



Rayonnement et incidence du cancer à proximité de centrales nucléaires de l'Ontario de 1990 à 2008

(Étude RADICON)

RAPPORT SOMMAIRE



Mai 2013



Rayonnement et incidence du cancer à proximité de centrales nucléaires de l'Ontario de 1990 à 2008 (Étude RADICON) - Rapport Sommaire

© Ministre de Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC) 2013
Numéro de catalogue de TPSGC CC172-99/2013F-PDF
ISBN 978-0-660-20937-1

Publié par la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN)

La reproduction d'extraits du présent document à des fins personnelles est autorisée à condition que la source soit indiquée en entier. Toutefois, sa reproduction en tout ou en partie à des fins commerciales ou de redistribution nécessite l'obtention préalable d'une autorisation écrite de la Commission canadienne de sûreté nucléaire.

Also available in English under the title: Radiation and Incidence of Cancer Around Ontario Nuclear Power Plants From 1990 to 2008 (The RADICON Study) - Summary Report

Disponibilité du document

Les personnes intéressées peuvent consulter le document sur le site Web de la CCSN à suretenucleaire.gc.ca ou l'obtenir, en français ou en anglais, en communiquant avec la :

Commission canadienne de sûreté nucléaire
280, rue Slater
C.P. 1046, Succursale B
Ottawa (Ontario) K1P 5S9
CANADA

Téléphone : (613) 995-5894 ou 1-800-668-5284 (Canada seulement)
Télécopieur : (613) 995-5086
Courriel : info@cnscccsn.gc.ca
Site web : suretenucleaire.gc.ca
Facebook: facebook.com/Commissioncanadiennedesuretenucleaire
YouTube: youtube.com/cnscccsn

Historique de publication

Mai 2013

Images de la page couverture : Les centrales nucléaires de l'Ontario

De gauche à droite : Bruce, Darlington et Pickering

Rayonnement et incidence du cancer à proximité de centrales nucléaires de l'Ontario de 1990 à 2008 (Étude RADICON)

RÉSUMÉ

Mai 2013

SOMMAIRE

La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) a terminé une étude écologique innovatrice portant sur les populations vivant à proximité de trois centrales nucléaires en Ontario. L'objectif de l'étude *Rayonnement et incidence du cancer à proximité de centrales nucléaires de l'Ontario de 1990 à 2008* (étude RADICON) était de mesurer les doses de rayonnement auxquelles est exposée la population résidant dans un rayon de 25 km autour des centrales nucléaires de Pickering, de Darlington et de Bruce, puis de comparer les cas de cancer chez ces personnes avec ceux de la population générale de l'Ontario de 1990 à 2008. L'étude a été réalisée grâce aux données du Registre canadien du cancer, du Registre du cancer de l'Ontario et du Recensement du Canada.

Voici la conclusion la plus importante de l'étude RADICON : rien n'indique l'existence de grappes de cas de leucémie infantile à proximité des trois centrales nucléaires ontariennes. Les taux d'incidence du cancer chez les enfants âgés de 0 à 4 ans et de 0 à 14 ans étaient semblables à ceux de la population générale en Ontario.

Dans l'ensemble, pour tous les groupes d'âge, on n'a relevé aucune tendance persistante de cas de cancer parmi les populations vivant près des trois installations étudiées. Dans les collectivités examinées, certains types de cancer étaient plus répandus que prévu (incidence accrue du cancer), mais bon nombre d'entre eux étaient aussi plus faibles que prévu.

Ce type d'étude ne permet pas de déterminer les causes du cancer, mais il est peu probable que le surcroît de cancers (nombre de cas supérieur à celui attendu en Ontario) soit attribuable au rayonnement. Les doses de rayonnement émanant des centrales nucléaires que les membres de la population reçoivent sont extrêmement faibles, soit au moins 100 à 1 000 fois plus faibles que le rayonnement naturel et les limites de dose du public. Par conséquent, ces doses représentent un facteur de risque mineur si on les compare à la fréquence élevée des facteurs de risque graves comme le tabagisme, une mauvaise alimentation, l'obésité et l'inactivité physique, qui sont pourtant à l'origine d'environ 60 % de tous les décès par cancer dans les pays développés. En Ontario, ces facteurs de risque constituent des sources de préoccupation en santé publique, notamment dans les collectivités situées aux abords des centrales nucléaires. D'autres études importantes menées en Ontario ont indiqué qu'une fois que les principaux facteurs de risque ont été pris en compte, rien ne démontre qu'il y a un risque de cancer attribuable à des facteurs environnementaux comme le rayonnement. Étant donné la grande prévalence de ces facteurs, les connaissances scientifiques actuelles sur le risque attribuable au rayonnement et les doses infimes reçues par la population, il n'y a pas lieu d'attribuer les cas de cancer en excès décelés dans ces collectivités aux doses de rayonnement émises par les centrales nucléaires.

La principale force de l'étude RADICON réside dans l'utilisation de données précises sur les doses émises par les rejets radioactifs reçues par la population vivant à proximité de chacune des centrales nucléaires et le recours à des données de surveillance de l'environnement. Dans le cadre de cette étude, les données recueillies comprenaient les pics d'émission. Cette méthode est supérieure à celle employée dans des études épidémiologiques récentes sur le cancer infantile dans lesquelles on a choisi la distance par rapport à la centrale comme substitut à la dose de rayonnement. Les doses quantifiées le plus près des centrales n'étaient pas toujours plus élevées que celles mesurées plus loin. De nombreux facteurs ont une

influence sur les doses reçues par la population en raison de l'exploitation d'une centrale, notamment la direction des vents dominants et les caractéristiques liées au mode de vie (c.-à-d. l'alimentation et les habitudes de vie) des collectivités environnantes. La distance n'est donc pas un bon paramètre substitut de la dose.

En conclusion, les doses de rayonnement reçues par la population en raison de l'exploitation des centrales étaient de 100 à 1 000 fois inférieures au rayonnement naturel. Ainsi, il n'y a aucune preuve venant confirmer l'existence de grappes de cas de leucémie chez les enfants vivant à proximité de ces trois centrales nucléaires. Dans tous les groupes d'âge, les cas de cancer se situaient dans les limites de la variation naturelle de la maladie en Ontario. Par conséquent, le rayonnement ne peut expliquer de façon plausible les cas de cancer en excès observés dans un rayon de 25 km autour des centrales nucléaires de l'Ontario.

TABLES DES MATIÈRES

SOMMAIRE	II
1.0 INTRODUCTION.....	1
2.0 CONTEXTE.....	3
3.0 MÉTHODES.....	5
3.1 DOSES DE RAYONNEMENT REÇUES PAR LES MEMBRES DE LA POPULATION VIVANT PRÈS DES CENTRALES NUCLÉAIRES DE L'ONTARIO.....	5
3.2 INCIDENCE DU CANCER CHEZ LES MEMBRES DE LA POPULATION VIVANT PRÈS DES CENTRALES NUCLÉAIRES DE L'ONTARIO.....	6
4.0 RÉSULTATS.....	8
4.1 DOSES DE RAYONNEMENT REÇUES PAR LES MEMBRES DE LA POPULATION VIVANT PRÈS DES CENTRALES NUCLÉAIRES DE L'ONTARIO.....	8
4.2 INCIDENCE DU CANCER CHEZ LES MEMBRES DE LA POPULATION VIVANT PRÈS DES CENTRALES NUCLÉAIRES DE L'ONTARIO.....	9
5.0 DISCUSSION.....	10
5.1 DOSES DE RAYONNEMENT REÇUES PAR LES MEMBRES DE LA POPULATION VIVANT À PROXIMITÉ DES CENTRALES NUCLÉAIRES DE L'ONTARIO.....	10
5.2 INCIDENCE DU CANCER CHEZ LES MEMBRES DE LA POPULATION VIVANT PRÈS DES CENTRALES NUCLÉAIRES DE L'ONTARIO.....	12
5.3 FORCES ET FAIBLESSES	16
5.4 COMPARAISON AVEC D'AUTRES ÉTUDES.....	18
6.0 CONCLUSIONS.....	24
REMERCIEMENTS	25
RÉFÉRENCES.....	26
ANNEXE A : CARTOGRAPHIE SPATIALE DU PANACHE DE DOSES D'IMMERSION ET D'INHALATION POUR LES GROUPES CRITIQUES.....	35
ANNEXE B : INCIDENCE DU CANCER INFANTILE.....	38
ANNEXE C : RÉSULTATS DE LA SURVEILLANCE DES MALADIES.....	39
ANNEXE D : RÉSEAU LOCAL D'INTÉGRATION DES SERVICES DE SANTÉ DE L'ONTARIO [96]	42

1.0 INTRODUCTION

L'épidémiologie est l'étude de la distribution et des déterminants des maladies dans les populations humaines et son application dans le contrôle des maladies [1,2]. Elle repose sur des observations plutôt que des expérimentations, de sorte qu'il y a toujours des différents niveaux de biais. Une étude bien conçue tentera de réduire les biais potentiels au minimum. Pour les études écologiques, les cas observés d'une maladie en particulier au sein d'une population définie (par exemple les personnes qui habitent dans un rayon de 25 km autour d'une centrale nucléaire), d'une période de temps et d'une région géographique donnée est comparée à l'incidence prévue de la maladie dans une population de référence stable (p. ex. la population générale de l'Ontario).

Depuis les années 1980, beaucoup d'études épidémiologiques descriptives ont été menées dans le monde pour déterminer si les personnes vivant à proximité d'une centrale nucléaire sont plus malades, en particulier la leucémie infantile, par rapport à la population en général. [3, 4, 5, 6]

Tous les humains sont exposés au rayonnement qui provient en grande partie de sources naturelles comme le soleil (p. ex. les rayons cosmiques), les aliments ingérés (p. ex. le potassium 40) et le radon, un produit obtenu de la désintégration de l'uranium présent à l'état naturel dans le sol [7].

La dose de rayonnement est mesurée en millisieverts (mSv). Le mSv est une unité de mesure des effets du rayonnement absorbé dans l'organisme. Chaque année, les Canadiens reçoivent une dose moyenne de 1,8 mSv qui provient du rayonnement naturel [8]. De par le monde, la dose moyenne de rayonnement naturel est plus élevée et s'élève à 2,4 mSv par an (mSv/an), l'intervalle étant de 1 à 13 mSv/an [1].

L'exploitation normale des centrales nucléaires contribue de façon minime à la dose de rayonnement reçue par la population. En fait, la dose attribuable aux activités des centrales nucléaires est si faible, soit de 100 à 1 000 fois inférieure au rayonnement naturel, qu'elle ne peut généralement pas être mesurée.

En vertu de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*, la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) réglemente l'utilisation de l'énergie et des matières nucléaires afin de préserver la santé, la sûreté et la sécurité des Canadiens, et de protéger l'environnement. Le *Règlement sur la radioprotection* est un outil important d'application de la loi employé par la CCSN pour garantir que les rejets des centrales nucléaires demeurent faibles. Les exigences qu'il faut respecter comprennent notamment la limite de dose réglementaire établie pour la population, soit 1 mSv par année civile, et le « principe ALARA », qui garantit que les doses de rayonnement reçues par les Canadiens sont « les plus faibles qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre », les facteurs sociaux et économiques ayant été pris en considération.

De nos jours, trois centrales nucléaires sont exploitées en Ontario (Pickering, Darlington et Bruce). Au total, 20 réacteurs CANDU (réacteur canadien à deutérium-uranium) étaient en service à divers moments depuis 1971. Ces réacteurs sont des réacteurs à eau lourde sous pression dans lesquels l'eau lourde agit comme modérateur et caloporteur, et l'uranium naturel, comme combustible.

L'objectif de cette étude était d'évaluer les doses de rayonnement ionisant reçues par les membres de la population habitant dans un rayon de 25 km autour de ces trois centrales nucléaires et de comparer l'incidence du cancer dans cette population à celle de la population générale de l'Ontario.

2.0 CONTEXTE

Afin que les centrales nucléaires soient exploitées en émettant une dose de rayonnement inférieure à la limite de dose réglementaire établie pour la population, soit 1 mSv/an, les titulaires de permis doivent contrôler les rejets en respectant des niveaux d'investigation interne et des seuils d'intervention établis bien en dessous des limites de rejets prévues dans leur permis. Des niveaux d'investigation interne et des seuils d'intervention sont utilisés pour déterminer les rejets dans l'environnement qui pourraient être anormaux afin de contrôler et de prévenir l'apparition de pics d'émission. Les doses reçues par la population en raison de l'exploitation normale des centrales sont si faibles qu'il est difficile de les mesurer directement à partir des sources émettrices. Par conséquent, on estime les doses indirectement à l'aide d'une modélisation des rejets libérés dans l'environnement et des résultats des programmes de surveillance radiologique de l'environnement (PSRE).

Les rejets dans l'environnement par une installation exploitée de façon sûre proviennent généralement de deux sources :

- les émissions atmosphériques (rejets de gaz ou de particules dans l'air émis généralement par la cheminée ou une bouche d'aération)
- rejets d'effluent liquide (rejets liquides s'échappant d'une conduite et se déversant dans une eau de surface telle qu'une rivière ou un lac)

Le rejet de substances nucléaires radioactives par les centrales nucléaires et ce qu'il advient de ces substances dans l'environnement (c.-à-d. comment elles se dispersent, se décomposent ou s'accumulent) peuvent être décrits à l'aide d'un modèle de transfert environnemental. Les moyens par lesquels ces rejets entrent en contact avec les humains (inhalation, immersion, ingestion, etc.) peuvent être illustrés grâce à un modèle d'exposition par voie, qui est un prolongement du modèle de transfert environnemental [9, 10, 11]. Tous ces modèles servent à estimer les doses reçues par la population à la suite de l'exploitation d'une centrale nucléaire.

Des programmes de surveillance radiologique de l'environnement sont en place dans toutes les centrales nucléaires exploitées au Canada afin de mesurer la quantité de radionucléides présents dans les différents milieux émettant des doses de rayonnement (air, eau, aliments et lait). Les résultats des PSRE sont pris en compte dans les modèles d'exposition par voie afin d'évaluer de façon plus réaliste les différents apports à la dose [12]. La dose reçue par une personne est calculée en additionnant toutes les contributions des diverses voies présentant des caractéristiques particulières (c.-à-d. durée du séjour à l'intérieur ou à l'extérieur, types et quantités d'aliments consommés).

Il est impossible de modéliser les doses de rayonnement émises par une centrale nucléaire en exploitation et reçues par chaque membre de la population en tenant compte de l'alimentation et du mode de vie. Pour cette raison, les humains receveurs ont été catégorisés pour calculer la dose reçue par la population. Au fil du temps, la définition de receveur a évolué afin de prendre en compte des conditions plus réalistes. Ces receveurs ont été classés comme suit : *individu hypothétique*, *groupe critique* et *personne représentative*.

- Avant 2001 (centrales nucléaires de Pickering et de Bruce) et avant 2003 (centrale nucléaire de Darlington), on effectuait les calculs en utilisant des estimations de la dose maximale reçue par un individu hypothétique vivant près d'une centrale nucléaire. Cette estimation de la dose était très prudente puisque les modèles d'exposition par voie présupposaient que la personne vivait le long de la clôture délimitant la centrale et consommait uniquement des aliments et de l'eau provenant de sources locales.
- Après 2001 (centrales de Pickering et de Bruce) et après 2003 (centrale de Darlington), on a défini un humain receveur plus réaliste, soit le groupe critique [9], un groupe uniforme de personnes dont le lieu de résidence, l'âge, les habitudes, l'alimentation et d'autres facteurs font en sorte que celui-ci reçoit des doses plus élevées que d'autres groupes dans la population exposée.
- Le concept de groupe critique a été remplacé en 2008 par celui de la personne représentative, soit un membre moyen du groupe critique [10].

La raison de cette évolution du receveur prise en compte dans le calcul de la dose reçue par la population, où l'individu hypothétique a été remplacé par la personne représentative, visait à fournir des estimations de dose plus réalistes. Comme cette période d'étude s'est déroulée avant 2008, seules les doses reçues par les individus hypothétiques et les groupes critiques ont été retenues dans l'étude. Ces estimations étaient donc prudentes.

Les centrales de Pickering, de Darlington et de Bruce présentent chacune plusieurs groupes critiques possibles surveillés par des PSRE. Pour chaque emplacement de groupe critique, on a défini des catégories d'âge pour tenir compte de l'alimentation et de la vitesse de consommation, ainsi que des habitudes de vie du groupe respectif. Les catégories d'âge étaient les suivantes : adultes, 15 ans, 10 ans, 5 ans, 1 an et nourrissons. Les caractéristiques attribuées aux groupes critiques possibles (p. ex. alimentation et habitudes de vie) ont souvent été exagérées et étaient, par conséquent, prudentes. Le groupe critique associé à chaque année était le groupe et la catégorie d'âge recevant la dose la plus élevée.

Des enquêtes sur la population propres à un lieu donné effectuées sur les résidants et les fermes locales situées à proximité des centrales nucléaires ont souvent été menées dans le but d'obtenir des données sur les caractéristiques des groupes critiques possibles [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. Grâce à ces enquêtes, on obtient des données sur le nombre de personnes vivant dans chaque domicile ou ferme, la répartition en fonction de l'âge, les sources d'eau destinées à divers usages de même que les proportions d'aliments consommés provenant de sources locales ou achetées en magasin (c.-à-d. viande, volaille, poisson, fruits, légumes, produits laitiers et céréales), et plusieurs autres caractéristiques. Si les enquêtes ne fournissent pas certains renseignements, on utilise alors des valeurs de remplacement tirées de la norme de la CSA [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. Par conséquent, la distance par rapport à une centrale nucléaire n'est qu'un facteur parmi tant d'autres jouant un rôle dans la dose reçue.

3.0 MÉTHODES

3.1 Doses de rayonnement reçues par les membres de la population vivant près des centrales nucléaires de l'Ontario

Une analyse de la représentation spatiale des estimations de doses reçues par divers groupes critiques potentiels vivant autour des centrales nucléaires de Pickering, de Darlington et de Bruce a été menée. L'analyse consistait à compiler toutes les données disponibles sur la dose totale annuelle pour chacun des groupes critiques et chaque catégorie d'âge de 1985 à 2008 [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33] et à cartographier les doses estimatives reçues par les groupes critiques à l'aide du logiciel de cartographie ESRI® ArcGIS^{MC}, version 10.1 (ArcGIS). Un ensemble de cartes a été produit pour chaque centrale nucléaire et il montrait les doses les plus élevées reçues par chaque groupe critique potentiel au cours de la durée de l'étude. On a comparé les doses à la limite de dose réglementaire établie pour la population, soit 1 mSv/an, de même que le rayonnement naturel présent dans la région où chacune des centrales nucléaires a été aménagée. Les doses maximales reçues par chaque groupe critique ont aussi été comparées afin d'examiner le lien qui existe entre la distance et la dose.

L'analyse tenait compte de limites situées tous les 5 km de rayon depuis la centrale jusqu'à un rayon total de 25 km pour donner une indication de la distance à laquelle se trouve chacun des groupes critiques par rapport à leur centrale nucléaire respective. Les centrales nucléaires de Darlington et de Pickering sont situées sur les rives du lac Ontario et celle de Bruce est située sur les rives du lac Huron. Par conséquent, une grande partie de la zone délimitée par le rayon de 25 km comprend de l'eau.

Pour chaque centrale nucléaire, on a également indiqué l'année avec les doses les plus élevées reçues par le groupe critique pendant la durée de l'étude. Il s'agissait des années 2005 pour Pickering, 2003 pour Darlington et 2008 pour Bruce. Pour chaque centrale nucléaire, un deuxième ensemble de cartes a été produit à l'aide de ces données, montrant la dose reçue par chaque groupe critique possible cette année-là. De plus, on a procédé à une modélisation du panache de dispersion atmosphérique pour chaque substance nucléaire en fonction des rejets provenant de l'installation pendant l'année en question. Le panache a été créé à l'aide du logiciel de modélisation EcoMetrix® IMPACT^{MC} (IMPACT) qui est basé sur les exigences de la norme N288.1-08 [11] de la CSA. Pour établir le modèle, on a utilisé des données météorologiques propres au site et des caractéristiques de rejet obtenues pour chaque centrale nucléaire afin de créer le panache. À partir des extrants du modèle, un panache de dose a été créé dans ArcGIS à l'aide de facteurs de conversion de la dose (inhalation d'air et immersion) et superposé à la carte des doses reçues par le groupe critique. Le panache de dose représente une estimation de la dose annuelle que recevrait une personne par inhalation dans l'air et immersion si cette personne passait une année complète à un endroit donné. Cette dose hypothétique ne tient pas compte des doses reçues en raison de l'alimentation et du mode de vie, comme le temps passé sur une plage de la région. Ces doses font partie des doses du groupe critique.

3.2 Incidence du cancer chez les membres de la population vivant près des centrales nucléaires de l'Ontario

Le Registre d'inscription des cas de cancer de l'Ontario (RCO) et le Registre canadien du cancer (RCC) contiennent des données sur l'incidence du cancer en Ontario et au Canada [34, 35]. Tous les cinq ans, le Recensement du Canada permet d'obtenir des renseignements sur la population, la démographie et d'autres données statistiques sur toutes les personnes vivant au Canada. Le recensement représente aussi la source de données la plus importante et la plus exhaustive au pays [36].

Nous avons recueilli les données sur l'incidence du cancer tirées du Registre d'inscription des cas de cancer de l'Ontario de 1990 à 1991 et du Registre canadien du cancer (RCC) de 1992 à 2008 pour tous les types de cancer confondus, soit le cancer de la thyroïde, du poumon et des bronches, du sein chez la femme, des ovaires, de l'œsophage, de l'estomac, du côlon et du rectum, du rein, du cerveau et d'autres endroits du système nerveux, du foie, et la leucémie et le lymphome non hodgkinien. Ces types de cancer ont été choisis à cause de leur sensibilité au rayonnement [1, 37, 38].

Nous avons tenu compte du dénombrement de la population relevé effectué grâce au Recensement du Canada pour les années 1991, 1996, 2001 et 2006 dans un rayon de 25 km autour des trois centrales nucléaires de l'Ontario. Les régions géographiques de l'étude comprenaient toutes les municipalités situées dans un rayon de 25 km autour des centrales nucléaires, espace délimité en fonction de la latitude et de la longitude de ces dernières. Nous avons axé notre étude sur la zone située dans un rayon de 25 km autour de ces centrales nucléaires, car cela s'inscrivait dans la suite logique d'une étude antérieure [39]. Par ailleurs, cette superficie était nécessaire compte tenu de la faible densité de la population vivant autour de la centrale nucléaire de Bruce.

Les rapports d'incidence standardisés (RIS) sont utilisés couramment dans les études écologiques. Le RIS représente le ratio du nombre de cas observés divisé par le nombre de cas attendus dans la population de référence. Les RIS fondés sur le lieu de résidence au moment du diagnostic, le nombre de cas de cancer observés (O) et attendus (A), et les intervalles de confiance à 95 % ont été calculés [40] en fonction de l'âge et du sexe de la population de référence (celle de l'Ontario) pour la période correspondante (1990 à 2008).

Un ratio (RIS) de 1,0 signifie que le nombre de cas observés pour la zone donnée était le même que ce qui était attendu dans la population de référence. Un ratio de 1,4 signifie que le taux est 40 % plus élevé par rapport à la population de référence. Un ratio de 0,7 signifie que le taux est seulement 70 % de la population de référence.

Un intervalle de confiance (p. ex. 95 %) indique l'éventail estimatif des valeurs qui incluent le RIS réel pour un ensemble particulier de données d'échantillon. Si l'intervalle de confiance est grand, le ratio est fondé sur un petit nombre de cas observés; si l'intervalle est petit, le ratio est fondé sur un grand nombre cas observés. Si l'intervalle ne comprend pas la valeur 1,0 (qui signifie l'absence de différence de risque par rapport à la population de référence), il est considéré statistiquement significatif au niveau de confiance de 95 %. Les calculs internes des cas observés et attendus ont été stratifiés par groupe d'âge couvrant cinq ans et par période, et ont été corrigés pour tenir compte du statut socioéconomique en utilisant le quintile de revenu.

L'interprétation des RIS doit se faire avec assez de prudence, et les écarts de 1,0 doivent être interprétés avec circonspection. Lorsque l'augmentation du risque d'une maladie donnée (p. ex. le cancer) statistiquement significative est observée dans une région, cela indique seulement qu'il pourrait y avoir un risque plus élevé dans cette région en raison de facteurs environnementaux, sociaux, comportementaux ou génétiques. Par exemple, la population résidant dans un rayon de 25 km autour de la centrale de Bruce (environ 25 000 personnes) est relativement petite pour pouvoir faire des observations de maladies rares (p. ex. cancer infantile). Les taux d'incidence calculés pour de petites populations sont instables (du point de vue statistique) – surtout pour les types de cancer les moins communs – même s'ils sont étudiés pendant de longues périodes. Par conséquent, un excès de maladies rares dans ces régions doit être interprété avec la plus grande prudence, et la stabilité du taux doit être examinée avec soin. Donc, un taux de cancer élevé dans une région donnée ne constitue pas une preuve suffisamment solide pour convenir qu'il existe des facteurs de risque précis ou nécessiter d'autres enquêtes épidémiologiques pour évaluer l'importance relative de divers facteurs. Plus le type de cancer est rare et la population petite, plus le rôle du hasard sera grand (fluctuations aléatoires de la variation naturelle des maladies) et moins les estimations du risque seront fiables (instables, variables) [1, 41].

Les cas de cancer observés et attendus et les RIS ont été présentés en fonction du sexe et du groupe d'âge (0-4, 0-14, 0-64, 65+, 0-65+) pour la population vivant à l'intérieur d'un rayon de 25 km autour de chacune des centrales nucléaires de 1990 à 2008. Dans ce rapport, nous avons rejeté les résultats basés sur moins de six cas. Par conséquent, certaines des valeurs combinées ont été éliminées afin de préserver la confidentialité. Dans ce contexte particulier, des RIS n'ont pas été calculés en raison du grand degré de variation auquel sont assujetties les estimations de risque en présence d'un petit nombre de données. Seules la tendance du RIS et sa signification ont été fournies. On a vérifié la divulgation par recoupement lorsque les totaux ont été fournis. Dans le cas des cancers infantiles, on a combiné les renseignements pour les deux sexes en raison du petit nombre de cas.

4.0 RÉSULTATS

4.1 Doses de rayonnement reçues par les membres de la population vivant près des centrales nucléaires de l'Ontario

Le tableau 1 fournit un résumé des données sur la dose reçue par les populations vivant près des trois centrales nucléaires de l'Ontario. La deuxième colonne indique la dose annuelle attribuable au rayonnement naturel à chacun des sites. La troisième colonne donne l'intervalle des doses estimatives reçues par un individu hypothétique vivant le long de la clôture délimitant chaque centrale nucléaire, de 1985 à 2002, pour les centrales de Pickering et de Bruce, et de 1987 à 2002 pour la centrale de Darlington. La quatrième colonne fournit les doses les plus élevées reçues par les groupes critiques. Les données tiennent compte des doses reçues avant la période d'étude pour estimer le délai entre l'exposition et l'apparition éventuelle d'un cancer.

Tableau 1 : Doses annuelles provenant du rayonnement naturel et émises par les centrales nucléaires reçues par les individus hypothétiques et les groupes critiques

Centrale nucléaire	Dose provenant du rayonnement naturel (mSv/an) ¹	Intervalle des doses (mSv/an) reçues par les individus hypothétiques (1985-2002)	Dose estimative la plus élevée (mSv/an) reçue par le groupe critique (2001-2008)
Pickering	1,338	0,052 à 0,004	0,0067 ³
Darlington	1,338	0,010 à 0,001 ²	0,0017 ^{4,5}
Bruce	2,020	0,016 à 0,002	0,0027 ³

¹ [8, 42]

² Intervalle de 1987 à 2002

³ Adulte

⁴ Nourrisson

⁵ Données de 2003 à 2008

Entre 1985 et 2002, la dose la plus élevée reçue par un individu hypothétique habitant autour des centrales nucléaires de Pickering, de Darlington et de Bruce était respectivement de 0,052 mSv/an, de 0,010 mSv/an et de 0,016 mSv/an. Les doses reçues par un individu hypothétique étaient au moins 100 fois inférieures près des centrales de Darlington et de Bruce, et au moins 50 fois inférieures à la limite de dose réglementaire pour la population (1 mSv/an) autour de la centrale de Pickering, et toutes les doses reçues étaient nettement inférieures au rayonnement naturel.

De 2001 à 2008 (centrales nucléaires de Pickering et de Bruce) et de 2003 à 2008 (centrale nucléaire de Darlington), on a mesuré les doses reçues par six groupes critiques et on les a comparées à celles reçues par un individu hypothétique vivant le long de la clôture. De 2001 à 2008, la dose la plus élevée reçue par un adulte hébergé dans un établissement correctionnel situé près de la centrale de Pickering était de 0,0067 mSv/an, celle reçue par un nourrisson vivant dans une ferme non laitière située près de la centrale de Darlington était de 0,0017 mSv/an et celle d'un adulte résidant sur la rue Lake à Inverhuron près de la centrale de Bruce était de 0,0027 mSv/an. Ces doses étaient 10 fois inférieures à celle de l'individu hypothétique et 1 000 fois inférieures à la limite de dose réglementaire établie pour la population et au rayonnement naturel.

Les figures A.1, A.2 et A.3 de l'annexe A représentent l'ensemble de cartes montrant le panache de dispersion produit par les émissions atmosphériques pour l'année de l'étude ayant enregistré la dose la plus élevée reçue par le groupe critique pour Pickering (2005), Darlington (2003) et Bruce (2008). Ces panaches de dispersion, fondés sur des données météorologiques propres à chaque site, indiquent clairement la présence d'un panache s'étendant en direction et au-dessus du lac, généralement dans la direction opposée aux zones peuplées.

4.2 Incidence du cancer chez les membres de la population vivant près des centrales nucléaires de l'Ontario

La figure B.1 de l'annexe B indique que l'incidence du cancer infantile chez les enfants âgés de 0 à 4 ans vivant près des centrales nucléaires de Pickering et de Darlington (dans un rayon de 25 km) ressemblait à ce qui était attendu pour la population de l'Ontario. De même, celle des enfants âgés de 0 à 14 ans résidant près des trois centrales nucléaires était semblable à celle de l'Ontario, comme l'indique la figure B.2 à l'annexe B. Près de la centrale de Bruce, il n'existait aucune donnée chez les jeunes enfants (de 0 à 4 ans), car le nombre de cas de cancer détectés de 1990 à 2008 était inférieur à six. De même, chez les enfants âgés de 0 à 14 ans, il a fallu combiner les cas de leucémie et de lymphome non hodgkinien afin de préserver la confidentialité des six cas observés.

Les figures C.1, C.2 et C.3 de l'annexe C présentent les résultats de certains autres types de cancer apparus chez les personnes de tous âges vivant à proximité des trois centrales nucléaires de l'Ontario. Les cancers du poumon, du sein, du côlon et du rectum étaient observés le plus fréquemment au cours de cette étude, mais cela était prévisible puisqu'il s'agit des types de cancer les plus communs en Ontario. On n'a relevé aucune tendance persistante de l'incidence du cancer chez les personnes vivant à proximité de ces trois centrales nucléaires. Certains types de cancer étaient significativement plus nombreux que prévu; par contre, certains types de cancer étaient significativement moins nombreux que prévu, et certains types de cancer présentaient la même incidence par rapport à la population générale de l'Ontario.

5.0 DISCUSSION

5.1 Doses de rayonnement reçues par les membres de la population vivant à proximité des centrales nucléaires de l'Ontario

L'analyse des doses reçues par la population vivant près des centrales nucléaires en Ontario montre qu'au cours de la durée de l'étude, les doses les plus élevées étaient environ 100 à 1 000 fois plus faibles que le rayonnement naturel (de même que la limite de dose réglementaire établie pour la population, soit 1 mSv/an). Par conséquent, les doses reçues par la population sont nettement à l'intérieur de l'intervalle des fluctuations quotidiennes du rayonnement naturel.

Une analyse des panaches de dose hypothétiques à chaque centrale nucléaire indique que, compte tenu des conditions météorologiques moyennes, la majeure partie des expositions à l'immersion et à l'inhalation survient au-dessus du lac Ontario (centrales nucléaires de Pickering et Darlington) et du lac Huron (centrale de Bruce). À la centrale de Pickering, les vents dominants soufflent en direction du sud; à la centrale de Darlington, ils soufflent en direction du sud-sud-est et à la centrale de Bruce, ils soufflent en direction nord au-dessus du lac Huron. On peut également constater que la plupart des expositions sont concentrées dans une zone de 5 km à partir du point central de l'installation, avec la majeure partie située au-dessus de l'installation.

Selon les données du recensement de 2006 de la région de Durham, il est estimé que, de la population résidant dans un rayon de 25 km de la centrale de Darlington, seul 0,01 % est exposée, soit ceux qui se trouvent dans un rayon de 5 km de la centrale [43, 44]. De plus, il est estimé que, de la population résidant dans un rayon de 25 km de la centrale de Pickering, seul 1 % de la population est exposée, soit ceux qui se trouvent dans un rayon de 5 km de la centrale [43, 44]. Par conséquent, les membres du public sont exposés à un niveau faible ou nul de rayonnement provenant des rejets atmosphériques.

La modélisation du panache montre également que les doses hypothétiques provenant des émissions atmosphériques (inhalation et immersion), pour les personnes qui résident en permanence dans la zone étudiée, s'expliquent principalement par les rejets de gaz nobles (c.-à-d. rayons gamma pour l'immersion) et d'oxyde de tritium (rayons bêta pour l'inhalation), chacun ayant contribué à 75 % et 25 % de la dose totale reçue par immersion et inhalation. Le carbone 14, les particules radioactives et les iodes radioactifs ont très peu contribué à la dose, soit moins de 1 % en raison de leurs minuscules rejets. Il est à noter que les doses provenant du tritium étaient plus élevées chez les adultes que les enfants ou les nourrissons en raison de l'augmentation des taux d'inhalation, tandis que les doses provenant des gaz nobles étaient plus faibles (en raison d'une augmentation du blindage découlant de l'augmentation supposée des tissus adipeux).

Nous avons mené une analyse pour évaluer la relation spatiale qui existe entre la dose et la distance par rapport à une centrale nucléaire de l'Ontario. La dose de rayonnement émise par l'exploitation régulière d'une centrale et reçue par la population dépend de plusieurs facteurs, notamment le type de rejet (p. ex. émissions atmosphériques ou rejets liquides), les caractéristiques du rejet (p. ex. hauteur de la cheminée), la quantité, le type et la désintégration radioactive de substances nucléaires libérées, les conditions météorologiques à la centrale (p. ex. direction des vents dominants, épaisseur de la couche de mélange) ainsi que l'alimentation et les habitudes de vie [9, 10, 11]. Donc, la

distance par rapport à une centrale n'est qu'un facteur parmi tant d'autres qui contribuent à la dose reçue par la population et ne devrait pas être utilisée seule pour estimer la dose. En fait, cette étude a démontré que la distance n'est pas un substitut adéquat de la dose de rayonnement reçue par une personne.

Ainsi, les résidents habitant près de la centrale de Pickering (comme les personnes vivant sur une ferme non laitière) recevaient des doses plus faibles (0,0011 mSv) que ceux qui habitent sur des fermes laitières situées à plusieurs kilomètres de la centrale (0,0013 mSv). De même, il a été établi que les doses reçues par les résidents urbains (0,002 mSv) étaient inférieures à celles reçues par les résidents de l'établissement correctionnel (0,0022 mSv). À la centrale nucléaire de Darlington, les résidents de fermes laitières reçoivent également une dose inférieure (0,0007 mSv) à celle reçue par les résidents ruraux (0,0009 mSv) situés plus loin. Les pêcheurs sportifs près des centrales de Pickering et de Darlington ont les plus faibles doses de tous les groupes critiques, car on s'attend à ce qu'ils passent au maximum 1 % de leur temps à cet endroit pendant l'année. De la même manière, on s'attend à ce que les résidents des zones commerciales et industrielles passent seulement 20 % de leur temps à l'emplacement du groupe critique, ce qui donne également des doses plus faibles. Enfin, les doses reçues par les résidents se trouvant à l'intérieur d'un rayon de 5 km de la centrale de Bruce (0,0012 mSv) étaient inférieures à celles reçues par les résidents vivant plus loin de la centrale (0,0021 mSv).

Ces données revêtent une importance particulière, car, en 2008, dans une étude cas-témoins sur la leucémie infantile, appelée étude KiKK, les auteurs ont fait appel à la distance par rapport à la centrale nucléaire comme substitut de la dose de rayonnement [45, 46]. Dans l'étude KiKK, les auteurs ont constaté un excès de risque statistiquement significatif de cas de leucémie chez les enfants (âgés de 0 à 4 ans) vivant dans un rayon de 5 km autour d'une centrale nucléaire, mais les études cas-témoins menées ultérieurement n'indiquent aucune association de ce type [47, 48, 49, 50]. En outre, dans une étude récente [51], l'étude Geocap, les auteurs ont eu recours à une méthodologie permettant l'attribution de doses aux rejets gazeux émis par des centrales en France. Dans un premier temps, ils avaient établi un lien significatif entre la distance et la leucémie infantile, mais après utilisation du zonage géographique axé sur les doses, ils ont constaté que les doses de rayonnement provenant des rejets gazeux libérés par les centrales nucléaires ne pouvaient pas expliquer les cas de leucémie infantile.

On a également observé une baisse générale de la dose estimative reçue par un membre de la population au fil du temps dans l'étude actuelle. Cette baisse était causée par deux principaux facteurs : a) l'humain receveur de la dose qui est passé d'un individu hypothétique habitant le long de la clôture délimitant la centrale nucléaire et dont l'apport alimentaire était entièrement constitué d'aliments cultivés localement à un groupe critique dont l'alimentation et le mode de vie relatifs ont été évalués par des enquêtes, et b) un contrôle amélioré et optimisé grâce à une plus grande expérience en matière d'exploitation de l'installation et à des modifications techniques touchant le contrôle. Pour ces raisons, on peut s'attendre à ce que les doses continuent de demeurer très faibles.

La dose annuelle reçue par un membre de la population est fondée sur une modélisation de toutes les substances nucléaires libérées par rejets contrôlés dans l'environnement au cours de l'année. Elle tient également compte des rejets mesurés et des résultats de

surveillance des PSRE. Par conséquent, tout pic d'émission est pris en considération dans la détermination de la dose globale. Comme le rechargement de combustible dans les réacteurs CANDU s'effectue alors que ceux-ci sont encore en service, la fréquence des pics d'émission est donc très faible. Le programme rigoureux de délivrance de permis et de conformité de la CCSN exige l'établissement de niveaux d'investigation interne et de seuils d'intervention avant qu'un pic d'émission puisse survenir. Ainsi, les émissions non attendues doivent être signalées à la CCSN, et des mesures doivent être prises pour cerner le problème et le corriger. Il est rare que ces niveaux d'investigation interne et ces seuils d'intervention soient dépassés. Par conséquent, il n'est pas réaliste de conclure que les pics occasionnels dans les rejets atmosphériques entraînent des expositions élevées à court terme chez les membres du public.

5.2 Incidence du cancer chez les membres de la population vivant près des centrales nucléaires de l'Ontario

Voici la plus importante conclusion de cette étude : rien n'indique l'existence de grappes de cas de cancer infantile à proximité de ces trois centrales nucléaires. En fait, l'incidence du cancer chez les jeunes enfants (âgés de 0 à 4 ans) était plus faible que celle de la population générale de l'Ontario (mais pas si significatif sur le plan statistique). Par ailleurs, l'incidence du cancer chez les enfants âgés de 0 à 14 ans était semblable à celle de la population générale de l'Ontario.

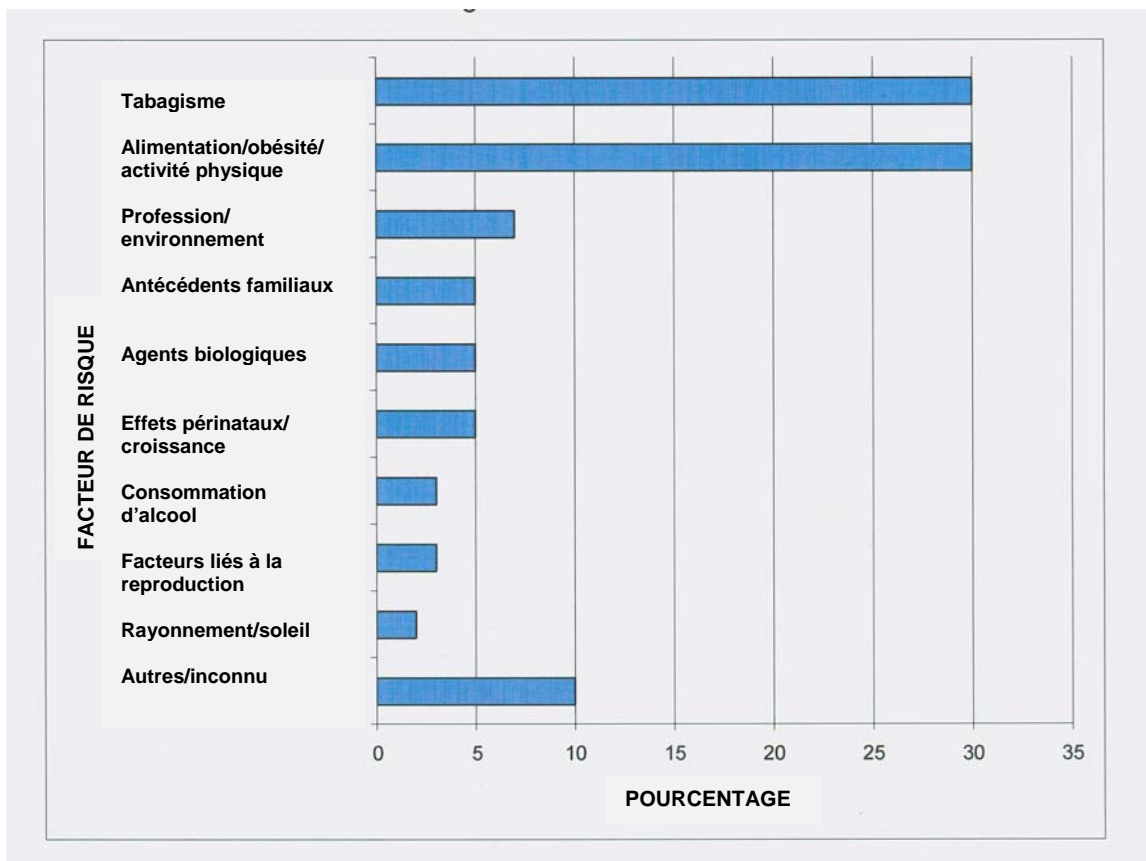
Comme le cancer est rare chez les enfants, les tendances importantes en apparence peuvent en fait être attribuables à des fluctuations aléatoires de la variation naturelle de cette maladie. Il faut interpréter avec prudence les observations tirées d'un petit nombre de cas et les résultats associés à un grand intervalle de confiance à 95 % [52]. Cela s'applique particulièrement à l'incidence du cancer chez des enfants habitant près de la centrale de Bruce, dont l'incidence a été calculée uniquement sur six cas observés de 1990 à 2008. Il est difficile de comprendre comment les facteurs de risque sous-jacents affectent les taux d'incidence, car les causes du cancer infantile sont obscures [53]. Peut-être s'agit-il de la principale contrainte lorsqu'on examine la leucémie infantile présente autour des centrales nucléaires [5]. Environ 5 à 15 % des cas de cancer infantile pourraient être attribuables à des facteurs familiaux et génétiques, et moins de 5 à 10 %, à une source d'exposition connue dans l'environnement [54, 55].

Le cancer est la principale cause de mortalité au Canada [56]. Les cancers les plus fréquents observés chez les personnes vivant aux abords des trois centrales nucléaires de l'Ontario étaient le cancer du poumon et des bronches, du sein chez la femme, du côlon et du rectum. Ces données concordent avec celles d'autres régions de l'Ontario et du Canada. Les trois principales causes de cancer sont responsables de la majorité des nouveaux cas : cancer de la prostate, du poumon et cancer colorectal chez les hommes, et cancer du sein, des poumons et cancer colorectal chez les femmes [35, 57]. Comme le cancer de la prostate n'est pas radiosensible, il n'a pas été inclus dans notre étude [1, 37, 38].

Le tabagisme, une mauvaise alimentation, l'obésité et l'inactivité physique sont responsables de 60 % des décès par cancer en Ontario, comme l'illustre la figure 1 [58]. Comme de nombreux facteurs peuvent contribuer à l'apparition d'un cancer, le Service de santé de la région de Durham et la région sanitaire de Grey Bruce ont examiné les

facteurs déterminants socioéconomiques de la collectivité, de même que les principaux indicateurs de santé [58, 59]. La fréquence élevée de ces facteurs de risque est une cause de préoccupations en santé publique en Ontario et au Canada, et la région de Durham (où sont situées les centrales de Pickering et de Darlington) et le comté de Grey Bruce (où est située la centrale de Bruce) ne font pas exception [60, 61]. C'est la raison pour laquelle les autorités sanitaires disposent de programmes ciblant ces facteurs de risque dans leurs collectivités. Il faut tenir compte des nombreuses facettes du cancer lorsqu'on évalue l'incidence du cancer chez les personnes vivant près des centrales nucléaires, car le rayonnement n'est que l'un des nombreux facteurs associés au cancer et ne constitue pas le principal facteur de risque favorisant la plupart des types de cancer.

Figure 1 : Causes de mortalité par cancer dans les pays développés [58]



Dans l'ensemble, nous n'avons relevé aucune tendance persistante indiquant une incidence accrue du cancer chez les personnes vivant aux abords des trois centrales nucléaires. Certains types de cancer étaient significativement plus nombreux que prévu, d'autres étaient significativement moins nombreux qu'attendu, et l'incidence de certains types de cancer était la même que prévu par rapport à la population générale de l'Ontario. L'incidence du cancer du sein chez la femme, des ovaires, du cerveau et d'autres endroits du système nerveux et de l'œsophage chez les personnes résidant à proximité des trois centrales nucléaires en Ontario était significativement plus faible ou semblable à celle de la population générale de l'Ontario.

Aucune tendance régulière n'a été observée près des trois centrales nucléaires, tous types de cancer confondus. L'incidence de ces cancers était significativement plus élevée que prévu chez les personnes vivant près des centrales nucléaires de Darlington et de Bruce, mais était considérablement moins élevée pour Pickering. Il est impossible de connaître tous les cancers ayant contribué à ce résultat, car seuls les cancers radiosensibles ont été examinés dans cette étude. Toutefois, l'incidence du cancer était significativement plus élevée que prévu pour le cancer du poumon et des bronches, du sein, du côlon et du rectum, lesquels représentent environ 35 % de tous les nouveaux cas de cancer chez les personnes résidant près de ces trois centrales nucléaires. L'augmentation de l'incidence de cancer du poumon et des bronches était statistiquement significative chez les personnes résidant près des centrales de Darlington et de Bruce. Cependant, l'incidence de ce type de cancer n'était pas élevée près de la centrale de Pickering.

Le plus important facteur de risque favorisant le cancer du poumon est le tabagisme (cigarettes), le risque relatif encouru par les fumeurs actuels étant de 10 à 20 fois supérieur à celui des non-fumeurs [62, 63, 64]. Le tabagisme et la fumée secondaire sont les principaux facteurs de risque favorisant l'apparition du cancer du poumon au Canada [59]. La région de Durham est associée à un taux de tabagisme significativement élevé [60]. Cependant, la proportion de fumeurs dans le comté de Grey Bruce n'était pas significativement différente de celle de l'Ontario, de 2000 à 2008 [61]. D'autres facteurs de risque contribuant au cancer du poumon incluent les antécédents familiaux, le radon, la pollution atmosphérique, l'amiante, d'autres produits chimiques, le SIDA et le statut socioéconomique faible [59, 65, 66]. Il a été établi que les cancers de la vessie, de l'estomac et du foie étaient causés par le tabagisme [64, 66]. L'incidence de cancer de la vessie était significativement élevée près de la centrale de Darlington, mais de significativement faible près des centrales de Pickering et Bruce. L'incidence du cancer de l'estomac était significativement élevée près de la centrale de Pickering, mais ressemblait à la moyenne pour l'Ontario près des centrales de Darlington et de Bruce. L'incidence de cancer du foie était significativement élevée près de la centrale de Pickering, mais significativement faible près des centrales de Darlington et de Bruce. L'incidence significativement plus élevée que prévu de cancer du poumon et des bronches, de la vessie, de l'estomac et du foie observée dans cette étude semble indiquer que le tabagisme pourrait être un facteur de confusion. D'autres facteurs de risque pour le cancer de la vessie incluent l'exposition à des produits chimiques, les antécédents familiaux de cancer de la vessie, les antécédents de traitement contre le cancer, l'arsenic et les antécédents familiaux. D'autres facteurs de risque pour le cancer de l'estomac incluent une infection par la bactérie *Helicobacter pylori*, l'inflammation à long terme de l'estomac, les antécédents familiaux, une mauvaise alimentation (faible en fruits et légumes, élevée en nitrates et nitrites se retrouvant notamment dans l'eau et les aliments en conserve), le manque d'exercice physique, l'obésité et le statut socioéconomique faible. D'autres facteurs de risque pour le cancer du foie incluent l'infection par le virus de l'hépatite B ou celui de l'hépatite C, une grande consommation d'alcool, les aflatoxines, les maladies de stockage de fer, la cirrhose, l'obésité et le diabète [59, 65, 66].

Aucune tendance de cancer du côlon et du rectum n'a été observée près des trois centrales. L'incidence du cancer du côlon et du rectum était significativement plus élevée que prévu près des centrales nucléaires de Darlington et de Bruce, en particulier chez les hommes âgés de plus de 65 ans, mais elle était significativement moins élevée près de celle de Pickering. Cela concorde avec les principaux facteurs de risque suivants associés au cancer colorectal : âge (en particulier ceux de plus de 50 ans), sexe (hommes), présence de polypes, antécédents familiaux de cancer colorectal, alimentation (riche en gras et faible en fibres), obésité, inactivité physique, consommation d'alcool, statut économique élevé et tabagisme [59, 65, 66].

Aucune tendance de cancer de la thyroïde n'a été observée près des trois centrales. L'augmentation de l'incidence du cancer de la thyroïde était statistiquement plus significative que prévue près des centrales nucléaires de Pickering et de Darlington, mais, près de la centrale de Bruce, l'incidence était semblable à celle de la population de l'Ontario. Les principaux facteurs de risque associés à ce type de cancer étaient l'exposition à de grandes quantités de rayonnement ionisant, les antécédents familiaux et la présence d'iode (concentration élevée ou faible) dans l'alimentation [59]. Le nombre de cas de cancer de la thyroïde est en hausse au Canada [57] et dans le monde [67]. Cette tendance à la hausse pourrait être causée par un recours plus fréquent à des épreuves diagnostiques pour détecter les tumeurs infracliniques, par une plus grande exposition au rayonnement ionisant à des fins diagnostiques ou par l'exposition accrue à un facteur de risque environnemental encore inconnu [68, 69]. De plus en plus de données probantes font ressortir le rôle possible des facteurs liés au poids corporel et à l'appareil reproducteur de la femme [70]. La dose d'iode radioactif, principale cause des cancers de la thyroïde associée au rayonnement [71], était inférieure à la limite de détection des appareils qui mesurent les rejets à la cheminée des trois centrales nucléaires pour toute la durée de l'étude. Par conséquent, la dose de rayonnement reçue par la population habitant autour des deux centrales nucléaires n'était probablement pas la cause de ce type de cancer.

Aucune tendance de leucémie n'a été observée près des trois centrales nucléaires. L'augmentation de l'incidence de leucémie était statistiquement plus significative que prévu près de la centrale de Darlington. Toutefois, l'incidence du cancer chez les enfants de 0 à 4 ans, de 0 à 14 ans et chez les jeunes adultes de 0 à 24 ans était inférieure ou semblable à celle de la population générale de l'Ontario près des trois centrales nucléaires. Par conséquent, les données significatives pour la centrale de Darlington sont tirées du groupe des 25 à 64 ans. Les doses élevées de rayonnement peuvent entraîner l'apparition d'une leucémie [1], mais l'absence de données significatives chez les enfants (la population la plus vulnérable au rayonnement), laisse croire que d'autres facteurs de risque joueraient un rôle compte tenu des très faibles doses mesurées dans cette étude. Les facteurs de risque pour la leucémie incluent le tabagisme, le benzène, la chimiothérapie, le syndrome de Down, certains maladies du sang et les antécédents familiaux [59, 65, 66].

Les niveaux de rayonnement dans l'air, le sol, l'eau et la flore près des centrales nucléaires de l'Ontario sont très faibles – 100 à 1 000 fois plus faibles que le rayonnement naturel et la limite de dose pour le public établie par la CCSN. Les sources industrielles de rayonnement comptent seulement pour une quantité infime du

rayonnement total détecté dans les zones près des centrales. Le rayonnement émis par les trois centrales ne peut expliquer de façon plausible l'accroissement observé de l'incidence du cancer au-dessus de la valeur de base. Les principaux facteurs de risque du cancer sont fréquents dans la population ontarienne [58], et les collectivités situées près des trois centrales ne font pas exception [60, 61]. Il est plus plausible d'expliquer l'augmentation observée de l'incidence du cancer par les facteurs de risque susmentionnés que par les doses de rayonnement reçues par la population vivant à proximité des centrales nucléaires. Cela est soutenu par les critères définis par Bradford-Hill, qui servent à établir un lien de causalité (c.-à-d. le facteur A cause-t-il la maladie B?) [72]. Ces critères sont les suivants : force de l'association, cohérence de l'association, spécificité, relation temporelle, gradient biologique (relation dose-réponse), plausibilité biologique, cohérence des conclusions, vérification expérimentale et analogie [72]. Les preuves scientifiques indiquent clairement que des doses élevées de rayonnement peuvent causer le cancer. Selon les critères susmentionnés, un lien de causalité existe entre le rayonnement ionisant et le cancer [1, 37, 38]. De même, d'après la documentation expérimentale et épidémiologique, les cancers choisis sont reconnus comme radiosensibles [1, 37, 38]. Cependant, lorsqu'on tient compte du gradient biologique (relation dose-réponse) et des critères de preuve expérimentale, il serait invraisemblable d'associer aux types de cancers décelés près des centrales nucléaires l'infime quantité de rayonnement provenant desdites centrales. En fait, l'incidence du cancer est généralement plus élevée autour de la centrale de Darlington qu'aux deux autres centrales visées par cette étude (Pickering et Bruce), et ce, malgré le fait que les doses reçues par la population vivant près de la centrale de Darlington étaient les plus faibles des trois centrales.

5.3 Forces et faiblesses

La principale force de cette étude réside dans la prise en compte de données sur la dose de divers groupes d'âge pour chacune des centrales nucléaires, ces données provenant d'une surveillance de l'environnement et de mesures des rejets radioactifs. Cette méthodologie est supérieure à celle employée pour les études épidémiologiques récentes dans lesquelles on a eu recours à la distance du domicile par rapport à la centrale nucléaire comme paramètre pour remplacer la dose de rayonnement. Il a été établi que le recours à la distance comme paramètre substitut de la dose était inadéquat, puisque certaines doses mesurées le plus près possible des centrales nucléaires se sont avérées plus faibles que celles mesurées plus loin. Dans l'étude, on a tenu compte des données liées à l'exploitation antérieure et actuelle, des rejets totaux par année (notamment la fluctuation quotidienne et les pics d'émission), des divers groupes et des catégories d'âge des personnes résidant autour des centrales nucléaires. L'étude a fourni des estimations très prudentes de la dose reçue par les membres de la population à l'aide d'estimations de la dose maximale reçue au cours de la durée de l'étude.

Les études écologiques permettent également d'évaluer facilement le lien entre l'incidence du cancer chez les personnes qui résident près d'une centrale nucléaire et l'incidence du cancer chez la population générale de l'Ontario. Ces types d'étude constituent un outil de surveillance très utile pour les épidémiologistes, leur permettant de relever des taux élevés et faibles de maladie dans une population au fil du temps, taux qui

pourront ensuite justifier la conduite d'autres études. En d'autres mots, ces études donnent une indication de la fréquence des maladies au sein d'une population.

Parmi les autres points forts de cette étude, citons la qualité des données sur l'incidence du cancer. La déclaration des cas de cancer dans le RCO et le RCC est pratiquement complétée. Ces données sont de bonne qualité, car les évaluations effectuées par Statistique Canada et les registres du cancer permettent de vérifier régulièrement leur exactitude [34]. De même, le Recensement du Canada fait appel à des procédures très rigoureuses et confidentielles pour garantir l'exactitude et la confidentialité des données sur le recensement [36]. Nous avons privilégié les données sur l'incidence aux données sur la mortalité, car les données cliniques et démographiques détaillées sont recueillies sur une base individuelle. En effet, si un traitement connaît des percées au cours de la durée de l'étude, la mortalité devient un paramètre moins sensible, mais l'incidence ne sera pas touchée. De même, les cancers qui correspondent à un taux élevé de survie, par exemple le cancer de la thyroïde, ne sont pas détectés dans les statistiques sur la mortalité.

L'une des faiblesses des études écologiques est le fait que les recoupements mis en évidence pour une population ne représentent pas nécessairement les effets biologiques observés chez un individu [1, 40, 41]. Ainsi, on attribue des doses uniformes à un groupe, mais les doses reçues par les personnes varient. Par ailleurs, la dose reçue par une personne varie beaucoup. Toutefois, on a estimé des doses reçues par la population très précises et prudentes et on a calculé les doses les plus élevées reçues par celle-ci, ce qui garantit que les résidants vivant présentement aux alentours des centrales recevaient des doses plus faibles. Les études écologiques ne fournissent habituellement pas ce type d'information détaillée.

Ce type d'étude comporte des problèmes d'interprétation à cause du regroupement des données (sur la population) qui portent notamment sur la variation de la taille de la population régionale, ses déplacements et l'état de latence des maladies. En Ontario, la taille et l'aire de la population varient grandement. Par exemple, 1,6 million de personnes habitent près de la centrale de Pickering, tandis que 25 500 personnes habitent près de la centrale de Bruce, ce qui a des répercussions sur l'efficacité statistique. Les expositions liées au risque de cancer se produisent probablement 10 à 20 ans avant le diagnostic. La croissance de la population variait dans la région de Durham, allant de 0,2 % (Pickering) à 27,7 % (Whitby) entre 2001 et 2006, et de 1,0 % (Pickering) à 21,6 % (Ajax) entre 2006 et 2011. De 2001 à 2006, le taux de croissance de la population dans les comtés de Grey et de Bruce était de 3,7 % et 2,3 % respectivement [73]. Les nouveaux résidants seront considérés comme des résidants de la région de Durham, mais ils ont été exposés à des facteurs de risque pour une période antérieure allant jusqu'à 20 ans. Par conséquent, les déplacements de la population entraînent sans doute un biais dans la présente étude [74]. L'utilisation de données sur l'incidence dans la présente étude élimine le biais potentiel associé aux déplacements après le diagnostic.

Ces études ne permettent pas non plus de tirer des conclusions ou de déterminer si un facteur de risque (ou une combinaison de facteurs de risque) a provoqué une maladie. Cela est d'autant plus important lorsqu'on sait qu'un facteur de risque (comme le tabagisme) est étroitement associé à la maladie (p. ex. le cancer du poumon). Comme plusieurs types de cancer sont causés par le tabagisme, ce dernier représente un biais

considérable dans notre étude puisque ce facteur de risque n'est pas contrôlé. Les principaux facteurs de risque favorisant les types de cancer dont la prévalence est significativement supérieure sur le plan statistique que la moyenne de l'Ontario étaient le tabagisme, une mauvaise alimentation, l'inactivité et l'obésité [58]. Ces facteurs de risque représentent environ 60 % de toutes les mortalités par cancer dans les pays développés et expliquent vraisemblablement la plus part des cancers en excès dans cette étude. La prévalence différente de ces facteurs de risque pourrait expliquer les différences significatives constatées dans l'incidence du cancer chez les personnes vivant près des centrales de Pickering et de Darlington, lesquelles sont distantes d'environ 30 km. La section suivante porte sur des comparaisons avec d'autres études et donne une bonne indication des modes de vie qui ont été répertoriés dans les collectivités situées près des centrales nucléaires de l'Ontario.

Des erreurs peuvent se glisser dans l'attribution du lieu de résidence, et ce lieu est souvent imprécis. Ces erreurs sont plus fréquentes lorsqu'il s'agit de plus petites zones géographiques. Cependant, cela ne devrait pas poser problème puisque cette étude porte sur les zones à l'intérieur d'un rayon de 25 km des trois centrales nucléaires. En fait, ces zones de 25 km se chevauchent entre les centrales de Pickering et de Darlington. De plus, le rayon s'étend à l'extérieur de la région de Durham vers Toronto à l'ouest et dans le comté de Northumberland à l'est. Les municipalités les plus près de la centrale de Darlington comprennent Oshawa et Clarington, et celles qui sont les plus près de la centrale de Pickering incluent Pickering et Ajax. La ville de Whitby est située entre ces deux centrales, là où les deux zones de 25 km s'entrecroisent. Fait à noter, les estimations de doses calculées à l'aide de modèles indiquent que le public à l'extérieur de la zone de 5 km n'était typiquement pas exposé. Toutefois, cela ne signifie pas qu'il faut restreindre la portée de l'étude au rayon de 5 km, étant donné que la densité de la population est extrêmement faible et que certains types de cancer étudiés sont rares dans cette zone.

L'efficacité statistique d'une étude dépend des critères d'importance statistique utilisés, de l'amplitude de l'effet examiné et de la taille de l'échantillon. Beaucoup de chercheurs calculent l'efficacité de leurs tests en utilisant 80 % comme critère d'acceptation [75]. En général, il ne s'agit pas d'un problème dans le cas des populations vivant près des centrales nucléaires de Darlington et de Pickering, où l'on a décelé des cas de cancer nombreux et conformes aux attentes. Cependant, la petite taille de la population et la rareté de certains cancers ont limité l'efficacité statistique des résultats pour la population résidant près de la centrale de Bruce.

5.4 Comparaison avec d'autres études

Les résultats sur l'incidence de la présente étude correspondaient à ceux d'études effectuées antérieurement sur les cancers infantiles et d'autres cancers décelés près des centrales nucléaires de l'Ontario [39, 60, 76, 77, 78]. Dans ces études, on a conclu qu'il n'existait aucune preuve statistique démontrant une différence dans les taux de maladie attribuables à un facteur autre que la variation naturelle. En raison de l'exposition extrêmement faible au rayonnement émis par les centrales en exploitation étudiées, y compris l'exposition au tritium, les effets liés au rayonnement étaient extrêmement improbables.

Depuis les années 1980, beaucoup d'études épidémiologiques descriptives ont été menées dans le monde pour déterminer si les personnes habitant près de centrales nucléaires sont plus malades, en particulier la leucémie infantile, par rapport à la population en général. Des examens de ces études faisant autorité ont confirmé que seules trois grappes de cas de leucémie infantile ont persisté au fil du temps autour de trois centrales nucléaires (Sellafield en Angleterre, Dounreay en Écosse et Krümmel en Allemagne). Certaines grappes de cas de leucémie infantile existent, mais les résultats d'études réalisées dans plusieurs lieux situés autour des centrales nucléaires n'indiquent pas de cas de cancer en excès à l'échelle globale. Dans de nombreuses études, on a recherché la cause possible des grappes de cas observés autour de certains lieux, mais jusqu'à maintenant, aucune des hypothèses mises de l'avant (p. ex. rejets réguliers dans l'environnement, exposition des parents avant la conception ou agents infectieux associés à un brassage de population) ne peut les expliquer [3, 4, 5].

Dans le cadre d'études menées récemment, on a eu recours à la distance comme substitut de la dose de rayonnement. Dans une étude cas-témoins (étude KiKK), une association a été faite [45, 46] entre la distance par rapport à une centrale nucléaire et la leucémie infantile, mais la tendance observée indiquant une association positive demeure inexpliquée. Il est donc impossible d'affirmer quoi que ce soit sur la cause du taux accru de cancer. Un examen indépendant de l'étude a permis de conclure qu'aucune donnée n'indique une relation de cause à effet entre un facteur de risque chimique ou physique et le risque observé de leucémie infantile [79]. Des conclusions semblables ont été tirées de plusieurs autres examens [5, 6]. On considère que les rejets radioactifs, surtout de tritium et de carbone 14, n'expliquent pas l'incidence accrue de leucémie dans l'étude KiKK [6, 80, 81, 82, 83, 84].

Selon d'autres études menées sur le cancer infantile apparaissant près de centrales nucléaires, rien n'indique que les cas de cancer en excès sont liés aux doses de rayonnement provenant des centrales [3, 4, 5, 6, 47, 48, 49, 50]. Cette donnée concorde avec les connaissances scientifiques actuelles sur les risques liés au rayonnement [1].

La présente étude a relevé des différences entre tous les cancers confondus et d'autres types de cancers radiosensibles, mais cela correspond bel et bien à la variation naturelle du cancer en Ontario et à la prévalence des principaux facteurs de risque dans les collectivités étudiées. D'autres données à l'appui des conclusions de cette étude sont présentées dans les tableaux 2 et 3, qui résument les variations géographiques de l'incidence du cancer en Ontario. Les tableaux 2 et 3 présentent le classement (du plus élevé au plus faible) des taux d'incidence normalisés selon l'âge (TINA) par 100 000 personnes, selon les données sur certains types de cancers fournies par des réseaux locaux d'intégration des services de santé (RLISS) [85] (voir l'annexe D). L'information des RLISS divise l'Ontario en 14 régions. La centrale de Bruce se situe dans la région du sud-ouest, et les centrales de Pickering et de Darlington dans la région du centre-est. L'information dans les tableaux montre clairement la grande variation géographique de l'incidence de cancer en Ontario et les taux élevés de cancer dans des régions éloignées des centrales. Le tableau 2 (hommes) présente les TINA pour l'ensemble des cancers, y compris le cancer du poumon, du côlon et du rectum, ainsi que la leucémie. Le tableau 3 (femmes) présente également ces TINA, ainsi que des données sur le cancer du sein. Dans l'ensemble, les taux d'incidence des cancers susmentionnés pour les hommes et les

femmes résidant dans les régions du RLISS qui contiennent des centrales nucléaires sont inférieurs (quelques cas de cancer pour 100 000 personnes) ou semblables à la moyenne de l'Ontario. Cela vient étayer une étude réalisée antérieurement [66] qui a relevé une répartition spatiale dans la variation géographique de l'incidence du cancer en Ontario. D'autres études sur la variation géographique du cancer ont produit des résultats semblables [86, 87, 88, 89].

Une analyse a été réalisée par Walter *et coll.* [90] après la première étude afin de voir si des effets pouvaient être décelés à l'échelle régionale, et ce, après avoir tenu compte des facteurs de risque de cancer connus, soit les facteurs socioéconomiques (c.-à-d. densité de la population, revenus, scolarité, emploi et immigration) et les facteurs liés au style de vie (c.-à-d. tabagisme, alimentation, consommation d'alcool, obésité, exercice et expositions professionnelles) [91, 92]. La plupart des variations géographiques du taux de cancer étaient associées à la variation des facteurs de risque connus, et plus aucun effet général n'a été décelé à l'échelle régionale après avoir tenu compte des facteurs susmentionnés. Pour résumer, le message principal est rassurant : après que les facteurs de risque connus sont pris en compte, rien n'indique qu'il y a une grande différence quant aux taux de cancer en Ontario, différence à laquelle on s'attendrait si des facteurs environnementaux (liés notamment à la qualité de l'air ou de l'eau) avaient une incidence dans la région. Une autre étude sur la mortalité prématurée réalisée en Ontario a produit des résultats semblables [93].

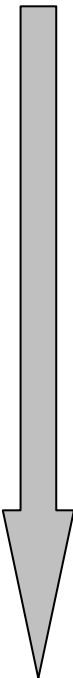
Les facteurs de risque connus associés au cancer dans la région de Durham et le comté de Grey Bruce ont également été examinés. Le Service de santé de la région de Durham a évalué l'information sociodémographique et sanitaire fournie par les municipalités et les quartiers de la région de Durham dans le cadre du projet préliminaire Health Neighbourhoods (santé des quartiers), de 2001 à 2011. Dans l'ensemble, les principaux facteurs de risque de cancers constituaient une préoccupation de santé publique pour la région de Durham. Celle-ci rapporte actuellement une prévalence élevée des principaux facteurs de risque de cancers, y compris le tabagisme (21 %), l'excès de poids et l'obésité (58 %), la faible consommation de fruits et légumes (64 %) et l'inactivité physique (45 %). De plus, l'état de santé des résidents des municipalités variait grandement. Par exemple, le taux de tabagisme était de 14 % à Pickering et 27 % à Oshawa [74].

Des facteurs sociodémographiques et des facteurs liés à la santé et au mode de vie ont également été évalués par la Région sanitaire de Grey Bruce, qui s'est servie des données de 2000 à 2008 de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) [61, 94, 95]. Le groupe de résidents de 12 ans et plus du comté de Grey Bruce a été comparé à la population de l'Ontario, du Canada et à un groupe de pairs d'une région sanitaire (c.-à-d. les régions dont la distribution sociodémographique est semblable à celle du comté de Grey Bruce) [61]. Dans l'ensemble, les principaux facteurs de risque de cancers constituaient une préoccupation de santé publique pour la région de Grey Bruce, qui rapporte actuellement une prévalence élevée des principaux facteurs de risque de cancers, y compris l'usage excessif de tabac (24 %), l'excès de poids et l'obésité (61,5 %), la faible consommation de fruits et légumes (45 %) et l'inactivité physique (48 %).

Par conséquent, les taux d'incidence de cancer plus élevés dans ces régions s'expliquent probablement par les différences dans les principaux facteurs de risque de cancer (différences socioéconomiques et liées au mode de vie) [91, 92], ce qui ressemble aux

constatations pour le reste de l'Ontario [90]. Puisque cette étude a relevé de très faibles doses de rayonnement environnemental, il ne convient pas de conclure que ce rayonnement est responsable des taux de cancers plus élevés chez les personnes qui résident dans un rayon de 25 km des centrales nucléaires de l'Ontario.

Tableau 2 : Taux d'incidence normalisé selon l'âge pour 100 000 habitants de tous les cancers confondus, des cancers les plus fréquents et de la leucémie en fonction du Réseau local d'intégration des services de santé, chez les hommes, en Ontario et en 2007 [85]

Rang	Tous cancers confondus		Poumon		Côlon et rectum		Leucémie	
	Réseau local d'intégration des services de santé	Taux d'incidence normalisé selon l'âge (TINA)	Réseau local d'intégration des services de santé	Taux d'incidence normalisé selon l'âge	Réseau local d'intégration des services de santé	Taux d'incidence normalisé selon l'âge	Réseau local d'intégration des services de santé	TINA
le plus élevé  le plus bas	Simcoe Nord Muskoka	529,4	Nord-Est	76	Nord-Est	70,7	Simcoe Nord Muskoka	22,8
	Hamilton Niagara Haldimand Brant	515,9	Sud-Est	74,8	Nord-Ouest	60,6	Nord-Est	19,7
	Érié St-Clair	500,7	Hamilton Niagara Haldimand Brant	74	Simcoe Nord Muskoka	63,6	Champlain	19,5
	Nord-Est	496,6	Érié St-Clair	69,4	Champlain	62	Hamilton Niagara Haldimand Brant	18,7
	Sud-Est	492,3	Nord-Ouest	68,7	Centre-Est	61	Centre-Toronto	17,7
	Sud-Ouest	475,7	Simcoe Nord Muskoka	64,5	Central	60,9	Waterloo Wellington	17,5
	Ontario	468,6	Champlain	61,6	Hamilton Niagara Haldimand Brant	60,6	Ontario	17,3
	Mississauga Halton	468	Ontario	60	Érié St-Clair	60,5	Mississauga Halton	16,9
	Nord-Ouest	462	Sud-Ouest	56,3	Ontario	58,5	Centre-Est	16,7
	Waterloo Wellington	454,1	Waterloo Wellington	55,6	Sud-Ouest	57,7	Sud-Ouest	16,6
	Centre	450,8	Centre-Est	55,1	Sud-Est	56,9	Centre	16,4
	Champlain	450,7	Mississauga Halton	53,7	Centre-Ouest	53	Nord-Ouest	14,5
	Centre-Est	448	Centre	51,1	Mississauga Halton	51,8	Sud-Est	14,4
	Centre-Toronto	442,2	Centre-Toronto	48,8	Waterloo Wellington	50,4	Érié St-Clair	13,6
Centre-Ouest	402,5	Centre-Ouest	48,2	Centre-Toronto	47,7	Centre-Ouest	13,2	




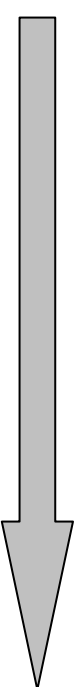



 Moyenne ontarienne (à titre de référence)
 Sud-Ouest (comprend la centrale de Bruce)
 Centre-Est (comprend les centrales de Pickering et de Darlington)

Tableau 3 : Taux d’incidence normalisé selon l’âge pour 100 000 habitants de tous les cancers confondus, des cancers les plus fréquents et de la leucémie en fonction du Réseau local d’intégration des services de santé, chez les femmes, en Ontario [85]

Rang	Tous les cancers confondus		Sein		Poumon		Côlon et rectum		Leucémie	
	Réseau local d’intégration des services de santé	Taux d’incidence normalisé selon l’âge	Réseau local d’intégration des services de santé	Taux d’incidence normalisé selon l’âge	Réseau local d’intégration des services de santé	Taux d’incidence normalisé selon l’âge	Réseau local d’intégration des services de santé	Taux d’incidence normalisé selon l’âge	Réseau local d’intégration des services de santé	Taux d’incidence normalisé selon l’âge
le plus élevé  le plus bas	Nord-Est	394,9	Nord-Ouest	111,8	Nord-Ouest	63,1	Nord-Ouest	47,7	Nord-Est	15,7
	Hamilton Niagara Haldimand Brant	387,2	Mississauga Halton	109,7	Nord-Est	59,7	Simcoe Nord Muskoka	47	Érié St-Clair	13,7
	Nord-Ouest	387	Hamilton Niagara Haldimand Brant	107,1	Sud-Est	56,2	Nord-Est	45,2	Centre-Est	13,1
	Centre	386,2	Centre	106,6	Simcoe Nord Muskoka	52,8	Hamilton Niagara Haldimand Brant	44,2	Waterloo Wellington	12,8
	Simcoe Nord Muskoka	380,8	Simcoe Nord Muskoka	101,9	Champlain	51	Érié St-Clair	41,7	Sud-Ouest	12,7
	Mississauga Halton	380,3	Nord-Est	101	Hamilton Niagara Haldimand Brant	50,9	Waterloo Wellington	41,6	Hamilton Niagara Haldimand Brant	11,8
	Érié St-Clair	377,4	Champlain	100,4	Érié St-Clair	48,6	Centre	41,6	Nord-Ouest	11,5
	Ontario	371,4	Ontario	100,1	Sud-Ouest	44,4	Champlain	40,8	Ontario	11,4
	Centre-Est	371,2	Centre-Est	97,5	Ontario	43,9	Ontario	40,4	Mississauga Halton	11,4
	Sud-Est	367,1	Érié St-Clair	96,6	Centre-Est	43,3	Centre-Est	40,1	Centre-Toronto	10,9
	Champlain	366,4	Sud-Ouest	96,3	Waterloo Wellington	39,9	Sud-Ouest	39,8	Champlain	10,8
	Sud-Ouest	363,1	Waterloo Wellington	95,1	Mississauga Halton	37,9	Sud-Est	39,7	Centre	9,3
	Waterloo Wellington	362,7	Centre-Toronto	91,3	Centre	33,7	Mississauga Halton	37,3	Simcoe Nord Muskoka	8,5
	Centre-Toronto	345,1	Centre-Ouest	91,1	Centre-Toronto	31,6	Centre-Ouest	32,7	Centre-Ouest	8,1
Centre-Ouest	312,6	Sud-Est	89,9	Centre-Ouest	27,1	Centre-Toronto	32,1	Sud-Est	7,8	

-  Moyenne ontarienne (à titre de référence)
-  Sud-Ouest (comprend la centrale de Bruce)
-  Centre-Est (comprend les centrales de Pickering et de Darlington)

6.0 CONCLUSIONS

Aucune donnée ne vient étayer l'existence de grappes de cas de cancer infantile (en particulier de leucémie infantile) à proximité des trois centrales nucléaires de l'Ontario étudiées (Pickering, Darlington et Bruce). Dans l'ensemble, on n'a pas relevé non plus de tendance persistante d'une incidence élevée de cancer pour tous les groupes d'âge rattachés à ces trois centrales, cette tendance étant généralement cohérente avec celle observée dans des études antérieures. Nous avons relevé une incidence du cancer plus élevée que prévu et plus faible pour certains types de cancer chez les personnes vivant dans un rayon de 25 km autour des trois centrales, en particulier près de la centrale de Darlington. En d'autres mots, l'incidence de certains types de cancers était plus élevée dans certaines collectivités (mais jamais pour les trois zones) tandis que l'incidence d'autres types de cancers était moins élevée que prévue. De même, l'incidence de plusieurs types de cancers était semblable à la moyenne prévue pour l'Ontario. Dans l'ensemble, les cas de cancer se situaient dans les limites de la variation naturelle de la maladie en Ontario.

Les doses de rayonnement émises par l'exploitation antérieure ou actuelle et reçues par les membres de la population résidant près des trois centrales nucléaires sont de 100 à 1 000 fois plus faibles que le rayonnement naturel et les limites de dose pour la population. Nous avons tenu compte des pics d'émission provenant des centrales nucléaires pour déterminer la dose globale, et il a été établi que la distance à partir d'une centrale ne constituait pas un substitut adéquat de la dose de rayonnement.

Les principales causes de cancer (tabagisme, mauvaise alimentation, obésité et inactivité physique) représentent environ 60 % de tous les décès par cancer dans les pays développés. Ces facteurs de risque expliquent de façon plus plausible toute incidence de cancer plus élevée que prévu décelée chez les personnes vivant autour des trois centrales nucléaires. Toutefois, les faiblesses des études écologiques nous empêchent d'établir une inférence de causalité.

Par conséquent, selon les estimations actuelles du risque de rayonnement et les publications dans le domaine de l'épidémiologie, on ne peut vraisemblablement dire que le rayonnement est la cause des cas de cancer en excès observés dans un rayon de 25 km autour d'une centrale nucléaire en Ontario.

REMERCIEMENTS

Les données sur l'incidence du cancer présentées dans cette étude ont été fournies par l'Agence de la santé publique du Canada (ASPC) et proviennent de la base de données du Registre canadien du cancer de Statistique Canada. Le Registre d'inscription des cas de cancer de l'Ontario, qui procure ces données à Statistique Canada, en a été informé et y a consenti. Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude à l'égard de ces organisations, de même qu'à M. Robert Semenciw pour toute l'aide apportée.

RÉFÉRENCES

1. Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR), Nations-Unies, *Effects of Ionizing Radiation, Rapport de l'Assemblée générale de 2006, avec des annexes scientifiques, Effects of Ionizing Radiation, volume I, annexe scientifique A, Epidemiological Studies of Radiation and cancer*, Nations Unies, New York, 2008.
2. Last, J.M., *A dictionary of Epidemiology*, 4^e édition, New York: Oxford University Press, 2001.
3. Laurier D. et Bard D., *Epidemiologic studies of leukemia among persons under 25 years of age living near nuclear sites*, *Epidemiologic Reviews* 21(2), p. 188-206, 1999.
4. Laurier D., Grosche B. et Hall P., *Risk of childhood leukemia in the vicinity of nuclear installations – findings and recent controversies*, *Acta Oncologica* 41(1), p. 14-24, 2002.
5. Laurier D., Jacob S., Bernier M.O., Leuraud K., Metz C., Samson E. et Laloi P., *Epidemiological Studies of Leukemia in Children and Young Adults around Nuclear Facilities: A Critical Review*, *Radiation Protection Dosimetry* 132(2): p. 182-190, 2008.
6. Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment (COMARE), 4^e rapport, *Further Consideration of the Incidence of Childhood Leukemia Around Nuclear Power Plants in Great Britain* Chairman: Professor A Elliott, (Chilton, UK: Health Protection Agency), ISBN 978-0-85951-691-4, 2011.
http://www.comare.org.uk/press_releases/documents/COMARE14report.pdf.
7. Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), *Le radon et la santé*, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, numéro de catalogue CC172-67/2011-PDF, ISBN 978-1-100-17765-6, numéro de catalogue : INFO-0813, 2011.
www.nuclearsafety.gc.ca/pubs_catalogue/uploads_fre/February-2011-Radon-and-Health-INFO-0813_f.pdf.
8. Grasty R.L. et LaMarre J.R., *The annual effective dose from natural sources of ionising radiation in Canada*, *Radiation Protection Dosimetry* 108(3), p. 215-26, 2004.
9. Association canadienne de normalisation, norme de la CSA N288.1-M87, *Guidelines for calculating derived release limits for radioactive materials in airborne and liquid effluents for normal operation of nuclear facilities*, Toronto, Association canadienne de normalisation, 1987.

10. Association canadienne de normalisation, norme de la CSA N288.1-08, *Guidelines for calculating derived release limits for radioactive materials in airborne and liquid effluents for normal operation of nuclear facilities*, Mississauga, Association canadienne de normalisation, 2008.
11. Association canadienne de normalisation, norme de la CSA N288.1-08, *Guidelines for calculating derived release limits for radioactive materials in airborne and liquid effluents for normal operation of nuclear facilities – Update No. 1*, Mississauga, Association canadienne de normalisation, 2011.
12. EcoMetrix, Environmental IMPACT™ User Manual (version 5.4.0), *Integrated Model for the Probabilistic Assessment of Contaminant Transport*, 2009.
13. Bruce Power, *Derived Release Limits and Action levels for Bruce Nuclear Generating Station A*: NK-21-REP-03482-00002 R001, Tiverton, Bruce Power, 2013a.
14. Bruce Power, *Derived Release Limits and Action levels for Bruce Nuclear Generating Station B*: NK-29-REP-03482-00003 R001, Tiverton, Bruce Power, 2013b.
15. Ontario Power Generation, *Derived Release Limits for The Darlington Nuclear Generation Station*: NK38-REP-03482-10001-R00, (pour usage interne seulement), 2003b.
16. Ontario Power Generation, *Derived Release Limits and Environmental Action Levels for Pickering Nuclear Generating Station A*: NA44-REP-03482-00001-R002 (OPG Proprietary), 2010a.
17. Ontario Power Generation, *Derived Release Limits and Environmental Action Levels for Pickering Nuclear Generating Station B*: NK30-REP-03482-00001-R002 (OPG Proprietary), 2010b.
18. Bruce Power, *Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 2001*: B-REP-03419-00001-R00, 2002.
19. Bruce Power, *Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 2002*: B-REP-03419-00002-R00, 2003, tiré le 1^{er} avril 2013 du site <http://www.brucepower.com/wp-content/uploads/2011/04/Annual-Summary-and-Assessment-of-Environmental-Radiological-Data-Report-2002.pdf>.
20. Bruce Power, *Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 2003*: B-REP-03419-00003-R00, 2004, tiré le 1^{er} avril 2013 du site <http://www.brucepower.com/wp-content/uploads/2011/04/Annual-Summary-and-Assessment-of-Environmental-Radiological-Data-Report-2003.pdf>.

21. Bruce Power, *Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 2004*: B-REP-03419-00003-R00, 2005, tiré le 1^{er} avril 2013 du site <http://www.brucepower.com/wp-content/uploads/2011/04/Annual-Summary-and-Assessment-of-Environmental-Radiological-Data-Report-2004.pdf>.
22. Bruce Power, *Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 2005*: B-REP-03419-00005 R001, 2006, tiré le 1^{er} avril 2013 du site <http://www.brucepower.com/wp-content/uploads/2011/04/2005-Annual-Summary-and-Assessment-of-Environmental-Radiological-Data.pdf>.
23. Bruce Power, *Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 2006*: B-REP-03419-00007, 2007, tiré le 1^{er} avril 2013 du site <http://www.brucepower.com/wp-content/uploads/2011/04/2006-Annual-Summary-and-Assessment-of-Environmental-Radiological-Data.pdf>.
24. Bruce Power, *Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 2007*: B-REP-03419-00008 R000, 2008, tiré le 1^{er} avril 2013 du site <http://www.brucepower.com/wp-content/uploads/2011/04/Annual-Summary-and-Assessment-of-Environmental-Radiological-Data-for-2007.pdf>.
25. Bruce Power, *Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 2008*: B-REP-03419-00009 R001, 2009, tiré le 1^{er} avril 2013 du site <http://www.brucepower.com/wp-content/uploads/2011/04/B-REP-03419-00009-R12.pdf>.
26. Ontario Power Generation, *Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 2001*: N-REP-03419-10002-R00, 2002.
27. Ontario Power Generation, *Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 2002*: N-REP-03419-10003-R00, 2003a.
28. Ontario Power Generation, *Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 2003*: N-REP-03481-10002-R00, 2004.
29. Ontario Power Generation, *Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 2004*: N-REP-03481-10003-R01, 2005.
30. Ontario Power Generation, *Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 2005*: N-REP-03481-10004-R01, 2006.
31. Ontario Power Generation, *Results of Radiological Environmental Monitoring Programs*: N-REP-03481-10005-R001, 2007, tiré le 1^{er} avril 2013 du site [http://www.opg.com/pdf/Nuclear%20Reports%20and%20Publications/2006%20Radiological%20Environmental%20Monitoring%20Program%20\(REMP\)%20Report.pdf](http://www.opg.com/pdf/Nuclear%20Reports%20and%20Publications/2006%20Radiological%20Environmental%20Monitoring%20Program%20(REMP)%20Report.pdf).

32. Ontario Power Generation, *2007 Results of Radiological Environmental Monitoring Programs*: N-REP-03481-10006-R000, 2008, tiré le 1^{er} avril 2013 du site [http://www.opg.com/pdf/Nuclear%20Reports%20and%20Publications/2007%20Radiological%20Environmental%20Monitoring%20Program%20\(REMP\)%20Report.pdf](http://www.opg.com/pdf/Nuclear%20Reports%20and%20Publications/2007%20Radiological%20Environmental%20Monitoring%20Program%20(REMP)%20Report.pdf).
33. Ontario Power Generation, *2008 Results of Radiological Environmental Monitoring Programs*: N-REP-03481-10007-R000, 2009, tiré le 1^{er} avril 2013 du site [http://www.opg.com/pdf/Nuclear%20Reports%20and%20Publications/2008%20Radiological%20Environmental%20Monitoring%20Program%20\(REMP\)%20Report.pdf](http://www.opg.com/pdf/Nuclear%20Reports%20and%20Publications/2008%20Radiological%20Environmental%20Monitoring%20Program%20(REMP)%20Report.pdf).
34. Statistique Canada, *Registre canadien du cancer (RCC)*, 2012. http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=3207&Item_Id=1633&lang.
35. Action Cancer Ontario (ACO), *Incidence and Mortality in Ontario*, Registre d'inscription des cas de cancer de l'Ontario, 2010; statistiques du SEER diffusées le 8 février 2011, 2011. <https://www.cancercare.on.ca/ocs/csurv/stats/ontario/>.
36. Statistique Canada, *Aperçu du recensement*, Année de recensement 2011, 2011. <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/ref/overview-aperçu/98-302-XIF.pdf>.
37. Boice J.D. Jr., *Ionizing radiation Cancer Epidemiology and Prevention*, 3^e édition, Editors D. Schottenfeld et J. F. Fraumeni Fr, New York: Oxford University Press, p. 259-293, 2006.
38. National Research Council (NRC), *Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2*, Board on Radiation Effects Research, The Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations (BEIR), Washington DC: The National Academies Press, 2006.
39. McLaughlin J.R., Clarke E.A., Nishri E.D. et Anderson T.W., Childhood leukemia in the vicinity of Canadian nuclear facilities, *Cancer Causes Control* 4(1): p. 51-58, 1993.
40. Rothman K.H., Greenland S. et Lash T.L., *Modern Epidemiology*, 3^e édition, Philadelphie, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2008.
41. Mausner J.S. et Bahn A.K., *Epidemiology-An Introductory Text*, 2^e édition, Mausner JS et Bahn AK. WB Saunders Company Philadelphia, PA. ISBN 0-7216-6181-5, 1985.
42. Grasty, R.L., *The Annual Effective Dose from Natural Sources of Ionizing Radiation in Canada, Gamma-Bob Report* 02-6, 2002.
43. Région de Durham, *Durham Region Nuclear Emergency Evacuation Information: Annex B – Durham Region Nuclear Emergency Response Plan*, 2008.

44. Région de Durham, *Durham Region Nuclear Emergency Response Plan (DRNERP): Part II – Durham Region Emergency Master Plan*, 2011, tiré le 17 mai 2013 du site <http://www.durham.ca/departments/demo/DRNERPApr2011.pdf>.
45. Spix C., Schmiedel S., Kaatsch P., Schulze-Rath R. et Blettner M., *Case-control study on childhood cancer in the vicinity of nuclear power plants in Germany 1980-2003*, *European Journal of Cancer* 44(2): 275-44, 2008.
46. Kaatsch P., Spix C., Schulze-Rath R., Schmiedel S. et Blettner M., *Leukemia in young children in the vicinity of German nuclear power plants*, *International Journal of Cancer* 122(4): p. 721-726, 2008.
47. Bithell J.F., Keegan T.J., Kroll M.E., Murphy F.G. et Vincent T.J., *Childhood leukemia near British nuclear installations: Methodological issues and recent results*, *Radiation Protection Dosimetry* 132(2): p. 191-197, 2008.
48. Laurier D., Hemon D. et Clavel J., *Childhood leukemia incidence below the age of 5 years near French nuclear power plants*, *Journal of Radiological Protection* 28: 401-403, 2008.
49. Spycher B.D, Feller M., Zwahlen M., Rösli M., von der Weid N.X., Hengartner H., Egger M., Kuehni C.E., Swiss Paediatric Oncology Group; Swiss National Cohort Study Group, 2011, *Childhood cancer and nuclear power plants in Switzerland: a census-based cohort study*, *International Journal of Epidemiology*, 40(5): p. 1247-1260, 2011.
50. Heinävaara S., Toikkanen S., Pasanen K., Verkasalo P.K., Kurttio P. et Auvinen A., *Cancer incidence in the vicinity of Finnish nuclear power plants: an emphasis on childhood leukemia*, *Cancer Causes Control*, 21(4): p. 587-595, 2010.
51. Sermage-Faure C., Laurier D., Goujon-Bellec S., Chartier M., Guyot-Goubin A., Rudant J., Hémon D. et Clavel J., *Childhood leukemia around French nuclear power plants – the Geocap study, 2002-2007*, *International Journal of Cancer*, 131(5):E p. 769-780, 2012.
52. Mitra D., Shaw A.K. et Hutchings K., *Trends in incidence of childhood cancer in Canada, 1992-2006*, *Chronic Diseases and Injury in Canada*, 22(3): p. 121-139, 2012.
53. Ward E.M., Thun M.J., Hannan L.M. et Jemal, A. *Interpreting cancer trends*, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1076: p. 29-53, 2006.
54. Bunin G.R., *Nongenetic causes of childhood cancers: evidence from international variation, time trends, and risk factor studies*, *Toxicology and Applied Pharmacology*, 199: p. 91-103, 2004.
55. Lichtenstein P., Holm N., Verkasalo P., Iliadou A., Kaprio J., Koskenvuo M. Pukkala E., Skytthe A. et Hemminki K., *Environmental and heritable factors in the causation*

- of cancer: analyses of cohorts of twins from Sweden, Denmark and Finland, New England Journal of Medicine*, 343: p. 78-84, 2000.
56. Statistique Canada, *Principales causes de décès, population totale, selon le groupe d'âge et le sexe*, tableau [102-0561](#) de CANSIM et n° de catalogue [84-215-X](#), <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/102/cst01/hlth36a-fra.htm>, dernière modification le 25 juillet 2012, 2012.
 57. Société canadienne du cancer, *Statistiques canadiennes sur le cancer 2012*, Toronto, ON: Comité directeur des statistiques sur le cancer de la Société canadienne du cancer, mai 2012, 2012.
 58. Action Cancer Ontario (ACO), *Targeting Cancer An action plan for cancer prevention and detection Cancer 2020 Background Report May 1, 2003*, 2003. <http://www.cancercare.on.ca/common/pages/UserFile.aspx?fileId=13828>.
 59. Agence de la santé publique du Canada, 2012. <http://www.phac-aspc.gc.ca>.
 60. Service de santé de la région de Durham, *Radiation and Health in Durham Region*, région de Durham, Ontario, Canada, 2007. http://www.durham.ca/departments/health/health_statistics/radiationHealthReport2007.pdf.
 61. Région sanitaire de Grey Bruce, *Canadian Community Health Survey, 2007/08 Grey Bruce Health Unit*, 2010. <http://www.publichealthgreybruce.on.ca/home/publications/Reports/General/CCHS2007-08%20Report%20FINAL.pdf>.
 62. Doll R. et Hill A.B., *The mortality of doctors in relation to their smoking habits: a preliminary report*, 1954 *BMJ* 328, p. 1529-1533, (discussion 1533), 2004.
 63. Department of Health and Human Services des États-Unis, *The Health Consequences of Smoking: A Report of the Surgeon General*, 2004.
 64. Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans vol. 83: *Tobacco Smoke and Involuntary Smoking* (Lyon : CIRC), 2004.
 65. National Cancer Institute at the National Institutes of Health, *What You Need To Know AboutTM*, 2012. <http://www.cancer.gov/cancertopics/wyntk/>.
 66. Walter S.D., Birnie S.E., Marrett L.D., Taylor S.M., Reynolds D., Davies J., Drake J.J. et Hayes M., *The geographic variation of cancer incidence in Ontario*, *American Journal of Public Health*, 84(3): p. 367-376, 1994.
 67. Kilfoy B.A., Zheng T., Holford T.R. Han X., Ward M.H., Sjodin A., Zhang Y., Bai Y., Zhu C., Guo G.L., Rothman N. et Zhang Y., *International patterns and trends in*

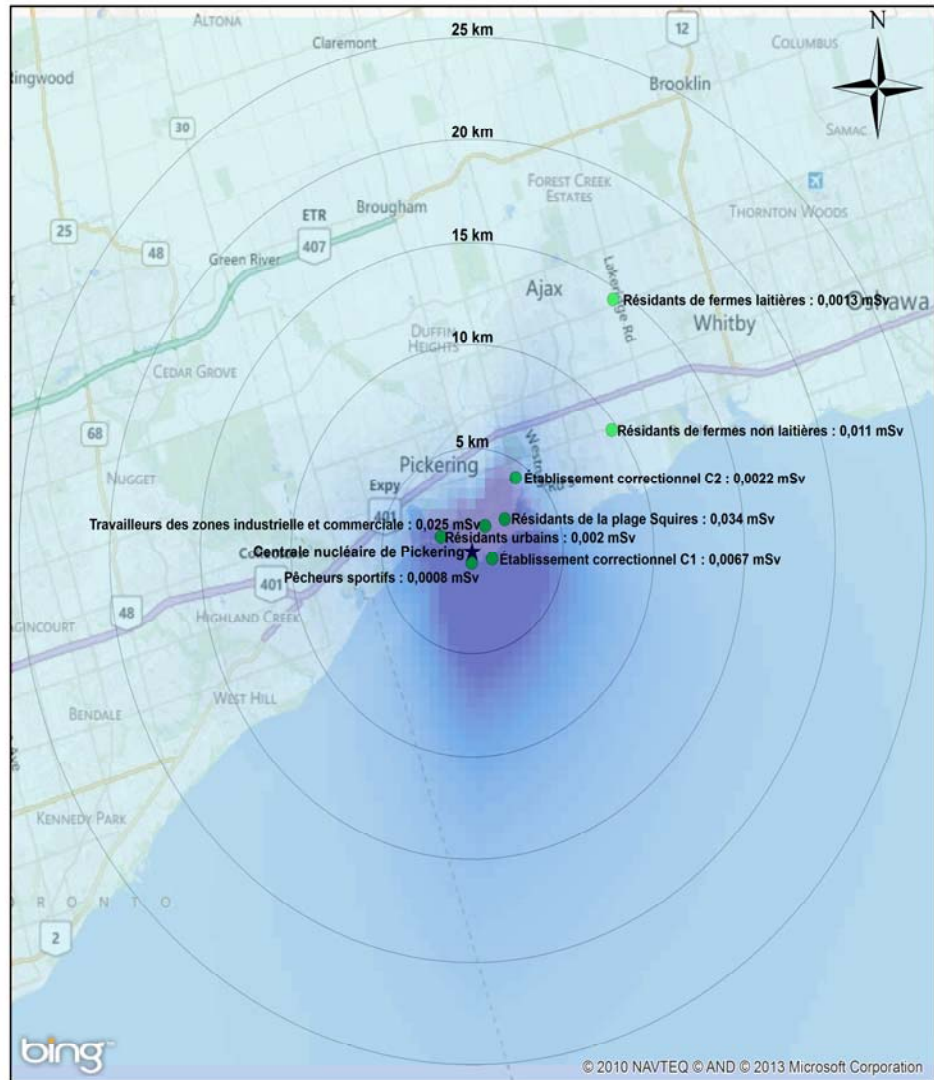
- thyroid cancer incidence, 1973-2002, Cancer Causes Control*, 20(5): p. 525-531, 2009.
68. Kent W.D., Hall S.F., Isotalo P.A., Houlden R.L., George R.L., Groome P.A., *Increased incidence of differentiated thyroid carcinoma and detection of subclinical disease, Canadian Medical Association Journal*, 177(11): p. 1357-1361, 2007.
69. How J. et Tabah R., *Explaining the increasing incidence of differentiated thyroid cancer*, Canadian Medical Association Journal, 177(11): p. 1383-1384, 2007.
70. Kachuri L., De P., Ellison L.F. et Semenciw R., Advisory Committee on Canadian Cancer Statistics, *Cancer incidence, mortality and survival trends in Canada, 1970-2007, Chronic Diseases and Injuries in Canada*, 33(2): p. 69-80, 2013.
71. Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR), Rapport à l'Assemblée générale de 2008 du UNSCEAR, avec des annexes scientifiques, volume II, annexe scientifique D, *Health effects due to radiation from the Chernobyl accident*, Nations Unies, New York, 2011.
72. Bradford-Hill A., *The environment and disease: Association or causation? Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 58: p. 295-300, 1965.
73. *Preliminary Health Neighbourhoods Project*, communication personnelle, M. Pietrusiak, avril 2013, 2013. Ellis, P.D., *The Essential Guide to Effect Sizes: An Introduction to Statistical Power, Meta-Analysis and the Interpretation of Research Results*, Royaume-Uni : Cambridge University Press, 2010. Région sanitaire de Grey Bruce, *Cancer Report for Grey Bruce: 1986 – 2004*, décembre 2008, 2008.
<http://www.publichealthgreybruce.on.ca/Cancer/CancerReportDecember2008Final1.pdf>.
77. Service de santé de la région de Durham, Radiation and Health in Durham Region, région de Durham, Ontario, Canada, 1996.
http://www.durham.ca/departments/health/health_statistics/specialReports/radDurhamRegion.pdf.
78. Service de santé de la région de Durham, Snapshot on Cancer, Service de santé de la région de Durham, 2003.
http://www.durham.ca/departments/health/health_statistics/snapshot/cancer_april03.pdf.
79. Strahlenschutzkommission (SSK), *Assessment of the Epidemiological Study on Childhood Cancer in the Vicinity of Nuclear Power Plants (KiKK Study)*: Position of the Commission on Radiological Protection (SSK), 2008.
80. Health Protection Agency (HPA), *Review of risks from tritium with particular attention to tritiated water and organic compounds containing tritium, Report of AGIR subgroup on Tritium risks*, UK Advisory Group on Ionizing Radiation, 2007.
http://www.hpa.org.uk/radiation/advisory_groups/agir/index.htm.

81. Health Protection Agency (HPA), *HPA response statement on Review of Risk from Tritium published by its independent Advisory Group on Ionising Radiation (AGIR)*, 2008
http://www.hpa.org.uk/Publications/Radiation/HPAResponseStatementsOnRadiationTopics/radresp_AGIR/.
82. Little M.P. et Wakeford R., *Systematic review of epidemiological studies of exposure to tritium*, *Journal of Radiological Protection*, 28(1): p. 9-32, 2008.
83. Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), *Tritium : Effets sur la santé, dosimétrie et radioprotection*, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, numéro de catalogue CC172-58/2010F-PDF, ISBN 978-1-100-94408-1, publication ayant le numéro de catalogue INFO-0799, 2010.
84. Thompson P.A., Hamlat M.S., Lane R., Mihok S., Reinhardt P. et Bundy K., *Revue de l'état des connaissances des effets du tritium sur la santé et l'environnement au Canada – un outil pour orienter la surveillance réglementaire*, *Radioprotection* 46(4): p. 511-531, 2011.
85. Réseau local d'intégration des services de santé, *Incidence and Mortality by Local Health Integration Network (LHIN)*,
<https://www.lhincancercare.on.ca/FindYourLHINcms/One.aspx?portalId=1377&pageId=12194>.
86. Alberg A.J. et Nonemaker J., *Who is at high risk for lung cancer? Population-level and individual-level perspectives*, *Seminar in Respiratory and Critical Care Medicine*, 29(3): p. 223-232, 2008.
87. Jemal A., Devesa S., Kulldorff M., Hayes R. et Fraumeni J., *Geographic variation in prostate cancer mortality rates among white males in the United States*, *Annals of Epidemiology*, 10(7): p. 470, 2000.
88. Devesa S.S., Grauman D.J., Blot W.J. et Fraumeni J.F. Jr, *Cancer surveillance series: changing geographic patterns of lung cancer mortality in the United States, 1950 through 1994*, *Journal of the National Cancer Institute*, 91(12): p. 1040-50, 1999.
89. Blot W.J., *Esophageal cancer trends and risk factors*, *Seminars in Oncology*, 21(4): p. 403-410, 1994.
90. Walter S.D., Marrett L.D., Taylor S.M. et King D., *An analysis of the geographic variation in cancer incidence and its determinants in Ontario*. *Canadian Journal of Public Health*, 90(2): p. 104-8, 1999.
91. Schottenfeld D. et Fraumeni J.F., *Cancer Epidemiology and Prevention*, Philadelphia: WB Saunders, 1982.
92. Tomatis L. (Ed), *Cancer: Causes, Occurrence and Control*. Lyon: Publication scientifique n° 10 du CIRC, 1990.

93. Altmayer C.A., Hutchison B.G., Torrance-Rynard V.L., Hurley J., Birch S. et Eyles J.D., *Geographic disparity in premature mortality in Ontario, 1992-1996*, *International Journal of Health*, 2(1): p. 7, 2003.
94. Statistique Canada, *Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESSC)*, variable dérivée 2007, spécifications : fichiers maître et fichiers de partage, Ottawa (Ontario) : Statistique Canada, 2007.
95. Statistique Canada, *Feuillets d'information sur la santé 2009*, Statistique Canada, 2010.
96. Réseau local d'intégration des services de santé,
http://www.lhins.on.ca/FindYourLHIN.aspx?ekmense1=e2f22c9a_72_258_btnlink.

ANNEXE A : CARTOGRAPHIE SPATIALE DU PANACHE DE DOSES D'IMMERSION ET D'INHALATION POUR LES GROUPES CRITIQUES

Figure A.1 : Doses reçues par les groupes critiques et dispersion du panache à la centrale de Pickering en 2005



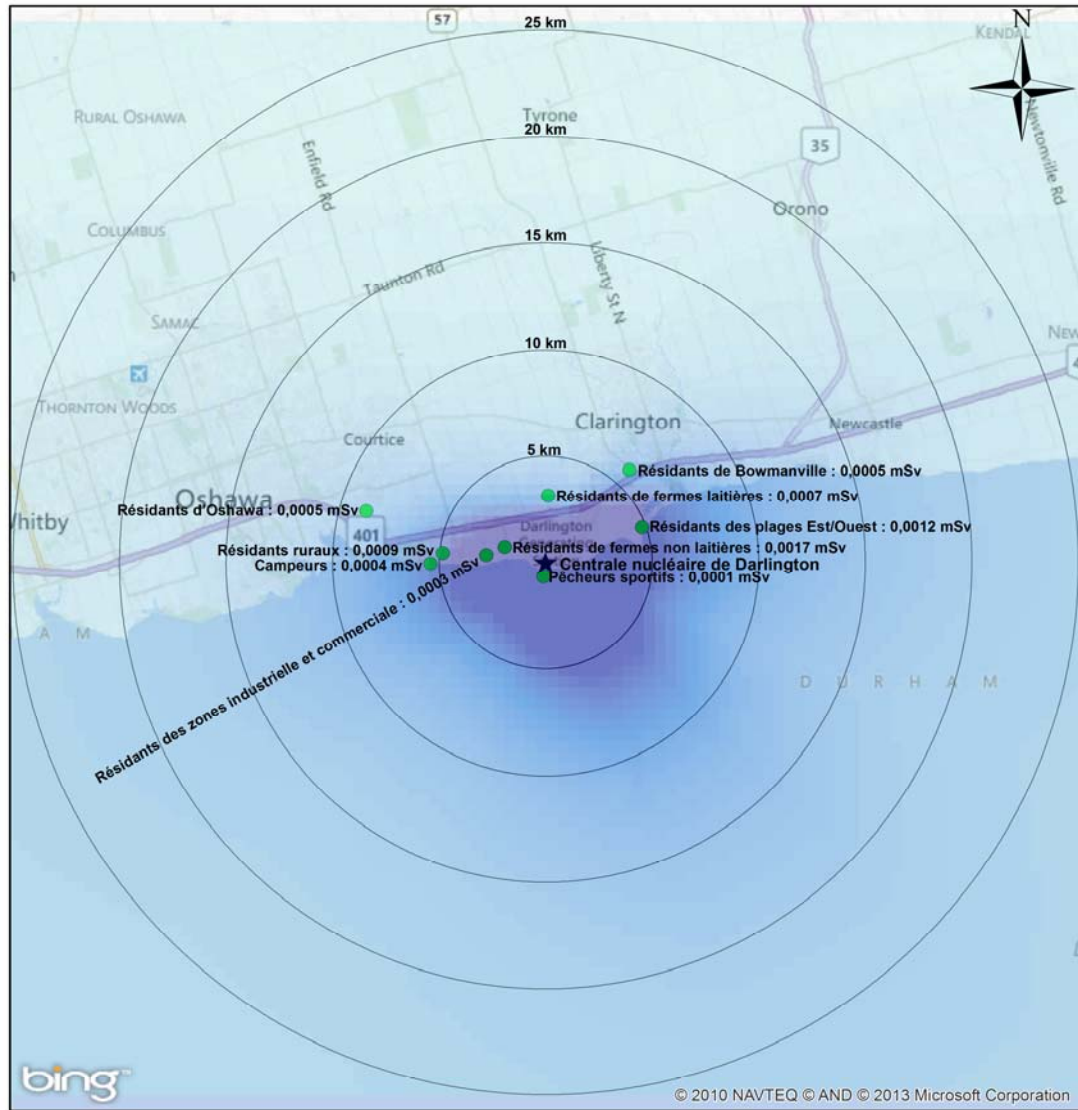
Légende



Groupes critiques à la centrale de Pickering

- < 1 mSv/an
- >= 1 mSv/an

Figure A.2 : Doses reçues par les groupes critiques et dispersion du panache à la centrale de Darlington en 2003



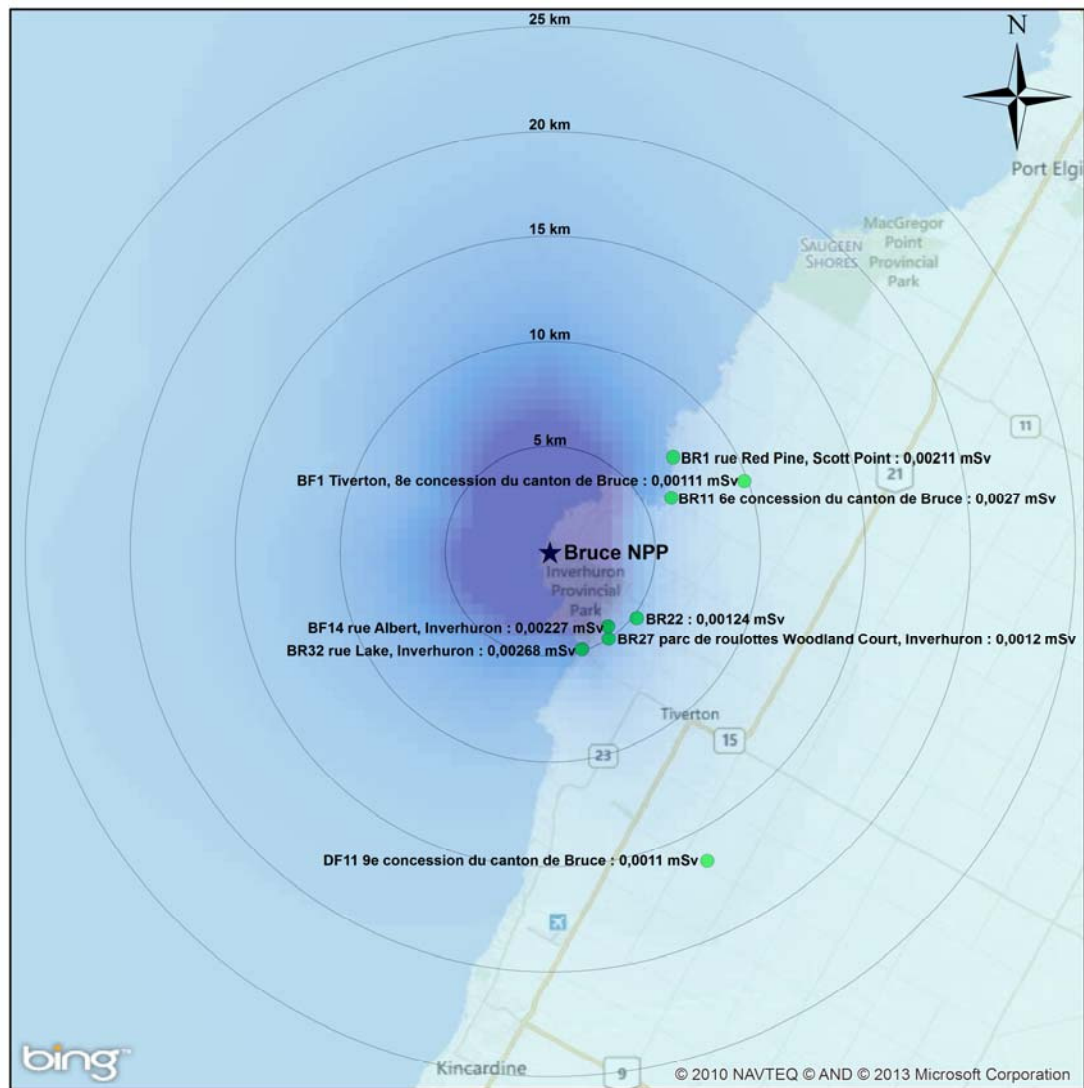
Légende



Groupes critiques à la centrale de Darlington

- < 1 mSv/an
- ≥ 1 mSv/an

Figure A.3 : Doses reçues par les groupes critiques et dispersion du panache à la centrale de Bruce en 2008



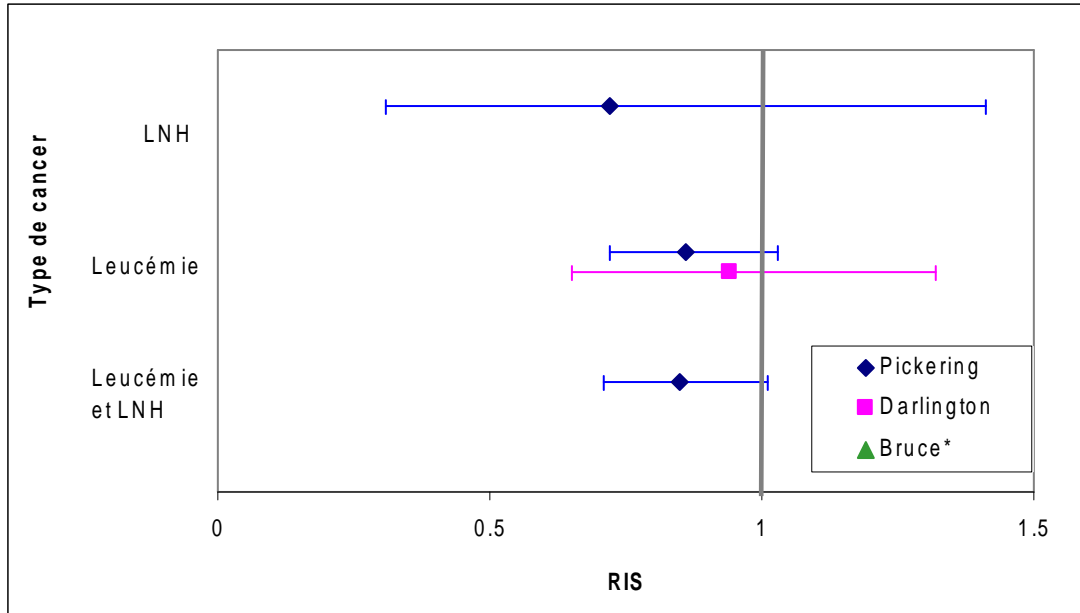
Légende

Groupes critiques à la centrale de Bruce

- < 1 mSv/an
- ≥ 1 mSv/an

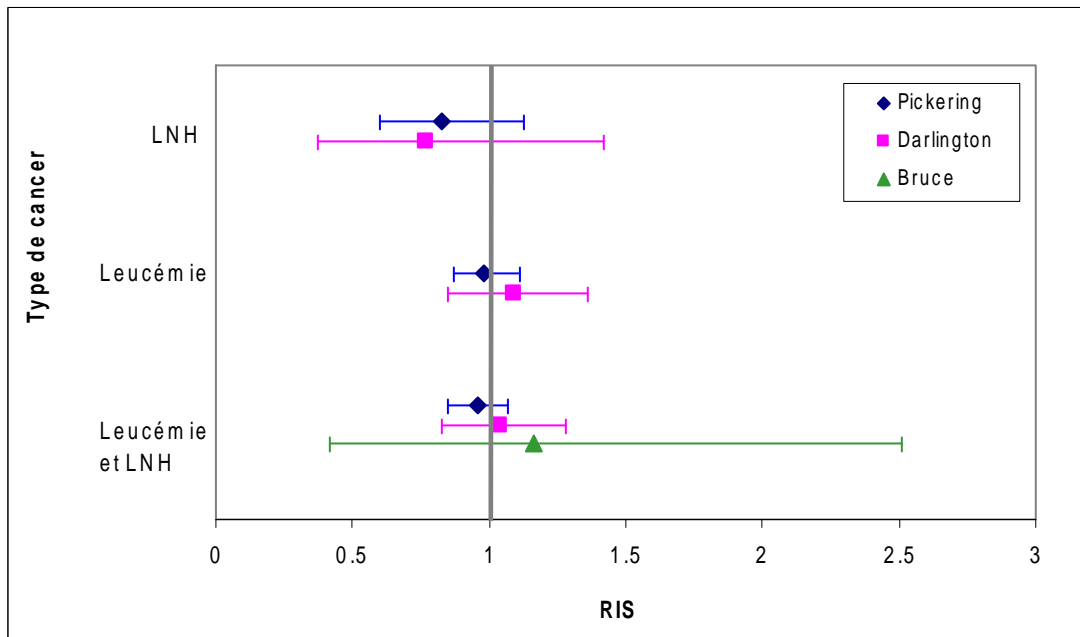
ANNEXE B : INCIDENCE DU CANCER INFANTILE

Figure B.1 : Incidence du cancer chez les enfants âgés de 0 à 4 ans résidant dans un rayon de 25 km autour d'une centrale de l'Ontario au moment du diagnostic (1990-2008)



* Il n'existe aucune donnée pour la centrale de Bruce, car on a dénombré moins de six cas de cancer.

Figure B.2 : Incidence du cancer chez les enfants âgés de 0 à 14 ans résidant dans un rayon de 25 km autour d'une centrale de l'Ontario au moment du diagnostic (1990-2008)



ANNEXE C : RÉSULTATS DE LA SURVEILLANCE DES MALADIES

Figure C. 1 : Incidence du cancer chez les personnes résidant dans un rayon de 25 km autour de la centrale de Pickering au moment du diagnostic, sexes et âges confondus (1990-2008)

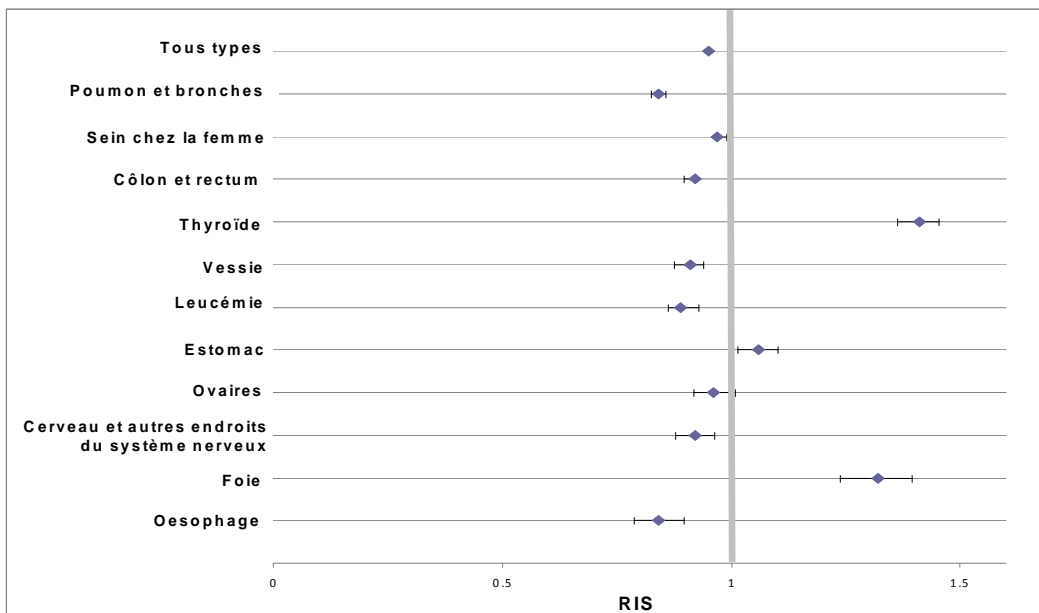
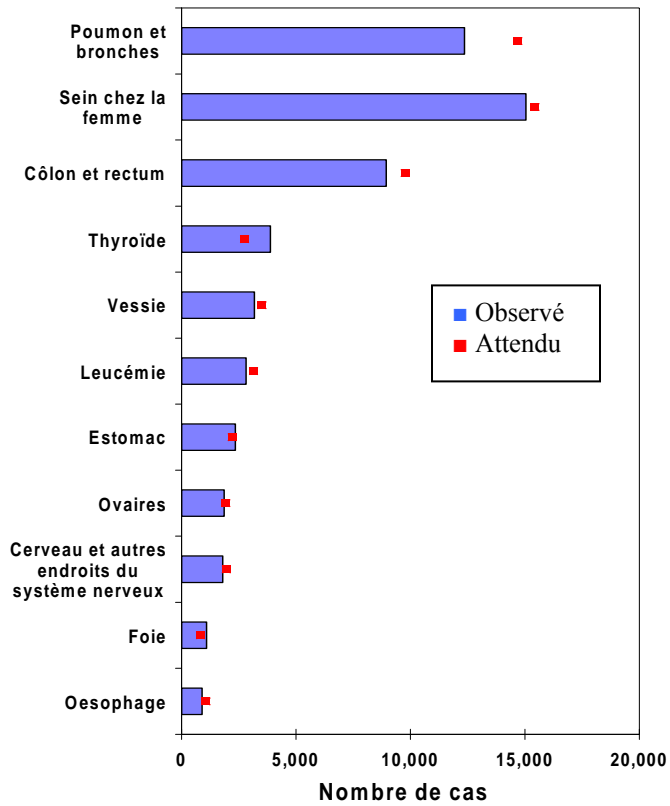


Figure C. 2 : Incidence du cancer chez les personnes résidant dans un rayon de 25 km autour de la centrale de Darlington au moment du diagnostic, sexes et âges confondus (1990-2008)

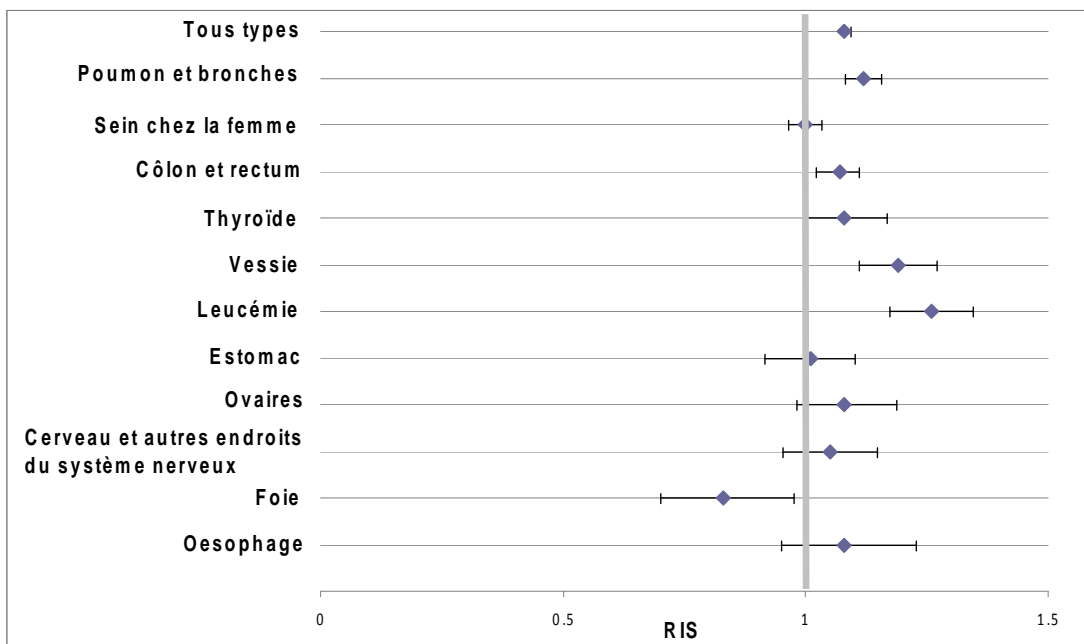
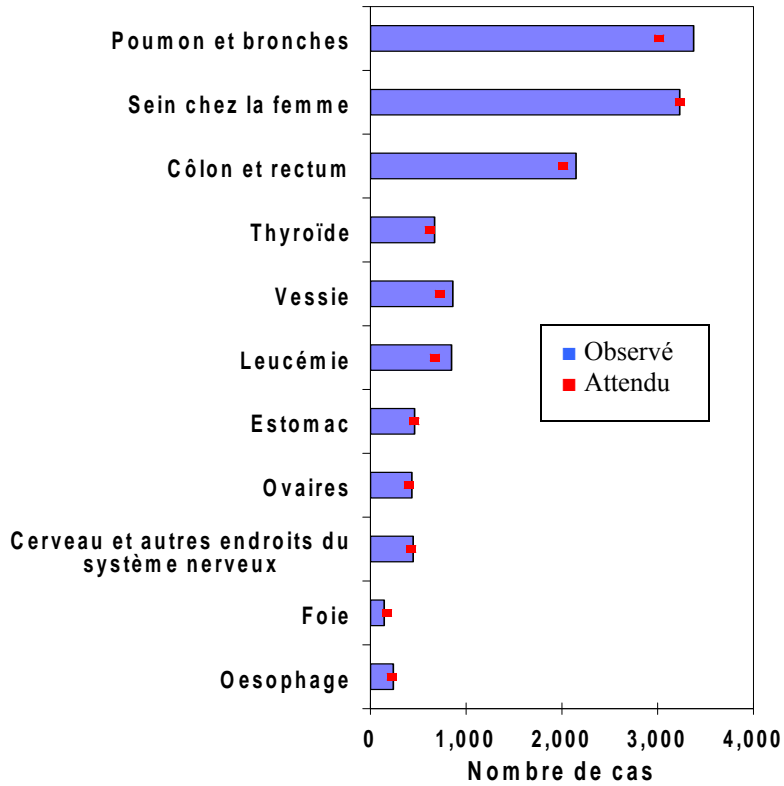
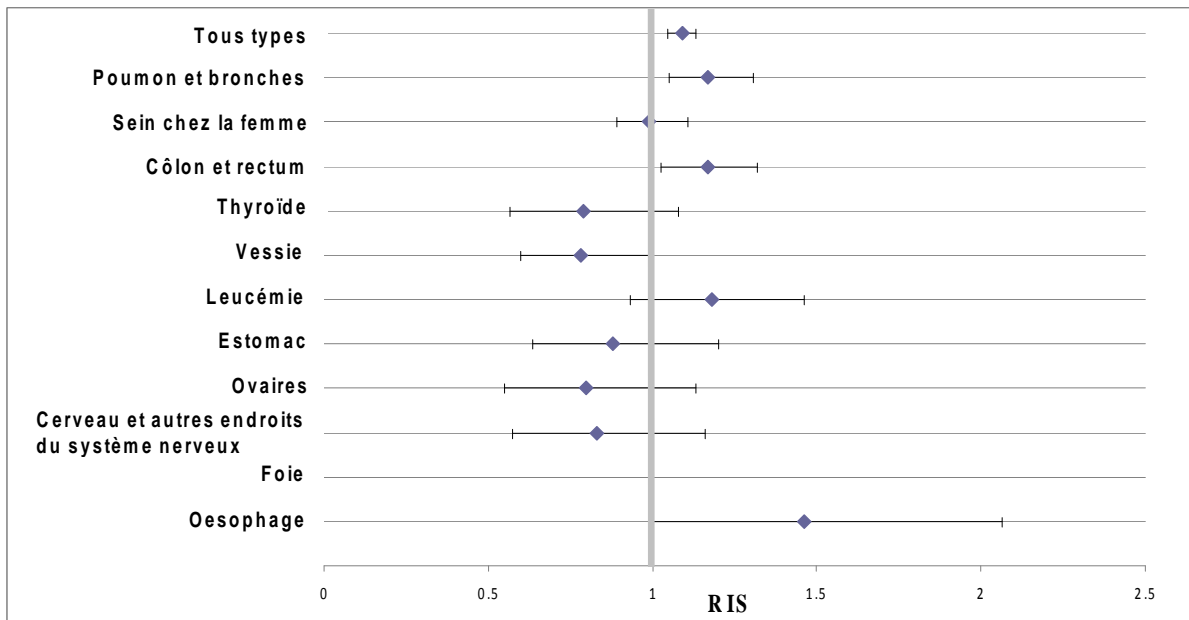
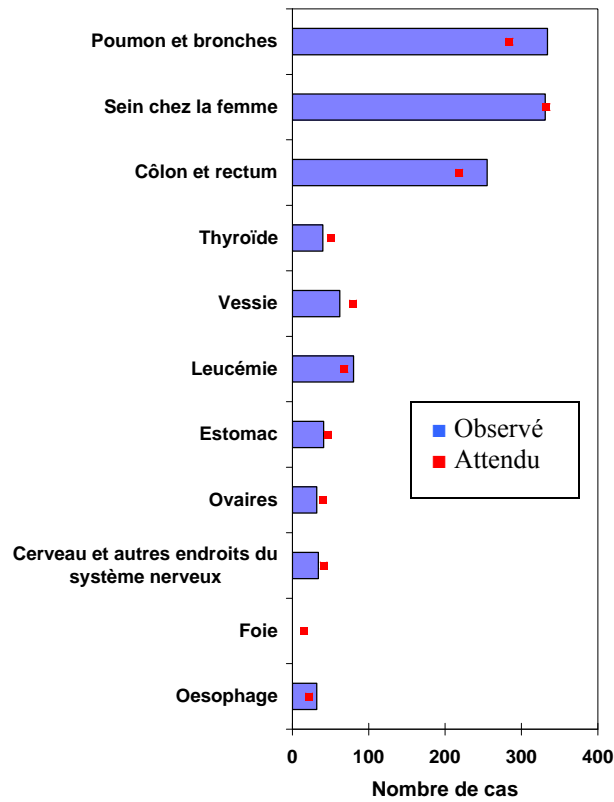


Figure C. 3: Incidence du cancer chez les personnes résidant dans un rayon de 25 km autour de la centrale de Bruce au moment du diagnostic, sexes et âges confondus (1990-2008)



ANNEXE D : RÉSEAU LOCAL D'INTÉGRATION DES SERVICES DE SANTÉ DE L'ONTARIO [96]

- | | |
|---|---|
| 1. Érié St-Clair | 8. Centre |
| 2. Sud-Ouest | 9. Centre-Est |
| 3. Waterloo Wellington | 10. Sud-Est |
| 4. Hamilton Niagara Haldimand Brant | 11. Champlain |
| 5. Centre-Ouest | 12. Simcoe Nord Muskoka |
| 6. Mississauga Halton | 13. Nord-Est |
| 7. Centre-Toronto | 14. Nord-Ouest |



Date du rapport : Septembre 2011. Source des données : Action Cancer Ontario (Registre des cas de cancer de l'Ontario, 2010 pour la diffusion des statistiques du SEER publiées le 8 février 2011)

Pour obtenir une carte du RLISS, consultez l'adresse <http://www.lhins.on.ca/home.aspx?LangType=3084>

Les cas de cancer qui ne figurent pas dans le RLISS ont été exclus.

Notes :

Cas de cancer définis par les nouveaux codes de sièges de cancer du SEER, voir <http://www.lhins.on.ca/home.aspx?LangType=3084>.

Les cancers ne comprennent pas les cancers de la peau autres que le mélanome (basocellulaire et cellule squameuse).

Seuls les cancers associés à plus de 500 cas en Ontario sont illustrés.

Les taux sont indiqués pour 100 000 personnes et ont été normalisés en fonction de la répartition de l'âge de la population canadienne de 1991.