exposition à l’iode radioactif	12
3.1.2 Population à risque	12
3.1.3 Effets sur la santé	14
3.2 Accidents et doses à la thyroïde	15
3.3 Dynamique des accidents	16
4 PROPHYLAXIE À L’IODE STABLE	18
4.1 Mécanismes d’action et efficacité	18
4.2 Efficacité et l’expérience de la Pologne	19
4.3 Effets secondaires reliés à la prise d’iode stable	20
4.3.1 Expérience de la Pologne	20
4.3.2 Autres contextes d’utilisation	21
4.4 Allergie à l’iode	23
4.5 Dose unique ou multiple	23
4.5.1 Femmes enceintes, celles qui allaitent et les nouveau-nés (0-1 mois)	23
4.5.2 Enfants de 1 mois à 18 ans	24
4.5.3 Adultes de 19 à 40 ans	24
4.5.4 Travailleurs d’urgence	24
4.5.5 Population âgée de 40 ans et plus	25
4.6 Bénéfices associés à la prise de comprimés d’iode selon l’OMS	27
5 NIVEAUX D’INTERVENTION POUR LA PROPHYLAXIE À L’IODE STABLE	29
5.1 Recommandations internationales et nationales	29
5.2 Recommandations canadiennes	31
5.3 Niveaux d’intervention recommandés pour le PMUNE-G2	32
5.3.1 Principes de base et critères de détermination	32
5.3.2 Recommandations pour les niveaux d’intervention pour la prophylaxie à l’iode stable dans le cadre du PMUNE-G2	35
6 MODALITÉS D’APPLICATION DES NIVEAUX D’INTERVENTION	36
6.1 Utilisation des comprimés d’iode stable (KI)	36
6.1.1 Femmes qui allaitent	36

6.1.2	Contre-indications à la prise de KI.....	36
6.1.3	Personnes sous médication en raison d'un problème thyroïdien	36
6.1.4	Produits contenant de l'iode.....	37
7	DOSAGE ET PRÉSENTATION DES COMPRIMÉS.....	38
7.1	Dose à administrer selon les groupes d'âge.....	38
7.2	Surdosage	38
7.3	Composition des comprimés	39
8	ZONE DE PLANIFICATION DE LA PROPHYLAXIE À L'IODE STABLE	40
8.1	Distances de planification	40
8.2	Population visée par la mesure	41
9	MODALITÉS D'APPLICATION DE LA PROPHYLAXIE À L'IODE STABLE	43
9.1	Recommandations internationales	43
9.1.1	Recommandations des organismes internationaux.....	43
9.1.2	Recommandations étasuniennes.....	43
9.2	Recommandations canadiennes	44
9.3	Modalités de mise à disposition des comprimés d'iode dans différents pays.....	45
9.3.1	Europe	45
9.3.2	États-Unis	45
9.3.3	Canada.....	46
9.4	Modalités recommandées pour la ZPU-P de 8 km	47
9.4.1	Population générale	47
9.4.2	Parc industriel et portuaire de Bécancour (PIPB).....	48
10	SUIVI	50
11	IMPACTS PSYCHOSOCIAUX DE LA PRÉ-DISTRIBUTION	51
12	PLANIFICATION DE LA PROPHYLAXIE À L'IODE STABLE AU-DELÀ DE LA ZPU-P	52
13	SYNTHÈSE DES LIGNES DIRECTRICES POUR L'UTILISATION DES COMPRIMÉS D'IODE STABLE EN CAS D'ACCIDENT À LA CENTRALE NUCLÉAIRE GENTILLY-2	54
13.1	Pertinence de la mesure.....	54
13.2	Niveau d'intervention et groupes d'âge visés par la mesure – population générale	54
13.3	Niveau d'intervention et groupes d'âge visés par la mesure – personnel d'urgence	55
13.4	Dosage et présentation	57
13.5	Zone de planification pour la prophylaxie à l'iode stable	57
13.6	Modalités d'application de la prophylaxie à l'iode stable dans la ZPU-P.....	58
14	CONCLUSION	60
	GLOSSAIRE	61
	BIBLIOGRAPHIE	64

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Critères de définition de la ZPU-P.....	3
Tableau 2 :	Distance d'atteinte, à partir de la centrale, des critères de dose selon la catégorie d'accident limite*	5
Tableau 3 :	Doses projetées à la thyroïde pour l'individu critique, au centre du nuage, en fonction de l'ADL et de l'ASL pour la centrale nucléaire Gentilly-2, selon les distances	15
Tableau 4 :	Délais approximatifs entre les rejets et l'exposition de la population au panache, selon les distances par rapport à Gentilly-2.....	17
Tableau 5 :	Fréquences des vents au site Gentilly-2 pour la période 2006 à 2010.....	17
Tableau 6 :	Effets secondaires non thyroïdiens des KI retrouvés en Pologne	21
Tableau 7 :	Autres effets secondaires non thyroïdiens	23
Tableau 8 :	bénéfices et Risques à la santé associés à la prise de comprimés d'iode selon les groupes d'âge, selon l'OMS	27
Tableau 9 :	Niveaux d'intervention pour la prophylaxie à l'iode stable des organismes internationaux, nationaux et à travers le monde	29
Tableau 10 :	paramètres utilisés pour la détermination du niveau d'intervention pour la prophylaxie à l'iode stable dans le PMUNE-G2	34
Tableau 11 :	Niveaux d'intervention retenus pour le PMUNE-G2 pour la prophylaxie à l'iode stable.....	35
Tableau 12 :	Dosage recommandé pour la prophylaxie à l'iode stable selon les groupes d'âge.....	38
Tableau 13 :	Composition de l'enrobage du comprimé Radblock ^{MD}	39
Tableau 14 :	Résultats des calculs de doses pour le scénario de l'accident de dimensionnement limite.....	40
Tableau 15 :	Distances d'atteinte des critères de dose selon les accidents limites, par catégorie d'accident, incluant la prophylaxie à l'iode stable*	41
Tableau 16 :	Population de la ZPU-P	42
Tableau 17 :	États des États-Unis sans programme de distribution de KI pour la population générale	45
Tableau 18 :	États des États-Unis avec un programme de distribution de KI	46
Tableau 19 :	Distance d'atteinte ou dépassement des critères selon les accidents limites, par catégorie d'accident*	53

Liste des figures

Figure 1 :	Délimitation de la ZPU-P	4
Figure 2 :	Estimations des doses moyennes à la thyroïde des enfants et des adolescents habitant La Biélorussie, la Fédération de Russie et l'Ukraine au moment de l'accident.....	8
Figure 3 :	Distribution des doses moyennes à la thyroïde des enfants d'âge préscolaire habitant l'Europe	9
Figure 4 :	Fraction de la dose évitée par l'ingestion d'iode stable en fonction du temps.....	19

Acronymes

AAAAI

American Academy of Allergy, Asthma and Immunology

ADL

Accident de dimensionnement limite

AFCN

Agence fédérale de contrôle nucléaire (Belgique)

AIEA (IAEA)

Agence internationale de l'énergie atomique

ASL

Accident sévère limite

ASN

Autorité de sûreté nucléaire (France)

ATA

American Thyroid Association (USA)

ATSDR

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (USA)

CCSN

Commission canadienne de sûreté nucléaire

CDC

Center for Disease Control and Prevention (USA)

CIPR (ICRP)

Commission internationale de protection radiologique

COMUN

Comité opérationnel sur les mesures d'urgence nucléaire (Mauricie et Centre-du-Québec)

DSP

Direction de santé publique

EACL

Énergie atomique du Canada limitée

FDA

Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration (USA)

IAEA (AIEA)

International Atomic Energy Agency

ICRP (CIPR)

International Commission on Radiological Protection

ISR

International Safety Research (Canada)

IRSN

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (France)

KI

Comprimé d'iodure de potassium (employé comme synonyme pour comprimé d'iode stable)

MPOC

Maladie pulmonaire obstructive chronique (ex. : bronchite chronique et emphysème)

MSSS

Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec

NRC

Nuclear Regulatory Commission (USA)

OMS (WHO)

Organisation mondiale de la Santé

PIPB

Parc industriel et portuaire de Bécancour

PMUNE-G2

Plan des mesures d'urgence nucléaire externe à la centrale nucléaire Gentilly-2

UNSCEAR

United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations

WHO (OMS)

World Health Organization

ZPU

Zone de planification d'urgence

ZPU-P

Zone de planification d'urgence pour l'exposition au panache

ZPU-I

Zone de planification d'urgence pour l'exposition par ingestion

Introduction

L'événement du Japon survenu le 11 mars 2011, combinant un séisme de magnitude 9,0 suivi d'un tsunami dévastateur sur la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, n'est pas sans nous rappeler l'importance de continuer à maintenir des efforts de protection de la population autour des centrales nucléaires, ce que confirme la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) dans son rapport du groupe de travail sur Fukushima (CCSN, 2011b). Ce rapport indique que l'expérience du Japon a démontré que les mesures d'urgence qui étaient en place ont permis de prévenir la perte de vies attribuable aux rejets radioactifs et ont eu pour conséquence de limiter à un niveau potentiellement négligeable les effets à long terme sur la santé qui pourraient être éprouvés par la population du Japon.

La mission de la Direction de santé publique est de maintenir et améliorer la santé de la population par des interventions de promotion, prévention et protection. Elle assure également une surveillance continue de l'état de santé de celle-ci.

De façon plus précise, la Direction de santé publique a le mandat d'assumer les responsabilités qui lui sont dévolues par la Loi sur la santé publique. Ces responsabilités se résument ainsi :

- Informer la population de l'état de santé général des individus qui la composent, des problèmes de santé prioritaires, des groupes les plus vulnérables, des principaux facteurs de risque et des interventions qu'elle juge les plus efficaces; en suivre l'évolution et, le cas échéant, faire les études et les recherches nécessaires à cette fin.
- Identifier les situations susceptibles de mettre en danger la santé de la population et assurer la mise en place des mesures nécessaires à sa protection.
- Assurer une expertise en prévention et en promotion de la santé et conseiller l'Agence de la santé et des services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec sur les services préventifs utiles à la réduction de la mortalité et de la morbidité évitables.
- Identifier les situations pour lesquelles une action intersectorielle s'impose pour prévenir les maladies, les traumatismes ou les problèmes sociaux ayant un impact sur la santé de la population et, lorsqu'elle le juge approprié, prendre les mesures nécessaires pour favoriser cette action.

Dans ce contexte, on comprend l'importance pour la Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec de maintenir un effort constant de surveillance sur les différents aspects liés à la santé de la population et la présence de la centrale nucléaire Gentilly-2 sur le territoire du Centre-du-Québec.

En 2002, Dr Gilles W. Grenier publiait les *Lignes directrices pour l'utilisation des comprimés d'iode stable en cas d'accident à la centrale nucléaire Gentilly-2* (Grenier, 2002). Depuis ce temps, des nouvelles études et publications ont vu le jour, ce qui a amené la Direction de santé publique à faire une mise à jour de ce document.

Ces lignes directrices servent de référence pour l'utilisation des comprimés d'iode stable (KI) en cas d'accident à la centrale nucléaire Gentilly-2 dans le cadre du *Plan des mesures d'urgence nucléaire externe à la centrale nucléaire Gentilly-2* (PMUNE-G2).

L'utilisation des KI pourrait s'avérer nécessaire suite à un accident entraînant une contamination de l'environnement par l'iode radioactif. L'expérience japonaise nous a rappelé l'importance de mettre en place des mesures préventives afin d'optimiser les interventions lors d'un accident nucléaire. Ainsi, la recommandation de prise des comprimés d'iode stable par la population dans le contexte d'un accident à la centrale nucléaire Gentilly-2 permettra au directeur de santé publique de s'appuyer sur une démarche objective et structurée pour prendre des décisions relatives à la protection de la population.

À ce jour, aucun changement majeur n'est prévu dans les recommandations de ces lignes directrices par rapport à la version de 2002, principalement parce que les mêmes scénarios d'accident à la centrale Gentilly-2, qui servent de base à la planification des mesures d'urgence, sont encore applicables et que les recommandations pour la protection de la population sont encore valables et justifiées selon la littérature scientifique et internationale actuelle.

Après avoir présenté un résumé des bases de planification, nous décrirons les différents scénarios d'accident pouvant survenir à la centrale nucléaire Gentilly-2 et le risque relié à l'iode radioactif. Par la suite, nous aborderons la prophylaxie à l'iode stable au niveau du mécanisme d'action, de l'efficacité et des effets secondaires. Les différentes recommandations internationales et nationales seront revues afin de déterminer le niveau d'intervention et les modalités d'application de cette mesure de protection pour le PMUNE-G2. Enfin, nous donnerons un bref aperçu sur le suivi essentiel à instaurer dès le début de l'urgence ainsi que sur la planification de la prophylaxie à l'iode stable au-delà de la zone de planification d'urgence pour l'exposition au panache.

1 Rappel des bases de planification

Une zone de planification d'urgence (ZPU) externe représente un territoire situé hors du site de la centrale nucléaire, qui peut être affecté par les accidents susceptibles de s'y produire et sur lequel doivent porter les efforts de planification. Cette planification permet d'assurer, en situation d'urgence, une réponse opérationnelle pour protéger la santé de la population, des animaux et de l'environnement.

La zone de planification pour l'exposition au panache (ZPU-P) est le territoire autour de la centrale nucléaire où une préparation détaillée est nécessaire afin de garantir une intervention rapide et efficace pour protéger la population lors du passage d'un panache (nuage) de matières radioactives lors d'un accident. Les principales voies d'exposition dans cette zone comprennent l'exposition externe de l'organisme entier aux rayons gamma provenant du nuage et des dépôts ainsi que l'inhalation de gaz ou de particules qui originent du nuage. La ZPU-P est déterminée par le critère le plus restrictif des deux critères présentés dans le tableau 1, selon les recommandations de l'Agence internationale de l'énergie atomique (IAEA, 1997) et les recommandations canadiennes (ISR, 2000)¹.

TABEAU 1 : CRITÈRES DE DÉFINITION DE LA ZPU-P

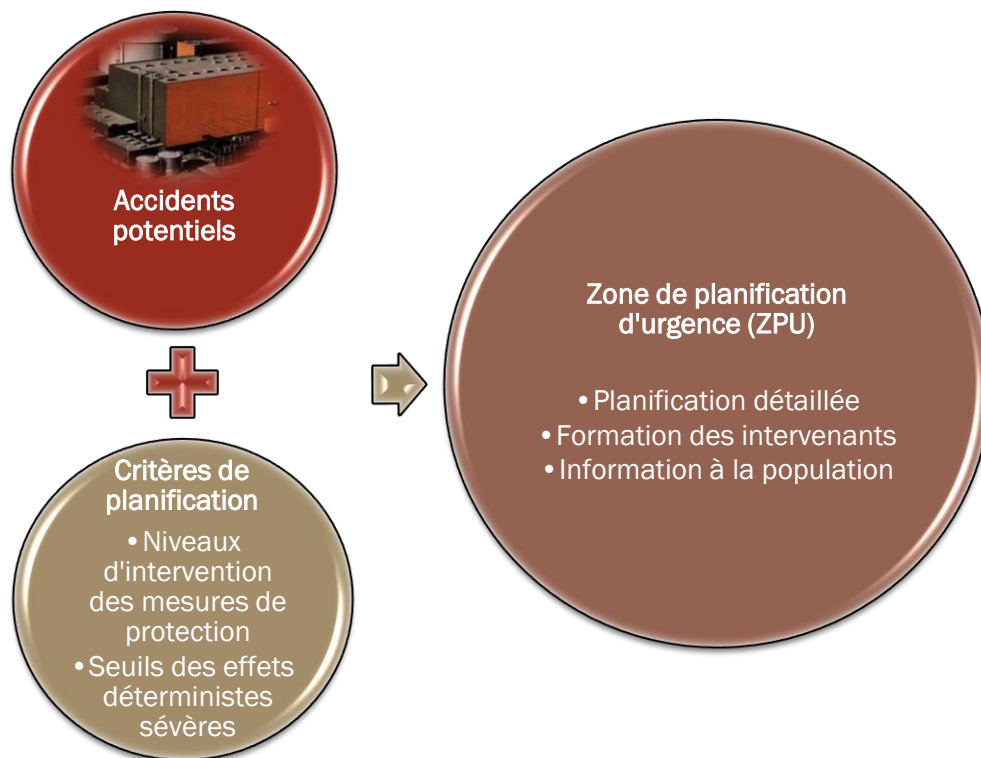
Critère	Objectif de planification	Explications
Distance où est atteint le niveau d'intervention le plus restrictif des mesures de protection directe de la population lors de l'accident de dimensionnement limite (ADL)	Éviter les effets stochastiques (effets à long terme comme les cancers et les effets héréditaires potentiels)	• Accident plus fréquent (quoique de probabilité très faible) que l'accident sévère • Justifie l'investissement pour une planification détaillée
Distance où le seuil des effets déterministes (précoces) sévères (100 rem ou 1 Sv) est atteint dans le cadre du scénario d'accident sévère limite (ASL)	Éviter les effets déterministes (effets avec seuil) pouvant menacer la santé et entraîner la mort à court terme	• Accident considéré moins fréquent que les accidents de dimensionnement (CCSN, 2008 et IAEA, 2009) • Une planification détaillée est jugée nécessaire pour une mise en place de mesures de protection permettant d'éviter les effets déterministes sévères et le risque de décès à court terme • La planification d'urgence régulière des municipalités situées au-delà de la ZPU-P permettra au besoin d'étendre l'application des mesures de protection (mise à l'abri, évacuation) dans les zones requises afin d'éviter le maximum d'effets stochastiques

¹ Aucune modification n'a été apportée dans le document sur les bases de planification (Grenier, 2001b) à ce jour. Par contre, les recommandations de la CCSN et de l'AIEA résultant de l'analyse de l'accident à la centrale nucléaire Fukushima Daiichi au Japon en 2011 pourraient éventuellement nécessiter la modification de ces bases en termes de protection de la population.

1.1 Délimitation de la ZPU-P

La figure 1 illustre les paramètres qui permettent de délimiter le périmètre à l'intérieur duquel les mesures de protection directe de la population doivent être planifiées.

FIGURE 1 : DÉLIMITATION DE LA ZPU-P



1.2 Dimension de la ZPU-P

Le comité de gestion du PMUNE-G2² et le comité opérationnel sur les mesures d'urgence nucléaire³ (COMUN) ont déterminé en 2002 que la ZPU-P serait établie à partir du critère le plus limitatif des deux catégories d'accidents retenues pour les bases de planification :

- Pour l'accident de dimensionnement limite (ADL), sera retenue la distance la plus éloignée à partir de la centrale où les niveaux d'intervention pour les mesures de protection directe de la population sont atteints pour le pire des accidents de dimensionnement.
- Pour l'accident sévère limite (ASL), il s'agit de déterminer la distance à partir de la centrale où le seuil des effets déterministes sévères est atteint pour le pire de ces accidents.

² Comité composé des coordonnateurs ministériels et des directeurs régionaux des ministères et organismes gouvernementaux impliqués dans le PMUNE-G2. Mandat : superviser le PMUNE-G2. Ce comité a cessé ses activités au début de la phase IV du PMUNE-G2 (2006-2010). Ce mandat est actuellement porté par le comité de pilotage nucléaire.

³ Le comité opérationnel sur les mesures d'urgence nucléaire était un groupe de travail interministériel composé de professionnels de la région et de la centrale nucléaire Gentilly-2 qui développait différents aspects du PMUNE-G2 lors de la phase II du plan (1998-2002). Ce comité a été remplacé par divers groupes de travail lors de la phase III.

Le tableau 2 rappelle les critères de dose qui déterminent la ZPU-P pour les mesures de protection directe de la population sauf pour la prophylaxie à l'iode stable. Le présent document servira à déterminer le niveau d'intervention de même que la zone de planification pour la prophylaxie à l'iode stable.

TABEAU 2 : DISTANCE D'ATTEINTE, À PARTIR DE LA CENTRALE, DES CRITÈRES DE DOSE SELON LA CATÉGORIE D'ACCIDENT LIMITE *

Catégorie d'accident	Mesures de protection	Critère de dose pour la ZPU-P (dose projetée au centre du nuage)	Distance d'atteinte à partir de la centrale
Niveaux d'intervention			
Accident de dimensionnement limite (ADL)	Évacuation	1 rem ⁴ (10 mSv) à l'organisme entier (individu critique)	4 km
	Mise à l'abri	500 mrem (5 mSv) à l'organisme entier (individu critique)	6 km
	Prophylaxie à l'iode stable	À déterminer	À déterminer
Seuil d'effets déterministes sévères			
Accident sévère limite (ASL)		100 rem (1 Sv) à l'organisme entier (individu moyen (adulte))	8 km

* Selon les calculs de doses effectués par Hydro-Québec (2001) et d'après les paramètres définis dans le PMUNE-G2. Au moment de la mise à jour de ce document, les scénarios d'accidents d'Hydro-Québec demeurent les mêmes (compte rendu de l'équipe d'évaluation du risque radiologique (ÉÉRR) du 2 novembre 2011).

⁴ Aux fins de simplification, nous considérons dans ce document que 1 rem = 1 rad (10 mSv = 10 mGy), unité généralement employée pour exprimer la dose engagée à la thyroïde.

2 Usage des comprimés d'iode stable en urgence nucléaire

Advenant un accident avec rejets radioactifs à la centrale nucléaire Gentilly-2, les radioiodes seraient parmi les principaux radio-isotopes émis à l'environnement (EACL, 1993 et Hydro-Québec, 2001). L'iode possède la particularité de se fixer sur un organe cible, la glande thyroïde, qui concentre la presque totalité de cet élément contenu dans le corps humain. L'exposition à l'iode radioactif peut alors entraîner, lorsqu'il est absorbé par voie d'inhalation ou d'ingestion, des effets délétères sur la thyroïde.

La saturation de la thyroïde par l'ingestion d'iode stable avant ou dans les premières heures suivant l'exposition prévient la concentration d'iode radioactif et permet d'éviter ou de diminuer les risques de lésion à la glande. L'iode radioactif ne pouvant alors s'y fixer est éliminé naturellement par l'organisme humain. L'administration d'iode stable aux personnes susceptibles d'être exposées aux rejets radioactifs constitue une mesure de protection reconnue par les organisations internationales concernées par la radioprotection. Cette mesure de protection est recommandée pour la phase d'urgence de l'accident (phase initiale) et son efficacité dépend en grande partie des modalités d'application en matière de couverture de la population et des délais entre l'exposition et la prise des comprimés.

Par contre, pour la population générale, cette mesure de protection ne doit pas être appliquée automatiquement à la suite d'un accident nucléaire. Si la prise des comprimés d'iode est nécessaire, la population sera informée par le directeur de santé publique via des messages diffusés à la radio, à la télévision, par Internet ou via des haut-parleurs⁵.

Également, l'iode stable n'est pas un antidote contre toutes les radiations. Il ne protège que la glande thyroïde et uniquement contre l'iode radioactif. Lors d'un accident nucléaire, le risque pour la population n'est pas uniquement lié à la présence de l'iode radioactif. Le nuage radioactif peut contenir plusieurs autres radionucléides (ex. : césium radioactif) avec chacun leur radiotoxicité propre en cas de contamination. Il s'y ajoute également un risque d'irradiation externe contre laquelle l'iode stable n'offre aucune protection. Il n'empêche pas non plus l'entrée de l'iode radioactif dans le corps, mais prévient son accumulation dans la thyroïde (European Commission, 2010 et WHO, 2011). Enfin, l'iode stable ne peut pas inverser les effets sur la thyroïde causés par l'iode radioactif une fois que les dommages à la glande ont déjà été produits (European Commission, 2010). Ce sont les raisons pour lesquelles cette mesure doit s'accompagner de la mise à l'abri ou de l'évacuation (AFCN, 2011 et ASN, 2009e).

2.1 Expérience internationale

L'utilisation des comprimés d'iode stable lors d'une urgence nucléaire a été très rare dans l'histoire. Les données sur lesquelles sont basées les informations et les recommandations des présentes lignes directrices proviennent principalement de l'accident de Tchernobyl. Plus récemment, l'accident à la centrale nucléaire de Fukushima Dai-ichi survenu au Japon en mars 2011 pourrait enrichir ces informations selon les résultats des études en cours.

⁵ Le maire de Bécancour, Maurice Richard, a confirmé que le système d'alerte multirisque qui couvrira la population des trois municipalités de la zone du 8 km sera implanté d'ici la fin de 2012 (*Le Nouvelliste*, 11 et 20 janvier 2012).

2.1.1 L'accident de Tchernobyl (UNSCEAR, 2012 et IRSN, 2011)

L'accident de Tchernobyl, survenu le 26 avril 1986 en Ukraine (ex-URSS), s'est produit lors d'un essai technique sur le réacteur n° 4 de la centrale qui devait se réaliser à un faible niveau de puissance. Le cœur de ce réacteur⁶ est constitué d'un imposant bloc de graphite traversé par des canaux dans lesquels sont placés des tubes de force qui renferment chacun des assemblages de combustibles nucléaires. Le graphite assure le rôle de modérateur. Le refroidissement est assuré par de l'eau bouillante circulant à l'intérieur des tubes de force au contact du combustible. Ces réacteurs présentent des faiblesses significatives du point de vue de la sûreté : instabilité importante du réacteur à certains niveaux de puissance, temps de réaction trop long du système d'arrêt d'urgence et absence d'enceinte de confinement autour du réacteur.

Pour différentes raisons, les opérateurs n'ont pas respecté les consignes de sécurité afin de procéder rapidement à l'essai prévu. Ils ont ainsi désactivé d'importants systèmes de contrôle et permis au réacteur d'atteindre un état instable à faible puissance. Une brusque augmentation de la puissance du réacteur (plus de 100 fois sa puissance nominale) a provoqué une explosion de vapeur qui a fissuré son enceinte. Une deuxième explosion a détruit le cœur du réacteur en soulevant sa dalle supérieure de 2 000 tonnes et laissant la partie supérieure du cœur à l'air libre. L'explosion a entraîné l'émission brutale, à l'atmosphère, des produits radioactifs contenus dans le cœur du réacteur, jusqu'à plus de 1 200 mètres de hauteur. L'incendie de graphite qui s'est déclaré par la suite a duré environ 10 jours, contribuant davantage à la contamination radiologique des différents territoires touchés.

Dans ces conditions, des rejets importants de radionucléides ont eu lieu (près de 12×10^{18} Bq ou 12 milliards de milliards de Bq en 10 jours), contaminant plus de 200 000 km² en Europe. L'ampleur du dépôt de radioactivité a varié selon la direction des vents et la présence de pluie lors du passage des masses d'air contaminé.

Les radionucléides libérés du réacteur furent principalement l'iode-131 (1760 PBq), le césium-134 et le césium-137 (85 PBq). L'accident a libéré de nombreux autres radionucléides (strontium, plutonium, américium, etc.) qui ont également été pris en compte dans l'évaluation de l'exposition humaine par l'UNSCEAR (2012).

En plus des liquidateurs⁷, trois cohortes de population sont suivies depuis l'accident :

- La population évacuée (115 000 personnes);
- Les habitants des zones contaminées (définies par un sol contenant > 37 kBq/m² de césium-137) de la Biélorussie, de la Russie et de l'Ukraine (6 400 000 personnes);
- Tous les habitants de la Biélorussie, de la Russie et de l'Ukraine, incluant ceux des zones contaminées (98 000 000 personnes).

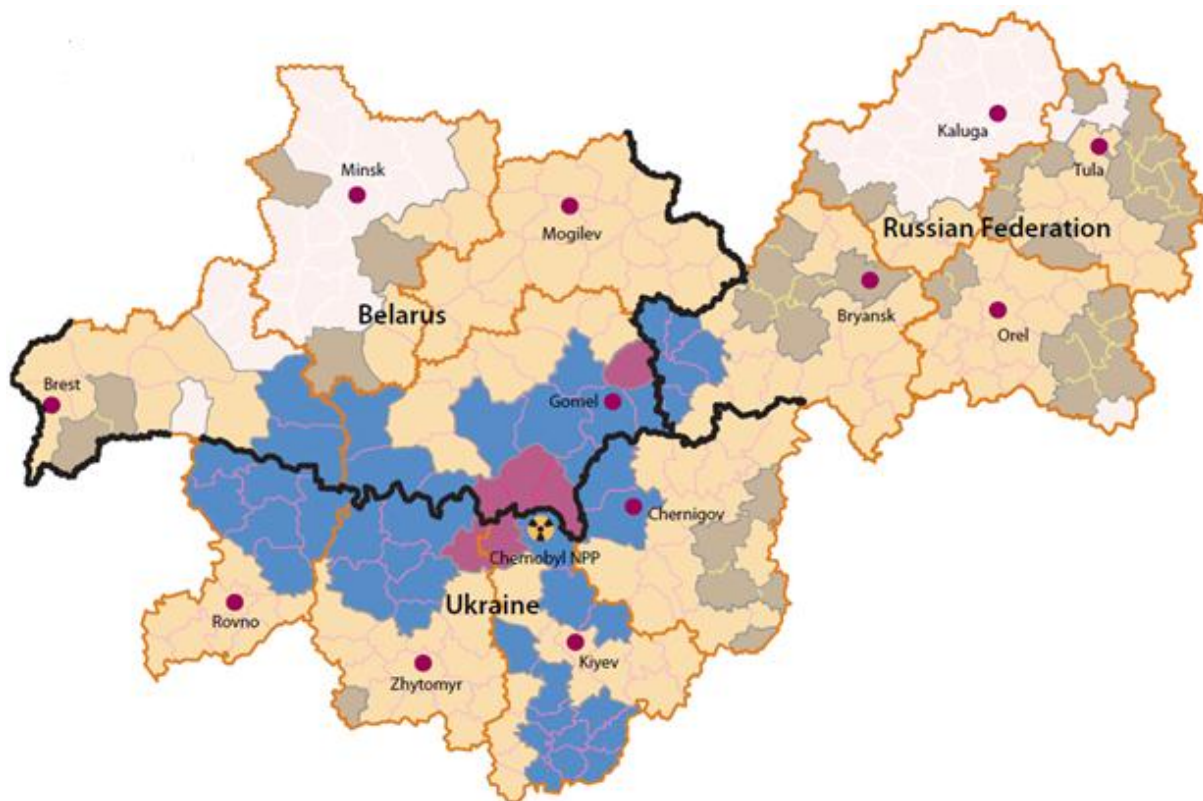
⁶ Il s'agit d'un réacteur de type RBMK de conception soviétique des années soixante.

⁷ Personnes civiles et militaires étant intervenus dans les premières années suivant l'accident pour effectuer diverses tâches : travaux auprès du réacteur, décontamination du site, construction du sarcophage, enfouissement de déchets radioactifs dans la zone d'exclusion.

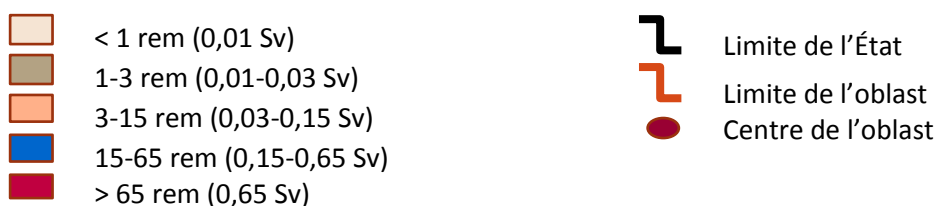
Les doses moyennes à la thyroïde reçues en 1986 par les trois groupes de population ont été évaluées à environ 50 rem (500 mSv) pour les personnes évacuées, 10 rem (100 mSv) pour les résidents des zones contaminées et 2 rem (20 mSv) pour l'ensemble de la population de la Biélorussie, de la Fédération de Russie et de l'Ukraine. Les valeurs individuelles maximales de la dose peuvent être d'un ordre de grandeur ou plus de ces valeurs moyennes. Mis à part ces trois régions les plus affectées par l'accident, d'autres pays européens ont été atteints. Dans ces pays, les doses nationales moyennes sont d'environ 1 mSv pour une population totalisant 500 millions de personnes.

La figure 2 présente la distribution spatiale de la dose moyenne à la thyroïde estimée pour les enfants et les adolescents habitant les trois régions les plus affectées lors de l'accident de Tchernobyl.

FIGURE 2 : ESTIMATIONS DES DOSES MOYENNES À LA THYROÏDE DES ENFANTS ET DES ADOLESCENTS HABITANT LA BIÉLORUSSIE, LA FÉDÉRATION DE RUSSIE ET L'UKRAINE AU MOMENT DE L'ACCIDENT

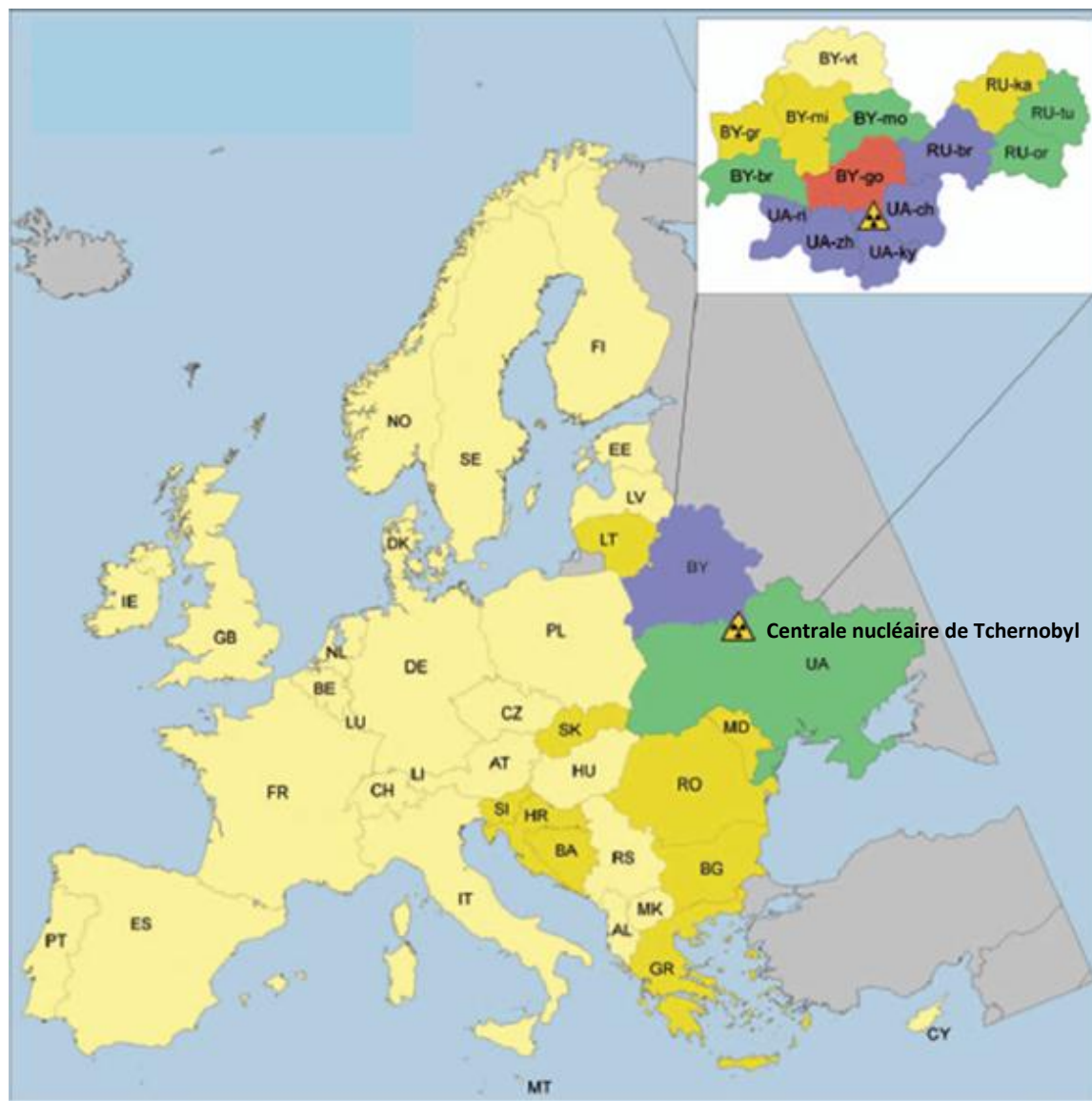


Adapté de UNSCEAR, 2011.



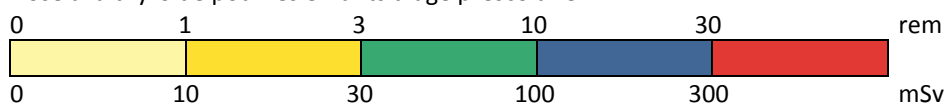
La figure 3 montre la distribution spatiale des doses moyennes à la thyroïde des enfants d'âge préscolaire (0-6 ans) en Europe au moment de l'accident.

FIGURE 3 : DISTRIBUTION DES DOSES MOYENNES À LA THYROÏDE DES ENFANTS D'ÂGE PRÉSCOLAIRE HABITANT L'EUROPE



Adapté de UNSCEAR, 2011.

Dose à la thyroïde pour les enfants d'âge préscolaire



Pour la Biélorussie, la Fédération de Russie et l'Ukraine, la distribution spatiale des doses est également donnée par oblast.

Biélorussie : Brest (BY-br), Gomel (BY-go), Grodno (BY-gr), Minsk (BY-mi), Mogilev (BY-mo), Vitebsk (BY-vt).

Fédération de Russie : Bryansk (RU-br), Kaluga (RU-ka), Orel (RU-or), Tula (RU-tu).

Ukraine : Chemihiv (UA-ch), Kyiv (UA-ky), Rivno (UA-ri), Zhytomir (UA-zh).

2.1.2 L'accident de Fukushima

Les détails de la mise en application des moyens de protection de la population lors de l'accident nucléaire au Japon, en mars 2011, sont imprécis. Selon les informations de Wakeford (2011), la prise de comprimés d'iode a été recommandée à la population lors de l'évacuation.

Le 11 mars 2011, une première évacuation a été demandée autour du site de la centrale de Fukushima Daiichi, pour une zone de 2 km, et ensuite de 3 km de rayon. Le 12 mars, la zone d'évacuation a été étendue à un rayon de 10 km, puis à 20 km, plus tard dans la journée. L'évacuation avait pour but de protéger la population à risque d'une contamination de matières radioactives. L'évacuation (impliquant près de 200 000 personnes) a été achevée le 15 mars. La population habitant la zone 20-30 km de la centrale a été invitée à rester à l'intérieur des abris. Le 16 mars, les autorités ont distribué des comprimés d'iode stable (ou du sirop pour les enfants) lors de l'évacuation vers les centres d'hébergement. La prise de comprimés d'iode a été recommandée pour les personnes de moins de 40 ans. Le 15 et 16 mars, on observait la contamination d'aliments. Les autorités japonaises ont ordonné une interdiction de consommer les aliments contaminés provenant d'un certain nombre de préfectures. Vers la fin mars, une surveillance médicale pour près de 1 000 enfants des zones gravement touchées a été mise en place pour détecter la présence d'iode-131. Cette vérification n'a pas révélé de débits de dose à la thyroïde au-delà de 7 $\mu\text{rem/h}$ (0,07 $\mu\text{Sv/h}$).

La distribution de comprimés d'iode stable a été faite dans chaque municipalité de la préfecture de Fukushima. La date et le nombre de personnes à qui on a distribué les comprimés sont imprécis. Les comprimés d'iode stable ont également été distribués dans plusieurs municipalités indépendantes (NIRS, 2012) :

- Tomioka : 12 et 13 mars 2011, nombre inconnu de personnes;
- Miharu : 15 mars 2011, 7 248 personnes;
- Iwaki : 18 mars 2011, nombre inconnu de personnes;
- Naraha , Futaba, Kawauchi : date inconnue, nombre inconnu de personnes.

3 Nature du risque

Le document *Révision des bases de planification du PMUNE-G2, Scénarios d'accidents, Niveaux d'intervention, Zone de planification pour le panache (ZPU-P)* (Grenier, 2001b) présente les types d'accidents pouvant se produire à la centrale nucléaire Gentilly-2, les voies d'exposition aux rayonnements ainsi que les effets possibles sur la santé de la population suite à cette exposition. Nous ne présentons ici qu'un résumé des éléments les plus importants en lien avec l'objet de ces lignes directrices.

Les accidents potentiels pour lesquels une planification d'urgence est requise peuvent être classés selon leur gravité et selon la vitesse avec laquelle ils sont susceptibles de produire des rejets de matières radioactives dans l'environnement (Hydro-Québec, 2001; ISR, 2000 et IAEA, 1997).

Les accidents de dimensionnement ou de référence sont ceux pour lesquels les systèmes spéciaux de sûreté de la centrale ont été initialement conçus en vue de limiter les dommages au combustible et la dispersion de produits de fission dans l'environnement. Cette catégorie comprend les accidents avec défaillance simple (défaillance sérieuse d'un système de procédés) et ceux avec défaillance double (défaillance simple en plus d'une défaillance d'un système spécial de sûreté). La probabilité d'un accident de dimensionnement est de l'ordre de 10^{-2} à 10^{-5} par année (entre 1 par 100 ans à 1 par 100 000 ans) (CCSN, 2008 et 2011b). Les conséquences de ces accidents sont documentées dans le Rapport de sûreté produit et mis à jour périodiquement par Hydro-Québec.

Les accidents hors dimensionnement, et en particulier les accidents sévères, sont ceux pour lesquels les systèmes spéciaux de sûreté n'ont pas été initialement conçus pour éviter un dommage significatif au combustible ou empêcher un rejet important de matière radioactive. Les accidents hors dimensionnement comprennent les accidents avec triple défaillance (défaillance d'au moins deux systèmes spéciaux de sûreté) et les accidents sévères. Ces derniers sont décrits comme menant à la perte d'intégrité du cœur du réacteur et à des relâches importantes hors du confinement. Le groupe de travail de la CCSN sur Fukushima (CCSN, 2011b) maintient que le risque des accidents hors dimensionnement est très faible ($< 10^{-5}$ par année). Malgré ce très faible risque, les organismes internationaux (IAEA, 2009a et ICRP, 2007) et nationaux (Santé Canada, 2003) recommandent que cette catégorie d'accidents soit considérée dans la planification des mesures d'urgence. Pour ces accidents, la zone de planification d'urgence doit couvrir le territoire où pourraient apparaître des effets précoces sévères (seuil établi à 100 rem (1 Sv)) chez un adulte, situé au centre du panache radioactif, pour des conditions météo moyennes propres à la centrale (Grenier, 2002).

3.1 L'iode radioactif

Les radio-isotopes de l'iode font partie des produits de fission qui s'accumulent au sein du combustible irradié et forment un pourcentage important de l'inventaire radioactif du cœur. L'iode radioactif, principalement I-131, sera donc l'une des principales matières radioactives libérées dans l'environnement si un accident de dimensionnement avec défaillance du confinement se produit. C'est ce qui ressort des analyses effectuées dans les études de sûreté réalisées par Hydro-Québec et celles produites par EACL (1993). Par conséquent, les radioiodes contribueront de façon appréciable à la dose à l'organisme entier.

3.1.1 Exposition à l'iode radioactif

L'iode radioactif, comme d'autres matières radioactives émises à l'environnement lors d'un accident, émet des rayons gamma (photons) qui peuvent entraîner une irradiation externe lors du passage d'un nuage radioactif ou après déposition des particules sur la peau, les vêtements ou le sol. Il émet également des rayons bêta (électrons) qui, avec les rayons gamma, peuvent produire une irradiation par contamination interne de la glande thyroïde, qui a la propriété de concentrer et de fixer cet élément. Certains autres tissus, comme les glandes salivaires, le sein et l'estomac, concentrent l'iode radioactif, mais ne l'entreposent pas, de sorte que leur dose est bien inférieure à celle de la thyroïde.

Les voies d'exposition à l'iode radioactif sont :

- l'inhalation d'air contaminé;
- l'ingestion d'aliments solides ou liquides contaminés;
- l'absorption par la peau (en général, l'absorption par la peau intacte est négligeable par rapport aux autres voies d'exposition).

L'exposition par ingestion d'aliments contaminés concerne particulièrement le lait d'origine animale qui concentre l'iode radioactif déposé sur les pâturages. D'autres cultures (fruits, légumes et céréales) peuvent également faire l'objet d'une contamination par l'iode radioactif. Pour se protéger des effets liés à l'ingestion de ces aliments contaminés, le remplacement de ceux-ci par des aliments sains est préféré à l'administration de comprimés d'iode pour la protection de la population en raison de la durée d'exposition qui peut s'étendre sur plusieurs jours ou plusieurs semaines, ce qui augmente le risque d'effets secondaires liés à la prise répétée de comprimés d'iode.

3.1.2 Population à risque

L'âge est un facteur de risque pour le cancer de la thyroïde suite à une exposition à l'I-131 en raison des différences entre les doses à la thyroïde pour les enfants et les adultes. Le fœtus et les enfants de la naissance à 18 ans sont les plus sensibles aux effets potentiellement néfastes de l'iode radioactif sur la glande thyroïde alors que les adultes âgés de 19 à 40 ans y sont moins sensibles (CDC, 2011a). Chez les enfants, la dose est plus élevée que chez les adultes puisque la masse de la thyroïde chez les enfants est plus petite. Ainsi, pour une absorption équivalente d'I-131, la thyroïde d'un enfant reçoit une dose plus importante de rayonnement parce que la même quantité d'énergie est déposée dans une petite masse de tissu (plus d'énergie par gramme = dose plus élevée). Par exemple, la dose à la thyroïde de l'enfant consécutive à l'inhalation d'iode radioactif peut être deux fois celle d'un adulte, et est 15 à 20 fois plus élevée que la dose globale du reste du corps (ATSDR, 2008). Par ailleurs, les nourrissons et les enfants ont un taux de croissance et de développement qui les rend plus vulnérables aux effets d'une exposition aux rayonnements.

La version antérieure des lignes directrices pour l'utilisation des comprimés d'iode stable en cas d'accident à la centrale nucléaire Gentilly-2 était basée sur les recommandations de l'OMS (WHO, 1999) et de la FDA (2001). Elle énonçait ceci :

« Dans le groupe à risque (0-15 ans), les études post-Tchernobyl ont révélé que la plupart des enfants qui ont développé un cancer de la thyroïde ont reçu des doses inférieures à

30 rem (300 mSv), et les doses moyennes ont été de 5 à 10 rem (50 mSv à 100 mSv). La voie d'exposition principale à l'origine de ces doses a été la consommation de lait contaminé à l'iode radioactif. Le risque pour ce groupe a été évalué à $2,3 \times 10^{-6}$ (2,3 par million) par rem (10 mSv), par année ou 1×10^{-4} (1 par 10 000) par rem (10 mSv) à vie. »

Il apparaît maintenant que la dose moyenne de 5 rem (50 mSv), à partir duquel le risque de développer un cancer thyroïdien dans le groupe des 0-15 ans serait statistiquement significatif, demeure controversée sur le plan scientifique. Cependant, l'augmentation substantielle de l'incidence du cancer thyroïdien parmi la population qui fut exposée aux retombées de l'accident de Tchernobyl durant leur enfance ou adolescence demeure confirmée. L'augmentation de ce cancer fut constatée pour l'ensemble des territoires de la Biélorussie, de l'Ukraine ainsi que pour les quatre régions les plus affectées de la Russie. Dans ces territoires, 93 % de l'ensemble de la population non évacuée a reçu une dose à la thyroïde de moins de 5 rem (50 mSv) et seulement 1 % a reçu une dose de plus de 20 rem (200 mSv). La dose pour les enfants d'âge préscolaire (0-6 ans) était de 2 à 4 fois plus élevée que la moyenne de la population avec plus de 4 % ayant reçu une dose à la thyroïde supérieure à 20 rem (200 mSv) (UNSCEAR, 2011).

Un niveau d'intervention de 5 rem (50 mSv) à la thyroïde de l'enfant est conforme aux recommandations actuelles d'organismes internationaux, des États-Unis et de plusieurs pays européens (voir la section 5). La mise à jour des recommandations de l'OMS (prévue pour 2011, mais retardée en raison de l'accident de Fukushima) devrait préciser le niveau d'intervention et le risque radiologique de cancer thyroïdien pour les 0-15 ans à la lumière des dernières études épidémiologiques sur le sujet.

Chez les adultes, la plupart des études épidémiologiques ne montrent pas d'augmentation du nombre de cas de cancer de la thyroïde dans des populations exposées aux rayonnements ionisants. Toutefois, deux études récentes suggèrent la possibilité d'une incidence accrue de ce cancer chez des adultes exposés à l'iode radioactif, principalement chez les femmes (Richardson, 2009 et Fuzik, 2010). L'exposition aux radioiodes pourrait donc impliquer un risque accru pour ceux qui sont adultes au moment de l'exposition, mais cette augmentation demeure beaucoup moins prononcée que chez les enfants exposés.

Durant la grossesse, la glande thyroïde de la mère est métaboliquement plus active que chez la femme non enceinte. La quantité d'iode radioactif pouvant être prélevée par la thyroïde sera donc plus importante comparativement aux autres adultes. De plus, l'iode radioactif, tout comme l'iode stable, traverse le placenta affectant ainsi la glande thyroïde fœtale (WHO, 2011). Enfin, l'iode radioactif est également sécrété dans le lait maternel. De cette façon, il atteint la glande thyroïde du nourrisson.

En résumé, l'exposition à l'iode radioactif peut augmenter les risques de cancer de la thyroïde particulièrement pour les groupes les plus sensibles (fœtus et enfants âgés de moins de 18 ans), alors que le risque de développer ce cancer chez les adultes de plus de 18 ans est négligeable ou même absent chez les personnes âgées (ATA, 2011a; Commission européenne, 2010 et AFCN, 2011a).

3.1.3 Effets sur la santé

Les effets de l'irradiation par contamination interne de la glande thyroïde par l'iode radioactif dépendent de la dose d'iode reçue, de la taille de la glande, de son activité ainsi que de sa capacité à concentrer et à fixer la majorité de l'iode présent dans le corps humain. L'iode radioactif s'accumule rapidement (en quelques heures) dans la glande thyroïde qu'il irradie sélectivement et dans laquelle il peut induire des effets nocifs (AFCN, 2011a).

Les effets déterministes (avec seuil) reliés à l'irradiation de la glande thyroïde sont l'hypothyroïdie, la thyroïdite aiguë et la thyroïdite auto-immune. Les effets stochastiques (sans seuil) sont le cancer et les nodules bénins. La glande thyroïde est très sensible à l'action cancérogène des rayonnements ionisants, qu'il s'agisse d'une irradiation externe ou d'une contamination interne par les iodes radioactifs.

Hypothyroïdie : La concentration rapide d'iode radioactif dans la glande thyroïde, suite à une exposition aux rayonnements, peut entraîner l'hypothyroïdie par destruction partielle ou totale des cellules, si les doses atteignent plusieurs centaines de rem (plusieurs Sv) (seuil autour de 500 rem/5 Sv); c'est d'ailleurs l'une des applications médicales utilisées pour le traitement de l'hyperthyroïdie ou du cancer de la thyroïde, en complément de la chirurgie. De telles doses pourraient survenir suite à l'inhalation de quantités importantes d'iode radioactif contenues dans les rejets consécutifs à un accident hors dimensionnement⁸.

Thyroïdite aiguë : La thyroïdite d'irradiation aiguë survient dans les 2 semaines après une forte exposition à l'I-131. Une thyroïdite symptomatique est peu probable pour des doses d'I-131 inférieures à 20 000 rem (200 Sv) (ATSDR, 2008).

Thyroïdite auto-immune : Certains auteurs mentionnent qu'une exposition à l'iode radioactif, particulièrement durant l'enfance, augmente le risque de thyroïdite auto-immune, avec ou sans hypothyroïdie, pour des doses entre 15 et 50 rem (150-500 mSv). Les lymphocytes du corps deviennent alors sensibilisés aux cellules de la thyroïde suite aux dommages subis par la radiation (production et libération d'auto-antigènes) et les détruisent, pouvant conduire, pour quelques cas, à une hypothyroïdie (NRC, 2004; ATSDR, 2008 et AFCN, 2011a). Toutefois, aucune relation dose-réponse ne fut trouvée pour la maladie thyroïdienne auto-immune dans les suivis à long terme des survivants des bombes atomiques du Japon ou de la population exposée aux rejets de l'installation nucléaire de Hanford aux États-Unis (Schneider, 2011).

Cancer et nodules bénins de la thyroïde : L'exposition à l'iode radioactif par voie d'inhalation et d'ingestion peut également causer une augmentation du risque de cancer et de nodules bénins de la thyroïde par modification du matériel chromosomique des cellules. L'évidence de ces effets s'est avérée suite à l'accident de Tchernobyl, survenu le 26 avril 1986. Les populations exposées ont fait l'objet d'études épidémiologiques dont les résultats montrent un excès de cancers de la thyroïde par rapport à la situation qui prévalait avant l'accident, chez des personnes vivant jusqu'à 500 km de la centrale. Cela confirme le potentiel cancérogène de l'exposition humaine aux rejets d'iode radioactif. Ces études (UNSCEAR, 2000) ont confirmé que le niveau de sensibilité aux radioiodes varie selon les groupes d'âge :

⁸ Des travailleurs d'urgence ont reçu ce niveau de dose lors de l'accident de Tchernobyl.

le groupe des 0-4 ans a présenté le risque le plus élevé de cancer (augmentation d'un facteur de 10), alors que celui présenté par le groupe des 4 à 15 ans était moins prononcé, mais quand même significatif. Tel que le rapportent l'Organisation mondiale de la Santé (WHO, 1999) et la Commission européenne (European Commission, 2010), les taux de cancer (extrêmement rare chez les enfants) ont grimpé de plus de 100 fois chez les enfants de la région la plus affectée de la Biélorussie, et le lien avec l'accident de Tchernobyl est maintenant établi. Le risque accru pour les tumeurs thyroïdiennes reste élevé pendant au moins 40 ans après l'exposition (ATSDR, 2008).

Par ailleurs, chez l'enfant, même si le pronostic en termes de survie du cancer thyroïdien reste très favorable, un certain nombre d'entre eux subiront des conséquences liées aux traitements (séquelles postopératoires, risques reliés aux traitements).

3.2 Accidents et doses à la thyroïde

En ce qui concerne la centrale Gentilly-2 à Bécancour, le tableau 3 fait état des doses calculées par les spécialistes d'Hydro-Québec (2001) pour l'accident de dimensionnement limite (ADL) et l'accident sévère limite (ASL).

TABLEAU 3 : DOSES PROJÉTÉES À LA THYROÏDE POUR L'INDIVIDU CRITIQUE, AU CENTRE DU NUAGE, EN FONCTION DE L'ADL ET DE L'ASL POUR LA CENTRALE NUCLÉAIRE GENTILLY-2, SELON LES DISTANCES

Distance (km)	ADL Dose projetée à la thyroïde pour l'individu critique, au centre du nuage*		ASL Dose projetée à la thyroïde pour l'individu critique, au centre du nuage**	
	rem	mSv	rem	mSv
1	68	680	23 210	232 100
2	25	250	7 073	70 730
3	13	130	3 802	38 018
4	8,2	82	2 343	23 430
5	5,5	55	1 640	16 401
6	4,0	40	1 258	12 577
7	3,1	31	968	9 681
8	2,4	24	794	7 935
9	1,9	19	645	6 454
10	1,6	16	559	5 592
20	0,5	5	197	1 972
30	0,2	2	114	1 138
40	0,1	1,2	80	796
50	0,08	0,8	61	612
> 50			Non documentée	Non documentée

* Hydro-Québec, 2001. Paramètres météo : classe F, vitesse de vents à 2 m/s et coefficients de calculs de la CIPR.

** Estimation à partir des dose projetées à la thyroïde de l'adulte. Hydro-Québec, 2001. Conditions météo moyennes à Gentilly-2.

Nous pouvons constater que, même pour la catégorie des accidents de dimensionnement, et à plus forte raison pour les accidents sévères, les doses où le niveau d'intervention (5 rem/50 mSv) serait dépassé atteindraient une distance d'environ 6 km pour l'accident de dimensionnement limite. Pour l'accident sévère limite, la dose de 5 rem (50 mSv) à l'individu critique serait dépassée à plus de 50 km, même pour des conditions météorologiques moyennes.

3.3 Dynamique des accidents

Les accidents peuvent aussi se diviser selon leur vitesse à engendrer des relâches de matières radioactives dans l'environnement, cette vitesse étant tributaire de deux critères :

- le délai avant la libération de matières radioactives du réacteur dans le bâtiment de confinement;
- le délai entre leur présence dans le confinement et leur libération dans l'environnement.

Les accidents à cinétique rapide sont ceux pour lesquels il y a libération rapide de matières radioactives dans l'environnement, par suite d'une défaillance du confinement, en l'absence d'une « phase de menace ».

Les accidents à cinétique lente sont précédés d'une « phase de menace ». Le délai avant la relâche est généralement de plusieurs heures et permet habituellement la mobilisation des équipes d'urgence, l'alerte de la population et la mise en place des mesures de protection, comme l'évacuation, lorsqu'indiquée.

L'accident de dimensionnement limite (ADL), comme la plupart des accidents de dimensionnement pouvant entraîner des doses nécessitant l'administration de comprimés d'iode⁹, est un accident à cinétique rapide. Les matières radioactives se retrouvent donc rapidement dans l'environnement par différentes ouvertures potentielles du bâtiment réacteur (défaut de fonctionnement des systèmes de ventilation, du sas d'entrée pour le personnel ou pour l'équipement). Pour cette catégorie d'accident, les facteurs qui déterminent le délai avant l'exposition de la population sont :

- les conditions de relâche (chaleur, pression, hauteur des rejets);
- les conditions atmosphériques (vitesse et direction du vent, classe de stabilité);
- la distance des individus par rapport à la centrale.

Le tableau suivant donne une idée des délais avant l'exposition de la population, en fonction de la vitesse des vents et de la distance par rapport à la centrale.

⁹ L'étude du Rapport de sûreté produit par Hydro-Québec révèle en effet que seuls les accidents avec indisponibilité du confinement peuvent entraîner des doses susceptibles de dépasser le niveau d'intervention pour la prophylaxie à l'iode stable.

TABEAU 4 : DÉLAIS APPROXIMATIFS ENTRE LES REJETS ET L'EXPOSITION DE LA POPULATION AU PANACHE, SELON LES DISTANCES PAR RAPPORT À GENTILLY-2

Vitesse des vents	Distance par rapport à la centrale					
	1 km	3 km	5 km	10 km	15 km	20 km
1 m/sec (3,6 km/h)	18 min	48 min	85 min (1 h 25)	170 min (2 h 50)	255 min (4 h 15)	340 min (5 h 40)
2 m/sec (7,2 km/h)	8 min	25 min	40 min	85 min (1 h 25)	120 min (2 h)	180 min (3 h)
3 m/sec (10,8 km/h)	6 min	18 min	30 min	60 min (1 h)	90 min (1 h 30)	120 min (2 h)
5 m/sec (18 km/h)	3 min	10 min	15 min	33 min	50 min	66 min (1 h 6)

Source : Document de référence du PMUNE-G2, 1996.

Le tableau 5 indique les prévalences des vitesses des vents observées à la tour météo de la centrale Gentilly-2 pour la période 2006-2010 (Hydro-Québec, 2011).

TABEAU 5 : FRÉQUENCES DES VENTS AU SITE GENTILLY-2 POUR LA PÉRIODE 2006 À 2010

Vitesse des vents	Fréquence (%)
< 0,6 m/s (< 2 km/h)	1,7
0,6 – ≈2,0 m/s (2-7 km/h)	16,4
2,2 – 4,2 m/s (8-15 km/h)	43,3
> 4,2 m/s (> 15 km/h)	38,6

Force est de constater qu'aucune situation n'accorde suffisamment de temps après le début de l'accident pour la mise en place de mesures de protection comme l'évacuation et la distribution de comprimés d'iode, qui demandent, pour leur mise en application, des délais d'au moins 4 heures. Ce constat justifie le maintien d'un système de distribution préventif de comprimés d'iode à la population, rendant ceux-ci rapidement accessibles en cas d'accident nécessitant leur utilisation par les populations vivant à proximité de la centrale nucléaire.

4 Prophylaxie à l'iode stable

L'iode est un oligo-élément naturel. On le trouve dans l'eau et les aliments que nous consommons (ex. : poissons, viandes, fruits, lait, etc.). Il est indispensable au fonctionnement de la glande thyroïde. Les comprimés d'iode ou d'iodure de potassium sont fabriqués avec de l'iode naturel que l'on nomme iode stable.

La prophylaxie à l'iode stable (KI) est une mesure de protection de la santé qui consiste en la prise de comprimés d'iode stable afin de limiter la fixation de l'iode radioactif à la thyroïde lors d'une situation de libération accidentelle.

4.1 Mécanismes d'action et efficacité

L'iode stable est administré sous forme de comprimés d'iodure de potassium. L'iodure ainsi absorbé agit sur la thyroïde et empêche la fixation de l'iode radioactif par cinq mécanismes (European Commission, 2010) :

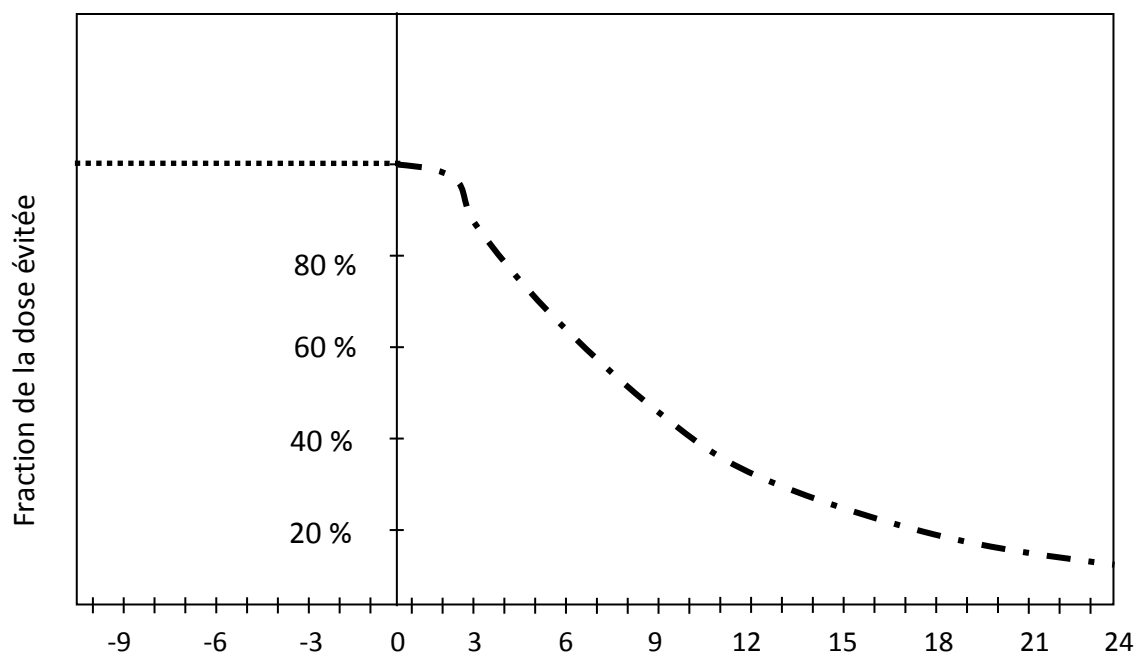
- comme substrat, il va diluer l'iode radioactif circulant à l'intérieur du corps et qui est disponible pour la fixation thyroïdienne;
- en saturant le mécanisme de transport actif de l'iode vers l'intérieur de la thyroïde;
- en inhibant l'organification de l'iodure, aussi appelé phénomène Wolff-Chaikoff, mécanisme qui entraîne une diminution de la synthèse des hormones thyroïdiennes et une hypothyroïdie potentielle. Cet effet est en général de courte durée, mais le fœtus et le nouveau-né peuvent en être affectés;
- en provoquant la formation d'un composé organique iodé qui inhibe la liaison d'iode ¹³¹;
- en inhibant la sécrétion d'iode organifié par la thyroïde.

L'efficacité de l'iode stable à protéger la glande thyroïde contre les effets délétères à la santé de l'iode radioactif est reconnue unanimement par les autorités de radioprotection, nationales (CCSN) ou internationales (CIPR, OMS et AIEA). Cette efficacité est proportionnelle au délai entre l'administration de l'iode stable et l'exposition, et peut se situer, de façon optimale, à plus de 90 % si les comprimés sont administrés une heure avant ou après l'exposition (ATSDR, 2008; ASN, 2009c; Le Guen, 2007 et AFCN, 2011a), et à 50 % lorsque cette administration se fait dans les 4 à 6 heures après l'exposition (Kovari, 1994; Le Guen, 2007; ASN, 2009c; European Commission, 2010; WHO, 2011 et AFCN, 2011a). L'iode stable ingéré sera rapidement absorbé dans la circulation sanguine et produira son effet de blocage entre 0 et 30 minutes (moyenne 15 minutes), selon la quantité d'aliments présents dans l'estomac.

La prise des KI chez la femme enceinte permet de protéger sa glande thyroïde ainsi que celle de l'enfant à naître parce que l'iode stable traverse la barrière placentaire (WHO, 2011). Chez la femme qui allaite, l'ingestion d'iode stable permet de bloquer partiellement le transfert de l'iode radioactif au lait maternel, diminuant ainsi l'exposition du nourrisson. De plus, le risque de cancer de la thyroïde et de cancer du sein radio-induit par l'I-131 chez la mère peut être significativement réduit (AFCN, 2011ab; ATA, 2011a et European Commission, 2010).

La courbe de la figure 4 montre l'importance d'ingérer l'iode stable avant ou peu après le début de l'exposition à l'iode radioactif pour une efficacité optimale. Ceci suppose cependant que cet iode stable soit disponible au moment de l'accident pour la population affectée, d'où l'importance d'une pré-distribution dans les résidences et les endroits publics stratégiques (WHO, 2011 et AFCN, 2011a). Cette figure illustre également la variation de l'efficacité selon le délai de la prise d'iode stable après l'exposition. Il est généralement reconnu qu'il n'y a pratiquement plus d'effet utile si le délai dépasse les 24 heures, à moins que le rejet, donc l'exposition, soit continu (ATSDR, 2008).

FIGURE 4 : FRACTION DE LA DOSE ÉVITÉE PAR L'INGESTION D'IODE STABLE EN FONCTION DU TEMPS



Délai (heures) entre la prise d'iode stable et le début de l'exposition à l'iode 131

Source : Kovari, 1994.

Selon l'AFCN (2011a), dans une situation accidentelle typique caractérisée par le passage en quelques heures d'un nuage radioactif, la contamination, et donc l'accumulation d'iode radioactif dans la thyroïde, se fait très progressivement (sur quelques heures). L'ingestion d'iode stable aura encore un effet bénéfique même si elle est retardée de plusieurs heures après le début de l'accident.

Pour ce qui est de la durée d'action, une seule dose produit habituellement une protection adéquate pendant 24 heures (WHO, 2011 et AFCN, 2011a). Si l'exposition aux radioiodes devait se poursuivre pendant plus de 24 heures, il faudrait alors répéter la dose (AFCN, 2011b).

4.2 Efficacité et l'expérience de la Pologne

L'efficacité de la prophylaxie à l'iode stable a été démontrée en Pologne où des doses d'iode stable ont été distribuées à la suite de l'accident de Tchernobyl à 10,5 millions d'enfants et 7 millions d'adultes. La dose d'iode recommandée était de 15 mg chez les nouveau-nés, de

50 mg chez les enfants de 5 ans ou moins et de 75 mg chez les autres sujets, y compris les femmes enceintes. La dose à la thyroïde a été diminuée de 40 % chez les sujets qui ont pris l'iode stable trois jours après l'accident et de 25 % chez ceux qui l'ont pris quatre jours après. Ceci a permis de réduire la dose à la thyroïde à une valeur de 5 rem (50 mSv) (Nauman et Wolff, 1993).

Dans cette population, aucune augmentation de l'incidence des cancers thyroïdiens chez les enfants ne fut observée. Par contre, en Biélorussie¹⁰, où la prophylaxie à l'iode stable ne fut pas implantée, une hausse de 100 fois de l'incidence de ce cancer chez les enfants fut notée après l'accident de Tchernobyl (BMU, 2011).

4.3 Effets secondaires reliés à la prise d'iode stable

Puisque les expériences d'administration d'iode stable dans le but de protéger la population contre les effets induits par l'iode radioactif libéré à la suite d'un accident nucléaire sont très rares, il existe très peu de données scientifiques bien documentées sur les effets secondaires observés dans ces populations. Les effets secondaires liés à la prise d'une dose d'iode stable dans une large population ont été documentés lors de la distribution et de la prise d'iode stable en Pologne suite à l'accident de Tchernobyl. L'expérience japonaise pourrait éventuellement nous apporter d'autres informations sur ces effets.

4.3.1 Expérience de la Pologne

Effets thyroïdiens :

- Les nouveau-nés de femmes enceintes ayant reçu une dose d'iode stable pendant leur grossesse n'ont pas présenté d'hypothyroïdie congénitale (Le Guen, 2007).
- Chez 12 des 3 212 nouveau-nés (0,37 %) étudiés qui ont reçu l'iode stable pendant leurs premiers jours de vie, une hypothyroïdie transitoire a été observée. Les anomalies de laboratoire étaient corrigées vers le 18^e jour (Nauman et Wolff, 1993; Le Guen, 2007 et AFCN, 2011). Par ailleurs, la fonction thyroïdienne et le développement de ces enfants étaient normaux deux à trois ans plus tard. En dehors des données de la Pologne, il n'y a pas de réponse directe à la question du danger potentiel d'une hypothyroïdie néonatale transitoire suite à une seule dose d'iode stable (Le Guen, 2007). Cette possibilité d'hypothyroïdie chez le jeune enfant suite à l'administration d'iode stable à la femme enceinte ou au nouveau-né (moins de 1 mois) doit être surveillée activement afin d'éviter le développement d'effets sur le système nerveux central (AFCN, 2011).
- Aucun cas d'hyperthyroïdie induite par l'iode ou d'aggravation d'une maladie thyroïdienne préexistante n'a été observé. De tels cas pourraient davantage se présenter dans les zones où la diète en iode est déficiente, particulièrement chez les personnes présentant des maladies de la thyroïde comme la thyroïdite auto-immune, la maladie de Graves et le goitre nodulaire. Ces maladies sont plus fréquentes chez les adultes et la population âgée.

¹⁰ En Biélorussie, la dose moyenne à la thyroïde pour l'ensemble de la population est estimée à 5 rem (50 mSv) et celle pour les enfants et les adolescents variant de 3,7 à 12,2 rem (37 à 122 mSv). En Pologne, la dose moyenne pour la population est de 0,14 rem (1,4 mSv) avec des doses moyennes pour les enfants et adolescents variant de 0,11 à 0,55 rem (1,1 à 5,5 mSv) (UNSCEAR, 2011).

- Il faut enfin noter que dans l'étude de la population de la Pologne, 2 521 d'entre elles présentaient une maladie de la thyroïde présente avant 1986. Parmi celles-ci, 705 personnes ont pris une dose d'iode et 69, deux doses et plus. L'évolution clinique des personnes ayant ou n'ayant pas pris de comprimé d'iode a été identique, et aucun cas de thyrotoxicose ou d'hypothyroïdie n'a été noté (AFCN, 2011a).

Effets non thyroïdiens :

- Des effets non thyroïdiens ont été observés chez 0,35 % des enfants et 0,2 % des adultes qui ont ingéré une ou deux doses d'iode (Le Guen, 2007). Ces effets ont été bénins et transitoires (tableau 6).

TABEAU 6 : EFFETS SECONDAIRES NON THYROÏDIENS DES KI RETROUVÉS EN POLOGNE

• Céphalée • Goût métallique • Dyspnée • Nausées, vomissements, diarrhée et douleur abdominale • Éruptions cutanées

- Du côté des manifestations allergiques, seules deux personnes âgées, atteintes de bronchopathie chronique et connues pour allergie à l'iode, ont été hospitalisées brièvement pour traitement de bronchospasmes (Le Guen, 2007; AFCN, 2011a et AAI, 2004). Aucune réaction anaphylactique et aucun cas de décès n'ont été rapportés suite à cette prise massive de comprimés d'iode (environ 17 millions de doses).
- L'OMS évalue que l'incidence d'effets secondaires sévères associée à la prise d'une seule dose d'iode stable est de l'ordre de 1 par 10 millions chez les enfants et de 1 par million pour les adultes. Ces effets sont associés aux réactions allergiques sévères nécessitant un traitement médical ou à des effets modérés associés à une dysfonction potentielle de la glande thyroïde (hypothyroïdie pour les fœtus et nouveau-nés et hyperthyroïdie pour les personnes de plus de 40 ans). Le risque relié à des doses répétées, chez les humains, ne peut être quantifié de façon précise.

4.3.2 Autres contextes d'utilisation

À part l'expérience de la Pologne, d'autres situations impliquant surtout des doses élevées et répétées pendant de longues périodes ont été à la base de la connaissance des effets secondaires. Ces situations comprennent de nombreux programmes nationaux de supplémentation alimentaire en iode, dans le but d'éviter aux populations des effets sévères dus à la carence iodée, et des observations suite à l'utilisation de médicaments iodés. Les effets secondaires constatés disparaissaient quelques jours après l'interruption de l'ingestion. Parmi ces effets, on retrouve l'hyperthyroïdie ou l'hypothyroïdie induite par l'iode et divers effets non thyroïdiens (European Commission, 2010). Cependant, selon l'American Thyroid Association (2011a), l'iodure de potassium ne peut causer ces réactions que chez un faible pourcentage de personnes.

Effets thyroïdiens :

- Lorsque la posologie recommandée est respectée, l'iode stable ne cause que très rarement des effets thyroïdiens indésirables. En général, les personnes seront plus susceptibles d'avoir des effets sur la glande thyroïde (AFCN, 2011ab; CDC, 2011b et WHO, 2011) :
 - en prenant une dose d'iode stable supérieure à celle recommandée;
 - en prenant de l'iode stable pendant plusieurs jours;
 - en présence d'une pathologie thyroïdienne préexistante (goitre autonome, maladie de Graves-Basedow (latente ou en rémission));
 - en souffrant de carence iodée.
- La survenue de cas d'hyperthyroïdie dans les populations lors de l'augmentation de l'apport en iode est rapportée par plusieurs études qui conduisent à une estimation assez imprécise du risque d'hyperthyroïdie induite par l'iode. Cette estimation varie en fonction des précédents facteurs de susceptibilité et de l'âge des sujets étudiés. Dans tous les cas, l'hyperthyroïdie est survenue, soit après une surcharge iodée importante et nettement supérieure à celle préconisée pour la prophylaxie, soit en cas de surcharge iodée prolongée. La carence iodée préalable avait un rôle favorisant. Au Canada, par contre, l'ajout d'iode au sel est obligatoire. Le sel est iodé avec de l'iodure de potassium à 100 ppm (76 mg d'iode/kg de sel) (Otten, 2006). La teneur en iode stable dans le régime typique canadien est sensiblement élevée, ce qui réduit le risque de carence iodée et, par conséquent, d'hyperthyroïdie provoquée. L'hyperthyroïdie peut également survenir, mais de manière exceptionnelle, chez des sujets n'ayant aucune anomalie thyroïdienne décelable. Sa survenue est alors imprévisible (Le Guen, 2007).
- Selon Le Guen (2007), « la survenue d'une hyperthyroïdie après la prise d'une dose unique d'iodure est peu fréquente et ne justifie pas l'interdiction de sa prise en cas de contamination accidentelle chez un adulte, qu'il s'agisse d'un travailleur exposé aux rayonnements ionisants ou d'une personne exerçant une autre activité, notamment en l'absence de pathologie thyroïdienne ou cardiaque connue. »
- En ce qui concerne l'hypothyroïdie, une élévation du taux de TSH¹¹ pendant quelques jours a été observée après injection de produit de contraste iodé chez 18 % des adultes sans anomalies thyroïdiennes préalables connues. Cette élévation transitoire de la TSH n'a le plus souvent aucune répercussion clinique (Le Guen, 2007).

Effets non thyroïdiens :

- Les effets secondaires non thyroïdiens décrits au tableau 6 ont également été rapportés dans les autres situations d'utilisation des KI. Il s'y ajoute ceux énumérés au tableau 7 (NRC, 2004 et CDC, 2011a). Encore une fois, la plupart d'entre eux sont très rares et disparaissent sans aucun traitement lors de l'arrêt de la prise d'iode (AFCN, 2011a).

¹¹ Thyroid stimulating hormone. Une élévation persistante de ce paramètre sanguin avec un niveau abaissé de l'hormone thyroïdienne (T₄) ou encore une valeur très élevée de ce seul paramètre est diagnostique d'une hypothyroïdie clinique.

TABEAU 7 : AUTRES EFFETS SECONDAIRES NON THYROÏDIENS

• Sialadénite (inflammation d’une glande salivaire) (aucun cas en Pologne)
• Liés à l’hypersensibilité (allergie) - angioedème (enflure généralisée) - arthrite - douleurs cervicales - éosinophilie (type de globules blancs anormal) - lymphadénopathie (gonflement des ganglions lymphatiques) - urticaire (rougeur, enflure et démangeaison de la peau) - frissons, fièvre - maux de gorge - yeux larmoyants, démangeaison ou brûlement oculaire - écoulement nasal
• Iododermie (éruption acnéiforme ou ulcéralive rare) (aucun cas en Pologne)

Sources : AAAAI, 2004; AFCN, 2011a et BMU, 2011.

4.4 Allergie à l’iode

L’OMS et l’American Academy of Allergy, Asthma & Immunology (AAAAI) ne reconnaissent pas l’iode comme allergène (ASN, 2009c et AAAAI, 2004). Les réactions allergiques qui sont rapportées lors de l’utilisation de produit de contraste iodé en radiologie sont liées aux excipients et non au contenu iodé. De même, les réactions allergiques liées à la consommation de poisson ou de fruits de mer sont attribuées à une protéine qui agit comme allergène et non à leur contenu en iode. Dans les cas de réactions cutanées lors de l’utilisation d’antiseptiques iodés (Provioline, Betadine), la réaction peut être due à une irritation locale ou à une allergie à un constituant de la solution (ex. : povidone dans la Provioline). Les réactions à tous ces produits sont improprement considérées comme un facteur de risque allergique à l’iode stable (Le Guen, 2007 et ASN, 2009c).

Dans le cas d’une allergie rapportée au comprimé d’iodure de potassium, il faut s’assurer que la personne n’est pas allergique à d’autres molécules contenues dans la formulation du comprimé en consultant un spécialiste des allergies.

4.5 Dose unique ou multiple

Le PMUNE-G2 prévoit la prise **d’une seule dose** de KI pour la population générale. Toutefois, la littérature scientifique considère l’utilisation répétée des comprimés d’iode stable dans des circonstances spécifiques. Les sections suivantes résument les recommandations des différents organismes consultés.

4.5.1 Femmes enceintes, celles qui allaitent et les nouveau-nés (0-1 mois)

Pour les femmes enceintes ou qui allaitent ainsi que pour les nouveau-nés, l’administration est indiquée pour **une dose unique** seulement (WHO, 2011; CDC, 2011a et AFCN, 2011) :

- Les fœtus et les nouveau-nés qui reçoivent plus d'une dose de KI sont particulièrement à risque de développer une hypothyroïdie. Si l'hypothyroïdie n'est pas traitée, elle peut provoquer des lésions cérébrales.
- Cette administration de dose unique chez les femmes enceintes et les nouveau-nés suppose l'application d'autres mesures de protection en cas de persistance du risque (ex. : évacuation).
- Il est impératif, suite à la prise d'iode stable chez la femme enceinte et le nouveau-né, d'effectuer des contrôles de la fonction thyroïdienne de l'enfant. Il est conseillé que les enfants de moins d'un mois consultent un médecin à l'intérieur d'une semaine après la prise de KI (FDA, 2001; ASN 2005; WHO, 2011 et AFCN, 2011).

4.5.2 Enfants de 1 mois à 18 ans

Pour les enfants âgés de ≥ 1 mois et les adolescents jusqu'à 18 ans, l'administration d'une dose quotidienne pourrait être indiquée selon la durée prévue de l'exposition. Le bénéfice physique associé à l'application de la mesure est conservé même pour des doses répétées :

- Dans des conditions exceptionnelles (ex. : émission prolongée, conditions météo exceptionnelles), une administration répétée pourrait être recommandée par le directeur de santé publique. Les doses quotidiennes à administrer seraient alors identiques à la dose de départ applicable aux groupes d'âge concernés.

4.5.3 Adultes de 19 à 40 ans

Comme pour le groupe de la population générale décrit à la section 4.5.1, **une seule dose** de KI est indiquée pour les adultes > 18 ans (WHO, 2011; CDC, 2011a et AFCN, 2011).

- Même si peu de cas de cancer ont été rapportés dans ce groupe d'âge suite à Tchernobyl, le bénéfice physique est présent. De plus, les études de Richardson (2009) et de Fuzik (2010) sur l'exposition à l'iode radioactif suggèrent la possibilité d'une incidence accrue de cancers chez des personnes exposées à l'âge adulte (surtout chez les femmes).

4.5.4 Travailleurs d'urgence

Les travailleurs d'urgence peuvent recevoir une dose quotidienne en cas d'exposition à l'iode radioactif (incluant les intervenants de plus de 40 ans s'ils possèdent une attestation médicale de l'absence de contre-indications); cette approche prudente de dépistage et de gestion des contre-indications est en concordance avec certaines positions internationales dans ce domaine.

- Dans le cas de doses répétées de comprimés d'iode, une attention particulière est nécessaire au niveau des interactions médicamenteuses : la prise d'antiarythmiques, de lithium, d'inhibiteurs de l'enzyme de conversion (captopril, énalapril, etc.) ou de diurétiques d'épargne du potassium en concomitance avec l'iode stable peut interférer avec le fonctionnement de la glande thyroïde ou les niveaux de potassium sanguin. Il est important d'en discuter avec le médecin traitant afin d'obtenir son consentement à la prise répétée de KI.

4.5.5 Population âgée de 40 ans et plus

Pour les personnes de plus de 40 ans de la population générale, la prise de comprimés d'iode stable est recommandée pour **une dose unique** à moins de contre-indications (pour les travailleurs d'urgence > 40 ans, la dose peut être répétée selon la durée de l'exposition et en absence de contre-indications).

La Direction de santé publique de la Mauricie et du Centre-du-Québec maintient cette décision malgré que plusieurs organismes¹² recommandent, même récemment, qu'il ne soit généralement pas indiqué pour les personnes âgées de 40 ans et plus de prendre les comprimés d'iode stable (sauf si la dose à la thyroïde est de 500 rem (5 Sv) ou plus). Ces organismes se basent sur le fait que pour ce groupe de la population :

- Le risque de développer un cancer thyroïdien à la suite d'une exposition à l'iode radioactif est négligeable.
- Le dérèglement de la fonction thyroïdienne est plus fréquent, particulièrement dans les régions pauvres en iode. Ce dérèglement augmente le risque d'effets indésirables thyroïdiens à la suite de la prise de comprimés d'iode stable.
- Le cancer thyroïdien qui pourrait être induit chez les adultes est beaucoup moins agressif que le cancer thyroïdien infantile et son pronostic chez l'adulte est très favorable.

La prise d'une dose de KI pour la population ≥ 40 ans recommandée pour le PMUNE-G2 repose sur les points suivants :

1. L'ASN (2009b, 2011) et l'AFCN (2011a) indiquent que les comprimés d'iodure de potassium peuvent être pris par tous, selon une posologie adaptée à l'âge des personnes. Pour les adultes au-delà de 40 ans, l'AFCN précise que l'iode stable peut être indiqué pour des niveaux moins élevés que 500 rem (5 Sv), et ce, en raison du risque de cancer thyroïdien (certes faible, mais augmentant avec la dose reçue) et de la possibilité d'induction de thyroïdite auto-immune de type Hashimoto.
2. Il est reconnu que les effets adverses thyroïdiens suite à la prise d'iodure de potassium sont rares « pour tous les groupes d'âge » (NRPB, 2001).
 - Il n'y a pas eu, suite à la distribution d'iode en Pologne après l'accident de Tchernobyl, de complications thyroïdiennes même chez les adultes traités pour une maladie thyroïdienne (774 cas observés). Toutefois, les études publiées sur le sujet ne donnent aucun détail sur la distribution des âges.
 - L'estimation des effets secondaires totaux, tous âges confondus, est de 0,2 à moins de 0,35 % (ASN, 2009c).
 - À partir des études sur la supplémentation iodée de l'alimentation pour des populations générales vivant dans des régions carencées en iode, le risque d'hyperthyroïdie induite par l'iode est estimé entre 0,5 et 5 cas pour 1 000 adultes de 40 ans et plus ayant pris de l'iode stable (Croq, 2002).
 - À ce jour, nous n'avons aucune information provenant du Japon au sujet des effets secondaires de la prise des comprimés d'iode stable par leur population.

¹² WHO, 2011; CDC, 2011; FDA, 2001; NRC, 2004 et organismes européens (AFCN, 2011a,c).

3. Tel que mentionné précédemment, les effets adverses thyroïdiens sont plus probables :
 - chez les personnes prenant une dose plus élevée que celle recommandée;
 - à la suite de doses répétées;
 - en présence d'une maladie thyroïdienne sous-jacente;
 - dans les régions de carence alimentaire en iode (surtout pour le risque d'hyperthyroïdie).
4. Dans le cadre du PMUNE-G2, la recommandation pour l'iode stable pour la population générale est une dose spécifique, selon le groupe d'âge, et non répétée.
5. Le risque d'induire une hyperthyroïdie chez les adultes porteurs d'une maladie de Graves-Basedow (latente ou en rémission) ou d'un goitre autonome est présent lors de l'utilisation prolongée ou de l'administration de doses élevées d'iode stable.
6. Au Canada, le sel est obligatoirement iodé. Dans ce contexte, la carence populationnelle en iode est pratiquement nulle. Le risque d'effets secondaires thyroïdiens à la suite de la prise de KI en est donc grandement diminué.
7. Les *Lignes directrices canadiennes sur les interventions en situation d'urgence nucléaire* de Santé Canada (2003) précisent que les contre-mesures doivent s'appliquer à l'ensemble de la population de la zone touchée, et non seulement à des individus ou à des groupes d'âge particuliers.
 - La CCSN confirme d'ailleurs que sa position demeure cohérente avec celle de Santé Canada (CCSN, 2011a).
8. Plusieurs pays européens, dont la France et le Royaume-Uni, n'appliquent pas de limite d'âge pour la prise de KI.
 - La France (ASN, 2011a) considère que la protection de la thyroïde des adultes est justifiée, car il est difficile de déterminer une limite d'âge quant à l'efficacité de la prise du comprimé d'iode.
 - Dans le rapport de la Commission européenne sur la protection radiologique (2010), les auteurs concluent qu'aucun argument concret n'a pu être retrouvé pour justifier, sur la base des effets secondaires observés, une restriction de l'administration d'iode stable chez les personnes de plus de 40 ans.
 - En général, les pays dans lesquels on retrouve une déficience d'apport alimentaire en iode ne recommandent pas la prise d'iodure de potassium aux personnes âgées de plus de 40-45 ans.
9. Le risque de développer un cancer thyroïdien dans la population âgée de 40 ans et plus à la suite d'une exposition à l'iode radioactif n'est pas spécifiquement documenté.
 - Le National Research Council (2006), dans son septième rapport intitulé *BEIR VII*, estime le risque à vie de cancer thyroïdien à près de 1 cancer pour 100 personnes exposées à 100 rem (1 Sv) pour les 2 sexes (plus important chez la femme que chez l'homme).
 - UNSCEAR (2006) rapporte que le risque de ce cancer suite à l'exposition à l'iode 131 demeure à quantifier et que la variation de ce risque en fonction du temps reste à préciser.

10. La perception du risque nucléaire au sein de la population est différente de celle des autorités scientifiques.
- La population analyse ce risque sur une base individuelle en le considérant comme involontaire et imposé.
 - Les scientifiques analysent ce même risque sur une base populationnelle à partir des données épidémiologiques.
11. Au Canada, les comprimés d'iode sont classés dans la catégorie des produits naturels et ils sont disponibles en pharmacie sans ordonnance.

Ainsi, les justifications en faveur du maintien de la prise de KI pour les adultes ≥ 40 ans apparaissent plus importantes selon la littérature actuelle. C'est pourquoi la Direction de santé publique a choisi de maintenir cette recommandation dans la présente révision.

4.6 Bénéfices associés à la prise de comprimés d'iode selon l'OMS

Suite à l'expérience de la Pologne, l'OMS a défini, pour différents groupes d'âge, les risques et bénéfices associés à la prophylaxie à l'iode stable, tel que présenté dans le tableau suivant.

TABLEAU 8 : BÉNÉFICES ET RISQUES À LA SANTÉ ASSOCIÉS À LA PRISE DE COMPRIMÉS D'IODE SELON LES GROUPES D'ÂGE, SELON L'OMS

	Bénéfice élevé	Bénéfice moyen	Bénéfice faible
Groupes d'âge	▪ Les fœtus ▪ Les nouveau-nés (0-1 mois) ▪ Les enfants de 1 mois à 18 ans ▪ Les femmes qui allaitent et les enfants allaités	▪ Les adultes de 19 à 40 ans	▪ Les adultes de plus de 40 ans
Raisons expliquant des bénéfices différents	▪ Taille de la glande ▪ Risque de cancer accru par unité de dose (1 % par 100 rem (1 Sv))* ▪ Période plus longue pour l'expression du cancer	▪ Risque de cancer faible ▪ Risque associé à une seule prise d'iode stable faible	▪ Risque de cancer très faible, sinon nul ▪ Risque plus élevé d'effets secondaires principalement si : - Doses élevées - Doses répétées - Maladie thyroïdienne - Carence iodée
Risque			
Risque d'effets secondaires sévères après la prise d'une dose d'iode stable	1 par dix millions (10^{-7})	1 par million (10^{-6})	

Adapté de : WHO, 1999.

* European Commission, 2010 et NRC, 2004.

Lors d'une urgence nucléaire, l'OMS indique que le bénéfice global sur la glande thyroïde de la prise d'iode stable dépasse les risques d'effets secondaires pour tous les groupes d'âge lorsque la prise des comprimés est recommandée par les autorités de santé publique. Si le dosage approprié est observé, les effets adverses sont rares chez les enfants et les jeunes adultes (WHO, 2011).

5 Niveaux d'intervention pour la prophylaxie à l'iode stable

Les niveaux d'intervention sont des critères, exprimés en doses (rem ou Sv) ou en débits de dose (rem/heure ou Sv/heure) que l'on retrouve dans les plans d'urgence. Ils servent de guide au déclenchement de l'application de mesures de protection. Ils permettent également d'assurer que la mesure de protection offre un avantage net maximum. Le document *Révision des bases de planification* (Grenier, 2001b) présente la philosophie retenue dans le PMUNE-G2 pour définir les niveaux d'intervention : le critère risque-bénéfice à la santé doit être celui qui prévaut lors de la détermination des mesures de protection.

5.1 Recommandations internationales et nationales

Les organismes internationaux, nationaux et de différents pays ont procédé à la détermination de niveaux d'intervention pour la prophylaxie à l'iode stable dont nous présentons maintenant un aperçu (tableau 9).

TABLEAU 9 : NIVEAUX D'INTERVENTION POUR LA PROPHYLAXIE À L'IODE STABLE DES ORGANISMES INTERNATIONAUX, NATIONAUX ET À TRAVERS LE MONDE

Pays/organisme	Niveaux d'intervention	Type de dose à la thyroïde considéré
AIEA	10 rem (100 mSv) à l'individu moyen (adulte) ^a	Dose évitée
Allemagne	5 rem (50 mSv) < 18 ans, femmes enceintes et allaitantes 25 rem (250 mSv) adultes jusqu'à 45 ans	Dose projetée
Australie	10 rem (100 mSv)	Dose évitée
Belgique^b	1 rem (10 mSv) enfants, femmes enceintes et allaitantes 5 rem (50 mSv) adultes	Dose projetée
Canada (Santé Canada)^c	10 rem (100 mSv) à l'individu moyen (adulte)	Dose évitée
CIPR	5 à 50 rem (50 à 500 mSv) à l'individu moyen (adulte)	Dose évitée
Commission européenne	5 rem (50 mSv)	Dose projetée
Croatie	1 rem (10 mSv)	Inconnue
Danemark	5 rem (50 mSv)	Dose évitée
Espagne	10 rem (100 mSv)	Dose projetée
États-Unis (FDA)	5 rem (50 mSv) < 19 ans, femmes enceintes et allaitantes ^d 10 rem (100 mSv) adultes 19-40 ans 500 rem (5 Sv) adultes > 40 ans	Dose projetée
Finlande	1 rem (10 mSv) enfants jusqu'à 18 ans 10 rem (100 mSv) adultes	Dose projetée

Pays/organisme	Niveaux d'intervention	Type de dose à la thyroïde considéré
France	5 rem (50 mSv) à l'individu critique	Dose projetée
Hongrie	10 rem (100 mSv)	Dose évitée
Irlande	10 rem (100 mSv)	Inconnue
Italie	1 rem (10 mSv) < 18 ans, femmes enceintes et allaitantes 10 rem (100 mSv) adultes	Dose évitée
Japon	10 rem (100 mSv)	Dose projetée
Lituanie	1 rem (10 mSv) < 18 ans, femmes enceintes et allaitantes 10 rem (100 mSv) adultes < 40 ans 500 rem (5 Sv) > 40 ans	Dose projetée
Luxembourg	5 rem (50 mSv) enfants	Dose projetée
Norvège	1 rem (10 mSv) enfants et adolescents	Dose projetée
Nouveau-Brunswick	10 rem (100 mSv)	Dose évitée
OMS	1 rem (10 mSv) < 19 ans, femmes enceintes et allaitantes ^e 10 rem (100 mSv) adultes 19-40 ans 500 rem (5 Sv) adultes > 40 ans ^f	Dose évitée Dose évitée Dose projetée
Ontario	10 à 100 rem (100 mSv à 1 Sv) à l'individu critique	Dose projetée
Pays-Bas	En cours de révision	Dose évitée
Pologne	10 rem (100 mSv)	Dose projetée
République Tchèque	10 rem (100 mSv)	Dose évitée
Roumanie	3 à 30 rem (30 à 300 mSv)	Dose projetée
Royaume-Uni	3 à 30 rem (30 à 300 mSv)	Dose évitée
Slovénie	10 rem (100 mSv)	Dose évitée
Suède	100 mrem à 1 rem (1 à 10 mSv) enfants	Dose projetée
Suisse	5 rem (50 mSv)	Dose projetée
Turquie	10 rem (100 mSv)	Dose évitée

Sources : Santé Canada, 2003; NRC, 2004; European Commission, 2010; IRSN, 2009; NRC, 2004; ICRP, 2007 et FDA, 2001.

^a Représente la dose générique applicable sur une base opérationnelle. En 2001, l'AIEA reconnaissait la plus grande sensibilité de l'enfant et du fœtus à l'iode radioactif et elle statuait que l'administration de l'iode stable peut être recommandée à une dose significativement inférieure à 10 rem (100mSv) (European Commission, 2010).

^b Les valeurs représentent les niveaux d'intervention généralement justifiés, c'est-à-dire les niveaux d'application générale pour toute la population. Dans le document de l'AFCN (2011a, p. 9-10), on retrouve un intervalle de 1-5 rem (10-50 mSv) pour le groupe sensible et de 5-10 rem (50-100 mSv) pour les adultes.

^c La CCSN adopte la recommandation de Santé Canada (CCSN, 2011a).

- ^d Malgré la différence des niveaux d'intervention pour le groupe le plus sensible entre la FDA et l'OMS, le risque de cancer thyroïdien est évalué inférieur d'au moins 5 fois pour les deux niveaux (ATA, 2011).
- ^e Cette valeur de 1 rem (10 mSv) représente 10 % du niveau d'intervention générique de l'AIEA. L'OMS considère ce niveau justifié puisque, même à cette valeur de 1 rem (10 mSv), de 2 à 5 cas supplémentaires de cancer thyroïdien pour 1 million d'enfants exposés, par année, sont attendus (risque à vie de 1 à 3 pour 10 000). Ce nombre de cas supplémentaires demeure plus élevé que l'incidence du cancer thyroïdien généralement retrouvée chez les enfants (1/1 000 000 par année (NRC, 2004).
- ^f Le niveau de 500 rem (5 Sv) pour les adultes > 40 ans est en lien avec le seuil des effets déterministes à la thyroïde se manifestant par une hypothyroïdie.

5.2 Recommandations canadiennes

Santé Canada a publié des lignes directrices sur les mesures de protection en 2003 (Santé Canada, 2003). Ses recommandations sont les suivantes :

« Il est recommandé de procéder à l'administration d'iodure de potassium pour l'ensemble de la population se trouvant dans la région touchée, selon les niveaux de dose¹³ préconisés par l'Organisation mondiale de la Santé (WHO, 1999), si cette mesure permet d'éviter une dose à la thyroïde d'au moins 10 rem (100 mSv). »

Les raisons à l'appui de cette recommandation sont expliquées ci-après :

- « Il est possible d'éviter 90 % ou plus de la dose à la thyroïde si un avertissement suffisant, soit plusieurs heures avant l'exposition, est donné de procéder à l'administration d'iode stable. Cette mesure peut considérablement réduire le risque de cancer thyroïdien.
- Les effets secondaires liés à la prophylaxie d'iode stable sont minimes.
- Lorsque les autorités mettent tout en œuvre pour prendre des contre-mesures concrètes et précises, elles augmentent les possibilités de rétablir la confiance du public et de réduire l'angoisse. Comme l'administration d'iode stable en temps opportun permet d'éviter pratiquement toute la dose liée à l'inhalation d'iode radioactif, l'assurance que procure cette mesure devrait contrebalancer toute réaction d'angoisse pouvant y être rattachée.
- Les avantages et les risques de la prophylaxie par iode stable sont susceptibles d'être les mêmes que ceux associés à la mise à l'abri, avec des perturbations ou des effets secondaires minimes. Selon le facteur de pondération des tissus de 0,05 pour la glande thyroïde (ICRP, 1990), le risque de cancer associé à une dose à la thyroïde de 100 mSv (10 rem) est équivalent à une dose effective au corps entier de 5 mSv (500 mrem), lequel constitue le niveau d'intervention de la mise à l'abri.
- Pour des raisons pratiques, un seul niveau d'intervention de 100 mSv (10 rem) est recommandé pour tous les groupes d'âge, ce qui est conforme aux recommandations formulées par l'AIEA. »

La CCSN précise que la responsabilité des mesures de protection à l'extérieur du site d'une centrale nucléaire lors d'une urgence nucléaire relève de Santé Canada et des provinces. Par conséquent, la CCSN adopte la recommandation de Santé Canada énoncée en 2003, soit un niveau de 10 rem (100 mSv) en dose évitée à la thyroïde (CCSN, 2011a).

¹³ NDA : « niveaux de dose » signifie la posologie d'iode stable recommandée pour chaque groupe d'âge.

5.3 Niveaux d'intervention recommandés pour le PMUNE-G2

5.3.1 Principes de base et critères de détermination

Les principes sur lesquels les niveaux d'intervention sont déterminés pour le PMUNE-G2 sont présentés dans le document *Révision des bases de planification du PMUNE-G2, Scénarios d'accidents, Niveaux d'intervention pour les mesures de protection directe, Zone de planification d'urgence pour le panache (ZPU-P)* (Grenier, 2001b). Les principes de solidarité sociale (l'ensemble de la population qui bénéficie de l'activité industrielle de la centrale accepte de protéger la population à risque d'être exposée en cas d'accident) et de responsabilité sociale du générateur de risque (le générateur de risque participe aux coûts de protection de la population à risque) s'avèrent représentatifs de la réalité québécoise et en accord avec une approche de protection de la santé publique. Ils sont à la base de la présente révision des niveaux d'intervention du PMUNE-G2.

Deux critères techniques découlent de ces principes et servent de guides pour l'établissement d'un niveau d'intervention :

- La dose minimale à éviter : Ce critère consiste à définir un niveau de dose à partir duquel le risque à la santé évité par l'application d'une mesure de protection est égal ou supérieur au risque d'appliquer cette mesure. Pour l'administration d'iode stable, la dose minimale à éviter est en lien avec le risque d'effets secondaires.
- La dose résiduelle maximale : Lorsque les risques reliés aux mesures de protection sont très faibles ou nuls, il s'agit de déterminer le risque résiduel raisonnable qui va délimiter l'étendue de la mesure de protection. La méthode servant à déterminer la dose résiduelle est expliquée dans le document *Révision des bases de planification* (Grenier, 2001b). Pour la distribution d'iode stable, le critère de dose résiduelle maximale est de 5 rem (50 mSv) à la thyroïde pour l'individu critique au centre du nuage. Cette dose résiduelle maximale fut dérivée, en 2002, du niveau de mise en évidence de l'apparition des cancers de la thyroïde suite à l'accident de Tchernobyl et sur laquelle s'entendaient l'OMS et la FDA¹⁴. Cette dose correspond actuellement aux recommandations d'organisations internationales et de plusieurs pays (voir tableau 9). Il est également à noter qu'une dose de 5 rem (50 mSv) au centre du nuage équivaut à une dose moyenne d'environ 1 rem (10 mSv), sur l'ensemble du nuage, ce qui est en dessous du niveau d'apparition des cancers chez les enfants.

De plus, les éléments suivants ont été considérés pour la détermination des niveaux d'intervention pour la prise d'iode stable dans le PMUNE-G2:

- L'iode stable sera utilisé en complément des autres mesures de protection (mise à l'abri, évacuation);
- La principale voie d'exposition sera l'inhalation en fonction du nuage radioactif;
- Une **seule dose** sera suffisante pour la grande majorité des situations;

¹⁴ L'apparition des cancers de la thyroïde chez les enfants a été constatée par l'OMS (WHO, 1999) et la FDA (2001) à partir de 5 rem à la thyroïde.

- Pour les intervenants d'urgence :
 - En plus de l'exposition au nuage, les intervenants d'urgence peuvent être exposés aux dépôts d'iode radioactif (par remises en suspension) pendant les 3-4 semaines suivant l'accident;
 - Une **dose répétée une fois par jour** pourra être nécessaire pour les intervenants d'urgence dont les actions se feront en zone contaminée. Prise quotidienne d'un comprimé d'iode avant tout travail en zone contaminée à l'iode.
- Un seul niveau d'intervention pour l'ensemble de la population sera utilisé plutôt qu'un niveau différent pour chaque groupe d'âge. Sur l'aspect opérationnel, un niveau unique facilitera la prise de décision dans toute situation d'urgence. Ainsi, il permettra d'éviter toute incertitude ou indécision à l'égard de la mise en œuvre des recommandations. La mise en application de la mesure de protection sera alors plus rapide et plus efficace.
- Le niveau d'intervention unique applicable à toute la population sera déterminé en fonction du groupe le plus à risque.

Le tableau 10 résume les paramètres de l'approche risques-bénéfices à la santé utilisés pour la détermination du niveau d'intervention.

TABLEAU 10 : PARAMÈTRES UTILISÉS POUR LA DÉTERMINATION DU NIVEAU D'INTERVENTION POUR LA PROPHYLAXIE À L'IODE STABLE DANS LE PMUNE-G2

Groupes d'âge	Risque de cancer	Risque d'effets secondaires sévères	Rapport des risques cancer / effets secondaires sévères
Femmes enceintes (foetus), nouveau-nés, femmes qui allaitent	Élevé (Risque à vie de 1 à 3 cancers/ 10 000 enfants/rem)	Faible pour une dose (1/10 000 000)	Bénéfice > risque pour une dose
1 mois-18 ans		Faible pour une dose (1/10 000 000) Demeure faible pour quelques doses	Bénéfice > risque pour doses répétées
Adultes 19-40 ans (Population générale)	Faible à modéré	Faible pour une dose (1/1 000 000) Absence d'expérience humaine directe pour quantifier le risque de la prise de doses prophylactiques répétées (OMS)	Bénéfice > risque pour une dose
Adultes > 40 ans (Population générale)	Très faible ou nul Effet psychologique reconnu	Faible pour une dose Absence d'expérience humaine directe pour quantifier le risque par rapport à des doses répétées Augmentation possible des effets secondaires avec l'âge en raison de l'augmentation de l'incidence de la dysfonction thyroïdienne	Bénéfice ≈ risque pour une dose
Adultes 19 ans et plus (Intervenants d'urgence)	Augmentation du risque en fonction d'exposition répétée ou d'une exposition prolongée	Augmentation possible du risque en raison de doses répétées, particulièrement chez les plus de 40 ans ↓ Diminution du risque possible par évaluation médicale des contre-indications et des interactions médicamenteuses	Possibilité de maintenir un bénéfice proportionnel au risque chez les individus ne présentant pas de contre-indications ou d'interactions médicamenteuses suite à une évaluation médicale, particulièrement chez les plus de 40 ans.*

* L'évaluation médicale des contre-indications (examen médical et dosage sanguin des hormones thyroïdiennes) permet la détection de dysfonctions thyroïdiennes (de type hyperthyroïdie) non diagnostiquées, lesquelles pourraient prédisposer à des effets secondaires associés à la prise de doses répétées d'iode stable.

Le rapport bénéfice-risque physique pour une prise unique d'iode stable chez les adultes de plus de 40 ans est considéré neutre compte tenu du faible risque d'effets secondaires et du faible bénéfice sur le risque de cancer évité généré par la mesure. De plus, Santé Canada (2003) recommande « de procéder à l'administration d'iodure de potassium pour l'ensemble de la population (...) », visant ainsi une approche pratique et socialement acceptable, dans le contexte du contenu en iode de l'alimentation canadienne qui représente un aspect sécuritaire. Enfin, le bénéfice psychologique de la prise de KI par cette population est reconnu par Santé Canada (2003) et dans la plupart des pays européens. Ceci nous fait pencher en faveur de la recommandation d'une dose unique chez les ≥ 40 ans en cas d'exposition.

5.3.2 Recommandations pour les niveaux d'intervention pour la prophylaxie à l'iode stable dans le cadre du PMUNE-G2

Suite aux constats et analyses exposés, nous recommandons les niveaux d'intervention suivants pour la prophylaxie à l'iode stable à la population :

TABEAU 11 : NIVEAUX D'INTERVENTION RETENUS POUR LE PMUNE-G2 POUR LA PROPHYLAXIE À L'IODE STABLE

Groupes d'âge	Niveaux d'intervention (Doses équivalentes projetées et engagées à la thyroïde pour l'individu critique au centre du nuage)	Remarques
POPULATION GÉNÉRALE		
Femmes enceintes ou qui allaitent Nouveau-nés (0-1 mois)	5 rem (50 mSv)	Dose unique
1 mois-18 ans	5 rem (50 mSv)	Doses quotidiennes répétées possibles
≥ 19 ans	5 rem (50 mSv)	Dose unique
INTERVENANTS D'URGENCE		
Adultes	Possibilité d'exposition à l'iode radioactif sur plusieurs jours ou semaines	Doses quotidiennes répétées possibles en l'absence de contre-indications et d'interactions médicamenteuses

Le maintien du niveau d'intervention pour l'administration d'iode stable à 5 rem (50 mSv), en dose équivalente à la thyroïde, repose sur l'intérêt sanitaire de l'application de cette mesure. D'autre part, il rejoint les organismes américains ainsi que la recommandation de la Commission européenne dans son rapport de 2011. Finalement, cette valeur se trouve dans la fourchette des niveaux recommandés de plusieurs organismes internationaux pour protéger les personnes les plus sensibles aux effets potentiellement néfastes d'une contamination interne par l'iode radioactif (c'est-à-dire : nourrissons, enfants, personnes âgées de moins de 18 ans, femmes enceintes ou qui allaitent) (ICRP, 1993).

6 Modalités d'application des niveaux d'intervention

6.1 Utilisation des comprimés d'iode stable (KI)

L'application des niveaux d'intervention repose sur les modalités énoncées à la section 4.5 du présent document en plus de respecter les indications et précautions suivantes.

6.1.1 Femmes qui allaitent

Pour les femmes qui allaitent, nous recommandons, à l'instar de l'OMS (WHO, 2011) et de l'AFCN (2011a), que l'allaitement maternel puisse être poursuivi en raison de la protection offerte aux glandes thyroïdes de la mère et de l'enfant par la prise individuelle des comprimés d'iode stable.

- Cette prise individuelle d'iode stable par la mère prévient également l'accumulation d'iode radioactif dans le lait maternel.
- La prise de KI par l'enfant allaité permet de protéger adéquatement sa glande thyroïde puisque la quantité d'iode stable fourni au nourrisson par le lait maternel est insuffisante pour saturer la glande thyroïde de l'enfant exposé à l'iode radioactif (WHO, 2011 et CDC, 2011a).

6.1.2 Contre-indications à la prise de KI

Les contre-indications qui interdisent la prise de comprimés d'iode stable comprennent (WHO, 1999; WHO, 2011 et AFCN, 2011ac) :

- Une maladie de la thyroïde, passée ou présente, associée à une hyperthyroïdie active : les personnes qui présentent ou qui ont présenté une hyperthyroïdie pourraient quand même prendre les comprimés d'iode après avis de leur médecin traitant (BMU, 2011).
- Une hypersensibilité ou allergie à l'iode : maladie très rare qui ne doit pas être confondue avec l'allergie aux produits de contraste ou aux fruits de mer (voir la section 4.4 sur l'allergie à l'iode).
- La dermatite herpétiforme : condition rare qui augmente la sensibilité à l'iode.
- La vasculite hypocomplémentémique : autre condition rare qui augmente la sensibilité à l'iode.
- La myotonie congénitale : condition pouvant être aggravée par l'ingestion d'iode stable (NRC, 2004).
- Le pemphigus vulgaire.
- L'iodermie tubéreuse.

6.1.3 Personnes sous médication en raison d'un problème thyroïdien

- Il faut prendre la dose d'iode stable recommandée et poursuivre le traitement médicamenteux pour la maladie thyroïdienne.
- Il est nécessaire de consulter le médecin traitant dès que la situation d'urgence est passée et d'être attentif à l'apparition de symptômes qui pourraient être liés à des perturbations du fonctionnement thyroïdien (hyper ou hypothyroïdie) (AFCN, 2011a).

- Cette vigilance particulière de l'apparition des symptômes thyroïdiens est également valable pour la population en général, particulièrement pour les personnes de plus de 40 ans.

6.1.4 Produits contenant de l'iode

- L'utilisation de la teinture d'iode est contre-indiquée étant donné la toxicité de ce produit.
- La quantité d'iode présente dans le sel de table, le sel de mer, les préparations multivitaminées et les produits naturels est insuffisante pour saturer la glande thyroïde et ne constituent donc pas une alternative à la prise des comprimés d'iode (AFCN, 2011a).

7 Dosage et présentation des comprimés

7.1 Dose à administrer selon les groupes d'âge

Les dosages indiqués dans le tableau 12 sont ceux recommandés par l'OMS et adoptés au niveau international ainsi que par Santé Canada (2003).

La FDA utilise la même posologie que l'OMS, à une nuance près. L'OMS recommande une dose d'adulte (130 mg) à partir de l'âge de 12 ans, alors que la FDA la recommande pour les adolescents de plus de 12 ans approchant le poids d'un adulte. Afin de nous conformer à la monographie du comprimé d'iodure de potassium distribué auprès de la population, nous appliquerons les recommandations de la FDA.

TABLEAU 12 : DOSAGE RECOMMANDÉ POUR LA PROPHYLAXIE À L'IODE STABLE SELON LES GROUPES D'ÂGE

Groupes d'âge	Dosage de KI (mg)	Nombre de comprimés de 65 mg	Type de prise des comprimés
Adultes > 18 ans, incluant les femmes enceintes et celles qui allaitent	130	2	Entier ou écrasé
Enfants de 12 à 18 ans ≥ 70 kg (154 lbs)			
Enfants de 12 à 18 ans < 70 kg (154 lbs)	65	1	Entier ou écrasé et dissous dans un liquide (ex. : lait, eau, jus) ou de la nourriture, au besoin
Enfants de 3 à 12 ans			
Enfants de 1 mois à 3 ans	32	½	Écrasé et dissous dans un liquide (lait, eau, jus)
Nouveau-nés de 0 à 1 mois	16	¼	Écrasé et dissous dans un biberon de lait

Tel qu'indiqué auparavant, le PMUNE-G2 prévoit **une seule dose** de comprimés d'iode pour la population générale.

7.2 Surdosage

Les informations relatives à des surdosages accidentels par l'iodure de potassium sont extrêmement rares. Les symptômes suivants ont été observés après surdosage accidentel avec d'autres préparations à base d'iode (AFCN, 2011a) :

- Vomissements;
- Choc possible (cas extrêmes);
- Maux de ventre;
- Sténose de l'œsophage (rare);
- Diarrhées (pouvant être sanglantes);
- Décès (après ingestion de fortes quantités de teinture d'iode (30 à 250 ml).
- Déshydratation;

7.3 Composition des comprimés

Les comprimés Radblock^{MD} distribués durant la campagne 2012 contiennent 65 mg d'iodure de potassium représentant 50 mg d'iode stable. La composition de l'enrobage employé pour masquer l'amertume du produit est présentée au tableau 13.

TABEAU 13 : COMPOSITION DE L'ENROBAGE DU COMPRIMÉ RADBLOCK^{MD}

Ingrédients	Autre dénomination (1)
Hydroxypropylméthylcellulose	Hypromellose
Anhydride titanique	Titanium dioxyde
Polyéthylène glycol 400	PEG 400
Polysorbate 80	Tween
FD& C Jaune n° 5, pigment laque	Tartrazine, pigment laque
FD& C Bleu n° 2, pigment laque	Carmin d'indigo, pigment laque
FD& C Jaune n° 6, pigment laque	Jaune soleil FCF, pigment laque

Tous ces produits sont couramment utilisés dans la fabrication de produits pharmaceutiques oraux et font partie de la liste d'ingrédients non médicinaux acceptables selon Santé Canada. De plus, la liste des ingrédients concorde avec les produits habituellement retrouvés dans les enrobages de comprimés.

8 Zone de planification de la prophylaxie à l'iode stable

8.1 Distances de planification

La distance minimale concernée pour la planification de la prophylaxie à l'iode stable (niveau d'intervention de 5 rem (50 mSv) à la thyroïde), pour la ZPU-P, en fonction de l'accident de dimensionnement limite, est de 6 km, tel qu'illustré dans le tableau suivant.

TABEAU 14 : RÉSULTATS DES CALCULS DE DOSES POUR LE SCÉNARIO DE L'ACCIDENT DE DIMENSIONNEMENT LIMITE

Distance (km)	Dose projetée à la thyroïde pour l'individu critique au centre du nuage	
	rem	mSv
1	68	680
2	25	250
3	13	130
4	8,2	82
5	5,5	55
6	4,0	40
7	3,1	31
8	2,4	24
9	1,9	19
10	1,6	16

Source : Hydro-Québec, 2001.

Elle correspond à la distance à l'intérieur de laquelle le niveau d'intervention est dépassé pour l'accident de dimensionnement limite, calculé pour des conditions météo limites (classe F et vitesse de vents à 2 m/s).

Étant donné que l'extension de la planification de 6 à 8 km (8 km étant la limite du seuil des effets déterministes sévères) n'augmente pas indûment le risque à la santé de la population, et comme il a été déterminé par le comité de gestion que l'ensemble des mesures de protection de la ZPU-P seraient planifiées à la même distance, soit celle reliée au critère le plus restrictif, la prophylaxie à l'iode stable est planifiée pour une distance de 8 km.

Le tableau suivant illustre l'ensemble des critères pour la définition de la ZPU-P.

TABEAU 15 : DISTANCES D'ATTEINTE DES CRITÈRES DE DOSE SELON LES ACCIDENTS LIMITES, PAR CATÉGORIE D'ACCIDENT, INCLUANT LA PROPHYLAXIE À L'IODE STABLE*

Type d'accident	Mesures de protection	Critère de dose pour la définition de la ZPU-P (Dose projetée au centre du nuage)	Distance à partir de la centrale
Accident de dimensionnement limite (ADL) pour conditions météo limites	Évacuation	NI : 1 rem (10 mSv) à l'organisme entier (individu critique)	4 km
	Mise à l'abri	NI : 500 mrem (5 mSv) à l'organisme entier (individu critique)	6 km
	Prophylaxie à l'iode stable	NI : 5 rem (50 mSv) à la thyroïde (individu critique)	6 km
Accident sévère limite (ASL) pour conditions météo moyennes		Seuil d'effets déterministes sévères 100 rem (1 Sv) à l'organisme entier (individu moyen)	8 km
Distance totale de planification pour la ZPU-P			8 km

* Selon les calculs de doses effectués par Hydro-Québec (2001), d'après les critères définis dans le PMUNE-G2.

NI : Niveau d'intervention

8.2 Population visée par la mesure

La zone de 8 km autour de la centrale nucléaire Gentilly-2 touche à trois municipalités :

- **Bécancour** : le secteur de Gentilly et la partie est du secteur de Bécancour, à partir de la rivière Bécancour.
- **Champlain** : toute la municipalité.
- **Trois-Rivières** : la partie est du secteur de Sainte-Marthe, à partir des routes Red Mill Sud et Bradley.

La carte suivante donne un aperçu des limites de la zone de distribution. D'un point de vue pratique, la délimitation précise de la zone a été définie selon une logique géographique et elle relève de la responsabilité des municipalités. Le tableau 16 indique la répartition de la population comprise dans la zone de distribution.

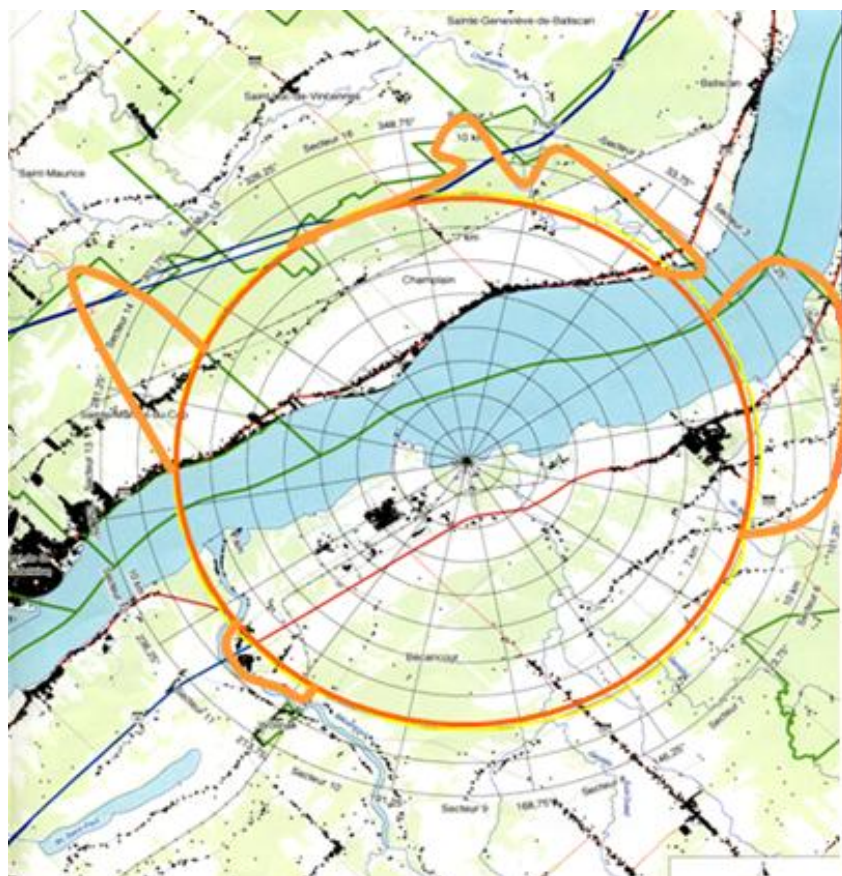


TABLEAU 16 : POPULATION DE LA ZPU-P

Municipalité	Secteurs	Population*
Ville de Bécancour	Partie à l'est de la rivière Bécancour du secteur Bécancour	805
	Secteur Gentilly	2 850
Trois-Rivières	Partie à l'est des routes Red Mill Sud et Bradley du secteur Sainte-Marthe-du-Cap	975
Champlain	Toute la municipalité	1 565
Travailleurs du Parc industriel et portuaire de Bécancour	L'ensemble du parc	3 400
TOTAL :		9 595

* Estimation à partir du Recensement 2006.

9 Modalités d'application de la prophylaxie à l'iode stable

9.1 Recommandations internationales

9.1.1 Recommandations des organismes internationaux

Les principales recommandations des organismes internationaux, par rapport aux modalités d'application de la prophylaxie à l'iode stable, sont présentées dans cette section.

La CIPR (ICRP, 1993) stipule que les autorités nationales doivent porter une attention particulière à la façon la plus efficace d'assurer un accès aux comprimés d'iode à la population touchée par un accident, incluant le renouvellement aux intervalles appropriés des stocks.

L'AIEA (IAEA, 1994), indique qu'il est important d'administrer l'iode stable aussitôt que possible, et idéalement avant les rejets radioactifs. Il faut en faire la planification dans les plans d'urgence.

Finalement, l'OMS (WHO, 1999) recommande ce qui suit :

- Comme le temps pour l'implantation de la prophylaxie à l'iode stable est limité, un accès rapide aux comprimés doit être prévu pour en assurer l'efficacité.
- Au voisinage des centrales nucléaires, une pré-distribution aux maisons doit être sérieusement envisagée, en plus de la planification pour l'évacuation ou la mise à l'abri.
- Des instructions claires doivent être fournies avec les comprimés et la capacité d'appliquer ces instructions par la population doit être vérifiée de temps à autre.
- Le personnel médical qui risque d'être consulté par la population sur cette question doit bénéficier d'informations complètes.
- Dans les zones plus éloignées des centrales, on risque de bénéficier de plus de temps pour la prise de décision. Si la pré-distribution aux maisons n'est pas considérée envisageable, des stocks de comprimés doivent être constitués dans des endroits stratégiques (écoles, hôpitaux, pharmacies, postes de pompiers et de police, sécurité civile).
- À cause du bénéfice dépassant le risque faible d'effets secondaires, les autorités nationales doivent permettre l'achat volontaire de comprimés d'iode dans les pharmacies pour la population générale.
- Il y a avantage à harmoniser les pratiques concernant la prophylaxie à l'iode stable entre pays voisins, surtout lorsque les centrales sont situées près des frontières.

9.1.2 Recommandations étasuniennes

La citation suivante résume les préoccupations de la U.S. Food and Drug Administration en ce qui concerne les modalités de mise à disposition des comprimés d'iode stable à la population :

« As time is the essence in optimal prophylaxis with KI, timely administration to the public is a critical consideration in planning the emergency response to a radiation accident and

requires a real supply of KI. State and local governments choosing to incorporate KI into their emergency response plans may consider the option of predistribution of KI to those individuals who do not have a medical condition precluding its use. » (US Dept of Health, 2001, p. 7)

La *Nuclear Regulatory Commission* des États-Unis (U.S.-NRC) requiert que tous les états considèrent l'ajout de la prophylaxie à l'iode stable pour la population résidant dans la zone de planification de 16 km (10 miles), en complément aux autres mesures de protection directe que sont la mise à l'abri et l'évacuation.

Le *National Research Council* (NRC, 2004) mentionne que les programmes de distribution des comprimés d'iode devraient considérer tous les éléments suivants lors de leur élaboration :

- la pré-distribution des comprimés;
- une réserve locale située en dehors de la zone de planification d'urgence;
- une réserve nationale;
- la capacité de distribution.

Le *U.S. Department of Health and Human Services* (ATSDR, 2008) souligne que la pré-distribution des comprimés d'iode stable aux résidents demeurant à l'intérieur des zones de planification d'urgence (50 miles) associée à du matériel éducatif, des instructions sur l'utilisation et des programmes d'exercices permettraient à un pourcentage significatif de la population à risque d'entreprendre une prophylaxie efficace lorsqu'elle serait recommandée par les autorités de santé publique. Une réserve supplémentaire de KI devrait être constituée dans des endroits stratégiques tels que les écoles, les hôpitaux, les pharmacies, les services d'incendie et les postes de police afin de fournir la prophylaxie à la population non rejointe durant la pré-distribution.

9.2 Recommandations canadiennes

Dans ses *Lignes directrices canadiennes sur les interventions en situation d'urgence nucléaire*, Santé Canada (2003) rappelle que :

- Les décisions relatives à la logistique de mise à disposition des comprimés d'iode stable à la population relèvent des niveaux provincial et local.
- L'efficacité de la mesure dépend principalement du fait qu'elle soit appliquée avant ou immédiatement après un rejet de radioiodes dans l'environnement et que le choix du mode de distribution doit être basé sur les caractéristiques spécifiques de chaque centrale, en tenant compte de l'arrimage avec les autres mesures de protection directe.
- La pré-distribution devrait être considérée dans les milieux ruraux où la population est étalée, où des problèmes logistiques de distribution post-alerte sont prévisibles. Si l'on juge la distribution post-alerte digne de confiance, des stocks de comprimés doivent être disponibles dans des lieux tels les hôpitaux, les centres de santé, les écoles, les postes de police, les casernes de pompiers et d'autres lieux publics entourant la centrale. Les pharmacies locales peuvent aussi être mises à contribution.

9.3 Modalités de mise à disposition des comprimés d'iode dans différents pays

9.3.1 Europe

Actuellement, l'iode stable est pré-distribué autour des centrales nucléaires dans plusieurs pays. La zone de pré-distribution varie de 5 à 50 km de rayon autour de la centrale nucléaire. Dans la plupart des cas, l'iode stable est livré à toute la population. La responsabilité de la pré-distribution incombe aux exploitants de centrales nucléaires ou aux collectivités locales. Les modalités de mise à disposition des comprimés d'iode ainsi que la constitution de réserves pour différents pays sont présentées à l'annexe 1.

9.3.2 États-Unis

Aux États-Unis, les décisions relatives à la logistique de mise à disposition des comprimés d'iode stable à la population relèvent des États, qui sont soumis aux recommandations nationales. Les plans de distribution de comprimés d'iode sont très variables d'un État à l'autre. Les tableaux 17 et 18 indiquent les différences. Certains États (34 %) pré-distribuent les comprimés d'iode aux résidents de la zone de planification de 16 km autour d'une centrale nucléaire. La méthode retenue est l'envoi postal. Plusieurs États (40 %) disposent également de stocks centralisés. La majorité des États qui n'offrent aucune distribution de comprimés d'iode à la population générale possèdent des stocks de comprimés pour les travailleurs d'urgence advenant une urgence nucléaire (NRC, 2004).

TABEAU 17 : ÉTATS DES ÉTATS-UNIS SANS PROGRAMME DE DISTRIBUTION DE KI POUR LA POPULATION GÉNÉRALE

Aucune centrale à l'intérieur ou près des frontières		
Alaska	Idaho	Nouveau-Mexique
Colorado	Indiana	Oklahoma
Dakota du Nord	Kentucky	Oregon
Dakota du Sud	Maine	Rhode Island
District de Columbia	Montana	Utah
Hawaii	Nevada	Wyoming
Centrales à l'intérieur des frontières		
Arkansas*	Louisiane	Nebraska
Georgie	Michigan	Texas
Iowa	Minnesota	Washington
Kansas	Missouri	Wisconsin

* En processus de changement de la politique de distribution à la population générale.

TABEAU 18 : ÉTATS DES ÉTATS-UNIS AVEC UN PROGRAMME DE DISTRIBUTION DE KI

Réserve de KI pour une distribution post-accidentelle		
Alabama	Floride	Mississippi
Arizona		
Pré-distribution (incluant une réserve pour une distribution post-accidentelle)		
Californie	Maryland	Pennsylvanie*
Caroline du Nord	Massachusetts	Tennessee
Caroline du Sud	New Hampshire	Vermont
Connecticut	New Jersey*	Virginie
Delaware*	New York	Virginie-Occidentale*
Illinois	Ohio	

* Frontière de l'État dans les 10 miles des installations nucléaires. Delaware : installation de Salem/Hope; New Jersey et Virginie-Occidentale : installation de Shippingport en Pennsylvanie.

La FDA détient depuis 2001 des millions de doses d'iode stable qui sont stockées par mesure de précaution pour protéger l'ensemble de la population américaine contre un accident nucléaire ou une attaque terroriste.

9.3.3 Canada

Ontario (CCSN, 2011b)

Le plan directeur de l'Ontario, intitulé *Plan provincial d'intervention en cas d'urgence nucléaire* (PPIUN), et les plans de sa mise en œuvre spécifiques pour les centrales nucléaires Pickering, Darlington et Bruce ont été révisés en 2009 et approuvés par le Cabinet de l'Ontario.

Les zones de planification utilisées par la province de l'Ontario sont les suivantes :

- La zone contiguë est la zone hors site de 3 km autour de l'installation nucléaire pour laquelle un niveau accru de préparation et d'intervention est nécessaire.
- La zone primaire est la zone de 10 km autour de l'installation nucléaire pour laquelle des mesures de contrôle de l'exposition pourraient être nécessaires. On compte approximativement 7 500 personnes dans la zone primaire de Bruce, 122 000 personnes dans la zone primaire de Darlington et 261 000 personnes dans la zone primaire de Pickering.
- La zone secondaire est la zone pour laquelle des mesures de contrôle de l'ingestion pourraient être nécessaires (50 km).

L'Ontario est la seule province qui ne distribue pas directement les KI dans les résidences des zones de planification désignées, bien que les gens puissent s'en procurer en tout temps en pharmacie.

Le PPIUN exige que les municipalités (région de Durham, ville de Toronto et municipalité de Kincardine) soient désignées pour faciliter l'accès aux KI pour les établissements de la zone

primaire, les centres d'urgence et les membres de la population de la zone qui souhaitent se procurer des comprimés d'iode stable. Cependant, le mode de distribution est laissé à la discrétion des municipalités désignées.

Ces municipalités ont mis en place un inventaire de comprimés pour le grand public dans des emplacements centraux (pharmacies à Durham, centre d'accueil à Kincardine) et ont déjà distribué des comprimés à certains établissements, comme les écoles, les établissements de soins prolongés, etc.

Nouveau-Brunswick (CCSN, 2011b)

Le Plan d'urgence nucléaire du Nouveau-Brunswick utilise une zone nominale de 20 km aux fins de planification. Les 3 000 résidents de cette zone de 20 km entourant la seule centrale nucléaire du Nouveau-Brunswick, Point Lepreau, reçoivent les comprimés d'iode à la maison. Les lignes directrices de 2002 mentionnent que les comprimés sont distribués par des volontaires (gardiens et pompiers) et des employés de la centrale. Des comprimés sont également stockés à d'autres emplacements, comme les établissements de soins prolongés, les hôpitaux et les postes de la Gendarmerie royale du Canada dans la zone de 20 km.

Le Plan d'urgence nucléaire de la province incorporera bientôt les trois zones de planification d'urgence utilisées par Point Lepreau. Voici ces trois zones :

- zone de mesures de protection préventives (4 km);
- zone de mesures de protection urgentes (12 km);
- zone de mesures de protection à long terme (20 km).

9.4 Modalités recommandées pour la ZPU-P de 8 km

Les modalités d'application de la prophylaxie à l'iode stable retenues pour le PMUNE-G2 sont présentées dans le texte qui suit, en fonction des besoins, et sont assorties de conditions de succès.

9.4.1 Population générale

Besoins :

- accès rapide aux comprimés pour les accidents à cinétique rapide;
- accès aux comprimés pour la population en transit ou pour compenser les pertes pour les résidents de la ZPU-P;
- accès aux comprimés pour la population évacuée dans les centres aux sinistrés qui n'a pu prendre les comprimés avant de quitter le domicile.

Modalités retenues :

- système de mise à disposition des comprimés d'iode pour la zone couverte par la ZPU-P (8 km) par :
 1. pré-distribution aux résidences;
 2. pré-distribution dans les édifices publics, écoles, commerces et lieux de travail, dont le PIPB;
 3. fourniture en cas de perte et à la population en transit ;

- réserves décentralisées dans la ZPU-P;
- réserves dans les centres de réception pour évacués.

Actuellement, chaque résidence de la ZPU-P a reçu des comprimés d'iode stable et des documents d'information. De plus, chaque municipalité de la ZPU-P détient une réserve de comprimés d'iode au sein de leur hôtel de ville pour pourvoir aux besoins supplémentaires susmentionnés.

Conditions de succès :

- modalités d'alerte rapide à la population;
- programme d'information préventif à la population;
- formation des professionnels de la santé et des intervenants d'urgence.

Les accidents à cinétique rapide sont ceux pour lesquels une planification détaillée est nécessaire, car ils pourraient entraîner des doses à la thyroïde supérieures au niveau d'intervention. La pré-distribution devient alors la modalité qui permet la protection de la population résidant aux alentours de la centrale :

- elle permet en effet la prise des comprimés dans un délai qui assurera une efficacité optimale;
- elle évitera une exposition au nuage ou aux dépôts au personnel qui serait affecté à une distribution post-alerte;
- elle évitera à la population un problème d'accès aux comprimés dans le cas d'une défection possible de certains membres du personnel affecté à une distribution post-alerte¹⁵.

9.4.2 Parc industriel et portuaire de Bécancour (PIPB)

Le PIPB, situé à l'ouest de la centrale, comprend plusieurs entreprises, avec plus de 3 000 travailleurs dans les périodes les plus actives et des centaines de visiteurs chaque jour. À cause de la nature de certaines de ces entreprises, des contraintes d'arrêt ont été identifiées. Il s'agit des délais nécessaires avant la mise à l'arrêt des opérations et du nombre minimal de travailleurs devant rester en place pour assurer la sécurité des installations. Il se pourrait donc qu'en cas d'accident, une partie du personnel soit évacuée et que des équipes minimales restent en place pour assurer la sécurité des installations ainsi que celle des industries voisines.

Nous recommandons de considérer les travailleurs du Parc industriel et portuaire de Bécancour selon deux catégories :

- le personnel non essentiel à la sécurité des installations sera considéré comme une clientèle sujette aux mêmes mesures de protection que le reste de la population de la ZPU-P;

¹⁵ L'étude de Corriveau (1991) a en effet mis en évidence une forte tendance des bénévoles affectés à une distribution postalerte à être surtout enclins à voir à leur propre protection ou à celle de leurs proches dans l'éventualité d'un accident avec rejets radioactifs.

- les travailleurs essentiels au maintien des installations agiront à titre d'intervenants d'urgence assujettis aux recommandations de radioprotection du PMUNE-G2 exprimées dans les *Lignes directrices pour la protection du personnel d'urgence* (Grenier, 2001a). Un comprimé d'iode stable par jour sera recommandé par le directeur de santé publique tant qu'il y aura une exposition significative à l'iode radioactif.

10 Suivi

Un registre devra être élaboré afin de compiler les informations nécessaires au suivi sanitaire des personnes exposées à l'iode radioactif et à la radioactivité suite à un accident nucléaire. Ce registre permettra également d'évaluer les effets à la santé à court et à long termes de l'administration de KI. Il devra contenir minimalement les informations suivantes (NRC, 2004) :

- les concentrations du rejet dans l'atmosphère (terme-source);
- les niveaux de contamination dans l'eau, les aliments et le sol;
- les niveaux mesurés d'iode radioactif dans la thyroïde de la population;
- le degré d'utilisation de KI à titre préventif (comprenant la dose utilisée, la date et l'heure de la prise en fonction du moment du rejet ou de l'exposition à l'iode radioactif).

11 Impacts psychosociaux de la pré-distribution

Les expériences de pré-distribution de comprimés d'iode stable en France et en Belgique, documentées dans le cadre d'une mission québécoise réalisée en septembre 2001 nous enseignent que :

« Parler des mesures de prévention et de protection, incluant la pré-distribution de comprimés d'iode, ne génère pas de discrédit sur l'énergie nucléaire. La crainte perçue par les autorités publiques et l'exploitant face à une première campagne de distribution des comprimés, qui aurait pu être vue comme un aveu tardif de faiblesse, une preuve d'irresponsabilité des autorités ou une diminution de la sûreté ou de la sécurité des installations, ne s'est pas avérée fondée dans les faits. » (Régie régionale, 2001)

Ainsi,

- les citoyens visés par la mesure sont généralement capables de comprendre et de porter un jugement éclairé lorsqu'ils sont correctement informés;
- l'implantation de cette mesure ne génère :
 - ni réaction d'angoisse dans la population;
 - ni mouvement antinucléaire;
 - ni baisse de la confiance envers les autorités publiques et la centrale nucléaire.

Dans un article intitulé *Arguments et retour d'expérience sur la distribution d'iode stable autour des centrales nucléaires françaises*, Le Guen et autres (2001) affirment même que « la distribution des comprimés d'iode est une occasion pour l'exploitant d'engager un dialogue avec les personnes vivant autour des centrales. »

En Mauricie et au Centre-du-Québec, la Direction de santé publique en collaboration avec ses partenaires régionaux du PMUNE-G2 ont déjà procédé à trois campagnes d'information préventive et de pré-distribution des comprimés d'iode à toute la population de la ZPU-P de 8 km. Ces campagnes ont suscité un grand intérêt dans la population. Elles lui ont permis de mieux connaître le PMUNE-G2 ainsi que les acteurs impliqués. Des sondages effectués après les campagnes de 2003 et 2007 indiquent que 95 % des répondants croient au bien-fondé des campagnes et souhaitent être informés sur le sujet plus fréquemment qu'aux cinq ans. La population se dit mieux préparée à faire face à un accident nucléaire et, selon ces sondages, elle connaît effectivement mieux les bonnes mesures de protection à appliquer.

12 Planification de la prophylaxie à l'iode stable au-delà de la ZPU-P

Les accidents sévères sont ceux pour lesquels des besoins en comprimés d'iode pourraient dépasser la ZPU-P, tout comme pour les autres mesures telles que la mise à l'abri ou l'évacuation. Les besoins concernant la prophylaxie à l'iode stable, en fonction de l'accident sévère limite, pourraient se faire sentir à des distances pouvant dépasser les 50 km, si l'on retient le niveau d'intervention de 5 rem (50 mSv) à la thyroïde chez les enfants, même en conditions météo moyennes, comme critère de délimitation de cette zone.

Pour répondre à ces besoins, étant donné la faible probabilité d'occurrence de tels accidents, nous croyons, à l'instar d'autres pays (Suisse, Suède, France et Belgique) que la constitution d'une réserve centralisée, pouvant être conservée dans des conditions contrôlées de stockage, serait une modalité de planification à envisager pour répondre à ce besoin. À ce sujet, des travaux conjoints, DSP et MSSS, sont présentement en cours afin d'évaluer la pertinence, les modalités d'entreposage et de distribution ainsi que la zone hors ZPU-P à couvrir par une réserve provinciale de comprimés d'iode stable. Une alternative à cette solution consisterait à conclure une entente avec les partenaires provinciaux, fédéraux ou les États-Unis portant sur un accès à une réserve importante de comprimés et définir des modalités de distribution. La distribution des comprimés ainsi que leur utilisation par la population devraient s'effectuer dans un délai d'au plus 4 à 6 heures. Ce délai garantirait une efficacité d'environ 50 % en cas d'accident sévère à cinétique rapide. Le développement du plan de distribution des comprimés centralisés devrait alors tenir compte de la priorité à donner aux femmes enceintes et aux enfants de moins de 18 ans pour cette mesure.

Le tableau suivant présente, à titre indicatif, certains éléments de réflexion touchant à l'application des mesures de protection directe au-delà de la ZPU-P, pour les accidents sévères.

TABEAU 19 : DISTANCE D'ATTEINTE OU DÉPASSEMENT DES CRITÈRES SELON LES ACCIDENTS LIMITES, PAR CATÉGORIE D'ACCIDENT*

	Mesures de protection	Critère de dose ZPU-P (Niveaux d'intervention)	Distance de planification détaillée de la ZPU-P	Planification > ZPU-P Critère de dose	Planification > ZPU-P Distance de planification	Planification > ZPU-P Modalités de planification
Accidents de dimensionnement limite sous des conditions météo limites	Évacuation	1 rem (10 mSv) organisme entier (individu critique)	4 km	N/A	N/A	N/A
	Mise à l'abri	500 mrem (5 mSv) organisme entier (individu critique)	6 km	N/A	N/A	N/A
	Prophylaxie à l'iode stable	5 rem (50 mSv) thyroïde (individu critique)	6 km	N/A	N/A	N/A
Accidents sévères sous des conditions météo moyennes	Évacuation	100 rem (1 Sv) organisme entier (individu moyen)	8 km	1 rem (10 mSv) organisme entier (individu critique)	> 50 km	Plans d'urgence génériques des municipalités
	Mise à l'abri	(seuil d'effets déterministes sévères)		500 mrem(5 mSv) organisme entier (individu critique)	> 50 km	
	Prophylaxie à l'iode stable			5 rem (10 mSv) thyroïde (individu critique)	> 50 km	Accès à des réserves et distribution dans les 4-6 heures
Distance totale de planification**			8 km		> 50 km	

* Les éléments concernant la planification dans la zone au-delà de la ZPU-P sont présentés à titre d'intrants à la réflexion.

** Il a été déterminé par le comité de gestion du PMUNE-G2 que l'ensemble des mesures de protection de la ZPU-P seraient planifiées à la même distance, soit celle reliée au critère le plus restrictif.

13 Synthèse des lignes directrices pour l'utilisation des comprimés d'iode stable en cas d'accident à la centrale nucléaire Gentilly-2

13.1 Pertinence de la mesure

Considérant :

- les résultats des études épidémiologiques suite à l'accident de Tchernobyl démontrant l'incidence significativement élevée des cancers à la thyroïde suite à l'exposition à l'iode radioactif, particulièrement chez les enfants;
- la présence attendue d'iode radioactif advenant un accident avec rejets dans l'environnement à la centrale nucléaire Gentilly-2;
- les recommandations des organismes internationaux reconnus à cet effet;

la prophylaxie à l'iode stable doit être incluse dans la planification des mesures d'urgence nucléaire externe à la centrale nucléaire Gentilly-2, en complément aux autres mesures de protection en phase menace et urgence de l'accident que sont la mise à l'abri, l'évacuation et les mesures de protection relatives à la chaîne alimentaire.

13.2 Niveau d'intervention et groupes d'âge visés par la mesure – population générale

Considérant :

- la mise en évidence de l'apparition des cancers de la thyroïde chez les enfants suite à l'accident de Tchernobyl;
- qu'au seuil de 5 rem (50 mSv) (à l'individu critique au centre du nuage), le bénéfice généré par la prophylaxie, pour une seule dose d'iode stable, est supérieur au risque d'effets secondaires causés par la mesure chez les groupes de population suivants :
 - femmes enceintes (fœtus);
 - nouveau-nés (moins de 1 mois) et femmes qui allaitent;
 - enfants de 1 mois à 18 ans (seul ce groupe pourrait prendre plusieurs doses, à raison d'une dose par jour, tout en maintenant un rapport risque-bénéfice positif). Rappelons que, dans la majorité des situations, une seule dose serait suffisante;
 - adultes de 19 à 40 ans;

la prophylaxie à l'iode stable est prescrite pour la population susceptible de recevoir une dose égale ou supérieure à 5 rem (50 mSv) (dose à la thyroïde, pour l'individu critique, au centre du nuage) pour les groupes d'âge ci-haut énumérés.

Considérant :

- que le bénéfice généré par la prophylaxie avec une seule dose d'iode stable s'avère équivalent au risque d'effets secondaires causés par la mesure pour les adultes de plus de 40 ans;
- que l'exclusion d'un groupe d'âge pour lequel la mesure ne génère pas de risque indu pourrait avoir pour effet de causer un tort psychologique ou de l'angoisse au groupe d'âge exclu et de rendre beaucoup plus complexes la communication publique, la logistique et l'implantation de la mesure ;

il est justifié d'offrir la prophylaxie à l'iode stable aux adultes de plus de 40 ans, pour une seule dose, au même niveau d'intervention de 5 rem (50 mSv) (dose à la thyroïde, pour l'individu critique, au centre du nuage).

Considérant :

- les risques plus élevés de cancers de la thyroïde suite à l'exposition à l'iode radioactif pour le groupe d'âge des 18 ans et moins;

les moyens requis devront être mis en œuvre afin de s'assurer que la mesure rejoigne de façon prioritaire et optimale les jeunes de 18 ans et moins, les femmes enceintes (fœtus) et celles qui allaitent et que la population soit bien informée de l'importance de la prophylaxie pour ces clientèles prioritaires.

Considérant :

- les mandats légaux confiés au directeur de santé publique en matière d'information sur les risques et de protection de la santé publique;
- les responsabilités attribuées au directeur de santé publique dans *le Plan des mesures d'urgence nucléaire externe à la centrale nucléaire Gentilly-2* (PMUNE-G2);

la recommandation de prise des comprimés d'iode stable par la population dans le contexte d'un accident à la centrale nucléaire Gentilly-2 relève du directeur de santé publique.

13.3 Niveau d'intervention et groupes d'âge visés par la mesure – personnel d'urgence

Considérant :

- les risques d'exposition (répétée ou prolongée) à l'iode radioactif du personnel d'urgence appelé à intervenir en zone contaminée suite à un accident;

- la pratique en vigueur au niveau international, à l'effet de fournir une dose quotidienne d'iode stable pour tout travail en zone contaminée à l'iode radioactif;
- en raison des possibilités d'exposition prolongée du personnel d'urgence, la prophylaxie à l'iode stable pour ce groupe n'est pas subordonnée à l'atteinte du niveau d'intervention de 5 rem (50 mSv). Les modalités de protection du personnel d'urgence sont précisées dans les *Lignes directrices sur la protection du personnel d'urgence dans le cadre du PMUNE-G2*;

la prophylaxie à l'iode stable doit être offerte quotidiennement au personnel d'urgence avant tout travail en zone contaminée à l'iode radioactif, tant qu'il y a une exposition jugée significative à l'iode radioactif.

Considérant :

- l'augmentation, chez les adultes, du risque d'effets secondaires suite à la prise de doses répétées d'iode stable, particulièrement pour ceux âgés de plus de 40 ans et pour ceux prenant certains médicaments;
- la diminution importante de ce risque par l'évaluation médicale des contre-indications par détection des dysfonctions thyroïdiennes (surtout hyperthyroïdie) et l'évaluation des interactions médicamenteuses;

le personnel d'urgence de plus de 40 ans devrait, préalablement à toute intervention d'urgence de plus d'une journée en zone contaminée à l'iode radioactif, avoir bénéficié d'une évaluation médicale permettant de certifier l'absence de contre-indications à la prise répétée d'iode stable.

Considérant :

- les difficultés liées à l'exclusion d'un groupe d'âge pour lequel une mesure ne génère pas de risques indus (difficultés liées à explication de l'exclusion, à la logistique, aux cas d'individus dont l'âge se situe sur la limite, etc.);
- l'absence de risque lié à l'évaluation des dysfonctions thyroïdiennes;

les travailleurs d'urgence de 19 à 40 ans pourraient eux aussi être soumis à l'évaluation médicale des contre-indications à la prise répétée d'iode stable.

Considérant :

- les mandats légaux confiés au directeur de santé publique en matière d'information sur les risques et de protection de la santé publique, incluant les intervenants d'urgence;

- les responsabilités attribuées au directeur de santé publique dans le *Plan des mesures d'urgence nucléaire externe à la centrale nucléaire Gentilly-2* (PMUNE-G2);

la recommandation de prise des comprimés d'iode stable par les travailleurs d'urgence dans le contexte d'un accident à la centrale nucléaire Gentilly-2 relève du directeur de santé publique.

13.4 Dosage et présentation

Considérant :

- les recommandations de l'Organisation mondiale de la Santé (1999);
- les informations retrouvées dans la monographie du produit utilisé;

les groupes populationnels et les dosages recommandés pour la prophylaxie à l'iode stable sont les suivants :

Groupe populationnel	Dosage
Nouveau-nés (naissance à 1 mois)	16 mg
Enfants de 1 mois à 3 ans	32 mg
Enfants de 3 à 12 ans	65 mg
12 ans et plus (< 70 kg)	65 mg
12 ans et plus (≥ 70 kg)	130 mg
Femmes enceintes et qui allaitent	130 mg

Considérant :

- la nécessité de fractionner un comprimé d'iode en 8 ou de le diluer dans un liquide pour obtenir le dosage requis pour un enfant;

l'acquisition de comprimés facilement sécables, solubles et présentés dans un emballage facile d'utilisation doit toujours être envisagée.

13.5 Zone de planification pour la prophylaxie à l'iode stable

Considérant :

- l'atteinte du niveau d'intervention pour la prophylaxie à l'iode stable à une distance de 6 km de la centrale nucléaire Gentilly-2 dans le cas de l'accident de dimensionnement limite retenu;
- que la zone de planification d'urgence pour l'exposition au panache (ZPU-P) a été fixée à 8 km;

- que l'extension de la mise en application de la prophylaxie à l'iode stable de quelques kilomètres ne générerait pas de risque indu à la santé;
- les bénéfices d'une harmonisation des mesures dans la ZPU-P en termes de communication publique et d'organisation logistique;

la prophylaxie à l'iode stable doit être offerte à l'ensemble de la population de la ZPU-P de 8 km.

Considérant :

- la décision antérieurement prise de considérer les accidents sévères dans le *Plan des mesures d'urgence nucléaire externe à la centrale nucléaire Gentilly-2* (PMUNE-G2) (décision appuyée sur les recommandations internationales);
- la faible probabilité de survenue d'un accident sévère;
- l'atteinte du niveau d'intervention pour la prophylaxie à l'iode stable à une distance de plus de 50 km pour le scénario d'accident sévère limite retenu dans le PMUNE-G2;
- la tendance internationale à prévoir des stocks de comprimés à distribuer en cas d'accident sévère;

les moyens d'accès à des stocks de comprimés pour la population comprise dans la zone où le niveau d'intervention pour la prophylaxie à l'iode stable serait atteint en cas d'accident sévère devraient faire l'objet d'une analyse tenant compte des impératifs de protection de la santé publique et d'une éventuelle mise en application. Parmi les moyens documentés, notons les ententes entre pays ou provinces et la constitution d'un inventaire centralisé ou décentralisé.

13.6 Modalités d'application de la prophylaxie à l'iode stable dans la ZPU-P

Considérant :

- le lien critique entre l'efficacité de la prophylaxie à l'iode stable et le délai entre la prise des comprimés et l'exposition à l'iode radioactif (délai maximal de 4 h à 6 h pour maintenir une efficacité de plus de 50 %);
- l'insistance des organismes internationaux et nationaux à l'effet de rendre la mesure disponible afin que les comprimés puissent être ingérés avant ou très rapidement suite à l'exposition;
- la démonstration de l'inefficacité de la distribution post-alerte (notamment en France, en Belgique et dans l'État du Tennessee);
- la faible densité de population dans la ZPU-P de 8 km entourant la centrale nucléaire Gentilly-2 (environ 10 000 personnes);

- les expériences positives de pré-distribution des comprimés à domicile documentées ailleurs dans le monde et l'absence d'impacts psychosociaux négatifs suite à ces opérations;

les comprimés d'iode stable doivent être mis à la disposition de la population visée par une pré-distribution dans les résidences privées, les écoles et les autres lieux publics.

Des réserves municipales doivent être prévues pour les populations en transit et les populations évacuées.

14 Conclusion

Suite à cet exercice de révision, la Direction de santé publique soutient que l'utilisation des comprimés d'iode est toujours un moyen sûr et efficace pour prévenir l'absorption d'iode radioactif par la glande thyroïde afin d'éviter les risques de cancer de la thyroïde suite à une urgence nucléaire. La recommandation de rendre disponibles les comprimés d'iode à la population à proximité du site nucléaire pour assurer une administration rapide des comprimés d'iode en cas d'accident à la centrale nucléaire Gentilly-2 avec rejet d'iode radioactif est toujours maintenue.

Pour assurer une réponse adéquate lors d'une urgence nucléaire, le plan d'urgence doit poursuivre les campagnes d'information pour la population. Elles doivent informer sur l'ampleur du risque radiologique, sur les modalités d'utilisation des comprimés d'iode ainsi que sur les avantages potentiels de son utilisation. C'est pour ces raisons que des campagnes d'information à la population ont eu lieu en 2003, 2007 et 2012.

Le choix des mesures d'intervention en cas d'accident nucléaire sera justifié par l'état de la situation en cours lors de l'événement. Un ensemble d'éléments (médicaux, économiques, sociaux et éthiques) devra être évalué pour justifier des recommandations de protection à la population. L'utilisation des comprimés d'iode est une action qui doit être considérée comme un complément à la mise à l'abri, au contrôle des sources d'émission et, selon le cas, à l'évacuation de la population.

Glossaire

Dose équivalente

Produit de la dose absorbée dans un tissu ou un organe par un facteur de pondération qui tient compte de l'effet biologique lié à la nature et à l'énergie du rayonnement.

Dose évitée

Dose individuelle pouvant être évitée au moyen d'une seule mesure de protection. Il s'agit de la différence entre la dose projetée et la dose résiduelle qui se produirait même si une mesure de protection était prise. (Santé Canada, 2003)

Dose projetée

Dose de radiation qui est prévue lorsqu'aucune mesure de protection n'est envisagée. (Santé Canada, 2003)

Dose résiduelle

Différence entre la dose projetée ou prévue et la dose évitée grâce à une mesure de protection. (Santé Canada, 2003)

Effet déterministe

Effet sur la santé qui est certain de se manifester chez une personne exposée à une dose de rayonnement supérieure à un quelconque seuil et dont la gravité augmente proportionnellement à la dose. Exemples : syndrome d'irradiation et brûlures de la peau. (Santé Canada, 2003)

Effet stochastique

Effet des rayonnements sur la santé qui survient généralement en l'absence de seuil de dose. Exemples : cancer et leucémie. La probabilité de manifestation de l'effet est proportionnelle à la dose, mais sa gravité est indépendante de la dose. (Santé Canada, 2003)

Évacuation

Déplacement temporaire de la population ou d'une partie de la population d'une zone qui a été ou pourrait devenir contaminée par des substances radioactives. Une évacuation ne devrait pas durer plus d'une semaine environ. (Santé Canada, 2003)

Facteur de pondération tissulaire

Multiplicateur de la *dose équivalente* à un organe ou tissu que l'on emploie aux fins de la radioprotection pour tenir compte des différences dans la sensibilité des divers organes et tissus à l'induction d'*effets stochastiques* par les rayonnements. (AIEA, 2007)

Hypothyroïdie

Se caractérise par une production insuffisante d'hormones thyroïdiennes, ce qui entraîne de nombreux problèmes de santé qui peuvent être très sérieux. Le remplacement de ces hormones sous forme de médicament est cependant possible et permet de réduire de façon substantielle les inconvénients associés à cette maladie. (Grenier, 2002)

Mise à l'abri

Contre-mesure consistant à garder la population à l'intérieur pour réduire l'exposition externe aux rayonnements gamma et l'exposition interne par inhalation de radioactivité. (Santé Canada, 2003)

Niveau d'intervention

Dose de rayonnement au-dessus de laquelle une mesure de protection spécifique est généralement justifiée. (Santé Canada, 2003)

Phase précoce d'un accident

Les phases précoce et intermédiaire d'un accident sont maintenant remplacées par la nouvelle nomenclature des phases d'un accident, c'est-à-dire la phase d'urgence et la phase post-accidentelle.

La phase précoce était définie comme allant du début de l'accident jusqu'à quelques heures après l'arrêt des rejets. Les voies d'exposition concernées sont l'irradiation externe et l'inhalation de particules radioactives reliées au passage du nuage. La phase intermédiaire, quant à elle, peut s'étendre jusqu'à plusieurs semaines après le début de l'accident et concerne l'exposition aux dépôts radioactifs produits par le passage du nuage et aux aliments contaminés. (Grenier, 2002)

Phase de menace

Période de la phase d'urgence correspondant au délai suffisant (quelques heures) entre le début de l'accident et les rejets de matières radioactives dans l'environnement pour mettre en place les structures permettant d'établir les premiers diagnostics de l'installation, une estimation des rejets et de leurs conséquences radiologiques. Ce délai permet également aux autorités responsables d'engager des actions à titre préventif en vue d'assurer une protection de la population et de faciliter la gestion ultérieure de la situation si les rejets ne peuvent être évités. Cette phase peut être ou non suivie d'une phase de rejets. (Adaptation de Grenier, 2002 et CODIRPA, 2010)

Phase post-accidentelle

Après la dispersion du panache radioactif commence la phase post-accidentelle qui est celle du traitement des conséquences différées de l'accident, notamment celles qui résultent du dépôt de substances radioactives dans l'environnement. Elle commence dès la mise à l'état sûr de l'installation et la fin des rejets. Elle peut durer plusieurs mois ou plusieurs années en fonction de l'ampleur et de la persistance de la contamination radiologique dans les territoires. (CODIRPA, 2010)

Phase de rejets

Caractérisée par une dispersion atmosphérique ou liquide de produits radioactifs dans l'environnement à la suite de défaillances successives. La durée des rejets peut aller de quelques minutes à plusieurs jours en fonction des installations et de la séquence accidentelle. (CODIRPA, 2010)

Phase d'urgence

Période allant de la détection des conditions justifiant une intervention d'urgence à l'achèvement de toutes les actions entreprises en prévision ou compte tenu des conditions radiologiques escomptées pendant les premiers mois suivant la situation d'urgence. Cette phase prend fin habituellement lorsque la situation est maîtrisée, que les conditions radiologiques hors site ont été suffisamment bien caractérisées pour déterminer les zones dans lesquelles des restrictions alimentaires ou un relogement temporaire sont requis, et que toutes les mesures nécessaires à cet égard sont appliquées dans ces zones. (AIEA, 2007). Elle est subdivisée en **phase de menace** et en **phase de rejets**.

Prophylaxie par l'iode stable

Prise d'iodure de potassium conformément à des instructions précises lorsque l'air extérieur risque de contenir des quantités importantes d'iode radioactif pour empêcher l'apparition des maladies. (Santé Canada, 2003; Larousse : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/prophylaxie>)

Radioiode

Iode radioactif. Il comprend plusieurs isotopes, dont le principal est l'iode 131 (demi-vie de 8 jours), mais également les isotopes 132, 133, 134 et 135, dont la demi-vie est de quelques heures. (Grenier, 2002)

Thyroïdite

C'est une inflammation de la glande qui peut entraîner, selon les phases de la maladie, une hyperthyroïdie (excès d'hormones qui nécessite un traitement médical) ou une hypothyroïdie. (Grenier, 2002)

Thyrotoxicose

Manifestations cliniques, physiologiques et biochimiques qui résultent d'une exposition et d'une réponse de l'organisme à des taux excessifs d'hormones thyroïdiennes actives. Les manifestations habituelles sont une nervosité, une labilité émotionnelle, une insomnie, des tremblements, des spasmes digestifs, une hypersudation et une thermophobie. Des manifestations cardiovasculaires (augmentation du rythme cardiaque, arythmies) peuvent entraîner des complications du type insuffisance cardiaque.

Vasculite hypocomplémentémique

Maladie rare des vaisseaux sanguins reliée à un problème du système immunitaire.

ZPU-panache ou ZPU-P

Zone de planification d'urgence en fonction du panache, qui est le territoire autour de la centrale nucléaire où une préparation détaillée est nécessaire afin de garantir une intervention rapide et efficace pour protéger la population lors du passage d'un panache (nuage) de matières radioactives lors d'un accident.

Bibliographie

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE (AIEA) (2007). *Glossaire de sûreté de l'AIEA, Terminologie employée en sûreté nucléaire et radioprotection*, Édition 2007.

AGENCE FÉDÉRALE DE CONTRÔLE NUCLÉAIRE (AFCN) (2011a). *Accidents nucléaires et protection de la thyroïde par l'iode stable*, Bruxelles, 32 p.

AGENCE FÉDÉRALE DE CONTRÔLE NUCLÉAIRE (AFCN) (2011b). *Le risque nucléaire. Que faire en cas d'accident nucléaire? Qui doit prendre des comprimés d'iode?*, [En ligne]. [www.risquenucleaire.be/sites/default/files/20110309_thyroid_wie_fr.pdf] (Consulté en juillet 2011).

AGENCE FÉDÉRALE DE CONTRÔLE NUCLÉAIRE (AFCN) (2011c). *Informations pour les médecins*, [En ligne]. [www.risquenucleaire.be/pour-qui-et-pour-qui-est-ce-deconseille] (Consulté en juillet 2011).

AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DE L'ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT (AEN/OCDE) (2003). *Short-term Countermeasures in the Case of Nuclear or Radiological Emergency*. Le rapport est disponible à l'OCDE/AEN, services de publication (courriel : neapub@nea.fr).

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR) (2008). *Case Studies in Environmental Medicine - Radiation Exposure from Iodine 131* - Course : SS3117. Expiration Date : November 2008.

AMERICAN ACADEMY OF ALLERGY, ASTHMA & IMMUNOLOGY (AAAAI) (2004). *Academy Position Statement: The Risk of Severe Allergic Reactions from the Use of Potassium Iodide for Radiation Emergencies*, [En ligne]. [www.aaaai.org/Aaaai/media/MediaLibrary/PDF%20Documents/Practice%20and%20Parameters/Potassium-iodide-in-radiation-emergencies-2004.pdf]

AMERICAN THYROID ASSOCIATION (ATA) (2011a). *Radiation Risks to Health*. A Joint Statement from the American Association of Clinical Endocrinologists, the American Thyroid Association, the Endocrine Society, and the Society of Nuclear Medicine, March 18, 2011. [www.thyroid.org/professionals/publications/statements/ki/11_03_18_radiation_risk_joint_statement.html]

AMERICAN THYROID ASSOCIATION (ATA) (2011b). Letter of "ATA Secretary/Chief Operating Officer, American Thyroid Association (ATA)" addressed to "Director, Office of Science and Technology Policy, Executive Office of the President", March 30, 2011. [www.thyroid.org/professionals/advocacy/documents/2011_03_30_ATA_Kloos_Holdren.pdf]

ARSENEAU, Dr Christian (2011). *RE : Demande d'information sur les produits de contraste iodés*, (Message électronique à Marco Desjardins), 2 octobre 2011.

ATOMIC ENERGY CONTROL BOARD, GROUPE OF MEDICAL ADVISERS (1995). *GMA-9 Guidelines on the Use of Stable Iodine as a Prophylactic Measure during Nuclear Emergencies*, Ottawa.

AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (ASN) (2005). *Info iode — En savoir plus sur la protection par l'iode en cas d'accident nucléaire*.

AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (ASN) (2009a). *Les questions que vous vous posez sur la campagne de distribution de comprimés d'iode 2009*, [En ligne]. [www.asn.fr/index.php/S-informer/Dossiers/Les-situations-d-urgence/Les-actions-de-protection-de-la-population/Les-questions-que-vous-vous-posez-sur-la-campagne-de-distribution-de-comprimés-d-iode-2009] (Consulté en mai 2011).

AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (ASN) (2009b). *Les comprimés d'iode*, [En ligne]. [www.asn.fr/index.php/S-informer/Dossiers/Les-situations-d-urgence/Que-faire-en-cas-d-accident/Les-comprimés-d-iode] (Consulté en mai 2011).

AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (ASN) (2009c). *Distribution d'iode stable autour des CNPE en 2009*, [En ligne]. [www.distribution-ioder.com/IMG/pdf/ioder-Diaporama_VDEFNEW.pdf] (Consulté en mai 2011).

AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (ASN) (2009d). *Les questions que vous vous posez sur la campagne de distribution de comprimés d'iode 2009*, Dépliant, [En ligne]. [www.distribution-ioder.com/IMG/pdf/IODE_depliant2009.pdf] (Consulté en mai 2011).

AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (ASN) (2009e). *La distribution d'iode stable autour des centrales nucléaires françaises : Foire aux questions*, [En ligne]. [www.distribution-ioder.com/foire-aux-questions] (Consulté en mai 2011).

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Germany) (BMU) (2011). *Intake of Iodine Tablets in the Event of a Severe Accident in a Nuclear Power Plant*, [En ligne]. [www.jobblockade.de/index.php?id=32&L=1] (Consulté en juillet 2011).

CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC) (2011a). *Emergency Preparedness and Response – Potassium Iodide (KI), Key Facts*, [En ligne]. [<http://emergency.cdc.gov/radiation/ki.asp#med>] (Consulté en avril 2011).

CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC) (2011b). *Emergency Preparedness and Response – Radiation and Potassium Iodide (KI)*, [En ligne]. [http://emergency.cdc.gov/radiation/japan/ki.asp?s_cid=tw_epr_218] (Consulté en 2011).

CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC) (2011c). *Emergency Preparedness and Response – Potassium Iodide (KI)*, [En ligne]. [<http://emergency.cdc.gov/radiation/japan/ki.asp>] (Consulté en 2011).

COMITÉ DIRECTEUR POUR LA GESTION DE LA PHASE POST-ACCIDENTELLE D'UN ACCIDENT NUCLÉAIRE OU D'UNE SITUATION D'URGENCE RADIOLOGIQUE (CODIRPA) (2010). *Guide national de préparation à la sortie de la phase d'urgence à la suite d'un accident nucléaire conduisant à des rejets de moyenne ampleur et de courte durée sur le territoire français, document de travail*.

COMITÉ INTERMINISTÉRIEL DE LA SÉCURITÉ NUCLÉAIRE (1998). *Rapport du groupe de travail no 3 sur la coordination et la synthèse des mesures de radioactivité en situation accidentelle*, Paris.

COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (CCSN) (2008). *Document d'application de la réglementation RD-310 : Analyses de la sûreté pour les centrales nucléaires*, Ottawa, 15 p.

COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (CCSN) (2011a). Correspondance personnelle de B. Thériault à Marco Desjardins, 12 septembre 2011.

COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (CCSN) (2011b). *Rapport du Groupe de travail de la CCSN sur Fukushima : INFO-0824*, octobre 2011.

COMMISSION DE CONTRÔLE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, GROUPE DES CONSEILLERS MÉDICAUX (1992). *Lignes directrices sur les niveaux d'exposition aux rayonnements dans les situations d'urgence*, Ottawa.

COMMISSION FÉDÉRALE POUR LA PROTECTION ABC (2006). *Concept de protection en cas d'urgence au voisinage des centrales nucléaires*, Suisse.

CORRIVEAU, Raymond (1991). *Étude sur le comportement appréhendé des bénévoles appelés à effectuer la distribution de pilules d'iode en cas d'accident à la centrale nucléaire Gentilly-2*, Trois-Rivières.

CROQ, Michel, Olivier CATELINOIS, et Pierre VERGER (2002). « Ingestion d'iode stable chez l'adulte en cas d'accident nucléaire : une approche pour comparer les bénéfices et les risques », *Environnement, Risques & Santé*, vol. 1 , n° 3 , p. 149-156, [En ligne]. [<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=16726195>]

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SANTÉ, MINISTÈRE DE L'EMPLOI ET DE LA SOLIDARITÉ (2000). *Circulaire DGS N° 2000/262 du 17 mai 2000 relative aux missions des services déconcentrés du ministère de l'Emploi et de la Solidarité en matière de distribution de comprimés d'iode*, Paris.

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SANTÉ, MINISTÈRE DE L'EMPLOI ET DE LA SOLIDARITÉ, DIRECTION DE LA DÉFENSE ET DE LA SÉCURITÉ CIVILE ET SECRÉTARIAT GÉNÉRAL DU COMITÉ INTERMINISTÉRIEL DE LA SÉCURITÉ NUCLÉAIRE, MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR (2001). *Circulaire DGS/SD 7 D/SGCISN/DDSC N° 2001-549 du 14 novembre 2001 relative à la distribution préventive de comprimés d'iode stable et à la constitution de stocks de proximité*, Paris.

ÉNERGIE ATOMIQUE DU CANADA LIMITEE (EACL) (1988). *Sommaire des études probabilistes sur la sûreté du CANDU*, AECL-9607, Mississauga, Ontario.

ÉNERGIE ATOMIQUE DU CANADA LIMITEE (EACL) (1993). *Radionuclides for Off-site Dose Prediction in CANDU Reactor Accidents*, TTR-290.

EUROPEAN COMMISSION (2010). *Radiation Protection no 165 : Medical Effectiveness of Iodine Prophylaxis in a Nuclear Reactor Emergency Situation and Overview of European Practices*, Luxembourg, 66 p.

FUZIK M., A. PRYSYAZHNYUK, Y. SHIBATA, et autres (2010). "Thyroid Carcinoma Incidence: Trends with Reference to the Chernobyl Accident", *Radiation and Environmental Biophysics*, publishing online 10.11.2010.

GRENIER, G. W. (2001a). *Lignes directrices sur la protection du personnel d'urgence dans le cadre du PMUNE-G2, document de travail*. Régie régionale de la santé et des services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec, Trois-Rivières.

GRENIER, G. W. (2001b). *Révision des bases de planification du PMUNE-G2, Scénarios d'accidents, Niveaux d'intervention pour les mesures de protection directe, Zone de planification d'urgence pour le panache (ZPU-P)*, document de travail, Régie régionale de la santé et des services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec, Trois-Rivières.

GRENIER, G. W. (2002). *Lignes directrices pour l'utilisation des comprimés d'iode stable en cas d'accident à la centrale nucléaire Gentilly-2*. Régie régionale de la santé et des services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec, Trois-Rivières.

GTMUN (1996, mise à jour 1999). *Plan des mesures d'urgence nucléaire externe à la centrale nucléaire Gentilly-2 : Document de référence*, Trois-Rivières.

GTMUN (1996, mise à jour 1999). *Plan des mesures d'urgence nucléaire externe à la centrale nucléaire Gentilly-2 : Plan directeur*, Trois-Rivières.

HYDRO-QUÉBEC, CENTRALE NUCLÉAIRE GENTILLY-2 (2001). *Base technique pour la planification des mesures d'urgence nucléaire externe à Gentilly-2 : Rapport technique G2-RT-2001-09070-03 Rév. 0*, Bécancour.

HYDRO-QUÉBEC (2011). *Résultats du programme de surveillance de l'environnement du site de Gentilly, Rapport annuel 2010, Rapport technique G2-RT-2011-00518-003*.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) (1994). *Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency*, Safety series # 109, Vienna.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) (1997). *Method for the Development of Emergency Response Preparedness for Nuclear or Radiological Accidents* (IAEA-TECDOC-953), Vienna.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) (1999). *Generic Assessment Procedures for Determining Protective Actions during a Reactor Accident* (IAEA-TECDOC-955), Vienna.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) (2009). *Severe Accident Management Programs for Nuclear Power Plants*. Safety Guide No. NS-G-2.15, Vienna.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) (2009a). *Méthode d'élaboration de mesures d'intervention en cas de situation d'urgence nucléaire ou radiologique — Mise à jour du document IAEA-TECDOC-953*, Vienna.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) (1990). *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 60, Pergamon Press.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) (1993). *Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency*, ICRP Publication 63, Pergamon Press.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) (2007). ICRP Publication 103 : *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, Annals of the ICRP, vol. 37(2-4).

INTERNATIONAL SAFETY RESEARCH (2000). *National Guidelines for Off-site Nuclear and Radiological Emergency Preparedness and Response, Interim Report, version 1.12*, Prepared for The Atomic Energy Control Board, Ottawa.

INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (IRSN) (2007). *Les accidents dus aux rayonnements ionisants : le bilan sur un demi-siècle*, Rapport IRSN-2007/79-FR, février.

INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (IRSN) (2009). *Publication 103 de la CIPR — Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique*, Édition en langue française par Jean-Claude Nénot et autres, 415 p.

INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (IRSN) (2011). *Tchernobyl, 25 ans après*, Collection thématique.

JOURDAIN, Jean-René, et Karine HERVIOU (2010). *La protection de la thyroïde par l'ingestion d'iode stable : perspective européenne*, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, Journées SFRP, section Environnement, 9-10 juin 2010, Paris.

KI CANADA (2012). Feuille de renseignements destinés aux patients pour RadBlock^{MC}.

KOVARI, M. (1994). "Effect of Delay Time on Effectiveness of Stable Iodine Prophylaxis After Intake of Radioiodine", *Journal of Radiologic Protection*, vol. 14, n° 2.

LEBLANC, Michel. *RE : Demande d'information sur les produits de contraste iodés*, (Message électronique à Marco Desjardins), 20 septembre 2011.

LE GUEN, B., P.Y. HÉMIDY, M. GONIN, C. BAILLOEUIL, D. VAN BOXOM, S. RENIER, et Y. GARCIER, (2001). « Arguments et retour d'expérience sur la distribution d'iode stable autour des centrales nucléaires françaises », *Radioprotection*, vol. 36, n° 3.

LE GUEN, B., et autres (2007). « Accidents nucléaires : Distribuer l'iode pour prévenir les cancers de la thyroïde », *Le Concours médical*, nov. 2007, Tome 129(33-34), p. 1141-1146.

MALTAIS, G. (2001). *La situation internationale sur la distribution de comprimés d'iode stable en cas d'accident nucléaire*, dans le cadre du stage en communication sociale.

MAYO CLINIC (2010). *Potassium Iodide (Oral Route)*, [En ligne].
[www.mayoclinic.com/health/drug-information/DR601129] (Consulté en 2011).

MD CONSULT (2011). Experts Warn against Taking Potassium Iodide, [En ligne].
[www.mdconsult.com.ezproxy.usherbrooke.ca/das/news/body/239714240-3/mnfp/1]
(Consulté en 2011).

NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD (NRPB) (2001). *Stable Iodine Prophylaxis: Recommendations of the 2nd UK Working Group on Stable Iodine Prophylaxis*, vol. 12, n° 3.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (2004). *Distribution and Administration of Potassium Iodide in the Event of a Nuclear Accident*, The National Academies Press, Washington, 262 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (2006). *Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, BEIR VII phase 2*, The National Academies Press, Washington, 406 p.

NAUMAN, J., et J. WOLFF (1993). "Iodine Prophylaxis in Poland after the Chernobyl Reactor Accident; Benefits and Risks", *American Journal of Medicine*, 94: 524-532.

NATIONAL INSTITUTE OF RADIOLOGICAL SCIENCES (NIRS) (2012). Correspondance personnelle de Urara You, International Affairs Section, Dept. of Planning and Management, à Marco Desjardins, Japon, 2012.

Nuclear Safety Commission of Japan (2001). *The Disaster Prevention Countermeasure of Nuclear Institutes (in Japanese)*, June 2001, [En ligne].
[www.mext.go.jp/english/incident/___icsFiles/afiedfile/2011/05/04/1303717_01_1.pdf]
(Consulté en décembre 2011).

OCDE, NUCLEAR ENERGY AGENCY (2001). *Short-term Countermeasures in Case of a Nuclear or Radiological Emergency, Draft*.

OTTEN, Jennifer J., Jennifer PITZI HELLWIG, et Linda D. MEYERS (2006). *Les apports nutritionnels de référence : Le guide essentiel de besoins en nutriments*, National Academy of Sciences, 560 p.

PARENTEAU, Dr Chantal. *RE : Demande d'information concernant les pathologies thyroïdiennes et la prise d'iodure de potassium*, (Message électronique à Marco Desjardins), 22 septembre 2011.

RADIATION PROTECTION DOSIMETRY (2008). *Age-dependent Potassium Iodide Effect on the Thyroid Irradiation by ¹³¹I and ¹³³I in the Nuclear Emergency*, vol. 130, n° 4, p. 499-502.

RÉGIE RÉGIONALE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX DE LA MAURICIE ET DU CENTRE-DU-QUÉBEC, MINISTÈRE DE LA SÉCURITÉ PUBLIQUE, MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX (2001). *Guide de la mission québécoise sur la pré-distribution des comprimés d'iode et les mesures de protection du personnel d'urgence et de la population autour des centrales nucléaires française*.

RICHARDSON, DB. (2009). "Exposure to Ionizing Radiation in Adulthood and Thyroid Cancer Incidence", *Epidemiology*, 20(2) : 181-187.

SAKAI, Kazuo (National Institute of Radiologic Sciences) AND THE MINISTRY OF EDUCATION, CULTURE, SPORTS, SCIENCE AND TECHNOLOGY (MEXT) OF JAPAN (2011). *The 2011 off the*

Pacific Coast of Tohoku Pacific Earthquake and the Seismic Damage to the NPPs, CRPPH-69 (17th-19th May, 2011).

SANTÉ CANADA (1999). *Recommandations sur les coefficients de dose à utiliser pour évaluer les doses provenant de rejets accidentels de radionucléides dans l'environnement*, Ottawa.

SANTÉ CANADA (2001). Correspondance personnelle de S. Vlahovich à Gilles W. Grenier.

SANTÉ CANADA (2001). *Lignes directrices canadiennes sur les mesures d'intervention à la suite d'une urgence nucléaire : ébauche juillet 2001*, Ottawa.

SANTÉ CANADA (2003). *Lignes directrices canadiennes sur les interventions en situation d'urgence nucléaire*, Ottawa.

SANTÉ CANADA (2011). *Iodure de potassium – Questions et réponses*, [En ligne]. [www.hc-sc.gc.ca/hc-ps/ed-ud/respond/nuclea/potassium-fra.php] (Consulté en 2011).

SCHLUMBERGER, M. (1986). « L'iodure et la protection de la thyroïde contre l'irradiation par l'iode radioactif », *Radioprotection*, vol. 21, n° 4, p. 277-300.

SERVICE PUBLIC FÉDÉRAL INTÉRIEUR DE LA BELGIQUE (2011). *Risque nucléaire – Que faire en cas d'accident nucléaire?*, [En ligne]. [www.risquenucleaire.be] (Consulté en 2011).

SMEESTERS, Dr P. (1996). *Interprétation des niveaux guides d'intervention pour la population*, Bruxelles.

THE ENDOCRINE SOCIETY (2011). *Radiation Risks to Health*, Maryland.

TREMBLAY, Nadine (2002). *Estimation du coût de la pré-distribution des comprimés d'iode stable dans la ZPU-P de la centrale nucléaire Gentilly-2*. Régie régionale de la santé et des services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec, Trois-Rivières.

TRONKO, MYKOLA D., et autres (2006). "A Cohort study of Thyroid Cancer and Other Thyroid Diseases After the Chernobyl Accident : Thyroid Cancer in Ukraine Detected During First Screening", *Journal of the National Cancer Institute*, vol. 98, no 13, July 5, 2006, p. 897-903.

UNITED NATION SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATIONS (UNSCEAR) (2012). *L'accident de Tchernobyl. Évaluation des effets des rayonnements par l'UNSCEAR*, [En ligne]. [<http://www.unscear.org/unscear/fr/chernobyl.html>] (Consulté en 2012).

UNITED NATION SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATIONS (UNSCEAR) (2000). *Sources and Effects of Ionizing Radiations*, vol. II, New York.

UNITED NATION SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATIONS (UNSCEAR) (2006). *Effects of Ionizing Radiation – UNSCEAR 2006 Report to the General Assembly with Scientific Annexes*, vol. I, United Nations, New York, 383 p.

UNITED NATION SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATIONS (UNSCEAR) (2011). *Sources and Effects of Ionizing Radiations – UNSCEAR 2008 Report to the*

General Assembly with Scientific Annexes, vol. II, Scientific Annexes C D and E, United Nations, New York, 313 p.

SHNEIDER, A.B. (2011). *Radiation-induced Thyroid Cancer*, UPTODATE [En ligne]. [www.uptodate.com] Dernière mise à jour 11 mai 2011 (Consulté en 2011).

U.S. APOTHECARY LABS (2003). Information posologique RadBlock^{MC} (comprimés d'iodure de potassium USP, 65 mg).

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA) (2001). *Guidance Potassium Iodide as a Thyroid Blocking Agent in Radiation Emergencies*, Washington.

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (2004). *Radiation Exposure from Iodine 131*, Washington, 57 p.

U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, [En ligne]. [www.nrc.gov].

U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION (2001). Presentation of Mrs Kathy Halvey Gibson, Chief of Emergency Preparedness and Health Physics Section, Office of Nuclear Reactor Regulation, *Implementary of Commission Decisions on Potassium Iodide*, Nuclear Emergency Planning : Program Evaluation and Improvement, Boston, August 2001.

VAN BLADEL, Lodewijk, Christian VANDECASTEELE, Petra WILLEMS, et Patrick SMEETERS (2006). *Le risque nucléaire. Que faire en cas d'accident nucléaire? Qui doit prendre des comprimés d'iode?* Agence fédérale de contrôle nucléaire, Belgique, [En ligne]. [www.risquenucleaire.be/sites/default/files/20110310_website_thyroid_fr.pdf]

VILLE DE BÉCANCOUR (2000). *Plan d'urgence intégré de la Ville de Bécancour, version 09-2000*, Bécancour.

WAKEFORD, Richard (2011). "And Now, Fukushima", *Journal of Radiological Protection*, 31(2) : 167-176.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) (1999). *Guidelines for Iodine Prophylaxis following Nuclear Accidents : update 1999*, Geneva.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) (2011). *Use of Potassium Iodide for Thyroid Protection during Nuclear or Radiological Emergencies*, [En ligne]. [www.who.int/ionizing_radiation/pub_meet/tech_briefings/potassium_iodide/en/index.html] (Consulté en 2011).

YONEKURA, Yoshiharu (2011). *Exposures from the Events at the NPPs in Fukushima following the Great East Japan Earthquake and Tsunami*, 58th session of UNSCEAR, 23rd May, 2011.

ZABLOTSKA, LB, et autres (2011). "Thyroid Cancer Risk in Belarus Among Children and Adolescents Exposed to Radiiodine After the Chornobyl Accident", *British Journal of Cancer*, 104(1) : 181-187.

Annexe 1 : Modalités de mise à disposition des comprimés d'iode et constitution de réserves (European Commission, 2010)

Mise à disposition de comprimés d'iode stable

Pays	Zone de pré-distribution	Population cible	Méthode de distribution
Allemagne	Jusqu'à 5 km, pré-distribution à toutes les résidences De 5 à 10 km, soit pré-distribution ou réserves dans différents endroits de la municipalité De 10 à 25 km, réserves dans la municipalité	Tous	La mise en œuvre de la distribution est sous la responsabilité de l'État
Belgique	20 km	Tous	Cueillette dans les pharmacies
Finlande	5 km : les résidences et les maisons d'été Ensemble du pays : maternelles et écoles	Tous	Par courrier
France	10 km autour des centrales nucléaires 2,5 km autour des installations produisant l'iode radioactif à des fins médicales	Tous	Cueillette dans les pharmacies, si non fait, envoi par courrier Autour de tous les sites, des comprimés sont aussi entreposés dans les écoles
Lituanie	50 km	Tous	Par les municipalités
Luxembourg	Ensemble du territoire	Enfants < 5 ans	Les parents reçoivent les comprimés à la naissance de l'enfant et distribution aux parents dont les enfants < 5 ans
Pays-Bas	Entre 10 et 20 km	Population < 46 ans	Coordonnée par les pharmacies Les autorités locales sont responsables de la mise en œuvre
République Tchèque	Centrale Dukovany : 13 km Centrale Temelin : 20 km	Tous	Les centrales nucléaires sont les organisations responsables avec l'aide des autorités locales
Roumanie	Entre 10 et 30 km		Pré-distribution libre à chaque famille
Royaume-Uni	Zone définie par l'opérateur	Communautés éloignées, écoles, centres de repos potentiels	Par l'infirmière de l'Agence de protection de la santé, puis par courrier
Slovaquie	20 km : centrale de Mochovce 25 km : centrale de Bohunice	Tous	Distribués à des sites déterminés
Suède	15 km	Tous	Par courrier
Suisse	20 km : résidences, écoles et lieux de travail	Tous	Par courrier

Réerves de comprimés d'iode stable

Pays	Réserve locale	Réserve régionale	Réserve nationale	Couverture géographique
Allemagne	Non	Non	Oui (8 réserves centrales)	Ensemble du pays, pour les enfants et adolescents (jusqu'à 18 ans) et les femmes enceintes
Belgique	Oui (pharmacies)	Oui (unités de protection civile)	Oui	Ensemble du pays
Danemark	Non (les travailleurs d'urgence ont une réserve)	Non	Non	
Espagne	Oui			10 km de rayon
Finlande	Oui (stocks décentralisés dans les bâtiments, les lieux de travail, les pharmacies, les centres de soins de santé, les abris publics...)			
France	Oui (pharmacies et écoles...)			Ensemble du pays
Hongrie	À la centrale et dans les établissements en service 24 h/24 h	Oui	Oui	Un rayon de 30 km pour les réserves locales
Italie	Oui (régions du nord-ouest et du nord-est)	Non	Non	Zone susceptible d'être exposée à une dose équivalente à la thyroïde de 10 mSv et plus pour les nouveau-nés et les enfants
Lituanie	Non	Non	Oui	
Luxembourg	Dans chaque école + mise à la disposition dans la zone de planification d'urgence	Centres de protection civile		
Norvège	Oui		Oui	Nord de la Norvège et autour des réacteurs de recherche
Pays-Bas		Oui	Oui	Ensemble du pays
Pologne	Non	Non	Oui	Ensemble du pays
République Tchèque	Oui (à la centrale nucléaire et à la pharmacie de l'hôpital central à proximité de la centrale nucléaire)	Non	Non	Couverture d'environ 10 % des besoins en KI dans les deux zones de planification d'urgence autour des centrales de Temelin et Dukovany

Pays	Réserve locale	Réserve régionale	Réserve nationale	Couverture géographique
Roumanie	Oui (unités sanitaires du territoire)	Non	Non	Uniquement pour les centrales nucléaires de Cernavoda et Kozlodui
Royaume-Uni	Oui	Non	Oui	
Slovanie	Oui (pharmacies et entrepôts communs)		Oui	10 km autour de centrale nucléaire de Krško pour les réserves locales Ensemble du pays
Slovaquie	Bureaux de comté et pharmacies	Non	Non	
Suède	Oui (à la centrale)	Oui à l'intérieur de 100 km de la centrale	Oui à l'intérieur de 150 km de la centrale	
Suisse	Oui (jusqu'à 20 km) : achat dans les pharmacies, seulement pour ceux qui ne trouveraient pas leurs comprimés en cas de besoin dans une situation d'urgence	Oui	Oui	Ensemble du pays
Turquie	Sera mis en place dans le futur, dans la partie orientale de la Turquie à proximité de la centrale nucléaire arménienne Medsamor	Non	Non	



CENTRE ADMINISTRATIF

550, rue Bonaventure, Trois-Rivières (Québec) G9A 2B5
Téléphone : 819 693-3636 | Télécopieur : 819 373-1627

BUREAU

350, rue Saint-Jean, Drummondville (Québec) J2B 5L4
Téléphone : 819 477-6221 | Télécopieur : 819 477-9443

**Agence de la santé
et des services sociaux
de la Mauricie
et du Centre-du-Québec**

Québec 

www.agencesss04.qc.ca